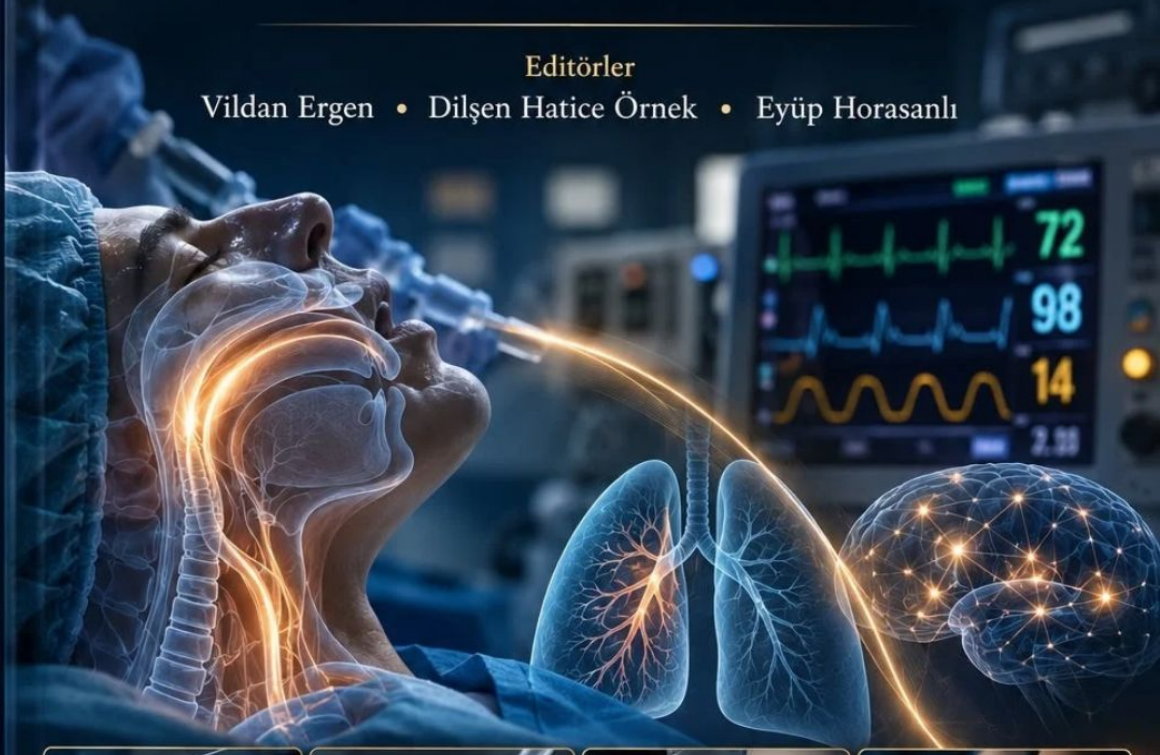
ANESTEZİYOLOJİ VE REANİMASYON

Klinik Akıl Yürütme ve Uygulama

Temel Bilgiden Klinik Karara

Editörler

Vildan Ergen • Dilşen Hatice Örnek • Eyüp Horasanlı





KLİNİK DEĞERLENDİRME



HAVA YOLU YÖNETİMİ



ANESTEZİK YÖNETİM



KRİTİK DURUMLAR VE REANİMASYON

BİDGE Yayınları

Anesteziyoloji ve Reanimasyon: Klinik Akıl Yürütme ve Uygulama Temel Bilgiden Klinik Karara

Editör: Doç. Dr. Vildan ERGEN, Prof. Dr. Dilşen Hatice ÖRNEK ve Prof. Dr. Eyüp HORASANLI

ISBN: 978-625-5474-30-8

1. Baskı
Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL
Yayınlama Tarihi: 2026-10-20
BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374
Yayın hakları © BİDGE Yayınları
www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com
Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.
Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara

ÖNSÖZ

Bu kitabın hazırlanmasına katkı sunan tüm yazarlarımıza ve meslektaşlarımıza teşekkür ederiz. Ayrıca, isimleri kitapta yer almayan ancak sağlık hizmetlerinin sunumunda emek ve özveriyle görev yapan tüm sağlık çalışanlarına şükranlarımızı sunarız.

Anesteziyoloji ve Reanimasyon – Klinik Akıl Yürütme ve Uygulama: Temel Bilgiden Klinik Karara başlıklı bu eserin, okuyucularımıza klinik değerlendirme ve karar verme süreçlerinde yol göstermesini, mesleki gelişime ve güvenli hasta bakımına katkı sağlamasını dileriz.

KLİNİK KULLANIM VE SORUMLULUK BEYANI

Bu eser, eğitim ve bilimsel başvuru amacıyla hazırlanmıştır. Tıbbi bilgiler, kılavuzlar ve ilaç kullanım önerileri zaman içinde değişebileceğinden, klinik uygulama öncesinde güncel kılavuzlar, resmî ilaç bilgileri ve kurum protokolleri kontrol edilmelidir.

Eserin hazırlanması ve editoryal süreçlerinde gerektiğinde yapay zekâ destekli araçlardan yararlanılmış; elde edilen çıktılar yazarlar ve editörler tarafından değerlendirilmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

Nihai klinik karar ve uygulama, hastayı değerlendiren yetkin sağlık profesyonelinin mesleki değerlendirmesi ve sorumluluğu çerçevesinde gerçekleştirilmelidir.

İÇİNDEKİLER

Hasta ve Çalışan Güvenliği 1
LEVENT ÖZTÜRK

Anestezi Tarihçesi 17
HARUN ZENGİN

Preoperatif Değerlendirme 30
MEHLİKA KUŞVURAN KURTAY

Anestezi Cihazları ve Ekipmanları — I 46
GÜZİN CERAN

Anestezi Cihazları ve Ekipmanları — II 61
GÜZİN CERAN

Havayolu Yönetimi 79
EMİNE EMEN

Kan Transfüzyonu ve Perioperatif Kan Yönetimi 110
UMUT CAHİT ERSOY

İnhalasyon Anestezikleri 173
VİLDAN ERGEN

Nonvolatil Anestezik Ajanlar 207
SÜMEYYE KOCAGİL

İntravenöz Anestezikler ve Total İntravenöz Anestezi 249
SAMET ER

Sinir-kas Kavşağı Monitörizasyonu 269
BETÜL AYTAÇ

Kas Gevşeticiler ve Klinik Kullanımları 287
İSMAİL AYTAÇ

İÇİNDEKİLER

Kolinesteraz İnhibitörleri ve Antikolinerjikler 306
ALPAY KARAÇAM

Adrenerjik Agonistler ve Antagonistler 324
MUSTAFA TOPBAŞ

Hipotansif Ajanlar ve Anesteziye Ek İlaçlar 342
MEHMET YILMAZ

Lokal Anestezikler 355
AHMET DEMİRÖRS

Solunum Sistemi Fizyolojisi 368
ZEYNEP KÖKSAL

Solunum Sistemi Monitörizasyonu 399
ZEYNEP KÖKSAL

Solunum Sistemi Hastalıklarında Anestezi 429
CİHAN DÖĞER

Göğüs Cerrahisinde Anestezi 470
MUSTAFA BİNDAL

Pulmoner Hipertansiyon 488
AHMET ERTÜRK, HANDAN GÜLEÇ

Kardiyovasküler Sistem Fizyolojisi ve Monitörizasyonu 506
UMUT CAHİT ERSOY

Erişkin Kardiyak Hastalarda Anestezi 607
HİLMİ AKDAĞ

Konjenital Kalp Hastalıklarında Anestezi 625
GÖKÇE SELÇUK SERT

İÇİNDEKİLER

Akut Koroner Sendromlu Hastada Anestezi Yönetimi 663
MUSTAFA TOPBAŞ

Anestezik İlaçların Serebral Fizyoloji Üzerine Etkileri 686
ARAS AYDEMİR

Nöroanestezi 715
ECE DÖNER KANDEMİR, MUSTAFA AKSOY

Nöromüsküler Hastalıklarda Anestezi 947
VİLDAN ERGEN

Renal Fizyoloji, Anestezi ve Monitörizasyon 972
GÖKHAN ASLAN

Renal Hastalıklarda Anestezi 989
GÖKHAN ASLAN

Sıvı-elektrolit Dengesi 1005
FEYZA SEVER

Anestezide Sıvı-elektrolit Dengesi 1028
FEYZA SEVER

Olgularla Sıvı-elektrolit Bozuklukları 1086
AYŞE LAFÇI

Asit-baz Dengesi 1100
ABDULKADİR BUT

Hepatik Fizyoloji ve Monitörizasyon 1114
ESMA TEZER

Hepatik Hastalıklarda Anestezi 1142
GÜLTEN SAĞIR

İÇİNDEKİLER

Endokrin Sistem Fizyolojisi ve Hastalıkları 1187
MELİKE DEMİR IŞIKTEKİN

Endokrin Hastalıklarda Anestezi 1204
MELİKE DEMİR IŞIKTEKİN

Perioperatif Hipoglisemi / Hiperglisemi Yönetimi 1231
GÜLTEN SAĞIR, EZGİ ERKILIÇ

Obezite ve Anestezi 1256
SERHAT SOLMAZ

Rejyonal Anestezi 1273
TUNAHAN ÇEVİK

Trombolitik ve Antitrombotik Tedavi Alan Hastalarda Rejyonal Anestezi 1301
MEHLİKA KUŞVURAN KURTAY

Geriatrik Hastada Rejyonal Anestezi 1315
HİLMİ AKDAĞ

Rejyonal Anestezi Komplikasyonları 1329
EYÜP HORASANLI

Ortopedik Cerrahide Anestezi 1346
ABDULKADİR BUT

Omuz Hastalıkları ve Cerrahi Prosedür 1363
MUSTAFA ATAK, SEMİH BAŞKAN

Ultrasonografi Eşliğinde Supraklaviküler Yaklaşım Brakial Pleksus Blokajı 1392
SEMİH BAŞKAN

Laparoskopik Cerrahi ve Anestezi 1412

İÇİNDEKİLER

KEVSER DİLEK ANDIÇ

Robot Yardımlı Cerrahide Anestezi Yönetimi 1427
AYSUN ERŞEN YÜNGÜL, AYÇA TUBA DUMANLI ÖZCAN

Jinekolojik ve Obstetrik Anestezi 1447
OĞUZHAN PINAR

Obstetride Hipovolemik Şok 1463
YUSUF YILMAZ

Obstetrik Resüsitasyon 1487
YUSUF FURKAN GÜNEŞ

Pediatrik Anestezi 1522
KAHİR GÜNEŞ

Kbb ve Maksillofasiyal Cerrahi Anestezi Yönetimi 1545
ALPAY KARAÇAM

Travma ve Yanık Hastalarında Anestezi Yönetimi 1575
BİLGE ASLAN, MUHAMMED YUSUF AFACAN

Hemostaz 1615
CAHİDE ÇAĞLAYAN, PINAR KIRDEMİR GÖKKURT

Düşük ve Minimal Akımlı Anestezi 1670
FAZİLET ŞAHİN KOCAÖZ

Perioperatif Bakım 1704
CİHAN DÖĞER, KADRİYE KAHVECİ

Palyatif Bakım 1718
KADRİYE KAHVECİ, CİHAN DÖĞER

Güncellenmiş Eras Protokolleri 1737

İÇİNDEKİLER

OĞUZ UĞUR AYDIN

Ameliyathane Dışı Anestezi Uygulamaları 1832
FAHRİ ACAR

Perioperatif Anafilaksi 1850
SUZAN ÖZTÜRK SELÇUK

Anestezide Farkındalık 1871
EDA UYSAL AYDIN, HANDAN GÜLEÇ

Postoperatif Kognitif Bozukluklar 1921
MERT YÜCESU, DİLŞEN HATİCE ÖRNEK

Oksijen Metabolizması ve Oksimetr 1946
YUSUF YILMAZ

Hiperbarik Oksijen Tedavisi 1968
SEDA KERİMOĞLU BOZ

Yoğun Bakımda Kan Gazı Değerlendirmesi ile Mekanik Ventilasyon Başlangıç ve Sonlandırma Kriterleri 2004
DİLEK KAZANCI

Yetişkin İleri Yaşam Desteği 2017
İPEK ÜÇKAN

Kardiyopulmoner Resüsitasyonda Yenilikler 2037
İPEK ÜÇKAN

Beyin Ölümü 2054
KEVSER DİLEK ANDIÇ

Ağrı 2072
MERT YÜCESU, ŞEREF ÇELİK

İÇİNDEKİLER

Yapay Zekâ ve Anesteziyoloji 2090
MEHMET ŞAHAP, DİLŞEN HATİCE ÖRNEK

BÖLÜM 1

HASTA VE ÇALIŞAN GÜVENLİĞİ

LEVENT ÖZTÜRK[1]

Özet

Anestezi uygulamalarında hasta güvenliği; tıbbi endikasyonun doğru belirlenmesi, hastanın kimliğinin doğrulanması, bilgilendirilmiş rıza, güvenli ilaç kullanımı, cerrahi ve anestezi güvenliği, enfeksiyonların önlenmesi, doğru kayıt ve iletişim, mahremiyet ve olayların öğrenme amacıyla bildirilmesi gibi birbirini tamamlayan süreçlerden oluşur. Kaynak metinde bölümün temel amacı mevzuat, hasta güvenliği ve kurumsal sorumlulukların açıklanması olarak tanımlanmıştır.

Türkiye'de 2026 itibarıyla sağlık kurumlarında hasta ve çalışan güvenliğinin temel çerçevesi; Hasta ve Çalışan Güvenliğinin Sağlanmasına Dair Yönetmelik, Sağlık Hizmeti Kalitesinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesine Dair Yönetmelik, Hasta Hakları Yönetmeliği, Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelik

[1] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0001-9755-033X

ve ilgili diğer mevzuat ile oluşturulmaktadır. Hasta ve çalışan güvenliği yönetmeliği; hasta kimliği, rıza, iletişim, ilaç güvenliği, transfüzyon, cerrahi güvenlik, düşmeler, radyasyon güvenliği, enfeksiyon kontrolü ve güvenlik raporlama sistemini açıkça kapsar (Sağlık Bakanlığı, 1998; 2019; 2026a; 2026b).

Bu bölüm hukuki danışmanlık yerine geçmez. Mevzuat değişebildiğinden, uygulamada ilgili kurumun güncel resmi mevzuat metni, kurum prosedürleri ve Sağlık Bakanlığı'nın güncel standartları birlikte esas alınmalıdır (Sağlık Bakanlığı, 1998; 2019; 2026a; 2026b).

Öğrenme Hedefleri

- Anestezi uygulamalarını düzenleyen temel hasta güvenliği ve mesleki sorumluluk çerçevesini açıklamak.
- Hastanın kimlik doğrulama, bilgilendirme ve rıza süreçlerini güvenli biçimde yürütmek.
- Anestezi uygulamasında güvenli ilaç yönetimi, cerrahi güvenlik ve iletişim ilkelerini uygulamak.
- Tıbbi kayıtların doğru, zamanında ve izlenebilir tutulmasının önemini açıklamak.
- Hasta mahremiyeti ve sağlık verilerinin korunmasına ilişkin temel yükümlülükleri tanımlamak.
- İstenmeyen olay ve ramak kala olayların güvenlik kültürü içinde ele alınmasını sağlamak.
- Hekim ve sağlık çalışanlarının mesleki sorumlulukları ile kurumun sistem sorumluluğunu ayırt etmek.

Türkiye'de Sağlık Hizmetlerinde Hasta Güvenliğinin Hukuki Çerçevesi

Hasta güvenliği yalnızca klinik bir kalite hedefi değildir; aynı zamanda sağlık hizmetinin sunuluş biçimini düzenleyen mevzuatın temel konularından biridir. 2026 itibarıyla Hasta ve Çalışan Güvenliğinin Sağlanmasına Dair Yönetmelik kamu, üniversite ve özel sektör ikinci ve üçüncü basamak sağlık kurumlarını kapsamakta; kurumların güvenli hizmet sunumu için kendi iç düzenlemelerini oluşturmasını ve Bakanlıkça yayımlanan hizmet kalite standartlarını esas almasını öngörmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

Sağlık Hizmeti Kalitesinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesine Dair Yönetmelik ise Türkiye Sağlıkta Kalite Sistemi kapsamında hasta ve çalışan güvenliği, hasta ve çalışan memnuniyeti, verimlilik, etkililik, süreklilik ve zamanlılık gibi hedefleri düzenlemektedir. Sağlık kurumlarının SKS'ye uygun düzenlemeler yapması, öz değerlendirme gerçekleştirmesi ve gerekli iyileştirmeleri uygulaması öngörülmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2026b).

Hasta Hakları ve Anestezi

Hasta Hakları Yönetmeliği sağlık hizmeti verilen resmi ve özel kurumları ve hizmete katılan sağlık çalışanlarını kapsar. Hastanın adalet ve hakkaniyete uygun hizmet alma, bilgilendirilme, mahremiyet, rıza, tedaviyi reddetme veya durdurma ve güvenli sağlık hizmeti alma hakları bulunmaktadır (Sağlık Bakanlığı, 1998).

Bilgilendirme

Anestezi öncesi görüşmede hastaya uygulanması planlanan anestezi yöntemi, beklenen yararlar, önemli riskler, makul

alternatifler ve gerektiğinde anestezi sonrası bakım gereksinimleri anlaşılır biçimde açıklanmalıdır. Bilgilendirme hastanın anlayabileceği düzeyde yapılmalı ve sorularını yöneltebilmesine olanak sağlanmalıdır.

Bilgilendirilmiş rıza

Anestezi ve invaziv işlemler için rıza süreci yalnızca imza alınmasından ibaret değildir. Klinik karar, bilgilendirme ve gönüllü rıza bir bütün olarak ele alınmalıdır. Acil durumlarda gecikmesi hastanın hayatını veya sağlığını tehdit edecek müdahaleler için mevzuatın ilgili hükümleri uygulanır (Sağlık Bakanlığı, 1998).

Tedaviyi reddetme

Hasta önerilen tedaviyi reddedebilir. Hekim, reddin olası sonuçlarını hastaya açıklamalı, karar verme kapasitesini değerlendirmeli ve süreci uygun şekilde kaydetmelidir. Acil ve özel durumlarda uygulanacak yaklaşım ilgili mevzuata göre belirlenmelidir (Sağlık Bakanlığı, 1998).

Hasta Kimliğinin Doğrulanması

Hasta kimliğinin yanlış tanımlanması, anestezi ve cerrahide önlenebilir ciddi olaylara yol açabilir. Hasta ve Çalışan Güvenliğinin Sağlanmasına Dair Yönetmelik hasta kimlik bilgilerinin tanımlanması ve doğrulanmasını hasta güvenliği uygulamaları arasında açıkça saymaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

- Hastayı en az iki uygun kimlik tanımlayıcısıyla doğrula.
- Kimlik doğrulamayı işlemden önce ve gerekli kritik aşamalarda tekrarla.

- Dosya, bileklik, elektronik kayıt ve sözlü beyan arasında uyumsuzluk varsa işlem başlatma.
- Benzer isimli hastalarda ek doğrulama kullan.
- Bilinçsiz veya iletişim kuramayan hastalarda kurumun alternatif kimlik doğrulama protokolünü uygula.

Güvenli Anestezi Öncesi Kontrol

Preoperatif değerlendirme; hastanın klinik risklerinin belirlenmesi, planlanan cerrahi ve anestezi yönteminin uygunluğunun değerlendirilmesi ve perioperatif planın oluşturulmasıdır. Güvenlik açısından kimlik, işlem, cerrahi bölge, alerjiler, açlık durumu, ilaçlar, antitrombotik tedavi, hava yolu ve gerekli tetkikler doğrulanmalıdır.

- Doğru hasta ve doğru cerrahi girişim.
- Anestezi planı ve olası alternatiflerin belirlenmesi.
- Alerji ve önceki anestezi komplikasyonlarının sorgulanması.
- Hava yolu ve aspirasyon riskinin değerlendirilmesi.
- Kanama ve transfüzyon riskinin değerlendirilmesi.
- Antikoagülan/antiplatelet tedavinin değerlendirilmesi.
- Gerekli kan ürünleri ve özel ekipman gereksiniminin önceden belirlenmesi.

Cerrahi Güvenlik ve Anestezi

Cerrahi güvenlik; doğru hasta, doğru işlem ve doğru anatomik bölgenin doğrulanması ile başlar. Hasta ve Çalışan

Güvenliğinin Sağlanmasına Dair Yönetmelik cerrahi güvenliği hasta güvenliği uygulamaları arasında saymaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

Dünya Sağlık Örgütü'nün Cerrahi Güvenlik Kontrol Listesi; anestezi indüksiyonu öncesi, cerrahi insizyon öncesi ve hastanın ameliyathaneden ayrılması öncesinde ekip içi doğrulamayı sistematikleştirir. Kontrol listesi, ekip iletişiminin yerine geçen mekanik bir form değil, kritik bilgilerin ortaklaşa doğrulanmasını sağlayan bir güvenlik aracıdır.

- Anestezi güvenliği ve monitörizasyonun doğrulanması.
- Alerji ve zor hava yolu/aspirasyon riskinin paylaşılması.
- Beklenen kan kaybı ve kan ürünlerinin değerlendirilmesi.
- Cerrahi ekip tarafından hasta ve işlem doğrulaması.
- Önemli intraoperatif risklerin ekip tarafından paylaşılması.
- Postoperatif bakım ve özel izlem gereksinimlerinin aktarılması.

Anestezik İlaçların Güvenli Yönetimi

İlaç güvenliği, hasta güvenliğinin temel bileşenidir ve ilgili yönetmelik kapsamında açıkça yer almaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

- İlaç adı, konsantrasyonu ve hazırlanma tarihini doğrula.
- Şırınga ve infüzyonları açık ve okunabilir şekilde etiketle.

- Benzer görünümlü veya benzer isimli ilaçları birbirinden ayrı tut.
- İndüksiyon öncesi acil ilaçların hazır ve çalışır durumda olduğunu kontrol et.
- Kas gevşetici, opioid, vazopressör ve yüksek riskli ilaçları doğru hasta/doz/yol ile uygula.
- İlaç değişikliklerini ve uygulanan dozları anında kaydet.
- Narkotik/özel kontrollü ilaçların kurum prosedürüne uygun kayıt ve stok kontrolünü yap.

İletişim Güvenliği ve Devir

Anestezi sırasında kritik bilgilerin ekip üyeleri arasında doğru aktarılması hasta güvenliğinin temel unsurlarındandır. Yönetmelik, sağlık hizmeti sunumunda iletişim güvenliğini hasta güvenliği uygulamaları arasında saymaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

Özellikle ameliyathaneden derlenme ünitesine veya yoğun bakıma devir sırasında yapılandırılmış iletişim kullanılmalıdır.

- Hastanın kimliği ve yapılan işlem.
- Anestezi tekniği ve önemli intraoperatif olaylar.
- Hava yolu ve ventilasyon durumu.
- Hemodinamik seyir ve kullanılan vazopressörler.
- Kanama ve verilen kan ürünleri.
- Analjezi planı.
- Antibiyotik ve diğer önemli ilaçların zamanlaması.

- Alerjiler ve özel riskler.
- Postoperatif takip ve acil müdahale gerektirebilecek sorunlar.

Cerrahi ve Anestezi Kayıtları

Tıbbi kayıtlar yalnızca hukuki belge değil, aynı zamanda hasta bakımının sürekliliğini sağlayan klinik iletişim aracıdır. Anestezi kaydında preoperatif değerlendirme, anestezi yöntemi, monitörizasyon, ilaç ve sıvı uygulamaları, vital bulgular, hava yolu işlemleri, kan ürünleri, komplikasyonlar ve postoperatif planın izlenebilir olması gerekir.

- Kayıtlar zamanında ve gerçeğe uygun tutulmalıdır.
- Sonradan yapılan düzeltmeler kayıt sisteminin kurallarına uygun ve izlenebilir olmalıdır.
- Veri girişi başka bir kişinin kimliğiyle yapılmamalıdır.
- Kritik olaylar ve müdahaleler zaman sırasıyla kaydedilmelidir.
- Elektronik sağlık kayıtlarının erişim yetkileri kurum politikalarına uygun olmalıdır.

Mahremiyet ve Kişisel Sağlık Verilerinin Korunması

Sağlık verileri özel nitelikli kişisel verilerdir. Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelik, sağlık hizmeti sunucularının sağlık verilerinin işlenmesi ve korunmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektedir (Sağlık Bakanlığı, 2019).

Anesteziyoloji açısından mahremiyet; ameliyathanede hasta konuşmalarının korunmasını, monitör ve elektronik kayıtların

yetkisiz kişilerce görülmemesini, fotoğraf/video paylaşımının kurum ve mevzuat kurallarına uygun olmasını ve sağlık verilerine yalnızca görev ve yetki kapsamında erişilmesini gerektirir.

e-Nabız veya diğer sağlık bilgi sistemlerine erişim yalnızca sağlık hizmetinin gerektirdiği yetki ve amaç kapsamında olmalıdır. Sağlık hizmeti sunumu dışındaki merak veya kişisel nedenlerle hasta verisine erişim uygun değildir (Sağlık Bakanlığı, 2019).

Hasta ve Çalışan Güvenliği

2026 tarihli Bakanlık açıklamasında Hasta ve Çalışan Güvenliğinin Sağlanmasına Dair Yönetmelik; çalışan güvenliği programı, çalışanların sağlık taramaları, kişisel koruyucu önlemler ve fiziksel saldırıların önlenmesine yönelik düzenlemeleri de kapsamaktadır (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

- Kesici-delici alet yaralanmalarının önlenmesi.
- Kan ve vücut sıvılarıyla temas riskinin azaltılması.
- Kişisel koruyucu ekipman kullanımı.
- Ameliyathane ve anestezi cihazlarının güvenli kullanımı.
- Yangın ve elektrik güvenliği.
- Çalışanlara yönelik şiddetin önlenmesi ve kurum prosedürlerinin uygulanması.
- Mesleki maruziyet sonrası uygun bildirim ve tıbbi değerlendirme.

Enfeksiyonların Önlenmesi

Hasta ve çalışan güvenliği mevzuatı enfeksiyonların kontrolü ve önlenmesini ortak güvenlik uygulamaları arasında saymaktadır.

Program; sürveyans, el hijyeni, izolasyon önlemleri, temizlik, dezenfeksiyon ve sterilizasyon uygulamalarını kapsar (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

Anestezi pratiğinde el hijyeni, aseptik damar yolu uygulaması, hava yolu ekipmanının uygun dekontaminasyonu, tek kullanımlık malzemelerin doğru yönetimi ve çevresel temizlik temel güvenlik uygulamalarıdır.

Kan ve Kan Ürünleri Güvenliği

Transfüzyon güvenliği hasta güvenliği mevzuatında açıkça düzenlenen alanlardan biridir (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

- Hasta kimliğini ve kan ürününü doğrula.
- ABO/Rh ve uygunluk bilgilerini kontrol et.
- Transfüzyon öncesi ve sırasında hastayı izle.
- Reaksiyon şüphesinde transfüzyonu durdur ve kurum protokolünü uygula.
- Kan ürünü ve reaksiyon kayıtlarını eksiksiz tut.

İstenmeyen Olay, Ramak Kala ve Güvenlik Raporlama

Güvenlik raporlama sistemi, hataları yalnızca bireysel kusur olarak cezalandırmak yerine süreçteki riskleri tanımlamak ve tekrarını önlemek için kullanılır. Yönetmelik güvenlik raporlama sisteminin kurulmasını ve en az ilaç güvenliği, transfüzyon güvenliği, cerrahi güvenlik, hasta düşmeleri ve kesici-delici alet yaralanmaları gibi olayların bildirilmesini öngörmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

Ramak kala olaylar da önemlidir. Hastaya ulaşmadan fark edilen bir ilaç, kimlik veya ekipman hatası sistemdeki zayıf noktayı gösterebilir ve ciddi bir olay gerçekleşmeden düzeltici faaliyet başlatılmasına olanak verir.

Acil Durumlar ve Resüsitasyon Güvenliği

Anestezi uygulamasında kritik olayların yönetimi önceden belirlenmiş ekip ve kurum sistemleriyle desteklenmelidir.

- Arrest arabası ve defibrilatörün erişilebilirliği.
- Zor hava yolu ekipmanının hazır bulunması.
- Acil ilaçların ve oksijen sistemlerinin kontrolü.
- Mavi kod ve ilgili kurum acil çağrı sistemlerinin bilinmesi.
- Postoperatif solunum depresyonu ve diğer kritik olaylar için izlem planı.
- Acil olay sonrası kayıt ve olay bildirimi.

Yönetmelik, renkli kod uygulamalarında özellikle mavi kod, pembe kod ve beyaz kod uygulamalarının oluşturulmasını; çalışanlara hasta ve çalışan güvenliği konusunda eğitim verilmesini öngörmektedir (Sağlık Bakanlığı, 2026a).

Mesleki Sorumluluk ve Kurumsal Sorumluluk

Anestezi uzmanının mesleki sorumluluğu; hastanın değerlendirilmesi, uygun anestezi planının oluşturulması, güvenli uygulama, izlem ve gerektiğinde zamanında müdahaleyi kapsar. Bununla birlikte hasta güvenliği yalnızca bireysel hekimin sorumluluğuna indirgenemez; kurumun personel, ekipman, eğitim,

prosedür, iletişim ve kalite sistemleri de güvenli bakımın parçalarıdır.

Sağlık meslek mensuplarının tıbbi işlem ve uygulamaları nedeniyle soruşturulması ve idarece ödenen tazminatın belirli koşullarda rücu edilmesine ilişkin güncel düzenleme 2024 tarihli yönetmelik ile çerçevelenmiştir. Kamu ve özel sağlık kurumlarında görev yapan sağlık meslek mensupları açısından uygulanacak usuller ile üniversitelerdeki özel soruşturma rejimleri birbirinden ayrılmalıdır (Sağlık Bakanlığı, 2025).

Bu nedenle hukuki sorumluluk değerlendirmesinde yalnız bir olayın sonucu değil; karar verme süreci, standartlara uygunluk, kayıtlar, ekip iletişimi, kurum prosedürleri ve olayın koşulları birlikte değerlendirilmelidir.

Anestezide Etik ve Deontolojik İlkeler

Tıbbi Deontoloji Nizamnamesi hekimin insan sağlığına, hayatına ve kişiliğine özen ve saygı göstermesini temel mesleki görevlerden biri olarak tanımlar (Sağlık Bakanlığı, 1960).

- Hastanın yararını ve güvenliğini önceliklendirmek.
- Gereksiz işlem ve riskten kaçınmak.
- Hastaya doğru ve anlaşılır bilgi vermek.
- Mesleki sınırlar ve yetkinlik içinde çalışmak.
- Meslektaşlar ve diğer sağlık çalışanlarıyla işbirliği yapmak.
- Hasta mahremiyetini korumak.

- Klinik kararları bilimsel kanıt ve güncel standartlarla desteklemek.

Anestezi Uygulamasında Mevzuata Uyum İçin Pratik Kontrol Listesi

Kontrol Alanı	Uygulama
Hasta kimliği	En az iki uygun tanımlayıcıyla doğrulandı.
İşlem ve taraf	Doğru hasta/doğru işlem/doğru bölge doğrulandı.
Rıza	Anestezi ve gerekli işlemler için uygun bilgilendirme ve rıza süreci tamamlandı.
Alerji	Alerji bilgisi doğrulandı ve görünür şekilde kaydedildi.
İlaçlar	İlaç adı, konsantrasyonu ve etiketleri kontrol edildi.
Kanama	Kanama ve transfüzyon gereksinimi değerlendirildi.
Monitörizasyon	Standart ve hastaya özgü monitörizasyon hazırlandı.
Acil ekipman	Hava yolu, resüsitasyon ve acil ilaçlar kontrol edildi.
Cerrahi güvenlik	Ekip doğrulaması ve cerrahi güvenlik adımları tamamlandı.
Devir	Postoperatif devir yapılandırılmış biçimde yapıldı.
Kayıt	Anestezi kaydı zamanında ve izlenebilir şekilde tamamlandı.
Mahremiyet	Hasta verilerine erişim görev ve yetki kapsamında tutuldu.
Olay bildirimi	İstenmeyen veya ramak kala olay varsa kurum sistemine bildirildi.

Klinik Anahtar Noktalar

- Hasta güvenliği, yalnız hekimin dikkatine değil, güvenli bir kurum sistemine dayanır.
- Hasta kimliği, işlem ve taraf doğrulaması anestezi öncesi güvenliğin temelidir.
- Bilgilendirilmiş rıza yalnız imza değil; yeterli bilgilendirme ve gönüllü karar sürecidir.

- İlaç güvenliği, cerrahi güvenlik, transfüzyon güvenliği ve iletişim güvenliği mevzuat kapsamında temel hasta güvenliği alanlarıdır.
- Tıbbi kayıtlar klinik süreklilik, iletişim ve hesap verebilirlik açısından temel belgelerdir.
- Sağlık verileri özel nitelikli kişisel verilerdir; erişim yalnız görev ve yetki kapsamında olmalıdır.
- Ramak kala olayların bildirilmesi güvenlik kültürünün önemli bir parçasıdır.
- Kurumun prosedürleri, personel eğitimi, ekipman güvenliği ve kalite sistemi bireysel klinik karar kadar önemlidir.
- Mesleki sorumluluk değerlendirmesi olayın sonucu kadar süreç, kayıtlar, standartlara uygunluk ve sistem koşullarını da kapsar.

Kaynakça

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia.* 10th ed. Elsevier.

Sağlık Bakanlığı. (1960). *Tıbbi Deontoloji Nizamnamesi.* Bakanlar Kurulu Kararı 13 Ocak 1960; 19 Şubat 1960 tarihli ve 10436 sayılı Resmî Gazete. https://dosyaism.saglik.gov.tr/Eklenti/10535/0/tibbi-deontoloji-nizamnamesipdf.pdf

Sağlık Bakanlığı. (1998). *Hasta Hakları Yönetmeliği.* Resmî Gazete. 1 Ağustos 1998, Sayı 23420; güncel değişikliklerle. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4847&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

Sağlık Bakanlığı. (2019). *Kişisel Sağlık Verileri Hakkında Yönetmelik.* Resmî Gazete. 21 Haziran 2019; Sayı 30808. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=32610&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

Sağlık Bakanlığı. (2025). *Sağlık Meslek Mensuplarının Tıbbî İşlem ve Uygulamaları Nedeniyle Soruşturulmasına ve İdarece Ödenen Tazminatın Rücu Edilmesine Dair Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik.* 15 Haziran 2022; güncel mevzuat metni. https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=39573&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

Sağlık Bakanlığı. (2026a). *Hasta ve Çalışan Güvenliğinin Sağlanmasına Dair Yönetmelik.* 6 Nisan 2011; güncel uygulama metni. https://www.saglik.gov.tr/TR-11049/calisan-guvenliginin-saglanmasiyla-ilgili-genelge.html

Sağlık Bakanlığı. (2026b). *Sağlık Hizmeti Kalitesinin Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesine Dair Yönetmelik.* Güncel metin. https://shgmkalitedb.saglik.gov.tr/TR-12545/saglikta-kalitenin-gelistirilmesi-ve-degerlendirilmesine-dair-yonetmelik.html

World Health Organization. (2009). *WHO Guidelines for Safe Surgery 2009: Safe Surgery Saves Lives.* https://www.who.int/publications/i/item/9789241598552

World Health Organization. (2021). Patient Safety: Global Action Plan 2021-2030. https://www.who.int/publications/i/item/9789240032705

BÖLÜM 2

ANESTEZİ TARİHÇESİ
Ağrı Kontrolünden Perioperatif Tıp ve Hasta Güvenliğine: Anesteziyolojinin Gelişimi

HARUN ZENGİN[1]

Özet

Anesteziyolojinin tarihi, yalnızca eter ve nitröz oksidin keşfinden ibaret değildir. Ağrının azaltılması için kullanılan bitkisel ve fiziksel yöntemlerden başlayarak inhalasyon anestezikleri, lokal ve rejyonal anestezi, nöromüsküler blok, güvenli hava yolu yönetimi, fizyolojik monitörizasyon ve perioperatif tıp anlayışına uzanan bir gelişim sürecidir. Günümüzde anesteziyoloji; bilinç, ağrı, solunum, dolaşım ve diğer fizyolojik işlevlerin perioperatif dönemde güvenli biçimde yönetilmesini; ayrıca yoğun bakım, akut ve kronik ağrı ile resüsitasyon gibi alanları kapsayan geniş bir tıp uzmanlığıdır.

Bu bölümün amacı tarihsel olayları ezberletmekten çok, modern anestezi uygulamasının hangi klinik gereksinimlerden

[1] Uzm. Dr., İskenderun Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0002-2452-9374

doğduğunu göstermektir. Özellikle 1840'lı yıllarda nitröz oksit ve eterin cerrahide kullanılması, 19. yüzyılın sonlarında lokal/rejyonal anestezinin gelişmesi, 20. yüzyılda nöromüsküler blok ve trakeal entübasyonun yaygınlaşması ve monitörizasyon teknolojilerinin ilerlemesi modern anesteziyolojinin temel dönüm noktalarını oluşturmuştur.

Örneğin 'MAC anestezisi' ile sedasyon eşanlamlı değildir; MAC, anestezi hizmetinin sunuluş biçimini ifade eden bir kavramdır. Benzer şekilde 'kas gevşeticiler anestezik gereksinimini azaltır' gibi genellemeler yerine, nöromüsküler blokerlerin bilinç ve analjezi sağlamadığı açıkça belirtilmiştir.

Öğrenme Hedefleri

- Anestezinin tarihsel gelişimini temel dönüm noktalarıyla açıklayabilmek.
- Nitröz oksit ve eterin modern cerrahi anestezinin gelişimindeki yerini değerlendirebilmek.
- Lokal ve rejyonal anestezinin tarihsel gelişimini ana hatlarıyla bilmek.
- Nöromüsküler blok ve trakeal entübasyonun modern anestezi pratiğine katkısını açıklayabilmek (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).
- Monitörizasyon ve hasta güvenliği anlayışının anesteziyolojiyi nasıl değiştirdiğini kavrayabilmek.
- Tarihsel bilgiler ile güncel anestezi uygulamalarını birbirinden ayırabilmek.

- Anesteziyolojinin günümüzdeki kapsamını perioperatif tıp, yoğun bakım, ağrı ve resüsitasyonla ilişkilendirebilmek (American Society of Anesthesiologists, n.d.-a; Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).

Anestezi ve Anesteziyoloji Kavramları

Anestezi, duyunun—özellikle ağrı duyusunun—geçici ve kontrollü olarak ortadan kaldırılması veya değiştirilmesi durumunu ifade eder. Genel anestezide bilinç ve farkındalık kontrollü biçimde ortadan kaldırılırken, rejyonal ve lokal tekniklerde bilinç korunabilir. Bu nedenle anesteziyi yalnızca 'uyutma' olarak tanımlamak bilimsel açıdan yetersizdir.

Anesteziyoloji ise anestezinin uygulanmasından çok daha geniş bir alandır. Anestezist; hastanın ameliyat öncesi değerlendirilmesi, anestezi planının oluşturulması, hava yolu ve solunumun yönetimi, dolaşım ve diğer fizyolojik sistemlerin izlenmesi, perioperatif ağrı yönetimi ve ameliyat sonrası toparlanmanın yanı sıra uygun hastalarda yoğun bakım, resüsitasyon ve ağrı tedavisine katkıda bulunur. American Society of Anesthesiologists (ASA), anesteziyolojinin hastanın ameliyat öncesi, sırası ve sonrasında güvenli bakımını kapsayan geniş bir uzmanlık alanı olduğunu vurgulamaktadır (American Society of Anesthesiologists, n.d.-a, n.d.-b).

Anestezinin Temel Bileşenleri

Klasik 'anestezi triadı' bilinç kaybı/hipnoz, analjezi ve immobilite kavramlarını öne çıkarır. Güncel dengeli anestezi anlayışında ise amnezi, analjezi, hipnoz, immobilite ve otonom yanıtların kontrolü farklı ilaç ve tekniklerle hedeflenebilir.

Bileşen	Amaç	Klinik Yaklaşım
Hipnoz/bilinç kontrolü	Bilinç ve farkındalığın uygun düzeyde kontrolü	İnhalasyon veya intravenöz hipnotikler; seçilmiş durumlarda sedasyon
Analjezi	Nosiseptif yanıtın azaltılması	Opioid ve nonopioid ilaçlar, lokal/rejyonal teknikler, multimodal analjezi
İmmobilite	Cerrahi koşulların sağlanması	Nöromüsküler blokerler veya yeterli anestezi derinliği; gereksinime göre
Amnezi	Perioperatif olayların hatırlanmasının azaltılması	Anestezik/sedatif yaklaşım ve uygun doz titrasyonu
Fizyolojik kontrol	Solunum, dolaşım, ısı ve diğer sistemlerin korunması	Sürekli monitörizasyon ve hastaya özgü destek

Nöromüsküler blokerler yalnızca immobilite sağlar; bilinç veya analjezi sağlamaz. Bu ayrım güvenli anestezi pratiğinin temel ilkelerindendir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).

Anestezi Tekniklerinin Gelişimi

Modern anestezi uygulaması genel, rejyonal ve lokal tekniklerin tek başına veya birlikte kullanılabildiği bir spektrumdur. Sedasyon ve monitörize anestezi bakımı (MAC) da bu spektrumun önemli parçalarıdır (American Society of Anesthesiologists, n.d.-b).

- Genel anestezi: kontrollü bilinç kaybı ile birlikte amnezi, analjezi ve gerektiğinde immobilite sağlanması (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).
- Nöraksiyel anestezi: spinal, epidural ve kaudal teknikleri kapsar.
- Periferik sinir blokları: belirli sinir veya pleksusların lokal anesteziklerle bloke edilmesidir.

- Lokal anestezi: sınırlı bir anatomik bölgede duyunun geçici olarak ortadan kaldırılmasıdır (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).
- Sedasyon: bilinç düzeyinin farmakolojik olarak azaltılmasıdır; derinliği arttıkça hava yolu ve ventilasyon desteği gereksinimi artabilir.
- Monitörize anestezi bakımı (MAC): anestezi uzmanının hastanın güvenliğini sağlayacak şekilde sedasyon/ analjezi, monitörizasyon ve gerektiğinde genel anesteziye geçiş dahil perioperatif bakım sunduğu bir hizmet modelidir; 'MAC = sedasyon' değildir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).

Antik Dönem ve Anestezi Öncesi Ağrı Kontrolü

Cerrahi girişimler modern anesteziden çok önce de yapılmaktaydı. Ağrı kontrolü için afyon, alkol, bitkisel preparatlar, fiziksel yöntemler ve soğutma gibi uygulamalar kullanılmıştır. Bu yöntemlerin dozlarının standardize olmaması ve solunum-dolaşım üzerindeki etkilerinin öngörülememesi önemli sınırlılıklardı.

Güney Amerika'da kullanılan kürar içeren ok zehirleri de daha sonra nöromüsküler blok farmakolojisinin gelişiminde tarihsel bir rol oynamıştır. Ancak küraın klinik kullanımı, ancak kontrollü dozlama, hava yolu yönetimi ve mekanik ventilasyonun gelişmesiyle güvenli hale gelebilmiştir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a, n.d.-c).

Bu dönem, modern anesteziyolojinin temel problemini açık biçimde gösterir: ağrıyı azaltmak tek başına yeterli değildir; bilinç, solunum, dolaşım ve güvenli hava yolu birlikte yönetilmelidir.

Nitröz Oksit: İlk Dönüm Noktalarından Biri

Joseph Priestley 1772'de nitröz oksidi tanımlamış; Sir Humphry Davy 18. yüzyılın sonlarında gazın ağrı duyusunu azaltabileceğini gözlemlemiştir. Nitröz oksidin klinik anestezi amacıyla sistematik kullanımı ise Horace Wells'in 1844'te kendi diş çekiminde yaptığı deneyle modern döneme taşınmıştır. Wood Library-Museum, Wells'in 10 Aralık 1844'te nitröz oksidin etkilerini gözlemlediğini ve ertesi gün kendi diş çekimini bu gaz altında yaptırdığını bildirmektedir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-b, n.d.-c).

Wells'in 1845 Boston gösterimi başarısız kabul edilse de nitröz oksidin diş hekimliğinde kullanımı devam etmiş ve Colton'ın çalışmalarıyla yaygınlaşmıştır. Bu nedenle modern anestezinin gelişimi tek bir kişinin 'keşfi' olarak değil, birbirini izleyen gözlem, deney ve klinik uygulamaların sonucu olarak değerlendirilmelidir.

Eter ve 16 Ekim 1846

Diğer önemli dönüm noktası dietil eterin cerrahi anestezide kullanılmasıdır. Crawford W. Long 1842'de Georgia'daki özel pratiğinde eterle cerrahi anestezi uygulamış, ancak sonuçlarını daha sonra yayımlamıştır. William T. G. Morton ise 16 Ekim 1846'da Massachusetts General Hospital'da John Collins Warren ile birlikte eterin cerrahide başarılı ve kamuya açık gösterimini gerçekleştirmiştir. Bu tarih 'Ether Day' olarak anılır ve modern cerrahi anestezinin dünya çapında hızla yayılmasının başlangıç noktalarından biridir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a, n.d.-b).

Eterin yaygınlaşması, cerrahi ağrının kontrol edilebilmesi sayesinde daha uzun ve daha karmaşık cerrahi girişimlerin

yapılabilmesine olanak sağladı. Bununla birlikte eterin yanıcılığı ve perioperatif güvenlik sorunları daha sonra yeni anesteziklerin geliştirilmesini hızlandırdı.

Anestezinin Avrupa ve Dünyaya Yayılması

1846'daki başarılı eter gösteriminin haberleri kısa sürede Avrupa'ya ulaştı. Aynı yılın sonlarında İngiltere'de eter anestezisi uygulanmaya başladı; 1847'de Avrupa'nın farklı merkezlerinde ve dünyanın başka bölgelerinde kullanımı yayıldı. Böylece anestezi, cerrahi pratiğin temel bileşenlerinden biri haline geldi (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a, n.d.-b).

Anestezinin yayılması cerrahinin gelişmesini hızlandırırken, güvenli hava yolu, ventilasyon, dolaşım desteği ve perioperatif gözlem gereksinimini de artırdı. Anesteziyolojinin bağımsız bir uzmanlık alanı haline gelmesi bu gereksinimlerle yakından ilişkilidir.

Kloroform ve İnhalasyon Anesteziklerinin Gelişimi

1847'de James Young Simpson kloroformu obstetrik uygulamalarda kullandı ve kloroform kısa sürede özellikle Avrupa'da yaygınlaştı. Ancak daha sonra ciddi kardiyak ve hepatik toksisite sorunları ortaya çıktı. Tarihsel olarak önemli olan bu ajan, modern klinik uygulamada yerini daha güvenli inhalasyon anesteziklerine bırakmıştır (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).

İnhalasyon anesteziklerinin gelişimi yalnızca yeni ilaçların bulunmasıyla sınırlı değildir. Buharlaştırıcıların standardizasyonu, anestezi makinelerinin gelişmesi, oksijen ve diğer gazların kontrollü verilmesi ve monitörizasyon teknolojileri güvenliği belirgin biçimde artırmıştır.

Lokal ve Rejyonal Anestezinin Gelişimi

Kokainin lokal anestezik özelliklerinin tanımlanması 19. yüzyılın sonlarında lokal ve rejyonal anestezinin gelişimini hızlandırdı. Daha sonra daha güvenli sentetik lokal anesteziklerin geliştirilmesiyle periferik sinir blokları ve nöraksiyel teknikler yaygınlaştı (American Society of Anesthesiologists, n.d.-b).

August Bier 1898'de spinal anesteziyi klinik uygulamaya taşıyan öncü isimlerden biri oldu. Epidural anestezinin gelişimi ise daha sonraki yıllarda farklı teknik ve iğne tasarımlarının katkısıyla ilerledi. Rejyonal anestezinin gelişimi, günümüzde multimodal ve opioid tasarruflu perioperatif analjezinin temelini oluşturmaktadır.

Nöromüsküler Blok ve Modern Cerrahi

Küraranın klinik kullanımı 20. yüzyılın ortalarında modern nöromüsküler farmakolojinin gelişmesini hızlandırdı. Harold Griffith ve Enid Johnson'ın 1942'de küraranı apendektomi sırasında kullanması, nöromüsküler blokun modern anestezi pratiğindeki dönüm noktalarından biridir (Gropper et al., 2025; Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-c).

Nöromüsküler blokerler cerrahi koşulları iyileştirdi ve trakeal entübasyonu kolaylaştırdı; ancak bilinç ve analjezi sağlamadıkları için hipnotik ve analjezik ilaçların yerine geçmezler. Günümüzde nöromüsküler blokun güvenli kullanımı kantitatif monitörizasyon ve uygun antagonizma ile birlikte düşünülmektedir.

Hava Yolu Yönetimindeki Gelişmeler

Güvenli hava yolu yönetimi anesteziyolojinin gelişimindeki en önemli basamaklardan biridir. 20. yüzyılın ilk yarısında Magill ve diğer öncülerin çalışmaları endotrakeal entübasyonun gelişmesine

katkı sağlamış; 1940'larda Macintosh ve Miller laringoskop bıçakları geliştirilmiştir (American Society of Anesthesiologists, n.d.-a; Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-b).

1980'lerden itibaren supraglottik hava yolu araçlarının klinik kullanıma girmesi, özellikle zor hava yolu ve spontan ventilasyonun korunabildiği durumlarda önemli bir alternatif sağlamıştır. Günümüzde video-laringoskopi, fiberoptik teknikler, ikinci nesil supraglottik araçlar ve zor hava yolu algoritmaları hava yolu yönetiminin ayrılmaz parçalarıdır.

Tarihsel gelişimin klinik mesajı açıktır: anestezi yalnızca ilaç uygulamak değildir; hava yolunun güvenceye alınması, ventilasyonun sürdürülmesi ve başarısızlık durumunda kurtarma planının hazır olması temel sorumluluklardır (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).

Monitörizasyon ve Hasta Güvenliği Devrimi

Anesteziyolojide mortalite ve komplikasyonların azalmasında yalnızca ilaçların değil, monitörizasyon ve standardizasyonun da büyük rolü vardır. Elektrokardiyografi, pulse oksimetri, kapnografi, noninvaziv ve invaziv kan basıncı ölçümü, sıcaklık monitörizasyonu ve nöromüsküler monitörizasyon günümüzde klinik kararların temelini oluşturur.

Modern anestezi pratiğinde monitörizasyonun amacı yalnızca değerleri kaydetmek değil, fizyolojik değişiklikleri erken fark ederek uygun tedaviyi başlatmaktır. Özellikle oksijenasyon, ventilasyon ve dolaşımın sürekli değerlendirilmesi hasta güvenliğinin temelidir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).

Anesteziyolojinin Uzmanlık Alanının Genişlemesi

Anesteziyoloji zaman içinde ameliyathane merkezli bir uygulamadan perioperatif tıbbın geniş kapsamlı bir alanına dönüşmüştür. Günümüzde anesteziyologlar genel cerrahi yanında kardiyak, vasküler, nöroşirürjik, obstetrik, pediatrik, ortopedik ve KBB cerrahilerinde görev almakta; ayrıca yoğun bakım, akut ve kronik ağrı, resüsitasyon ve ameliyathane dışı işlemlerde rol üstlenmektedir.

ASA'nın güncel tanımı da anesteziyolojiyi ameliyat öncesi, sırası ve sonrasında hasta güvenliği ile ilişkilendirmekte; anesteziyologların yoğun bakım ve ağrı yönetiminde de rol aldığını belirtmektedir (American Society of Anesthesiologists, n.d.-a).

Tarihsel Dönüm Noktaları

Dönem	Dönüm Noktası	Klinik Önemi
1772	Nitröz oksidin tanımlanması	Daha sonra analjezik/anestezik kullanımın temelini oluşturdu
1844	Horace Wells'in nitröz oksidi diş çekiminde kullanması	Modern dental anestezinin önemli başlangıçlarından biri
1842	Crawford Long'un eteri cerrahi anestezide kullanması	Eterin cerrahi anestezide erken klinik kullanımı
16 Ekim 1846	Morton'un eter anestezisini MGH'de kamuya açık başarılı gösterimi	Modern cerrahi anestezinin dünya çapında yayılması
1847	Kloroformun klinik kullanımı	İnhalasyon anesteziklerinin çeşitlenmesi
1898	Bier ve spinal anestezi	Nöraksiyel anestezinin gelişimi
1942	Griffith ve Johnson: kürar	Modern nöromüsküler blok kullanımının dönüm noktası
20. yüzyıl	Endotrakeal entübasyon, laringoskopi ve anestezi makinelerinin gelişimi	Güvenli hava yolu ve kontrollü ventilasyon
1980'lerden sonra	Supraglottik hava yolu araçları ve ileri monitörizasyon	Hava yolu ve hasta güvenliğinde yeni dönem
21. yüzyıl	Ultrason, video-laringoskopi, kantitatif monitörizasyon ve perioperatif tıp	Daha kişiselleştirilmiş ve kanıta dayalı anestezi

Güncel Klinik Yaklaşım: Anestezi Neden Artık ‘Uyutmak’ Değildir?

Modern anesteziyolojinin temel hedefi hastayı yalnızca bilinçsiz hale getirmek değil; cerrahi stres sırasında homeostazı korumak, ağrıyı kontrol etmek, güvenli hava yolu ve ventilasyonu sağlamak, dolaşımı yönetmek, komplikasyonları önlemek ve hastanın güvenli toparlanmasını sağlamaktır.

- Anestezi planı hastaya ve cerrahiye özgü olmalıdır.
- Sedasyon, genel anestezi ve rejyonal anestezi aynı şey değildir.
- Nöromüsküler blok bilinç veya analjezi sağlamaz.
- Hava yolu yönetimi anestezi pratiğinin temel güvenlik bileşenidir.
- Monitörizasyon klinik kararın parçasıdır; yalnızca kayıt amacı taşımaz.
- Güncel anestezi yaklaşımı perioperatif dönemin tamamını kapsar.

Klinik Anahtar Noktalar

1. Modern anestezi 19. yüzyılın ortasında nitröz oksit ve eterin klinik kullanımıyla büyük bir dönüşüm geçirmiştir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-c).
2. 16 Ekim 1846’daki başarılı eter gösterimi modern cerrahi anestezinin önemli tarihsel dönüm noktasıdır.

3. Anesteziyoloji yalnızca bilinç kaybı oluşturmakla sınırlı değildir; perioperatif fizyoloji ve hasta güvenliğinin yönetimidir (American Society of Anesthesiologists, n.d.-b).
4. Nöromüsküler blokerler paralizi oluşturur; bilinç ve analjezi sağlamaz.
5. Lokal ve rejyonal anestezi, genel anesteziye alternatif veya tamamlayıcı tekniklerdir.
6. MAC sedasyonla eşanlamlı değildir; bir anestezi bakım ve hizmet modelidir.
7. Modern anestezi güvenliğinin gelişiminde hava yolu teknolojileri, monitörizasyon ve standardizasyon en az yeni ilaçlar kadar önemlidir.
8. Tarihsel bilgiler güncel klinik öneri olarak değil, modern uygulamanın gelişimini açıklayan bağlam olarak değerlendirilmelidir (Wood Library-Museum of Anesthesiology, n.d.-a).

Kaynakça

American Society of Anesthesiologists (n.d.-a). About ASA / Made for This Moment. Anesteziyolojinin günümüzdeki kapsamı ve hasta güvenliği yaklaşımı. https://madeforthismoment.asahq.org/

American Society of Anesthesiologists (n.d.-b). Guide to Anesthesiology for Medical Students. Anesteziyoloji tarihçesi ve rejyonal anestezinin gelişimi. https://www.asahq.org/education-and-career/asa-medical-student-component/guide-to-a-career-in-anesthesiology

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (Eds.). (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Wood Library-Museum of Anesthesiology (n.d.-a). *Anesteziyolojinin tarihsel dönüm noktaları ve 1846 eter gösterimi. History of Anesthesia* içinde. https://www.woodlibrarymuseum.org/history-of-anesthesia/

Wood Library-Museum of Anesthesiology (n.d.-b). *Ether. Crawford W. Long ve William T. G. Morton'un eter anestezisi çalışmaları.* https://www.woodlibrarymuseum.org/history-of-anesthesia/

Wood Library-Museum of Anesthesiology (n.d.-c). *Horace Wells Plaque. Nitröz oksidin 1844'te klinik kullanımı.* https://www.woodlibrarymuseum.org/museum/horace-wells-plaque/

BÖLÜM 3

PREOPERATİF DEĞERLENDİRME
Hastayı Tanımak, Riski Öngörmek ve Anestezi Planını Kişiselleştirmek

MEHLİKA KUŞVURAN KURTAY[1]

Özet

Preoperatif değerlendirme, ameliyat öncesinde yalnızca hastanın mevcut hastalıklarını listelemekten ibaret değildir. Amaç; hastanın fizyolojik rezervini, cerrahi ve anesteziye bağlı riskleri, optimize edilmesi gereken durumları, hava yolu ve aspirasyon riskini, kullanılmakta olan ilaçları ve perioperatif bakım gereksinimini sistematik biçimde belirlemektir. Değerlendirme sonucunda cerrahinin ertelenmesi gerekip gerekmediği, ek inceleme veya konsültasyon ihtiyacı, anestezi tekniği, monitörizasyon düzeyi ve postoperatif bakım yeri hakkında karar verilir.

Temel kaynaklarda preoperatif değerlendirmede özellikle kardiyovasküler risk değerlendirmesi, mevcut medikal durumun belirlenmesi ve perioperatif risklerin ortaya konulması vurgulanmaktadır. Bu bölüm, bu çerçeveyi koruyarak güncel

[1] Uzm. Dr., Mersin Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Mersin, Türkiye, Orcid: 0000-0002-2177-991X

yaklaşımda gereksiz test istemekten kaçınan, basamaklı ve hastaya özgü bir değerlendirme modeliyle düzenlenmiştir.

American College of Cardiology / American Heart Association (AHA / ACC)'ın 2024'te yayınlanan nonkardiyak cerrahide perioperatif kardiyovasküler yönetim kılavuzu; nonkardiyak cerrahi öncesinde basamaklı bir değerlendirme yaklaşımını, doğrulanmış risk hesaplayıcıların seçilmiş hastalarda kullanılmasını ve stres testlerinin yalnızca sonucu klinik yönetimi değiştirebilecek yüksek riskli, düşük veya bilinmeyen fonksiyonel kapasiteye sahip hastalarda düşünülmesini önermektedir. Düşük riskli hastalarda veya fonksiyonel kapasitesi iyi olan hastalarda rutin stres testi önerilmemektedir.

Öğrenme Hedefleri

- Preoperatif değerlendirmenin amaçlarını açıklayabilmek.
- Öykü, fizik muayene ve mevcut kayıtları sistematik biçimde değerlendirebilmek.
- Anestezi açısından kritik kardiyovasküler, solunumsal, nörolojik, renal, hepatik ve metabolik riskleri tanıyabilmek.
- Hava yolu ve aspirasyon riskini değerlendirebilmek.
- Cerrahi risk ile hasta kaynaklı riski birlikte yorumlayabilmek.
- Gereksiz laboratuvar ve görüntüleme isteminden kaçınarak testleri klinik endikasyona göre seçebilmek (Thompson et al., 2024).
- Fonksiyonel kapasite ve kardiyovasküler riski güncel basamaklı yaklaşımla değerlendirebilmek.

- Kronik ilaçların perioperatif yönetimini planlayabilmek.
- Anestezi, cerrahi ve postoperatif bakım planını hastanın bireysel riskine göre oluşturabilmek (Thompson et al., 2024).

Preoperatif Değerlendirmenin Temel Amaçları

- Hastanın mevcut sağlık durumunu ve fizyolojik rezervini belirlemek.
- Perioperatif komplikasyon riskini öngörmek ve mümkünse azaltmak.
- Kontrolsüz veya yeni ortaya çıkmış hastalıkları tanımak.
- Cerrahinin ertelenmesini veya optimizasyonu gerektiren durumları belirlemek.
- Hava yolu, aspirasyon, kanama ve ilaçla ilişkili riskleri saptamak.
- Anestezi yöntemini ve gerekli monitörizasyonu planlamak.
- Postoperatif yoğun bakım, yüksek bağımlılık veya servis gereksinimini öngörmek.
- Hastayı anestezi süreci, riskler ve beklenen iyileşme konusunda bilgilendirmek.

Değerlendirme Akışı

Preoperatif değerlendirme tek bir testten oluşmaz; bir klinik karar sürecidir.

1. Cerrahiyi ve işlemi tanımla: Aciliyet, cerrahi tipi, beklenen kan kaybı, süre ve fizyolojik stres.

2. Hastayı tanımla: Yaş, frailty, fonksiyonel kapasite, önemli komorbiditeler ve önceki anestezi öyküsü (Thompson et al., 2024).
3. Hava yolu ve aspirasyon riskini değerlendir.
4. Kardiyak ve pulmoner riskleri belirle.
5. İlaçlar, antitrombotik tedaviler, alerjiler ve önceki advers ilaç reaksiyonlarını değerlendir.
6. Endikasyonu olan laboratuvar ve görüntüleme testlerini seç.
7. Risk – yarar değerlendirmesi yap; gerekiyorsa optimizasyon veya konsültasyon planla.
8. Anestezi, analjezi, monitörizasyon ve postoperatif bakım planını oluştur.
9. Hastayı bilgilendir, onam sürecini tamamla ve planı kayıt altına al.

Cerrahiye Bağlı Riskin Değerlendirilmesi

Risk değerlendirmesi yalnızca hastanın komorbiditelerine göre yapılmamalıdır. Cerrahinin büyüklüğü, anatomik bölgesi, aciliyeti, beklenen kan kaybı, sıvı değişimleri ve postoperatif bakım gereksinimi birlikte değerlendirilmelidir (American Society of Anesthesiologists, 2017).

Tablo 1 Cerrahiye bağlı risk

Değerlendirilecek Özellik	**Sorulacak Temel Soru**	**Anestezi Planına Etkisi**
Aciliyet	Elektif mi, acil mi?	Optimizasyon için mevcut zaman ve kabul edilebilir risk
Cerrahi stres	Küçük, orta veya büyük fizyolojik stres?	Hemodinamik ve solunumsal yönetim
Kanama	Beklenen kan kaybı nedir?	Damar yolu, kan hazırlığı ve transfüzyon planı
Pozisyon	Prone, litotomi, trendelenburg vb. mi?	Hava yolu, ventilasyon, sinir basısı ve dolaşım
Postoperatif gereksinim	Servis, yüksek bakım veya yoğun bakım?	Monitörizasyon ve yatış planı

Anamnez

İyi bir preoperatif öykü, hastanın kendi ifadeleriyle mevcut yakınmalarının ve fonksiyonel durumunun anlaşılmasıyla başlar. Özellikle yeni veya açıklanamayan göğüs ağrısı, efor dispnesi, senkop, çarpıntı, ortopne, paroksismal noktürnal dispne, aktif enfeksiyon, kontrolsüz metabolik hastalık ve yakın zamanda geçirilmiş kardiyopulmoner olaylar ayrıca sorgulanmalıdır.

Önceki anestezi öyküsü

Preoperatif değerlendirme sırasında hastanın anestezik öyküsü belirlenerek olası riskler için uygun hazırlığın yapılması amacıyla gerekli notlar alınır.

- Önceki anestezi uygulamalarında zor hava yolu veya zor entübasyon.
- Zor ventilasyon, perioperatif hipoksemi veya aspirasyon.
- Malign hipertermi veya aile öyküsü.
- Anafilaksi, ciddi ilaç reaksiyonu veya açıklanamayan perioperatif olay.

- Postoperatif bulantı-kusma.
- Beklenmeyen uzamış nöromüsküler blok veya gecikmiş uyanma.

İlaçlar ve alerjiler

Tüm reçeteli ve reçetesiz ilaçlar, bitkisel ürünler ve takviyeler kaydedilmelidir. Özellikle antikoagülanlar, antiplatelet ilaçlar, antihipertansifler, insülin ve diğer antidiyabetikler, kortikosteroidler, opioidler ve psikotrop ilaçlar perioperatif planı etkileyebilir. Antitrombotik ilaçların kesilmesi veya sürdürülmesi, kanama ve tromboemboli riskleri birlikte değerlendirilerek ilgili güncel kılavuzlara göre planlanmalıdır (Thompson et al., 2024).

Fonksiyonel Kapasite ve Frailty

Fonksiyonel kapasite, hastanın günlük yaşam ve efor sırasında fizyolojik rezervi hakkında pratik bilgi sağlar. Merdiven çıkma, hızlı yürüme, ev işi veya alışveriş gibi aktiviteler sorgulanabilir. Ancak fonksiyonel kapasite yalnızca subjektif MET tahmini ile sınırlı değildir; yaşlı ve kırılgan hastalarda frailty, sarkopeni, beslenme durumu ve bağımsızlık düzeyi de değerlendirilmelidir (Thompson et al., 2024).

Kardiyovasküler risk değerlendirmesinde 2024 AHA/ACC yaklaşımı, klinik risk belirleyicileri ile doğrulanmış risk hesaplayıcıların ve fonksiyonel kapasitenin birlikte kullanılmasını desteklemektedir. İleri kardiyak testler, yalnızca sonucu perioperatif yönetimi değiştirecek olan hastalarda seçilmelidir.

Kardiyovasküler Değerlendirme

Kardiyovasküler değerlendirmede amaç, her hastaya rutin test yapmak değil, perioperatif kardiyak olay riskini klinik olarak anlamlı biçimde değiştirecek olan bulguları saptamaktır.

Özellikle sorgulanması gerekenler

- İskemik kalp hastalığı veya geçirilmiş miyokard enfarktüsü.
- Kalp yetersizliği ve son dönemde semptomlarda değişiklik.
- Aritmi, senkop veya belirgin çarpıntı.
- Valvüler kalp hastalığı, özellikle semptomatik veya ciddi hastalık.
- Kontrolsüz hipertansiyon.
- Periferik arter hastalığı ve serebrovasküler hastalık.
- Pulmoner hipertansiyon.
- Aktif kardiyak semptomlar ve önceki kardiyak girişimler.

2024 AHA/ACC periperatif kardiyovasküler yönetim kılavuzu, stabil ve düşük riskli hastalarda gereksiz ileri kardiyak testlerden kaçınmayı; stres testini yalnızca seçilmiş yüksek riskli hastalarda düşünmeyi ve kardiyovasküler hastalığı kompleks veya instabil olan hastalarda ekip temelli yaklaşımı vurgulamaktadır (Thompson et al., 2024).

Kardiyak Risk İçin Basamaklı Yaklaşım

- Aktif veya instabil kardiyak durum var mı?

- Cerrahi ertelenebiliyor mu ve önce kardiyak durumun tedavisi gerekiyor mu?
- Cerrahi risk ve hastanın klinik risk belirleyicileri nedir?
- Doğrulanmış bir risk hesaplayıcı ile tahmini risk nedir?
- Fonksiyonel kapasite iyi mi, kötü mü veya bilinmiyor mu?
- Ek test sonucu perioperatif yönetimi gerçekten değiştirecek mi?
- Evet ise uygun test seçilir; hayır ise rutin ileri test yapılmaz.

Bu yaklaşım, 'her hastaya EKG – ekokardiyografi – stres testi' anlayışından farklıdır. Testin değeri, yalnızca bir anormallik bulmasından değil, klinik kararı değiştirmesinden kaynaklanır.

Solunum Sistemi Değerlendirmesi

Pulmoner risk; hastanın mevcut akciğer hastalığı, semptomları, sigara kullanımı, obezite, uyku apnesi, cerrahinin tipi ve postoperatif ventilasyon gereksinimi ile birlikte değerlendirilmelidir (American Society of Anesthesiologists, 2017).

- Dispne, kronik öksürük, balgam ve wheezing.
- Aktif solunum yolu enfeksiyonu.
- KOAH veya astım varsa kontrol düzeyi.
- Obstrüktif uyku apnesi riski.
- Sigara ve diğer inhalasyon maruziyetleri.
- Önceki mekanik ventilasyon veya zor ekstübasyon öyküsü.

- Göğüs cerrahisi veya üst abdominal cerrahi planı.
- Trendelenburg veya prone pozisyon planı.

Akciğer grafisi, spirometri, arter kan gazı veya diğer pulmoner testler klinik gerekliliğe göre seçilmelidir; asemptomatik hastada rutin test yaklaşımı yerine sonuçların yönetimi değiştirme olasılığı dikkate alınmalıdır.

Hava Yolu Değerlendirmesi

Hava yolu değerlendirmesi yalnızca ağız açıklığına bakmaktan ibaret değildir. Anamnez, fizik muayene ve gerektiğinde ek görüntüleme birlikte değerlendirilmelidir.

- Önceki zor entübasyon veya zor ventilasyon öyküsü.
- Ağız açıklığı ve diş yapısı.
- Mallampati sınıfı.
- Tiromental mesafe ve mandibular yapı.
- Boyun hareketliliği.
- Obezite, boyun çevresi ve obstrüktif uyku apnesi bulguları.
- Yüz, çene, dil, farinks veya boyun anatomisindeki değişiklikler.
- Trakeostomi, baş-boyun cerrahisi veya radyoterapi öyküsü.

Tek bir hava yolu testi zor entübasyonu güvenilir biçimde dışlamaz. Bu nedenle çoklu değerlendirme ve klinik bağlam önemlidir. Beklenen zor hava yolu durumunda alternatif oksijenasyon ve entübasyon planları işlem başlamadan önce hazırlanmalıdır.

Aspirasyon Riski ve Preoperatif Açlık

Aspirasyon riski; açlık süresinden bağımsız olarak gastrointestinal motilite bozukluğu, obstrüksiyon, ciddi reflü, disfaji, gebelik, acil cerrahi ve bilinç düzeyindeki bozukluklar gibi faktörlerle artabilir. Açlık kuralları sağlıklı elektif hastalar için standart bir çerçeve sağlarken riskli hastada bireyselleştirilmiş bir yaklaşım gerekir (Thompson et al., 2024).

ASA'nın mevcut açlık yaklaşımında sağlıklı elektif hastalarda berrak sıvıların işlemden 2 saat öncesine kadar alınabilmesi ve hafif öğün / insan dışı süt için genel olarak 6 saatlik açlık süresi önerilmektedir. Ancak yağlı veya kızartılmış yemeklerde daha uzun süre gerekebilir (Thompson et al., 2024).

Açlık süresi tek başına aspirasyon riskinin bütününü belirlemez. Özellikle gecikmiş mide boşalması ile ilişkili durumlarda bireysellleştirilmiş klinik değerlendirme önemlidir.

Endokrin, Metabolik ve Renal Değerlendirme

- Diyabetes Mellitus: Glisemik kontrol, hipoglisemi riski ve kullanılan ilaçların perioperatif yönetimi.
- Tiroid hastalıkları: Kontrol düzeyi ve klinik semptomlar.
- Böbrek hastalığı: Kreatinin/eGFR, elektrolitler, sıvı dengesi ve ilaç dozları.
- Karaciğer hastalığı: Sentez fonksiyonu, koagülasyon, portal hipertansiyon ve ilaç metabolizması.
- Elektrolit bozuklukları ve asit-baz sorunları.
- Beslenme bozukluğu, obezite ve frailty.

Laboratuvar ve Görüntüleme Testleri

Preoperatif testler ‘rutin paket’ şeklinde değil, hastanın öyküsü, fizik muayene, cerrahinin niteliği ve test sonucunun yönetimi değiştirme olasılığına göre istenmelidir.

Tablo 2 Preoperatif testler

Test	Ne Zaman Düşünülebilir?	Temel Amaç
Hemogram	Anemi / kanama riski veya önemli kan kaybı beklenen cerrahi	Anemi ve platelet değerlendirmesi
Kreatinin / eGFR ve elektrolitler	Böbrek hastalığı, yaş / komorbidite veya ilgili ilaçlar	Böbrek fonksiyonu ve metabolik risk
Koagülasyon testleri	Karaciğer hastalığı, kanama öyküsü veya belirli klinik endikasyonlar	Hemostaz değerlendirmesi
EKG	Kardiyovasküler hastalık / risk ve cerrahiye göre klinik endikasyon	Aritmi ve iskemi açısından başlangıç değerlendirmesi
Akciğer grafisi	Semptom veya bilinen hastalık / cerrahi endikasyonu	Pulmoner değerlendirme
Ekokardiyografi	Yeni / şüpheli ciddi kardiyak bulgu veya klinik endikasyon	Yapısal ve fonksiyonel değerlendirme

Kronik Hastalıkların Optimizasyonu

Preoperatif değerlendirme, risk sınıflaması kadar optimizasyon sürecidir. Kontrolsüz hipertansiyon, aktif enfeksiyon, dekompanse kalp yetersizliği, ciddi elektrolit bozukluğu, belirgin anemi veya kontrolsüz metabolik bozukluk gibi durumlarda cerrahinin aciliyeti ile optimizasyon için gerekli süre birlikte değerlendirilir.

2024 AHA/ACC perioperatif kardiyovasküler yönetim kılavuzu özellikle kardiyovasküler hastalıkların yönetiminde ‘cerrahiden önce mümkün olan her şeyi düzeltmek’ şeklindeki sınırsız yaklaşım yerine, klinik olarak gerekli ve yönetimi değiştirecek müdahalelerin seçilmesini desteklemektedir. Diyabetes mellitus tedavisinde kullanılan SGLT2 inhibitörlerinin planlı cerrahiden 3 – 4 gün önce kesilmesi, perioperatif metabolik asidoz

riskini azaltmak amacıyla güncel kılavuzdaki önemli önerilerden biridir (Thompson et al., 2024).

Anestezi Planının Oluşturulması

Preoperatif değerlendirmenin son ürünü bir ‘risk listesi’ değil, uygulanabilir bir perioperatif plandır.

- Planlanan anestezi tekniği ve alternatifleri.
- Hava yolu stratejisi ve kurtarma planı.
- Monitörizasyon düzeyi.
- Damar yolu ve gerekirse invaziv monitörizasyon.
- Sıvı, kanama ve transfüzyon stratejisi.
- Analjezi ve opioid tasarruflu multimodal yaklaşım.
- Postoperatif solunum takibi ve kardiyovasküler izlem.
- Servis, yüksek bakım veya yoğun bakım gereksinimi.
- Hastanın özel riskleri konusunda ekip iletişimi.

Klinik Karar Şeması

Hastanın ameliyat öncesi değerlendirmesi için pratik karar akışı:

- **Cerrahi acil mi?** → Evet: Gerekli minimum değerlendirme + eş zamanlı resüsitasyon / optimizasyon. Hayır: Planlı risk değerlendirmesi (American Society of Anesthesiologists, 2017).
- **Aktif ciddi kardiyak / pulmoner sorun var mı?** → Evet: Stabilizasyon / uygun konsültasyon. Hayır: Devam.

- **Önemli komorbidite veya düşük fizyolojik rezerv var mı?** → Evet: Hedefe yönelik test / optimizasyon (Thompson et al., 2024).
- **Hava yolu veya aspirasyon riski yüksek mi?** → Evet: Özel plan ve ekip hazırlığı.
- **Tahmin edilen kanama / cerrahi fizyolojik stres yüksek mi?** → Evet: Uygun damar yolu, kan hazırlığı ve ileri monitörizasyonu değerlendir.
- **Test sonucu yönetimi değiştirecek mi?** → Hayır: Gereksiz testi yapma. Evet: Uygun testi seç (Thompson et al., 2024).
- **Postoperatif risk yüksek mi?** → Evet: İleri izlem / yoğun bakım planını önceden oluştur.

Klinik Anahtar Noktalar

- Preoperatif değerlendirme bir test isteme işlemi değil, klinik karar verme sürecidir.
- Amaç yalnızca mevcut hastalıkları bulmak değil; hastayı optimize etmek ve perioperatif planı kişiselleştirmektir.
- Cerrahi riski ile hastaya ait risk birlikte değerlendirilmelidir.
- Kardiyovasküler değerlendirmede güncel yaklaşım basamaklıdır; rutin stres testi önerilmez.
- Fonksiyonel kapasite, frailty ve fizyolojik rezerv özellikle yaşlı hastalarda önemlidir.
- Tek bir hava yolu testi zor entübasyonu güvenilir biçimde dışlamaz.

- Açlık süresi aspirasyon riskinin yalnızca bir bileşenidir.
- Preoperatif testler, ancak sonucu klinik yönetimi değiştirme potansiyeli varsa değerlidir.
- Kronik ilaçlar, özellikle antitrombotik, antidiyabetik ve kardiyovasküler ilaçlar, bireyselleştirilmiş bir perioperatif plan gerektirir.
- Değerlendirmenin son ürünü; anestezi, cerrahi, analjezi, monitörizasyon ve postoperatif bakım planını içeren bütüncül bir yol haritasıdır (Thompson et al., 2024).

Kaynakça

American Society of Anesthesiologists. (2017). Practice Guidelines for Preoperative Fasting and the Use of Pharmacologic Agents to Reduce the Risk of Pulmonary Aspiration: Application to Healthy Patients Undergoing Elective Procedures: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Preoperative Fasting and the Use of Pharmacologic Agents to Reduce the Risk of Pulmonary Aspiration. *Anesthesiology, 126*(3), 376–393. doi: 10.1097/ALN.0000000000001452.

Butterworth, J. F., IV, Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (2022). *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology* (7th ed.). McGraw Hill.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., … Williams, K. A., Sr (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology,* 84(19), 1869–1969. doi: 10.1016/j.jacc.2024.06.013.

BÖLÜM 4

ANESTEZİ CİHAZLARI VE EKİPMANLARI – I

GÜZİN CERAN[1]

Özet

Anestezi cihazı, hastaya oksijen ve diğer tıbbi gazları kontrollü biçimde ulaştıran, gerektiğinde inhalasyon anesteziklerini veren ve spontan, manuel veya mekanik ventilasyonu destekleyen bir sistemdir. Modern anestezi çalışma istasyonu yalnızca bir 'anestezi makinesi' değil; gaz besleme sistemi, akış kontrolü, vaporizatör, solunum devresi, ventilatör, karbondioksit absorbanı, gaz analizleri, alarmlar ve atık gaz uzaklaştırma sistemlerinin birlikte çalıştığı bir güvenlik sistemidir.

Bu bölümün temel mesajı cihazı tanımaktan önce cihazın güvenliğini doğrulamaktır. Oksijen kaynağının yeterliliği, bağlantıların doğru olması, devre bütünlüğü, vaporizatörün doğru ajanla dolu ve kilitli olması, ventilatörün çalışması, gaz analizlerinin uygunluğu, alarmların etkinliği ve manuel ventilasyon için yedek olanakların hazır bulunması anestezi başlamadan önce değerlendirilmelidir.

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-5181-5379

Kaynak metinde anestezi makinesinin üç temel amacı; oksijen ve anestezik gazların kontrollü verilmesi, pozitif basınçlı ventilasyonun sağlanması ve inhalasyon anesteziklerinin uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca gaz kaynağı, flowmetreler, hipoksi güvenlik sistemleri, vaporizatör, rezervuar balon, ventilatör, halka sistem, CO_2 absorbanı, atık gaz sistemi ve oksijen flush sistemi ana bileşenler olarak sıralanmaktadır.

Güncel yaklaşımda ise bu tarihsel komponent listesi, otomatik testler ve elektronik sistemlerle birlikte değerlendirilir. ISO 80601-2-13:2022, anestezi çalışma istasyonunun temel güvenlik ve esas performans gerekliliklerini; gaz iletim sistemi, solunum sistemi, anestezik buhar iletim sistemi, ventilatör, gaz uzaklaştırma sistemi, monitörizasyon ve alarm sistemlerini kapsayacak biçimde tanımlar.

Öğrenme Hedefleri

- Anestezi çalışma istasyonunun temel bileşenlerini ve işlevlerini açıklayabilmek.
- Yüksek, orta ve düşük basınçlı gaz sistemlerini birbirinden ayırabilmek.
- Oksijen ve diğer gazların güvenli bağlantı sistemlerini açıklayabilmek.
- Flowmetre, hipoksi önleyici sistem, vaporizatör ve oksijen flush sisteminin işlevlerini kavrayabilmek (Gropper et al., 2025).
- Anestezi cihazının işlem öncesi kontrolünü sistematik biçimde gerçekleştirebilmek.
- Cihaz alarmlarının ve gaz analizlerinin klinik güvenlikteki yerini açıklayabilmek.

- Cihaz arızasında manuel ventilasyon ve yedek oksijen olanaklarını kullanabilmek.
- Otomasyonun kullanıcı sorumluluğunu ortadan kaldırmadığını bilmek.

Anestezi Çalışma İstasyonu Nedir?

Anestezi çalışma istasyonu; tıbbi gazların güvenli biçimde hastaya ulaştırılması, anestezik buharların kontrollü olarak verilmesi, spontan veya kontrollü ventilasyonun sağlanması, solunum gazlarının analiz edilmesi ve atık anestezik gazların uzaklaştırılması için tasarlanmış bütünleşik bir sistemdir. Modern cihazlarda ventilatör, gaz analiz modülleri, vaporizatörler, alarm sistemleri ve kullanıcı arayüzleri aynı çalışma istasyonunda birleştirilmiştir.

Anestezi cihazının temel güvenlik amacı hipoksik gaz karışımının hastaya ulaşmasını önlemektir. Ancak hiçbir güvenlik sistemi tüm hata kaynaklarını ortadan kaldırmaz (Gropper et al., 2025).

Anestezi Makinesinin Temel İşlevleri

İşlev	Açıklama
Gazların sağlanması	Oksijen, hava ve uygun sistemlerde nitröz oksidin (N_2O) güvenli biçimde sisteme alınması
Gazların karıştırılması ve akış kontrolü	Taze gaz akımının ve gaz oranlarının ayarlanması
Anestezik buharın verilmesi	Vaporizatör aracılığıyla volatil ajanın kontrollü konsantrasyonda eklenmesi
Ventilasyon	Spontan, manuel veya mekanik ventilasyona olanak sağlanması
Gaz analizi	İnspire/ekspire O_2, CO_2 ve anestezik gaz konsantrasyonlarının izlenmesi
Güvenlik	Alarmlar, hipoksi önleyici sistemler, basınç ve bağlantı kontrolleri
Atık gaz uzaklaştırma	Anestezik gaz maruziyetinin azaltılması

Gaz Kaynakları

Anestezi cihazına gazlar merkezi boru hattından veya yedek silindirlerden sağlanabilir. Kaynak metinde oksijen ve N_2O' nun yanı sıra tıbbi havanın da temel gazlardan olduğu; merkezi sistemlerin hastane içindeki gaz dağıtımını sağladığı belirtilmektedir.

Merkezi gaz sisteminde basınç ve bağlantı güvenliği kritik önemdedir. Gazların birbirinin yerine bağlanmasını önlemek için çap/indeks temelli bağlantı sistemleri ve tek yönlü kontrol valfleri kullanılır. Kaynak metinde DISS ve silindir bağlantıları için pin-index sistemi ayrıntılı biçimde açıklanmaktadır (Gropper et al., 2025).

2026 uygulamasında renk kodlarına güvenmek tek başına yeterli değildir. Gazın kimliği; tesisat etiketi, bağlantı standardı, basınç ve cihazın gaz analizleriyle birlikte doğrulanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Anestezi Cihazının Basınç Bölgeleri

Pnömatik sistem pratik olarak yüksek, orta ve düşük basınçlı bölümlere ayrılır. Bu ayrım, arıza ve kaçakların nerede meydana geldiğini anlamak açısından önemlidir (Gropper et al., 2025).

Bölüm	Temel İçerik	Klinik Önemi
Yüksek basınç	Silindir, silindir valfi ve regülatör bölümü	Yüksek ve değişken silindir basıncının güvenli düzeye indirilmesi
Orta basınç	Merkezi gaz girişi, regülatörler ve ara pnömatik bileşenler	Gazın akış kontrol sistemine uygun basınçta ulaştırılması
Düşük basınç	Flowmetre, vaporizatör ve ortak gaz çıkışına kadar olan bölüm	Kaçak ve yanlış gaz karışımı açısından kritik bölüm

Kaynak metin düşük basınçlı sistemin flowmetre, vaporizatör ve ana gaz çıkışını içerdiğini; flowmetre çevresindeki

kaçakların hipoksik karışım açısından özellikle önemli olduğunu vurgular.

Oksijen Güvenlik Sistemleri

Oksijen güvenliği birden fazla mekanizmaya dayanır. Oksijen analizörü hastaya ulaşan gazın gerçek FiO_2'sini ölçer ve düşük oksijen alarmı sağlayabilir. Fail-safe veya oxygen failure protection sistemleri ise belirli upstream oksijen basıncı sorunlarında diğer gazların akışını azaltabilir veya kesebilir. Bunların işlevleri aynı değildir ve biri diğerinin yerini tutmaz (Gropper et al., 2025).

- Oksijen analizörü: Hastaya sunulan gazın oksijen konsantrasyonunu doğrudan izleyen temel güvenlik bileşenidir.
- Fail-safe/oxygen failure protection: Oksijen besleme basıncındaki düşmeye yanıt verir; ancak tüm hipoksik karışım nedenlerini engellemez (Gropper et al., 2025).
- Oranlayıcı sistemler: Özellikle O_2/N_2O kombinasyonlarında hipoksik karışım riskini azaltmak üzere gaz akımlarını ilişkilendirir.
- Düşük O_2 basınç alarmı: Gaz kaynağı sorununun erken fark edilmesini sağlar.
- Yedek O_2: Merkezi sistem arızasında manuel ventilasyon ve acil yönetim için hazır bulunmalıdır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

Kaynak metin, fail-safe sistemlerin oksijen basıncı normal kalırken O_2 akış kontrol valfinin yanlışlıkla kapanması gibi downstream sorunlarda hipoksiyi önleyemeyeceğini açıkça belirtmektedir. Bu nedenle 2026 yaklaşımında 'fail-safe sistemi var,

dolayısıyla cihaz güvenlidir' şeklindeki bir kabul doğru değildir (Gropper et al., 2025).

Flowmetreler ve Akış Kontrolü

Flowmetreler gaz akımını ölçmek ve ayarlamak için kullanılır. Geleneksel rotametrelerde gaz, konik tüp içinde yükselen bir indikatör üzerinden değerlendirilir. Modern cihazların önemli bölümünde elektronik akış ölçümü ve ekran üzerinden kontrol kullanılabilir; ancak temel prensip aynıdır: ayarlanan taze gaz akımı, hastaya ulaşan gaz karışımının önemli bir bileşenidir (Gropper et al., 2025).

Kaynak metinde her gaz için ayrı ayar, gösterge, O_2 kontrol düğmesinin ayırt edilebilir olması ve O_2'nin gaz karışımına diğer gazlardan sonra katılması gibi güvenlik özellikleri tanımlanmıştır.

Elektronik sistemlerde kullanıcı, ekranda görülen değerin gerçek gaz çıkışı olduğunu varsaymamalıdır. Cihazın üreticiye özgü pre-use testleri, gaz analizleri ve alarm durumları kontrol edilmelidir (Gropper et al., 2025).

Vaporizatörler

Vaporizatör, volatil anestezik ajanın sıvı formdan kontrollü biçimde buharlaştırılarak taze gaz akımına eklenmesini sağlar. Güncel vaporizatörlerde ajan-spesifik tasarım, kalibrasyon, dolum güvenliği ve yanlış ajanla doldurmayı önleyen mekanizmalar temel güvenlik özellikleridir.

- Ajan-spesifik dolum sistemi kullanılmalıdır.
- Vaporizatörün doğru ajanla dolu olduğu doğrulanmalıdır.
- Vaporizatör güvenli şekilde yerleşmiş ve kilitlenmiş olmalıdır.

- Birden fazla vaporizatör varsa yanlışlıkla aynı anda açılmasını önleyen interlock bulunmalıdır (Gropper et al., 2025).
- Dolum seviyesi ve kaçak kontrolü yapılmalıdır.
- Vaporizatör bypass konumunun ve konsantrasyon ayarının doğru olduğu kontrol edilmelidir.

Kaynak metin konsantrasyona göre kalibrasyon, ara kilit, sıvı düzeyi göstergesi, aşırı dolumu önleme ve ajan-spesifik dolum adaptörünü temel güvenlik özellikleri arasında saymaktadır.

Oksijen Flush Sistemi

Oksijen flush valfi, oksijeni flowmetreler ve vaporizatörden geçirmeden doğrudan ortak gaz çıkışına yüksek akımla gönderir. Bu nedenle devrenin hızlı doldurulması veya acil yüksek oksijen akımı gerektiğinde yararlıdır; ancak ventilasyon sırasında uygunsuz kullanımı yüksek basınç, anestezik gazın dilüsyonu ve barotravma riski oluşturabilir (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

Cihazlar arasında teknik değerler değişebileceğinden, uygulamada üretici spesifikasyonu esas alınmalıdır.

Rezervuar Balon ve Manuel Ventilasyon

Rezervuar balon; spontan solunumda taze gazın depolanmasına, manuel ventilasyonda ise hastaya pozitif basınç uygulanmasına olanak sağlar. Ventilatör arızasında veya ventilatörün devre dışı bırakılması gereken durumlarda manuel ventilasyon, anestezi güvenliğinin temel yedek yöntemidir (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

Bu nedenle anestezi başlamadan önce yalnızca mekanik ventilatörün çalışması değil, rezervuar balonun, APL valfinin ve manuel ventilasyon yolunun da işlevsel olduğu doğrulanmalıdır.

Solunum Devresi

Solunum devresi hastayı anestezi cihazına bağlayan sistemdir. Devre; inspiratuvar ve ekspiratuvar kollar, bağlantılar, Y parçası, rezervuar balon, APL valfi ve CO_2 absorban sisteminin bulunduğu dairesel sistem gibi bileşenlerden oluşabilir (Gropper et al., 2025).

- Devre bağlantılarının doğru ve sıkı olması,
- Ekspiratuvar ve inspiratuvar yolların doğru bağlanması,
- Kaçak bulunmaması,
- Filtrelerin ve nem tutucuların uygun yerleşimi,
- CO_2 absorbanının uygun durumda olması,
- Ventilatör ile devre arasındaki bağlantının doğrulanması kontrol edilmelidir.

Karbondioksit Absorbanı

Dairesel sistemlerde ekshale edilen CO_2'nin uzaklaştırılması, yeniden solumanın kontrolü için gereklidir. Modern absorban sistemlerinde absorbanın rengi, fiziksel durumu ve üretici önerileri izlenmelidir. Aşırı kurumuş bazı absorbanların volatil anesteziklerle etkileşerek istenmeyen yan ürünler oluşturabilmesi nedeniyle absorbanın uzun süre kullanılmadan bırakılması ve üretici talimatlarının dışında yönetilmesi uygun değildir.

Düşük taze gaz akımı uygulamalarında absorbanın işlevi daha kritik hale gelir; bu nedenle FiO_2, inspiratuvar/ekspiratuvar gaz

konsantrasyonları ve CO_2 yakından izlenmelidir (Gropper et al., 2025).

Ventilatör

Anestezi ventilatörü kontrollü pozitif basınçlı ventilasyon sağlar. Güncel cihazlarda hacim kontrollü, basınç kontrollü ve çeşitli hibrit/yardımcı modlar bulunabilir. Modun adı kadar, hastaya ulaşan tidal volüm, dakika ventilasyonu, basınçlar, PEEP(Positive End-Expiratory Pressure) ve dalga formlarının klinik olarak yorumlanması önemlidir.

- Devre bağlantısı ve kaçak,
- İnspiratuvar/ekspiratuvar tidal volüm,
- Hava yolu basınçları,
- PEEP,
- Dakika ventilasyonu,
- Apne ve ayrılma alarmları,
- Hasta-ventilatör uyumu kontrol edilmelidir.

Alarmlar ve Gaz Analizleri

Alarmlar güvenlik ağının bir parçasıdır; ancak alarmın varlığı klinik değerlendirmeyi ikame etmez. Alarm limitleri hastaya ve işleme uygun şekilde ayarlanmalı, anlamlı alarmın nedeni araştırılmalı ve yalnızca sesi susturmakla yetinilmemelidir (Gropper et al., 2025).

İzlem	**Temel Güvenlik Amacı**
FiO_2 / O_2 analizörü	Hipoksik gaz karışımını erken saptamak
$EtCO_2$ / kapnografi	Ventilasyonu ve devre bütünlüğünü değerlendirmek
Hava yolu basıncı	Obstrüksiyon, devre sorunu veya yüksek basıncı saptamak
Ekshale tidal volüm	Ventilatör-delivery bütünlüğünü değerlendirmek

Anestezik gaz konsantrasyonu	Volatil ajan sunumunu ve derinliği değerlendirmek
Devre ayrılma alarmı	Bağlantı kopmasını erken saptamak

ASA temel monitörizasyon yaklaşımında anestezi boyunca oksijenasyon, ventilasyon, dolaşım ve sıcaklığın sürekli değerlendirilmesi esastır; güncel özetlerde pulse oksimetri, kapnografi/$EtCO_2$, EKG, kan basıncı ve sıcaklık temel bileşenler olarak yer almaktadır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

Atık Anestezik Gaz Sistemi

Anestezik gazların ameliyathane ortamına yayılmasını azaltmak için anesthetic gas scavenging system (AGSS) kullanılır. AGSS, modern çalışma istasyonu güvenliğinin bir parçasıdır. ISO 80601-2-13:2022 kapsamı, gaz uzaklaştırma sistemini de anestezi çalışma istasyonunun temel bileşenleri arasında kabul etmektedir (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025; International Organization for Standardization, 2022).

Scavenging sisteminde hem aşırı negatif basınç hem de aşırı pozitif basınç istenmez; sistemin bağlantıları ve tahliye hattı üretici ve kurum standartlarına göre kontrol edilmelidir.

İşlem Öncesi Anestezi Cihazı Kontrolü

Anestezi cihazı kontrolü, cihazın açıldığını görmekten ibaret değildir. Kontrolün amacı ‘cihaz çalışıyor mu?’ sorusundan çok ‘bu cihaz ve bağlı sistem, bu hastayı güvenle ventile ve oksijenize edebilecek mi?’ sorusuna yanıt vermektir (Gropper et al., 2025).

1. Elektrik kaynağı ve batarya durumunu kontrol et.
2. Merkezi O_2 ve diğer gaz basınçlarını kontrol et.

3. Yedek O_2 silindirinin varlığını ve kullanılabilirliğini doğrula.
4. Gaz bağlantılarının doğru olduğunu kontrol et.
5. Flowmetre/akış sistemini ve gaz akımını doğrula.
6. Vaporizatörün doğru ajanla dolu, kapalı/kitli ve uygun konumda olduğunu kontrol et.
7. Solunum devresini, rezervuar balonu ve APL valfini kontrol et.
8. Devre ve sistem kaçak testini üretici önerisine göre yap.
9. Ventilatörün çalışmasını ve ayarlanan/ölçülen tidal volümleri kontrol et.
10. FiO_2 ve diğer gaz analizlerinin çalıştığını doğrula.
11. $EtCO_2$/kapnografi ve basınç monitörizasyonunu kontrol et.
12. Alarmları ve alarm limitlerini hasta/işlem için uygun şekilde ayarla.
13. CO_2 absorbanının durumunu kontrol et.
14. AGSS bağlantısını doğrula.
15. Manuel ventilasyon için yedek balon-maske ve gerekli hava yolu ekipmanını hazır bulundur.

Cihaz Arızasında İlk Yaklaşım

Anestezi cihazında beklenmeyen bir sorun olduğunda öncelik cihazı tamir etmek değil, hastanın oksijenasyon ve ventilasyonunu güvenceye almaktır.

1. Hastayı ve monitörleri değerlendir.

2. FiO_2, $EtCO_2$, hava yolu basıncı ve dolaşımı kontrol et.
3. Şüpheli cihaz bağlantısını değerlendir.
4. Gerekirse ventilatörü devreden çıkar ve manuel ventilasyona geç.
5. Yedek O_2 kaynağını kullan.
6. Sorun çözülene kadar alternatif ventilasyon/ oksijenasyon yöntemini sürdür.
7. Cihazı kullanımdan çıkar, teknik destek ve kurumun olay bildirim sürecini başlat.

Güncel Güvenlik Yaklaşımı

Kaynak metinde cihaz ve bağlantı hataları anestezi olaylarının nedenleri arasında ayrı bir başlık olarak verilmiştir. Ancak bu tür yüzdeler belirli tarihsel veri setlerine aittir ve günümüzde evrensel oranlar olarak kullanılmamalıdır. Kitapta bunların 'risk alanları' olarak ele alınması, sayısal oranların genellenmesinden daha doğrudur (Gropper et al., 2025).

Güncel güvenlik yaklaşımı; standartlaştırılmış pre-use checkout, kullanıcı eğitimini, uygun alarm yönetimini, kapnografiyi, oksijen analizini, yedek ventilasyonu ve ekip iletişimini birlikte ele alır. ISO 80601-2-13:2022 anestezi workstationlarının temel güvenlik ve esas performans gerekliliklerini tanımlayan güncel uluslararası standarttır (International Organization for Standardization, 2022).

Pratik Akış: Anesteziye Başlamadan Önce

1. Gaz kaynağı → O_2 mevcut ve basınç yeterli mi?

2. Bağlantılar → Doğru gaz, doğru bağlantı ve kaçak yok mu?
3. Cihaz → Otomatik/manuel pre-use test başarılı mı?
4. Vaporizatör → Doğru ajan, doğru dolum ve kilitli konum?
5. Devre → Bağlantı, kaçak, absorban ve APL uygun mu?
6. Ventilatör → Manuel ve mekanik ventilasyon çalışıyor mu?
7. Monitörizasyon → SpO_2, $EtCO_2$, EKG, kan basıncı ve gerekli diğer monitörler hazır mı?
8. Yedekler → Balon-maske, O_2 tüpü, aspirasyon ve zor hava yolu ekipmanı hazır mı?
9. Alarmlar → Hastaya uygun limitler ayarlanmış mı?
10. Son kontrol → Hastayı güvenle oksijenize ve ventile edebilecek durumda mıyım?

Klinik Anahtar Noktalar

1. Anestezi cihazı bir ‘makine’ değil, gaz iletimi, ventilasyon, monitörizasyon ve güvenlik sistemlerinden oluşan bir çalışma istasyonudur (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).
2. En temel amaç hastaya güvenli oksijen sunumu ve yeterli ventilasyondur.
3. Oksijen analizörü, fail-safe sisteminin yerine geçmez; fail-safe de oksijen analizörünün yerine geçmez.

4. Fail-safe sistemleri tüm hipoksik karışım nedenlerini önlemez.
5. Vaporizatörde doğru ajan ve doğru dolum sistemi kontrol edilmelidir.
6. Oksijen flush valfi yüksek akımla çalışır ve uygunsuz kullanımda barotravma ve anestezik gaz dilüsyonu oluşturabilir (Gropper et al., 2025).
7. Manuel ventilasyon için yedek sistem her zaman hazır olmalıdır.
8. Alarmı susturmak, alarmın nedenini çözmek değildir.
9. Otomatik cihaz testi kullanıcı tarafından yapılan klinik kontrolün yerini tutmaz.
10. Güncel cihaz güvenliği üretici talimatları, kurum kontrol listesi ve ISO 80601-2-13 gibi ilgili standartlarla birlikte değerlendirilmelidir (International Organization for Standardization, 2022).

Kaynakça

American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters (2025). *Standards for Basic Anesthetic Monitoring.* Güncel çevrimiçi sürüm; oksijenasyon, ventilasyon, dolaşım ve sıcaklık izlemi. https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

International Organization for Standardization (2022). *ISO 80601-2-13:2022. Medical electrical equipment — Part 2-13: Particular requirements for basic safety and essential performance of an anaesthetic workstation.* https://www.iso.org/standard/76679.html

BÖLÜM 5

ANESTEZİ CİHAZLARI VE EKİPMANLARI – II

GÜZİN CERAN[1]

Özet

Anestezi cihazlarının güvenli kullanımı yalnızca cihazın gaz sağlamasıyla sınırlı değildir. Hastaya ulaşan gazın bileşimi, solunum devresinin özellikleri, CO_2'nin uzaklaştırılması, ventilatörün hastaya uygun ventilasyon sağlaması, basınç ve hacimlerin izlenmesi, nemlendirme, atık anestezik gazların uzaklaştırılması ve cihaz arızasında manuel ventilasyona geçilebilmesi birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle modern anestezi workstationı; gaz iletim sistemi, solunum sistemi, vaporizatör, ventilatör, monitörizasyon, alarm ve koruyucu sistemlerin bütünleştiği bir güvenlik platformudur.

Kaynak bölümün ana başlıkları solunum sistemleri, ventilatörler, atık gaz temizleme sistemleri ve anestezi makinesi kontrolüdür. Solunum devreleri açık, yarı açık, yarı kapalı ve kapalı sistemler olarak ele alınmış; Mapleson sistemleri, halka sistemleri, CO_2 absorbanları, tek yönlü valfler, oksijen analizörleri,

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-5181-5379

spirometreler, basınç monitörizasyonu, PEEP (Positive End-Expiratory Pressure) ve ventilatörler ayrıntılı biçimde açıklanmıştır.

Güncel redaksiyonda tarihsel cihaz sınıfları korunmuş, ancak eski teknik değerler ve artık standart olmayan ajan/absorban uygulamaları güncel kullanım ile karıştırılmamıştır. Özellikle düşük akım anestezisinde gaz analizi, devre bütünlüğü ve absorbanın durumu; ventilasyon sırasında ise ekshale tidal volüm, $EtCO_2$, hava yolu basınçları ve alarm yönetimi ön plana çıkarılmıştır. ISO 80601-2-13:2022, anestezi workstationının gaz iletim, solunum, vaporizatör, ventilatör, gaz uzaklaştırma, monitörizasyon, alarm ve koruyucu sistemlerini birlikte ele alan güncel güvenlik standardıdır.

Öğrenme Hedefleri

- Açık, yarı açık, yarı kapalı ve kapalı solunum sistemlerini temel özellikleriyle ayırt edebilmek.
- Mapleson devrelerinin yapısını ve spontan/kontrollü ventilasyondaki göreceli verimliliklerini açıklayabilmek (Gropper et al., 2025).
- Halka sisteminin bileşenlerini ve CO_2 absorpsiyonunun rolünü açıklayabilmek.
- Tek yönlü valf, APL valfi, rezervuar balon ve PEEP valfinin işlevlerini değerlendirebilmek.
- Oksijen analizörü, spirometri ve hava yolu basıncı monitörizasyonunun klinik önemini kavrayabilmek (Gropper et al., 2025).
- HME(Heat and Moisture Exchanger) ve aktif nemlendiricilerin avantaj ve sınırlılıklarını açıklayabilmek.

- Ventilatörün inspirasyon, geçiş ve ekspirasyon fazlarını anlayabilmek.
- Hacim kontrollü ve basınç kontrollü ventilasyonun temel farklarını açıklayabilmek.
- Tepe ve plato basınçlarındaki değişiklikleri direnç ve kompliyans açısından yorumlayabilmek.
- Anestezi workstationında güvenli işlem öncesi kontrolü ve cihaz arızasında yedek ventilasyon yaklaşımını uygulayabilmek (Gropper et al., 2025).

Solunum Sistemleri: Temel Kavram

Solunum sistemi, anestezik gazların hastaya ulaştırıldığı son bağlantı zinciridir. Sistem seçimi; hastanın yaşı, spontan veya kontrollü ventilasyon gereksinimi, cerrahi koşullar, taşınabilirlik, taze gaz akımı ve CO_2'nin uzaklaştırılma yöntemine göre değişir.

Sistem	**Temel Özellik**	**CO_2 Uzaklaştırma / Yeniden Soluma**
Açık	Devre ile tam bir bağlantı yoktur veya gaz çevreye açık biçimde verilir	CO_2 çevreye dağılır; yeniden soluma kontrolü sınırlıdır
Yarı açık	Ekshale gazın tamamı veya büyük kısmı çevreye atılır	Net yeniden soluma beklenmez; yeterli taze gaz gerekir
Yarı kapalı	Ekshale gazın bir kısmı yeniden dolaşıma girer	CO_2 absorbanı veya yeterli taze gaz ile kontrol edilir
Kapalı	Ekspire edilen gazın büyük bölümü devrede kalır	CO_2 absorbanı gerekir; taze gaz gereksinimi metabolik gereksinime yaklaşır

Bu ifadeler kavramsal olarak korunmalı, ancak modern cihazlarda 'yarı açık/yarı kapalı' terminolojisinin cihaz tasarımına göre değişebileceği bilinmelidir (Gropper et al., 2025).

İnsuflasyon ve Açık Teknikler

İnsuflasyonda anestezik gaz hastanın yüzüne veya cerrahi alana yönlendirilir ve hastanın hava yolu ile kapalı bir solunum devresi arasında doğrudan bağlantı bulunmaz. Kaynak metin pediatrik indüksiyon, lokal oftalmik girişimler ve bronkoskopi gibi sınırlı kullanım alanları tanımlamaktadır.

Açık damla anestezisi, eter ve kloroform döneminin tarihsel bir tekniğidir ve günümüz rutin anestezi pratiğinde kullanılmaz. Kitapta tarihsel önemi nedeniyle korunmalı, modern klinik teknik olarak sunulmamalıdır (Gropper et al., 2025).

Draw-over Anestezi Sistemleri

Draw-over sistemi, hastanın inspirasyon gücü veya uygun ventilasyon sistemi aracılığıyla havanın düşük dirençli bir vaporizatörden geçirilerek anestezik buharla zenginleştirilmesine dayanır. Taşınabilir olması ve merkezi gaz sistemine bağımlılığın azaltılabilmesi amaçlanmıştır.

Bu sistemler özellikle taşınabilir/uzak ortamlarda ve özel koşullarda değer taşır. FiO_2'nin cihazın konfigürasyonu ve oksijen eklenmesine göre değişebilmesi nedeniyle oksijen konsantrasyonunun güvenilir şekilde izlenmesi önemlidir (Gropper et al., 2025).

Mapleson Devreleri

Mapleson sistemleri CO_2 absorbanı içermez. Solunum hortumu, taze gaz girişi, APL valfi ve rezervuar balonun göreceli yerleşimleri değiştirilerek farklı devreler oluşturulur. Amaç, yeterli taze gaz akımıyla CO_2'nin yeniden solunmasını azaltmaktır. Kaynak metin A–E devrelerini ve daha sonra Jackson-Rees modifikasyonuyla F sistemini tanımlamaktadır.

Devre	Temel Yapı/Özellik	Göreceli Kullanım
Mapleson A	Taze gaz girişi hastaya yakın; APL ve rezervuar düzeni buna göre konumlanır	Spontan ventilasyonda verimli
Mapleson D	Taze gaz girişi hastaya yakın, APL daha uzak	Kontrollü ventilasyonda daha verimli
Bain	Koaksiyel Mapleson D	Taşınabilirlik ve düşük dış hacim avantajı
Mapleson F / Jackson-Rees	T-parçası ve açık uçlu rezervuar balon modifikasyonu	Özellikle pediatrik uygulamalarda kullanılabilir

Kaynak metin spontan ventilasyonda A devresinin, kontrollü ventilasyonda ise D/E/F grubunun daha verimli olduğunu öğretmektedir. Ancak klinik uygulamada devre seçimi yalnızca ezberlenen ‘en verimli devre’ bilgisine değil, hastanın ventilasyon şekli, taze gaz akımı, cihaz özellikleri ve işlem koşullarına dayanmalıdır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

APL Valfi ve Rezervuar Balon

APL (adjustable pressure-limiting) valfi, manuel veya spontan ventilasyonda devre basıncının sınırlandırılmasına ve fazla gazın anesthetic gas scavenging system(AGSS)’e gönderilmesine olanak sağlar. Spontan solunumda valfin uygun şekilde açık olması, kontrollü ventilasyonda ise hedeflenen basınçların oluşturulabilmesi için uygun ayarlanması gerekir.

Rezervuar balon, taze/ekshale gaz için rezervuar oluşturur ve manuel pozitif basınçlı ventilasyona olanak sağlar. Kaynak metin balonun hacim-basınç davranışını ve APL valfi ile birlikte güvenlikteki rolünü açıklamaktadır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

APL valfi ile ventilatör basınç kontrolü birbirinin yerine geçmez. Mekanik ventilasyon sırasında güvenlik, ventilatörün basınç ve hacim limitleri ile birlikte değerlendirilmelidir.

Halka Sistemleri

Halka (circle) sistemi; inspiratuvar ve ekspiratuvar tek yönlü valfler, inspiratuvar ve ekspiratuvar hortumlar, Y bağlantısı, APL valfi, rezervuar balon ve CO_2 absorbanından oluşan yeniden solumalı bir sistemdir. Kaynak metin bu bileşenleri açık biçimde sıralamaktadır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

Halka sisteminin en önemli avantajı, CO_2 absorpsiyonu sayesinde düşük taze gaz akımlarıyla çalışabilmesidir. Düşük akım anestezisi; anestezik tüketimini, çevresel salınımı ve ısı/nem kaybını azaltabilir. Bunun karşılığında devre bütünlüğü, absorban durumu ve inspiratuvar/ekspiratuvar gaz konsantrasyonlarının daha dikkatli izlenmesi gerekir.

Bileşen	Temel Görev	Arıza Olursa
İnspiratuvar tek yönlü valf	Ekshale gazın inspiratuvar kola geri dönmesini önler	Yeniden soluma ve CO_2 artışı
Ekspiratuvar tek yönlü valf	İnspire edilen gazın ekspiratuvar kola geri kaçmasını önler	CO_2 yeniden solunması
CO_2 absorbanı	Ekspire edilen CO_2'yi uzaklaştırır	Hiperkapni
APL valfi	Fazla gazı dışarı/scavenging sistemine yönlendirir	Aşırı basınç veya yetersiz basınç kontrolü
Rezervuar balon	Gaz rezervuarı ve manuel ventilasyon	Manuel ventilasyon güçlüğü
Solunum hortumları	Gazların hasta ile cihaz arasında taşınması	Kaçak, ayrılma veya artmış direnç

CO_2 Absorbanları

CO_2 absorbanları, ekshale edilen gazın yeniden solunabilmesi için karbondioksiti kimyasal olarak uzaklaştırır. Geleneksel soda lime temel olarak kalsiyum hidroksit içerir; modern absorbanların bileşimleri üreticiye göre değişebilir (Gropper et al., 2025).

Kaynak metin soda lime reaksiyonlarını, su gereksinimini, renk indikatörünü ve kuru absorbanla volatil anestezikler arasındaki istenmeyen reaksiyonları ayrıntılı olarak ele almaktadır. Ancak eski metindeki 'belirli yüzde renk değişiminde mutlaka değiştir' gibi sabit eşikler tüm modern ürünlere uygulanamaz. Güncel uygulamada üreticinin kullanım talimatı, absorbanın fiziksel durumu, CO_2 düzeyi ve inspire edilen gaz analizi birlikte değerlendirilmelidir.

Özellikle absorbanın aşırı kuruması; bazı volatil anesteziklerle etkileşimi, ısı oluşumu ve potansiyel olarak istenmeyen yan ürünlerin oluşumu açısından önemlidir. Bu nedenle absorbanın uzun süre kuru bırakılmaması ve üretici önerileri dışındaki uygulamalardan kaçınılması gerekir (Gropper et al., 2025).

Tek Yönlü Valfler ve Halka Sisteminin Arızaları

Tek yönlü valfler solunum gazlarının doğru yönde hareket etmesini sağlar. Nem, valf diskinin yapışması, mekanik deformasyon veya yanlış montaj valf fonksiyonunu bozabilir. Kaynak metin, valf arızasının CO_2 yeniden solunmasına ve hiperkapniye yol açabileceğini belirtmektedir.

Beklenmeyen $EtCO_2$ artışı, inspire edilen CO_2'nin ortaya çıkması veya ventilasyonun bozulması durumunda yalnızca hastayı değil; tek yönlü valfleri, absorbanı ve devre bağlantılarını da kontrol etmek gerekir (Gropper et al., 2025).

Halka Sisteminin Performans Özellikleri

- Düşük taze gaz akımı ile çalışmaya uygundur.
- CO_2 absorbanı sayesinde yeniden solumayı güvenli düzeyde tutabilir.
- Isı ve nemin korunması, yüksek akımlı sistemlere göre daha iyidir.

- Düşük akımda anestezik konsantrasyonlarının değişimi daha yavaş olabilir.
- Devre kaçakları ve yanlış bağlantılar düşük akımda daha belirgin klinik sorun yaratabilir.
- Tek yönlü valf ve absorban direnci toplam solunum direncine katkıda bulunur.
- Yalnızca Y parçasının distal kısmı gerçek anatomik/cihaz kaynaklı ölü boşluk açısından belirleyicidir; ancak hortum hacmi kompliyans ve tidal volüm kaybını etkileyebilir (Gropper et al., 2025).

Kaynak metin halka sisteminin düşük akım, ölü boşluk, direnç, ısı/nem korunması ve dezavantajlarını birlikte değerlendirmektedir.

Oksijen Analizörleri

Oksijen analizörü, hastaya ulaşan gazın oksijen konsantrasyonunu doğrudan değerlendiren kritik bir güvenlik monitörüdür. Kaynak metin elektrokimyasal (Clark), galvanik/yakıt pili ve paramanyetik yöntemleri tanımlamaktadır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).

Teknoloji değişse de klinik amaç değişmez: cihazın ayarladığı FiO_2 ile hastaya ulaşan gerçek oksijen konsantrasyonu birbirinden ayrılmalıdır. Bu nedenle elektronik cihazlarda bile O_2 analizinin ve düşük FiO_2 alarmının çalıştığı doğrulanmalıdır.

Spirometri ve Solunum Hacimlerinin İzlenmesi

Solunum hacimlerinin ölçülmesi ventilatörün hastaya gerçekten ne kadar gaz verdiğini değerlendirmeyi sağlar. İnspire ve ekshale tidal volümler arasındaki fark, devre veya hava yolu kaçağını düşündürebilir (Gropper et al., 2025).

- Ekshale tidal volüm,
- Dakika ventilasyonu,
- İnspire edilen tidal volüm,
- Akım-zaman ve basınç-zaman eğrileri,
- Gerektiğinde hacim-zaman ve basınç-hacim döngüleri değerlendirilmelidir.

Kaynak metin farklı akım ölçüm teknolojilerini ve spirometrelerin yerleşimini tanımlamaktadır. Modern workstationlarda sensör teknolojisi üreticiye göre değiştiğinden, kullanıcı cihazın ölçüm prensibini ve alarm sınırlarını üretici talimatına göre bilmelidir.

Hava Yolu Basıncı

Hava yolu basıncı, ventilasyon sırasında mekanik yük hakkında bilgi verir. Tepe inspiratuvar basınç (Ppeak) hem hava yolu direncinden hem de akciğer/göğüs duvarı kompliyansından etkilenir. Plato basıncı (Pplato), inspiratuvar akımın kesildiği kısa bir bekleme sırasında ölçülür ve solunum sisteminin statik elastik yükü hakkında daha doğrudan bilgi sağlar (Gropper et al., 2025).

Bulgular	**Olası Mekanizma**	**Örnekler**
Ppeak ↑ + Pplato ↑	Kompliyans azalması veya tidal volüm artışı	Pulmoner ödem, atelektazi, pnömoperitoneum, plevral efüzyon
Ppeak ↑ + Pplato ≈ aynı	Hava yolu direnci artışı	Bronkospazm, sekresyon, tüp kıvrılması, tüp obstrüksiyonu
Ppeak/Pplato ↓	Kompliyans artışı veya kaçak	Devre ayrılması, cuff kaçağı, düşük tidal volüm

Kaynak metin tepe ve plato basınçlarının birlikte yorumlanmasını özellikle vurgulamaktadır. Klinik yorumda tek bir basınç değerinden ziyade trend, tidal volüm, PEEP, hasta pozisyonu ve dalga formları birlikte değerlendirilmelidir.

PEEP

Positive End-Expiratory Pressure(PEEP), ekspirasyon sonunda hava yolu basıncının atmosferik basıncın üzerinde tutulmasıdır. Alveolar kollapsı azaltabilir ve fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırabilir; ancak uygun olmayan düzeylerde venöz dönüşü ve hemodinamiyi bozabilir veya aşırı distansiyona katkıda bulunabilir (Gropper et al., 2025).

PEEP ayarı hastanın akciğer mekaniği, oksijenasyon gereksinimi, dolaşım durumu ve ventilasyon stratejisiyle birlikte yapılmalıdır. Modern cihazlarda elektronik PEEP valfleri yaygındır; cihazlar arasında mekanizma farklılık gösterebilir.

Nemlendirme

Kuru gazların uzun süre verilmesi trakeobronşiyal mukozada kuruma, sekresyonların koyulaşması ve mukosiliyer fonksiyonun bozulmasına yol açabilir. “Heat and Moisture Exchanger”ler (HME) ekshale edilen ısı ve nemi tutarak sonraki inspirasyonda geri verir; aktif nemlendiriciler ise ısıtılmış su üzerinden gazı doğrudan nemlendirir (Gropper et al., 2025).

Yöntem	Avantaj	Sınırlılık
HME	Basit, pasif, elektrik gerektirmez	Ölü boşluk ve direnç ekleyebilir; yoğun sekresyonda tıkanabilir
Isıtılmış aktif nemlendirme	Yüksek düzeyde nemlendirme	Kondensasyon, termal yaralanma ve cihaz yönetimi gereksinimi
Nemlendirme olmadan kuru devre	Basit	Uzun süreli ventilasyonda mukozal kuruma ve sekresyon sorunları

Ventilatörün Temel Çalışma Döngüsü

Mekanik ventilasyon birbiri ardına gelen dört fazdan oluşur: inspirasyon, inspirasyondan ekspirasyona geçiş, ekspirasyon ve ekspirasyondan inspirasyona geçiş. Kaynak metin bu dört fazı ve

inspirasyonun basınç, akım veya hacimle sınırlandırılabileceğini açıklamaktadır (Gropper et al., 2025).

Faz	Temel Soru
İnspirasyon	Gaz hastaya hangi basınç/akım ile ulaşıyor?
İnspirasyondan ekspirasyona geçiş	İnspirasyon ne zaman sonlanıyor: zaman, basınç veya hacim?
Ekspirasyon	Gaz hangi basınç düzeyine kadar pasif/aktif olarak boşalıyor?
Ekspirasyondan inspirasyona geçiş	Bir sonraki soluk hangi zaman/akım/basınç kriteriyle başlıyor?

Hacim Kontrollü ve Basınç Kontrollü Ventilasyon

Özellik	Hacim Kontrollü Ventilasyon	Basınç Kontrollü Ventilasyon
Temel hedef	Ayarlanan tidal volüm	Ayarlanan inspiratuvar basınç
Akım	Genellikle ayarlanabilir ve dalga şekli seçilebilir	Basınç hedefini sürdürmek için akım değişebilir
Kompliyans azalırsa	Aynı hacmi vermek için basınç artabilir	Aynı basınçta tidal volüm azalabilir
Kaçak	Basınç ve hacim etkilenebilir	İnspirasyon süresi/akım davranışı etkilenebilir
İzlem	Tidal volüm + basınç	Tidal volüm + basınç + akım

Modern ventilatörler çoğunlukla yalnızca tek bir ‘saf’ kontrol mekanizmasıyla sınırlı değildir; basınç sınırlama, tidal volüm hedefleme, otomatik kompanzasyon ve destek modları gibi ikincil kontrol özellikleri bulunabilir (Gropper et al., 2025).

Körüklü ve Pistonlu Ventilatörler

Kaynak metin körüklü ventilatörlerin itici gazla çalışmasını, körük tiplerini ve devre ayrılması sırasında davranışlarını; pistonlu sistemlerin ise elektronik pistonla tidal hacmi daha doğrudan oluşturabilmesini açıklamaktadır.

Güncel cihazlarda pistonlu ve farklı pnömatik/elektronik tasarımlar bulunabilir. Kullanıcı açısından temel konu mekanizmayı ezberlemekten çok, cihazın pre-use testini, devre ayrılma alarmını,

ekshale tidal volümünü ve manuel ventilasyon seçeneğini bilmektir (Gropper et al., 2025).

Taze Gaz Akımı ve Tidal Volüm Kompanzasyonu

Modern anestezi ventilatörleri taze gaz akımının tidal volüm üzerindeki etkisini otomatik olarak kompanse edebilir. Kaynak metin, volüm sensörlerinden gelen geri bildirimle verilen tidal volümün ayarlanmasını ve bazı pistonlu sistemlerde taze gazın rezervuar balona yönlendirilerek inspirasyon sırasında piston tarafından kullanılmasını açıklamaktadır.

Kullanıcı, ekranda ayarlanan tidal volüm ile hastanın gerçekten ekshale ettiği tidal volümün aynı olmayabileceğini bilmelidir. Kaçak, devre kompliyansı, endotrakeal tüp cuff kaçağı ve bağlantı sorunları bu farkın nedenleri arasında olabilir (Gropper et al., 2025).

Ventilatör Alarmları

Alarm sistemi, ventilasyon güvenliğinin ayrılmaz parçasıdır. Kaynak metinde düşük basınç, düşük ekshale tidal volüm, düşük ekshale CO_2, yüksek Ppeak, sürekli yüksek hava yolu basıncı, yüksek PEEP ve düşük oksijen kaynağı basıncı gibi alarm alanları sıralanmaktadır.

Alarm yönetiminin ilkesi alarmı susturmak değil nedenini bulmaktır. Alarmın klinik önemi; hastanın göğüs hareketi, SpO_2, $EtCO_2$, gerektiğinde kan gazı, ventilatör dalga formları ve devre/hava yolu kontrolü ile birlikte değerlendirilir (Gropper et al., 2025).

Ventilatör Sorunlarına Sistematik Yaklaşım

1. Hastayı değerlendir: Göğüs hareketi, SpO_2, $EtCO_2$, Dolaşım Sistemi.

2. Manuel ventilasyona geçilebiliyor mu kontrol et.
3. Oksijen kaynağını ve gaz bağlantılarını kontrol et.
4. Devre ayrılması veya büyük kaçak var mı kontrol et.
5. Endotrakeal tüpü ve hava yolunu kontrol et.
6. Filtre, sekresyon, kink veya yabancı cisim açısından devreyi değerlendir.
7. Ppeak/Pplato ve ventilatör dalga formlarını yorumla.
8. Sorun cihaz kaynaklıysa manuel ventilasyonla hastayı güvenceye al ve teknik destek çağır.

Atık Anestezik Gazların Uzaklaştırılması

Scavenging sistemi, volatil anestezikler ve diğer atık gazların çalışma ortamına yayılımını azaltır. Kaynak metin aktif ve pasif sistemleri temel olarak ayırmaktadır.

Güncel workstation standardı AGSS'yi workstationın temel bileşenlerinden biri olarak kabul eder. Sistem bağlantıları, tahliye hattı ve olası tıkanma/ayrılma üretici talimatına göre kontrol edilmelidir (International Organization for Standardization, 2022; U.S. Food and Drug Administration, 2026).

Anestezi Workstationının İşlem Öncesi Kontrolü

Pre-use checkout, güvenli anestezinin temel adımlarından biridir. Otomatik sistem testi değerli olmakla birlikte, kullanıcı tarafından yapılan klinik kontrolün yerini almaz. Güncel cihaz güvenliği açısından bu nokta özellikle önemlidir: 2024–2026 döneminde bazı workstation modellerinde ventilatör motoru veya güç yönetimi ile ilişkili ciddi cihaz düzeltmeleri yayımlanmıştır. FDA, bazı cihazlarda mekanik ventilasyonun işlem sırasında kaybedilebildiğini ve böyle bir durumda manuel ventilasyona

geçilmesi gerektiğini bildirmiştir (International Organization for Standardization, 2022; U.S. Food and Drug Administration, 2026).

1. Elektrik kaynağı, batarya ve cihazın açılış durumunu kontrol et.
2. Oksijen ve diğer gaz kaynaklarının mevcut ve uygun basınçta olduğunu doğrula.
3. Yedek oksijen tüpünü ve manuel ventilasyon balonunu hazır bulundur.
4. Solunum devresinin doğru bağlandığını ve görünür kaçak olmadığını kontrol et.
5. Vaporizatörün doğru ajanla dolu ve uygun konumda olduğunu kontrol et.
6. CO_2 absorbanının durumunu ve kanister bağlantılarını kontrol et.
7. Ventilatörün otomatik testini üretici talimatına göre tamamla.
8. Manuel/spontan ventilasyon yolunun çalıştığını doğrula.
9. O_2 analizörü, $EtCO_2$ ve diğer temel gaz analizlerinin çalıştığını kontrol et.
10. Düşük FiO_2, düşük basınç, yüksek basınç, düşük ekshale tidal volüm ve devre ayrılma alarmlarını kontrol et (Gropper et al., 2025).
11. APL valfi ve rezervuar balonun işlevini doğrula.
12. AGSS' yi kontrol et.

13. Aspirasyon ve gerekli hava yolu ekipmanının hazır olduğunu doğrula.
14. Hastaya özgü ventilasyon ayarlarını ve alarm limitlerini işlem başlamadan önce belirle.

Cihaz Arızasında Güvenlik Algoritması

1. Önce hastanın oksijenasyon ve ventilasyonunu güvenceye al.
2. Ventilatör arızasında manuel ventilasyona geç.
3. Oksijen kaynağını kontrol et; gerekiyorsa yedek tüp kullan.
4. Devreyi ve endotrakeal tüpü kontrol et.
5. Sorun devam ediyorsa bağımsız self-inflating bag ile ventilasyonu sürdür.
6. $EtCO_2$ ve SpO_2 ile yanıtı izle.
7. Cihazı kullanımdan çıkar ve teknik destek/olay bildirim sürecini başlat.

Bu yaklaşım yalnızca teorik değildir. FDA'nın 2026'da güncellediği bazı anestezi workstation düzeltmelerinde mekanik ventilasyon arızası halinde manuel/spontan moda geçilmesi ve hastanın oksijenasyonunun yakından izlenmesi özellikle önerilmiştir (International Organization for Standardization, 2022; U.S. Food and Drug Administration, 2026).

Klinik Karar Şeması

**Alarm veya ventilasyon sorunu → Hastayı değerlendir → Oksijenasyon/ventilasyonu güvenceye al → Manuel ventilasyona geç → Oksijen kaynağını kontrol et → Devreyi ve hava yolunu kontrol et → Ppeak/Pplato/$EtCO_2$'yi yorumla → Sorun cihazdaysa

cihazı kullanımdan çıkar → Alternatif workstation veya bağımsız ventilasyonla devam et.** (International Organization for Standardization, 2022; U.S. Food and Drug Administration, 2026).

Klinik Anahtar Noktalar

1. Solunum devresi seçimi hastanın ve ventilasyon yönteminin gereksinimine göre yapılmalıdır.
2. Mapleson sistemlerinde verimlilik taze gaz akımı ve ventilasyon tipine bağlıdır.
3. Halka sistemleri CO_2 absorbanı sayesinde düşük taze gaz akımıyla çalışmaya uygundur.
4. Tek yönlü valf arızası veya absorban sorunu CO_2 yeniden solunmasına yol açabilir.
5. Absorbanın rengi tek başına kapasiteyi belirleyen evrensel bir ölçüt değildir; üretici talimatı ve gaz analizi birlikte değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).
6. Ppeak artışı direnç ve kompliyansın birlikte değerlendirilmesini gerektirir; Pplato artışı elastik yükte artışı düşündürür.
7. Ekshale tidal volüm, hastaya gerçekten ulaşan ventilasyonun önemli bir göstergesidir.
8. Oksijen analizörü, ayarlanan FiO_2 ile hastaya ulaşan gerçek oksijen konsantrasyonunu ayırır (Gropper et al., 2025).
9. Alarm yönetimi alarmı susturmak değil, nedenini bulmak ve hastayı güvenceye almaktır.

10. Otomatik pre-use test kullanıcı kontrolünün yerini tutmaz.
11. Her anestezi cihazında bağımsız manuel ventilasyon olanağı ve yedek oksijen hazır bulunmalıdır.
12. Modern workstation güvenliği; gaz iletimi, solunum devresi, ventilatör, gaz analizleri, alarm, scavenging ve koruyucu sistemlerin birlikte çalışmasına dayanır (International Organization for Standardization, 2022; U.S. Food and Drug Administration, 2026).

Kaynakça

American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters (2025). *Standards for Basic Anesthetic Monitoring.* Güncel çevrimiçi sürüm; oksijenasyon, ventilasyon, dolaşım ve sıcaklık izlemi. https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

International Organization for Standardization (2022). *ISO 80601-2-13:2022. Medical electrical equipment — Part 2-13: Particular requirements for basic safety and essential performance of an anaesthetic workstation.* https://www.iso.org/standard/76679.html

U.S. Food and Drug Administration (2026). Anesthesia Machine/Workstation Safety Communications and Device Corrections, 2024–2026. https://www.fda.gov/

BÖLÜM 6

HAVAYOLU YÖNETİMİ

EMİNE EMEN[1]

Özet

Havayolu yönetimi; değerlendirme, hazırlık, oksijenasyon, trakeal entübasyon, kurtarma ve ekstübasyon basamaklarını kapsayan bütüncül bir süreçtir. Güncel kılavuzlar, zor havayolunu başarısızlıktan sonra yönetmek yerine güçlüğü önceden öngörmeyi ve ilk girişimde başarıyı en üst düzeye çıkarmayı hedefler. DAS 2025 kılavuzu Plan A–D doğrusal algoritmasını korurken peroksijenasyonu standart uygulama olarak tanımlar, videolaringoskopiyi ilk seçenek olarak önerir ve fizyolojik olarak zor havayolu, obezite ve insan faktörlerine ayrı önem verir. Planın herhangi bir basamağında güçlük öngörülüyorsa uyanık trakeal entübasyon düşünülmelidir. Trakeal tüpün yeri her zaman sürekli dalga biçimli kapnografi ile doğrulanmalı; kalıcı kapnografi dalga formu yoksa tüp özofagusta kabul edilmelidir. Bu bölüm,

[1] Uzm. Dr., Kastamonu İnebolu Devlet Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0002-8378-2740

okuyucunun “zor havayolu ile karşılaştığımda ne yapmalıyım?” sorusuna sistematik bir yanıt vermesini amaçlamaktadır.

Öğrenme Hedefleri

- Havayolu yönetiminin temel amaçlarını açıklayabilmek,
- Preoperatif havayolu değerlendirmesini sistematik olarak gerçekleştirebilmek,
- Anatomik ve fizyolojik olarak zor havayolu kavramlarını ayırt edebilmek,
- Havayolu yönetimi için gerekli temel ekipmanı ve kullanım amaçlarını tanımlayabilmek,
- Trakeal entübasyon, supraglottik havayolu ve yüz maskesi ventilasyonunu uygun klinik koşullarda kullanabilmek,
- Beklenmeyen zor trakeal entübasyonda güncel DAS Plan A–B–C–D yaklaşımını uygulayabilmek,
- Öngörülen zor havayolunda uyanık trakeal entübasyon endikasyonlarını tanıyabilmek,
- Obezite, servikal omurga patolojisi ve diğer özel hasta gruplarında havayolu yönetimini hastaya özgü olarak planlayabilmek,
- Zor havayolu sonrası ekstübasyon stratejisini oluşturabilmek,
- Havayolu yönetimi sırasında ortaya çıkabilecek başlıca komplikasyonları tanıyabilmek ve önleyebilmek

Havayolu Yönetimine Giriş

Havayolu yönetimi, anesteziyoloji pratiğinin temel uygulamalarından biri olmakla birlikte ciddi komplikasyonların ve önlenebilir hasta zararlarının gelişebileceği kritik bir süreçtir. Genel anestezi sırasında bilinç kaybı, üst havayolu kas tonusunun ve koruyucu reflekslerin azalması ile nöromüsküler blokaj, spontan havayolu açıklığının ve ventilasyonun kaybolmasına neden olabilir. Bu nedenle havayolu yönetimi yalnızca trakeal entübasyondan ibaret değildir; preoperatif değerlendirme, uygun pozisyonlandırma, oksijenasyonun sağlanması, havayolunun güvence altına alınması, ventilasyonun sürdürülmesi, trakeal tüp yerleşiminin doğrulanması ve güvenli ekstübasyonu kapsayan bir süreçtir (Apfelbaum et al., 2022).

Güncel yaklaşım, zor havayolunu yalnızca başarısız entübasyon sonrasında yönetmek yerine, güçlüğü önceden öngörmeye ve ilk girişimde başarı olasılığını artırmaya odaklanmaktadır. Difficult Airway Society'nin (DAS) 2025 yılında yayımlanan erişkinlerde beklenmeyen zor trakeal entübasyon kılavuzu bu yaklaşımın güncel bir örneğidir (Ahmad et al., 2026).

Önceki Plan A–D algoritmasını koruyan kılavuz; sürekli oksijenasyon, videolaringoskopinin kullanımı, dalga biçimli kapnografi, fizyolojik olarak zor havayolu, obezite, insan faktörleri, ultrasonografi ve eğitim gibi konulara daha fazla önem vermektedir (Ahmad et al., 2026; Jagannathan & Aziz, 2026).

Güvenli havayolu yönetiminin temelinde, işlem başlamadan önce uygulanacak stratejinin ve olası başarısızlık durumunda izlenecek alternatif planların belirlenmesi yer alır. Uygun ekipmanın önceden hazırlanması, deneyimli yardımın zamanında çağrılması ve

başarısızlık geliştiğinde bir sonraki plana gecikmeden geçilmesi hasta güvenliği açısından önemlidir.

Amerikan Anesteziyologlar Derneği'nin (ASA) 2022 Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway kılavuzu da zor havayolunun önceden tanınmasını, alternatif havayolu stratejilerinin hazırlanmasını ve klinik koşullara göre uygun kurtarma yöntemine geçilmesini vurgulamaktadır (Apfelbaum et al., 2022). Canadian Airway Focus Group'un güncellenmiş önerileri ise bilinçsiz ve uyanık hastadaki zor havayolu yönetimini ayrı yaklaşımlar halinde ele almakta; hasta özellikleri, klinik koşullar, mevcut kaynaklar ve klinisyenin deneyiminin birlikte değerlendirilmesini önermektedir (Law et al., 2021a, 2021b).

Dolayısıyla modern havayolu yönetimi; değerlendirme, hazırlık, oksijenasyon, ilk girişimde başarı, başarısızlığın erken tanınması, algoritmik ilerleme ve güvenli ekstübasyon basamaklarından oluşan bütüncül bir süreç olarak ele alınmalıdır.

Havayolu Değerlendirmesi

Havayolu değerlendirmesinin amacı yalnızca zor trakeal entübasyonu öngörmek değil, havayolu yönetiminin hangi aşamasında güçlük yaşanabileceğini belirleyerek buna uygun bir strateji geliştirmektir. DAS 2025 kılavuzu; trakeal entübasyon, yüz maskesi ve supraglottik havayolu ile ventilasyon ve acil ön boyun havayolu erişimindeki olası güçlüklerin birlikte değerlendirilmesini önermektedir (Ahmad et al., 2026). ASA 2022 kılavuzu da zor maske ventilasyonu, zor supraglottik havayolu ventilasyonu, zor laringoskopi veya trakeal entübasyon, aspirasyon ve hızlı desatürasyon risklerinin değerlendirilmesini vurgulamaktadır (Apfelbaum et al., 2022).

Bu nedenle preoperatif değerlendirmede trakeal entübasyon, yüz maskesi ventilasyonu, supraglottik havayolu kullanımı ve acil ön boyun havayolu erişimi ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Bunun yanı sıra hastanın fizyolojik rezervi de göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle ciddi hipoksemi, metabolik asidoz, hemodinamik instabilite, sağ ventrikül yetmezliği veya pulmoner hipertansiyon varlığında anatomik olarak kolay bir havayolu dahi yüksek riskli olabilir (Ahmad et al., 2026).

Öykü

Havayolu değerlendirmesi, önceki havayolu deneyiminin sorgulanmasıyla başlamalıdır. Daha önceki anestezilerde zor entübasyon, zor maske ventilasyonu, başarısız supraglottik havayolu kullanımı veya acil cerrahi havayolu gereksinimi olup olmadığı öğrenilmelidir. Mümkünse önceki anestezi kayıtları incelenmeli; yalnızca "zor entübasyon" ifadesiyle yetinilmeyerek hangi cihazın kullanıldığı, laringoskopik görüntünün nasıl olduğu, hangi yardımcıların gerektiği ve entübasyonun hangi teknikle başarıldığı belirlenmelidir (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022).

Baş-boyun cerrahisi, tümör, radyoterapi, enfeksiyon, travma, trakeostomi, servikal omurga patolojisi, temporomandibular eklem hastalığı ve progresif havayolu obstrüksiyonu öyküsü özellikle önemlidir. Stridor, ses değişikliği, disfaji, ortopne veya inspiratuvar solunum güçlüğü varlığında standart yatak başı değerlendirmesi yeterli olmayabilir ve ileri inceleme gerekebilir.

Obstrüktif uyku apnesi, belirgin obezite ve artmış boyun çevresi hem ventilasyon hem de entübasyon açısından ek risk göstergeleridir. DAS 2025 kılavuzu özellikle obezitenin ve

fizyolojik olarak zor havayolunun ayrıca değerlendirilmesini önermektedir (Ahmad et al., 2026).

Fizik muayene

Fizik muayenede ağız açıklığı, diş yapısı, mandibular protrüzyon, Mallampati sınıfı, tiromental mesafe, boyun hareket açıklığı, mandibular yapı, boyun çevresi ve yüz-boyun anatomisi birlikte değerlendirilmelidir.

Mallampati sınıflaması kolay uygulanabilir olmakla birlikte tek başına zor entübasyonu dışlamak veya doğrulamak için yeterli değildir. Benzer şekilde tiromental mesafe, ağız açıklığı veya boyun hareket açıklığı tek başına güvenilir bir "zor havayolu testi" olarak değerlendirilmemelidir. Güncel yaklaşım, birden fazla klinik bulgunun birlikte yorumlanmasını gerektirir (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022; Law et al., 2021a).

Klinik uyarı: Mallampati sınıfının veya tek bir yatak başı testinin normal olmasına dayanarak zor havayolunu dışlamak sık yapılan bir hatadır; zor maske ventilasyonu, zor SAD yerleşimi ve zor ön boyun erişimi ayrıca değerlendirilmelidir.

Ultrasonografi

Yatak başı havayolu ultrasonografisi, klinik değerlendirmeye yardımcı olabilecek tamamlayıcı bir yöntemdir. Hyoid-kutanöz mesafe, tirohyoid membran bölgesi, trakeal yapılar, dil kalınlığı ve preepiglottik dokular gibi çeşitli anatomik yapıların değerlendirilmesine olanak sağlar.

Çalışmalarda klinik değerlendirme, indirekt laringoskopi ve ultrasonografik havayolu ölçümlerinin zor havayolunu öngörmedeki rolü araştırılmış; çeşitli ultrasonografik parametrelerin klinik

değerlendirmeye ek bilgi sağlayabileceği gösterilmiştir (Altun et al., 2021). Ultrasonografi özellikle anatomik yapıların palpasyonunun zor olduğu, boyun anatomisinin değiştiği veya acil ön boyun havayolu açısından anatomik belirteçlerin önceden değerlendirilmesinin yararlı olabileceği hastalarda tamamlayıcı bir araç olarak kullanılmalıdır (Ahmad et al., 2026; Altun et al., 2021).

Anatomik ve fizyolojik olarak zor havayolu

Zor havayolu değerlendirmesinde anatomik ve fizyolojik güçlük birlikte ele alınmalıdır. Anatomik zorluk; ağız açıklığının kısıtlılığı, boyun hareketlerinin azalması, mandibular yapıdaki farklılıklar, tümör, ödem veya radyoterapi gibi nedenlerle havayolunun görüntülenmesi ya da güvence altına alınmasının güç olmasıdır (Apfelbaum et al., 2022).

Fizyolojik olarak zor havayolunda ise temel sorun, hastanın apne veya pozitif basınçlı ventilasyonu tolere edememesidir. Ciddi hipoksemi, metabolik asidoz, hemodinamik instabilite, sağ ventrikül yetmezliği veya pulmoner hipertansiyon gibi durumlarda kısa süreli apne bile hızlı fizyolojik bozulmaya yol açabilir (Ahmad et al., 2026).

DAS 2025 kılavuzu bu nedenle fizyolojik olarak zor havayolunu havayolu planlamasının ayrı bir bileşeni olarak ele almaktadır (Ahmad et al., 2026). Bu hastalarda amaç yalnızca trakeal tüpü yerleştirmek değil, indüksiyon ve entübasyon boyunca oksijenasyonu ve hemodinamik stabiliteyi koruyarak fizyolojik riski en aza indirmektir.

Havayolu Yönetiminde Oksijenasyon ve Peroksijenasyon

Havayolu yönetiminin her aşamasında oksijenasyonun korunması güncel kılavuzların ortak temel prensibidir.

Preoksijenasyonun amacı, akciğerlerdeki oksijen rezervini artırarak apne sırasında desatürasyona kadar geçen süreyi uzatmaktır. Ancak özellikle zor veya fizyolojik olarak kırılgan hastalarda oksijen sunumunun yalnızca indüksiyon öncesi birkaç dakika ile sınırlandırılması yeterli değildir (Gropper et al., 2025).

DAS 2025 bu nedenle peroksijenasyon kavramını ön plana çıkarmaktadır. Amaç, preoksijenasyon döneminden laringoskopi sırasında apne dönemine ve havayolu güvence altına alınana kadar oksijen sunumunu mümkün olduğunca sürdürmektir. Zor havayolu riski taşıyan hastalarda peroksijenasyonun ideal olarak yüksek akımlı nazal oksijen (HFNO) ile yapılması önerilmektedir (Ahmad et al., 2026).

Preoksijenasyon için hastanın baş-gövdesinin yükseltilmesi, uygun maske sızdırmazlığının sağlanması ve gerektiğinde pozitif basınçlı ventilasyon tekniklerinden yararlanılması önemlidir. Özellikle yüksek oksijen tüketimi veya azalmış fonksiyonel rezidüel kapasite bulunan hastalarda baş-gövde elevasyonu önemli avantaj sağlar (Ahmad et al., 2026).

Pratikte preoksijenasyon, sıkı maske sızdırmazlığı ile en az 3 dakika normal tidal solunum veya yaklaşık 1 dakikada 8 derin soluk şeklinde uygulanabilir; yeterliliğin göstergesi ekspiryum sonu oksijen fraksiyonunun (FeO_2) ≥0,9 olmasıdır. Apne sırasında oksijen sunumu, standart nazal kanülle 15 L/dk veya HFNO ile 30–70 L/dk akımla sürdürülebilir (Ahmad et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Yüksek akımlı nazal oksijen (HFNO), noninvaziv ventilasyon veya CPAP gibi yöntemler uygun hastalarda peroksijenasyonu desteklemek amacıyla kullanılabilir. Ancak oksijenasyon tek başına ventilasyonun yerini tutmaz; üst havayolu obstrüksiyonu veya ciddi ventilasyon yetersizliği bulunan hastada HFNO'nun kurtarıcı bir

ventilasyon yöntemi olarak değerlendirilmemesi gerekir (Ahmad et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Havayolu Yönetiminde Kullanılan Ekipmanlar

Güvenli havayolu yönetiminin önemli bir bileşeni, uygun ekipmanın önceden hazırlanmış, erişilebilir ve klinisyen tarafından kullanılabilir durumda olmasıdır. Zor havayolu ekipmanı, havayolu yönetiminin başlangıcından itibaren hazırda olması gerekir (Ahmad et al., 2026).

ANZCA'nın güncellenmiş zor havayolu ekipmanı kılavuzu; ekipmanların standartlaştırılmış zor havayolu arabalarında tutulmasını, kolay tanınabilir ve hızlı erişilebilir olmasını, farklı klinik alanlarda temel ekipmanın standardize edilmesini ve birinci seçenek ekipman başarısız olduğunda kullanılabilecek yedekliliğin bulunmasını önermektedir (Endlich et al., 2022).

Temel havayolu ekipmanları

Klinik pratikte kullanılan temel havayolu ekipmanları ve temel işlevleri şu şekilde özetlenebilir: Yüz maskeleri oksijenasyon ve ventilasyon için uygun boyutta seçilmeli ve iki elle ventilasyon olanağı sunmalıdır. Orofaringeal ve nazofaringeal airwayler dil kökü obstrüksiyonunu azaltarak üst havayolu açıklığını destekler. Direkt laringoskoplar klasik entübasyon aracı olarak mutlaka yedek cihaz şeklinde bulundurulurken, güncel kılavuzların ilk seçenek olarak önerdiği videolaringoskoplar cihaz ve blade tipine hakimiyet gerektirir. Stileler tüpün şekillendirilmesinde, bujiler ise özellikle kısmi glottik görüntülerde tüpün glottise yönlendirilmesinde etkindir. Fleksibl bronkoskoplar uyanık entübasyon ve supraglottik havayolu üzerinden geçiş için kritik olup düzenli eğitim gerektirir. İkinci jenerasyon supraglottik havayolu araçları (SAD) Plan B

oksijenasyonu için gastrik drenaj kanallı modelleriyle tercih edilir. Aspirasyon sistemleri her girişimde hazır bulunmalı, kapnografi dalga biçimi ventilasyon ve tüp yerleşiminin doğrulanması için sürekli izlenmelidir. Yüksek akışlı nazal oksijen (HFNO) peroksijenasyon sağlasa da ventilasyonun yerini tutmaz; CICO durumunda ise acil havayolu için skalpel–buji–tüp setini içeren eFONA seti eksiksiz bulundurulmalıdır (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022; Gropper et al., 2025).

Videolaringoskoplar

DAS 2025 kılavuzu mümkün olduğunda videolaringoskop kullanılmasını önermektedir (Ahmad et al., 2026). Videolaringoskopinin avantajı, glottik görüntünün ekran üzerinden paylaşılabilmesi ve özellikle bazı anatomik zorluklarda glottik görüşün iyileştirilebilmesidir.

Ancak videolaringoskopi tek bir teknik değildir. Macintosh tipi blade'ler direkt laringoskopiye daha yakın bir yaklaşım sağlarken hiperangüle blade'ler glottisi daha indirekt bir görüşle ortaya koyar. Bu nedenle hiperangüle blade ile iyi bir glottik görüntü elde edilmesi, trakeal tüpün otomatik olarak kolaylıkla glottisten geçirileceği anlamına gelmez.

Bu nedenle hiperangüle videolaringoskop kullanıldığında uygun şekilde şekillendirilmiş stile, buji veya fleksibl bronkoskop gibi tüp yönlendirme araçlarının hazır olması önerilmektedir (Ahmad et al., 2026).

Klinik uyarı: Hiperangüle blade ile elde edilen iyi glottik görüntü, tüpün kolayca ilerletileceği anlamına gelmez; blade geometrisine uygun şekillendirilmiş stile hazır olmadan hiperangüle videolaringoskopa başlanmamalıdır.

Buji ve stile

Buji, özellikle glottik açıklığın kısmen görüldüğü durumlarda trakeal tüpün yönlendirilmesine yardımcı olabilir. Stile ise özellikle videolaringoskop blade'inin geometrisine uygun şekilde şekillendirilmiş trakeal tüpün glottise yönlendirilmesini kolaylaştırır.

Her iki araç da "kurtarma ekipmanı" olarak düşünülmemeli; ilk girişimin başarı olasılığını artırmak için uygun hastada önceden hazırlanmalıdır (Ahmad et al., 2026).

Fleksibl bronkoskop

Fleksibl bronkoskop özellikle uyanık trakeal entübasyonun temel araçlarından biridir. Ayrıca uygun bir supraglottik havayolu üzerinden trakeal entübasyon için de kullanılabilir. Cihazın kullanımı operatör deneyimi gerektirir ve düzenli eğitim olmadan yalnızca zor havayolu arabasında bulunması güvenli bir çözüm değildir.

Temel Havayolu Yönetimi

Pozisyon ve preoksijenasyon

Havayolu yönetiminin başarısı laringoskopi öncesi yapılan hazırlıklarla başlar. DAS 2025 kılavuzu, preoksijenasyon ve trakeal entübasyon öncesinde hasta pozisyonunun optimize edilmesini önermektedir (Ahmad et al., 2026). Özellikle obez ve fizyolojik rezervi düşük hastalarda baş ve gövdenin yükseltildiği "ramped" pozisyon, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırarak desatürasyonu geciktirir (McKechnie et al., 2025). Oksijenasyon yalnızca işlem öncesi bir basamak değil, süreç boyunca sürdürülen dinamik bir stratejidir; hastanın kliniğine göre yüz maskesi, nazal oksijen, HFNO veya noninvaziv ventilasyon tercih edilebilir (Ahmad et al., 2026).

Yüz maskesi ventilasyonu ve optimizasyon

Yüz maskesi ventilasyonunda temel amaç etkili alveoler ventilasyon sağlamaktır. Yetersizlik durumunda pozisyon yeniden düzenlenmeli, orofaringeal veya nazofaringeal airway eklenmeli, maske sızdırmazlığı artırılarak iki elle tutuşa geçilmeli ve gerektiğinde ikinci bir operatör veya SAD desteği sağlanmalıdır. Nöromüsküler blokaj ise yalnızca entübasyonu kolaylaştıran bir ajan değil; maske ve SAD ventilasyonunu iyileştiren, kriz anlarında eFONA sürecine katkı sunan temel bir yönetim unsurudur (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022).

Supraglottik havayolu

Supraglottik havayolu cihazları, glottis üzerine yerleşerek trakeal entübasyon gerektirmeden ventilasyon ve oksijenasyon sağlayan araçlardır. İkinci jenerasyon SAD modelleri, yüksek sızdırmazlık basıncı sağlayan cuff yapıları ve entegre gastrik drenaj kanalları sayesinde aspirasyon riskini azaltır ve daha güvenli ventilasyon sunar (Ahmad et al., 2026).

DAS 2025 algoritmasında SAD, başarısız trakeal entübasyon girişiminin ardından başvurulan temel kurtarma oksijenasyon aracıdır; bu aşamadaki birincil amaç entübasyonu zorlamak değil, oksijenasyonu acilen yeniden sağlamaktır. Cihazın yerleştirilmesi kadar, etkili ventilasyonun dalga biçimli kapnografi ile kesintisiz doğrulanması da şarttır (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022).

Trakeal entübasyon ve doğrulama

Trakeal entübasyon ilk geçişte başarılı olacak şekilde planlanmalıdır. DAS 2025 kılavuzu, ilk geçiş başarısını artırmak için uygun vakalarda videolaringoskopinin ilk seçenek olarak kullanılmasını vurgulamaktadır. Başarısızlık halinde aynı yöntemi

tekrarlamak yerine; pozisyon, blade tipi, tüp veya buji/stile seçimi değiştirilmeli, krikoid bası gevşetilmeli veya daha deneyimli bir klinisyene geçilmelidir (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022).

Tüp yerleşimi, vokal kordlardan geçişin doğrudan görülmesi ve sürekli dalga biçimli kapnografi ile kesin olarak doğrulanmalıdır. Tanınmamış özofageal entübasyon önlenebilir ölümlere yol açmaya devam etmektedir; kapnografi dalga formunun doğru yorumlanması ve başka dalga formlarıyla karıştırılmaması hayati önem taşır (Chrimes et al., 2022; Lyons & Shepherd, 2026). Başarısız girişimlerde işlem sayısı, travma riski ve oksijenasyon durumu bütüncül olarak değerlendirilmelidir (Lyons & Shepherd, 2026).

Hızlı ardışık indüksiyon ve entübasyon

Hızlı ardışık indüksiyon ve entübasyon (RSI), aspirasyon riski taşıyan hastalarda koruyucu havayolu reflekslerinin kaybı ile kaflı tüpün trakeaya yerleştirilmesi arasındaki süreyi kısaltmayı amaçlar. DAS 2025 kılavuzu RSI'yı ayrı bir başlık olarak ele almakta ve bu hastalarda da peroksijenasyonun ve ilk girişimde başarının önceliğini vurgulamaktadır (Ahmad et al., 2026). Krikoid bası uygulanıyorsa, laringoskopiyi, maske ventilasyonunu veya SAD yerleşimini güçleştirdiğinde gevşetilmeli ya da kaldırılmalıdır (Ahmad et al., 2026). RSI'da kullanılan nöromüsküler blokerler ve dozları kas gevşeticiler bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Beklenmeyen Zor Havayolu Yönetimi

DAS 2025 algoritması, erişkin hastada beklenmeyen zor trakeal entübasyon için Plan A–D yaklaşımı kullanmaktadır. Bu algoritmanın merkezinde üç temel prensip bulunmaktadır: oksijenasyonu sürdürmek, ilk girişimde başarı olasılığını artırmak ve

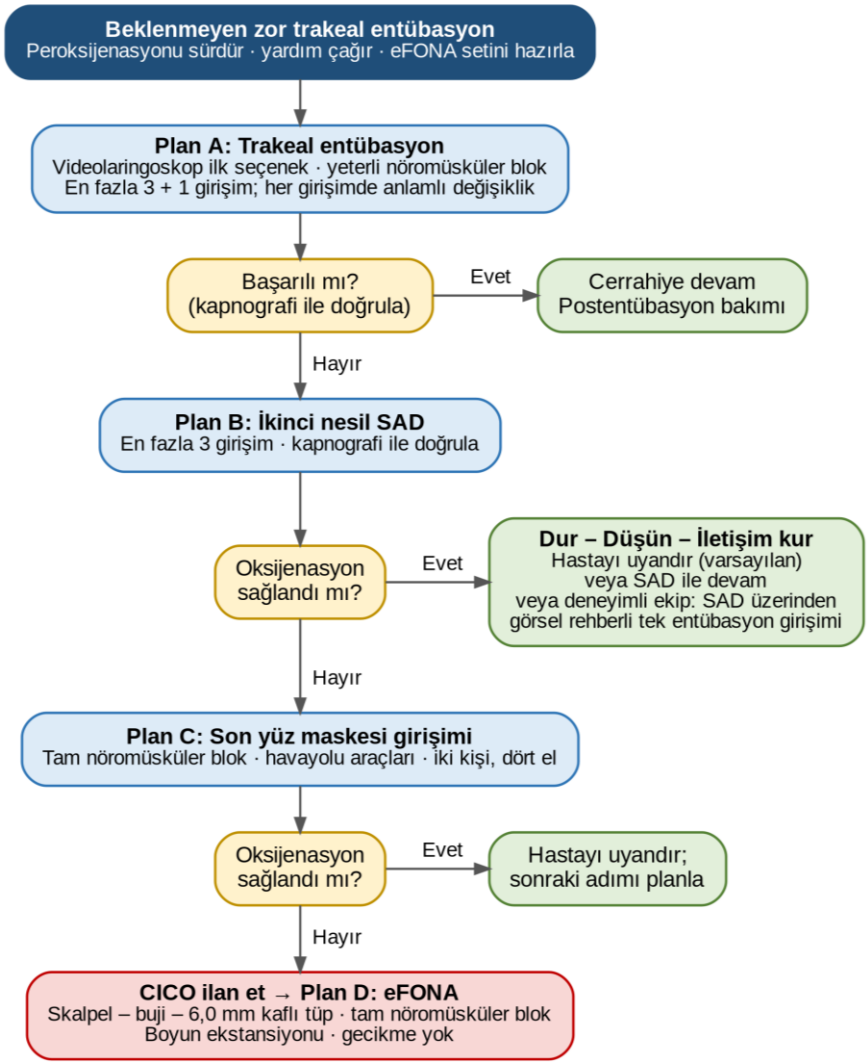
başarısızlık durumunda gecikmeden bir sonraki plana geçmek (Ahmad et al., 2026).

Tablo 1 DAS 2025'e göre beklenmeyen zor trakeal entübasyon yönetimi

Basamak	**Amaç**	**Temel Yaklaşım**	**Başarısızlık / Geçiş Kriteri**
Plan A – Trakeal entübasyon	İlk girişimde güvenli ve başarılı entübasyon	• Videolaringoskopi mümkünse ilk seçenek olarak kullanılmalı. • Uygun pozisyon, yeterli nöromüsküler blok ve gerekli yardımcılar sağlanmalı. • Sürekli oksijenasyon sürdürülmeli. • Entübasyon başarısı dalga biçimli kapnografi ile doğrulanmalı; mümkünse tüpün vokal kordlardan geçtiği de görülmeli.	En fazla 3 + 1 girişim: üç girişim ve daha deneyimli bir klinisyen tarafından bir son girişim. Başarı olasılığını artıracak değişiklik yapılamıyorsa veya ek girişimler zarar oluşturacaksa daha erken başarısızlık ilan edilebilir. Başarısızlıkta Plan B'ye geçilir ve eFONA ekipmanı hazır bulundurulur.
Plan B – Supraglottik havayolu (SAD)	Trakeal entübasyon başarısız olduğunda oksijenasyonu yeniden sağlamak	• İkinci nesil SAD tercih edilir. • Maksimum 3 yerleştirme girişimi yapılır. • Etkin ventilasyon ve oksijenasyon dalga biçimli kapnografi ile doğrulanır. • Ardından "Dur–Düşün–İletişim Kur" (Stop–Think–Communicate) yaklaşımı uygulanır.	Etkin SAD ventilasyonu sağlanamazsa Plan C'ye geçilir ve eFONA için hazırlık başlatılır. Ventilasyon başarılıysa, cerrahi zorunlu değilse hastanın uyandırılması varsayılan seçenektir. Cerrahinin devamı zorunluysa SAD ile devam edilebilir veya deneyimli ekip tarafından SAD üzerinden fleksibl bronkoskopi ile tek bir entübasyon girişimi düşünülebilir.
Plan C – Son yüz maskesi ventilasyonu girişimi	Plan A ve B başarısız olduğunda son kez oksijenasyonu sağlamak	• Yeterli nöromüsküler blok ve anestezi derinliği sağlanır. • Pozisyon optimize edilir. • Orofaringeal ve/veya nazofaringeal airway kullanılabilir. • İki kişiyle, dört elli maske ventilasyonu uygulanır.	Maske ventilasyonu başarısızsa "Cannot Intubate, Cannot Oxygenate (CICO)" durumu ilan edilir ve derhal Plan D'ye geçilir.
Plan D – Acil ön boyun havayolu (eFONA)	CICO durumunda oksijenasyonu yeniden sağlamak	• Plan A, B ve C ile oksijenasyon sağlanamadığında acil ön boyun havayolu uygulanır. • (Skalpel + buji + 6,0 mm kaflı tüp; vertikal insizyon) • Uygunsa boyun ekstansiyonu sağlanır ve tam doz nöromüsküler blok uygulanır.	eFONA, diğer tüm oksijenasyon yöntemlerinin başarısız olduğu CICO durumunda geciktirilmemeli

Algoritmanın akışı Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1 Erişkinde beklenmeyen zor trakeal entübasyonda Plan A–D yaklaşımı (DAS 2025 ilkelerine dayanarak hazırlanmıştır)



Kaynak: Ahmad et al., 2026

Plan A: Trakeal entübasyon

Plan A'nın amacı ilk girişimde başarılı trakeal entübasyonu sağlamaktır. Uygun hastalarda videolaringoskopi ilk seçenek olarak tercih edilmelidir. Entübasyon girişimleri üç ile, gerektiğinde daha deneyimli bir klinisyenin yapacağı bir ek girişimle sınırlandırılmalıdır (Ahmad et al., 2026; Jagannathan & Aziz, 2026). Her başarısız girişim sonrasında pozisyon, laringoskop blade, tüp, buji/stile ve nöromüsküler blok yeniden değerlendirilerek başarı olasılığını artıracak anlamlı bir değişiklik yapılmalıdır. Başarı olasılığı düşükse veya hastanın fizyolojik durumu kötüleşiyorsa Plan A daha erken sonlandırılmalıdır (Ahmad et al., 2026; Jagannathan & Aziz, 2026).

Plan B: Supraglottik havayolu ile oksijenasyon

Plan A başarısız olduğunda ikinci jenerasyon supraglottik havayolu cihazı (SAD) ile oksijenasyon sağlanmaya çalışılır. SAD yerleştirme girişimleri en fazla üç ile sınırlandırılmalı ve her girişimde başarı şansını artıracak değişiklik yapılmalıdır (Ahmad et al., 2026).

Etkili ventilasyon sağlandığında dur, düşün ve iletişim kur yaklaşımıyla sonraki adım belirlenmelidir. Hastanın uyandırılması mümkünse öncelikle değerlendirilmelidir. Cerrahinin devamı gerekiyorsa SAD ile devam etmek veya deneyimli ekip tarafından SAD üzerinden görsel rehberlik altında tek bir entübasyon girişimi yapmak düşünülebilir (Ahmad et al., 2026).

Plan C: Yüz maskesi ile son oksijenasyon girişimi

SAD ile ventilasyon başarısız olduğunda Plan C uygulanır. Bu, optimize edilmiş son yüz maskesi ventilasyonu girişimidir. Yeterli nöromüsküler blok ve anestezi derinliği sağlanmalı, pozisyon

optimize edilmeli, orofaringeal ve/veya nazofaringeal airway kullanılmalı ve iki kişiyle dört el tekniği uygulanmalıdır (Ahmad et al., 2026).

Ventilasyon sağlanamıyorsa CICO (cannot intubate, cannot oxygenate) durumu ilan edilmeli ve Plan D'ye gecikmeden geçilmelidir. Bu aşamada eFONA ekipmanı ve gerekli yardım hazır bulundurulmalıdır (Ahmad et al., 2026).

Plan D: Acil ön boyun havayolu (eFONA)

Plan A–C ile oksijenasyon sağlanamayan CICO durumunda acil ön boyun havayolu (eFONA) uygulanmalıdır. Bu aşamada ek laringoskopi veya SAD girişimleriyle zaman kaybedilmemelidir (Ahmad et al., 2026).

DAS 2025, eFONA için temel ekipman olarak skalpel, buji ve 6,0 mm kaflı trakeal tüpten oluşan seti önermekte ve tekniği vertikal insizyonla standart hale getirmektedir (Ahmad et al., 2026; Jagannathan & Aziz, 2026). İşlem sırasında uygun boyun pozisyonu, tam nöromüsküler blok ve aspirasyon hazırlığı sağlanmalıdır (Ahmad et al., 2026).

eFONA ekipmanı ve gerekli ekip, CICO gelişmeden önce hazır olmalıdır. Sugammadeks, CICO için güvenilir bir kurtarma yöntemi olarak kabul edilmemelidir; nöromüsküler blokun geri çevrilmesi üst havayolunun açıklığını garanti etmez ve eFONA gibi kritik bir girişimi geciktirmemelidir (Ahmad et al., 2026).

Klinik uyarı: CICO ilanını geciktirmek ve tekrarlayan laringoskopi veya SAD girişimleriyle zaman kaybetmek ölümcül olabilir; Plan C başarısız olduğunda eFONA gecikmeden uygulanmalıdır.

Uyanık Hastada Havayolu Yönetimi

Uyanık trakeal entübasyon (ATI), genel anestezi indüksiyonu sonrasında ventilasyon veya oksijenasyonun güvence altına alınmasının güç olacağı öngörülen hastalarda önemli bir havayolu stratejisidir. ASA 2022 kılavuzu; zor ventilasyon veya entübasyon, yüksek aspirasyon riski, kısa apne toleransı ya da acil invaziv havayolu oluşturmanın güç olabileceği durumlarda uyanık yaklaşımın düşünülmesini önermektedir (Apfelbaum et al., 2022).

Öngörülen zor havayolunda temel karar, havayolu güvence altına alınmadan genel anestezi indüksiyonu yapılıp yapılmayacağıdır. İndüksiyon sonrasında ventilasyon, trakeal entübasyon veya kurtarma havayolunun güvenli şekilde sağlanamayacağı düşünülüyorsa ATI tercih edilmelidir (Ahmad et al., 2020, 2026). Baş-boyun patolojileri, kısıtlı ağız açıklığı veya boyun hareketleri, obstrüktif uyku apnesi, morbid obezite ve ilerleyici havayolu obstrüksiyonu ATI açısından özellikle dikkate alınmalıdır (Ahmad et al., 2020). DAS 2025 kılavuzu da Plan A–D'nin herhangi bir aşamasında güçlük öngörülüyorsa ATI'nin değerlendirilmesini önermektedir (Ahmad et al., 2026).

ATI'nin temel avantajı, trakea güvence altına alınana kadar spontan solunumun ve üst havayolu tonusunun korunmasıdır. İşlem; fleksibl bronkoskopi veya videolaringoskopi ile gerçekleştirilebilir ve teknik seçim hastanın anatomisi, klinik gereksinimleri, ekipman ve uygulayıcının deneyimine göre belirlenmelidir (Ahmad et al., 2020).

DAS kılavuzu ATI'yi sTOP yaklaşımı ile tanımlar: sedasyon, topikalizasyon, oksijenasyon ve performans (Ahmad et al., 2020). Sedasyon zorunlu değildir ve kullanıldığında dikkatle titre edilmelidir. Yetersiz topikalizasyonu derin sedasyonla telafi

etmekten kaçınılmalıdır; aşırı sedasyon havayolu obstrüksiyonu ve hipoventilasyon riskini artırabilir (Ahmad et al., 2020). Uyanık yaklaşımda hastanın kooperasyonu, yeterli topikalizasyon, oksijenasyonun sürdürülmesi, uygun sedasyonun dikkatle titre edilmesi ve başarısızlık halinde kurtarma planının hazır bulunması gerekir (Apfelbaum et al., 2022).

İşlem boyunca ek oksijen uygulanmalı ve yeterli havayolu topikalizasyonu sağlanmalıdır (Ahmad et al., 2020). Topikal lidokain dozu 9 mg/kg yağsız vücut ağırlığını aşmamalıdır; bu değer hedef değil, maksimum güvenli doz sınırı olarak kabul edilmelidir (Ahmad et al., 2020). Uygulanan topikal anestezinin etkinliği işlem öncesinde değerlendirilmelidir (Ahmad et al., 2020).

Trakeal tüp yerleşimi görsel doğrulama ve dalga biçimli kapnografi ile doğrulanmadan genel anesteziye geçilmemelidir (Ahmad et al., 2020). Başarısız ATI olasılığı işlem öncesinde değerlendirilmeli ve alternatif entübasyon yöntemi, işlemin ertelenmesi veya cerrahi havayolu gibi kurtarma seçenekleri önceden belirlenmelidir (Ahmad et al., 2020).

Fleksibl bronkoskopi ve videolaringoskopi arasında seçim hastanın anatomisi, işlem gereksinimleri, operatör deneyimi ve mevcut ekipmana göre yapılmalıdır. DAS kılavuzunda her iki yaklaşımın da uygun hastada etkili olabileceği ve teknik seçimin bireyselleştirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Ahmad et al., 2020).

Özel Hasta Gruplarında Havayolu Yönetimi

Obezite

Obez hastalarda havayolu yönetimi, yalnızca entübasyon güçlüğü açısından değil, hızlı gelişebilen hipoksemi ve zor ventilasyon açısından da planlanmalıdır. Obezitede fonksiyonel

rezidüel kapasitenin azalması ve oksijen tüketiminin artması nedeniyle güvenli apne süresi kısalabilir (McKechnie et al., 2025).

2025 yılında Society for Obesity and Bariatric Anaesthesia tarafından yayımlanan ve DAS tarafından da desteklenen öneriler, obez hastalarda havayolu yönetiminin preoksijenasyon, pozisyonlandırma, oksijenasyonun sürdürülmesi, entübasyon, ekstübasyon ve postoperatif dönemi kapsayan bütüncül bir stratejiyle ele alınmasını önermektedir (McKechnie et al., 2025).

Baş-gövde elevasyonu veya rampa pozisyonu, uygun hastada preoksijenasyonun optimize edilmesi ve gerektiğinde HFNO veya noninvaziv ventilasyon kullanılması önemlidir. Videolaringoskopi, obez hastalarda ilk entübasyon yaklaşımının bir parçası olarak düşünülmelidir (McKechnie et al., 2025).

Obez hastada ekstübasyon da entübasyon kadar önemlidir. Ekstübasyon öncesinde tam nöromüsküler blok geri dönüşü, yeterli spontan ventilasyon ve oksijenasyon sağlanmalı; gerektiğinde hastanın uyanık ve üst havayolunu koruyabilecek durumda olması beklenmelidir.

Gebelik

Gebelikte fonksiyonel rezidüel kapasitenin azalması ve oksijen tüketiminin artması nedeniyle apne sırasında desatürasyon hızlı gelişir; mukozal ödem ve meme dokusu laringoskopiyi güçleştirebilir, aspirasyon riski de artmıştır (Mushambi et al., 2015).

OAA/DAS obstetrik kılavuzu, genel anestezi öncesinde baş-yukarı pozisyon ve etkin preoksijenasyonu, daha küçük çaplı trakeal tüplerin hazır bulundurulmasını ve laringoskopi girişimlerinin sınırlandırılmasını (en fazla iki girişim; üçüncüsü yalnızca daha deneyimli bir anestezist tarafından) önerir. Başarısız entübasyonda

öncelik ikinci nesil SAD ile oksijenasyonun sağlanmasıdır; ardından maternal ve fetal duruma göre hastanın uyandırılması veya cerrahiye devam edilmesi kararı, önceden belirlenmiş ölçütlerle ekipçe verilmelidir (Mushambi et al., 2015).

Servikal omurga patolojisi veya yaralanması

Servikal omurga yaralanması şüphesi bulunan hastalarda temel hedef, havayolunu güvence altına alırken gereksiz servikal hareketi azaltmaktır. 2024 yılında yayımlanan DAS ve ilişkili kuruluşların kılavuzunda preoksijenasyon ve yüz maskesi ventilasyonu sırasında servikal hareketin mümkün olduğunca azaltılması ve basit havayolu manevrası gerektiğinde jaw thrust'ın tercih edilmesi önerilmektedir (Wiles et al., 2024).

Bu hastalarda videolaringoskopi uygun bir seçenek olabilir. Ancak cihaz seçimi yalnızca servikal hareketi azaltma amacıyla yapılmamalı; hastanın ağız açıklığı, anatomisi, operatör deneyimi ve mevcut ekipman birlikte değerlendirilmelidir.

Baş-boyun patolojileri

Baş-boyun tümörleri, radyoterapi, cerrahi sonrası anatomik değişiklikler, ödem ve ilerleyici havayolu obstrüksiyonu bulunan hastalarda zor havayolu yalnızca entübasyon problemi değildir. Maske ventilasyonu, SAD yerleşimi ve acil ön boyun havayolu da zor olabilir.

Bu nedenle böyle hastalarda planlama mümkün olduğunca erken yapılmalı ve indüksiyon sonrası spontan ventilasyonun kaybedilmesinin sonuçları değerlendirilmelidir. Havayolu yönetiminin bir veya daha fazla basamağında güçlük bekleniyorsa uyanık trakeal entübasyon düşünülmelidir (Ahmad et al., 2020, 2026).

Kritik hastalar

Kritik hastalarda havayolu yönetiminin güçlüğü anatomik özelliklerden bağımsız olarak fizyolojik nedenlerle artabilir.

Ciddi hipoksemi, hipotansiyon, metabolik asidoz veya sağ ventrikül yetmezliği bulunan hastalarda indüksiyon ve pozitif basınçlı ventilasyon önemli fizyolojik değişikliklere neden olabilir.

DAS 2025 bu nedenle "fizyolojik zor havayolu" kavramını ayrı bir başlık altında değerlendirmektedir (Ahmad et al., 2026).

Pediatrik hastalar

Bu bölüm erişkin havayolu yönetimini ele almaktadır. Çocuklarda daha yüksek oksijen tüketimi ve daha küçük oksijen rezervi nedeniyle desatürasyon çok hızlı gelişir; anatomik farklılıklar ve yaşa uygun ekipman gereksinimi nedeniyle pediatrik zor havayolu algoritmaları kullanılmalıdır (Black et al., 2015).

İnsan Faktörleri ve Ekip Çalışması

Havayolu yönetiminde başarı yalnızca teknik beceriye değil, etkili iletişim, liderlik, görev dağılımı, ekip çalışması ve durum farkındalığına da bağlıdır. Güncel havayolu kılavuzlarını inceleyen derlemelerde bu insan faktörlerinin güvenli havayolu yönetimindeki önemi vurgulanmaktadır (Edelman et al., 2022)].

Havayolu yönetimi öncesinde ekip bilgilendirmesi yapılmalı; Plan A–D'nin hangi durumlarda devreye gireceği ve özellikle eFONA gereksiniminde ekip üyelerinin görevleri önceden belirlenmelidir. Başarısızlık durumunda "Plan A başarısız, Plan B'ye geçiyoruz" gibi açık ve standart iletişim, ortak durum farkındalığını destekler.

DAS 2025 kılavuzu da ekip çalışması, iletişim ve eğitimi havayolu güvenliğinin temel bileşenleri arasında ele almakta; algoritmaların ekip temelli simülasyon ve düzenli uygulama ile öğrenilmesini desteklemektedir (Ahmad et al., 2026).

Ekstübasyon

Havayolu yönetiminin güvenli biçimde tamamlanması trakeal entübasyonla değil, hastanın güvenli şekilde ekstübe edilmesiyle gerçekleşir. Özellikle zor havayolu bulunan hastalarda ekstübasyon, yeniden entübasyon ihtimali göz önünde bulundurularak önceden planlanması gereken bir işlemdir.

DAS ekstübasyon kılavuzu ekstübasyonun planlanması, hazırlanması, uygulanması ve ekstübasyon sonrası bakımını kapsayan basamaklı bir yaklaşım önermektedir (Popat et al., 2012). Kılavuz 2012 yılında yayımlanmış olmakla birlikte erişkin perioperatif ekstübasyon için temel referanslardan biri olmaya devam etmektedir.

Ekstübasyon öncesinde hastanın nöromüsküler blokunun yeterli şekilde geri döndüğü, spontan ventilasyonunun yeterli olduğu, oksijenasyon ve ventilasyonunun kabul edilebilir düzeyde bulunduğu ve üst havayolunu koruyabildiği değerlendirilmelidir.

Daha önce zor entübasyon yaşanmış hastalarda ekstübasyon öncesinde yeniden entübasyonun gerekip gerekmediği ve bunun ne kadar kolay gerçekleştirilebileceği değerlendirilmelidir (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022).

Baş-boyun cerrahisi, üst havayolu ödemi, obezite, OSA, zor entübasyon öyküsü ve havayolunun cerrahi olarak değiştirilmiş olması ekstübasyon stratejisinin daha dikkatli planlanmasını gerektirebilir (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022).

Bazı yüksek riskli hastalarda ekstübasyonun tamamen uyanık, uygun pozisyonda ve deneyimli ekip hazırken yapılması; gerektiğinde oksijenasyon desteğinin devam ettirilmesi veya yeniden entübasyonu kolaylaştıracak stratejilerin önceden hazırlanması düşünülmelidir (McKechnie et al., 2025; Popat et al., 2012).

Ekstübasyon sonrası havayolu obstrüksiyonu, laringospazm, bronkospazm, hipoventilasyon, hipoksemi ve aspirasyon açısından yakın takip yapılmalıdır (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022).

Klinik uyarı: Zor havayolu olan hastada yeniden entübasyon planı, ekipmanı ve deneyimli ekip hazır olmadan ekstübasyon yapmak sık yapılan ve ağır sonuçlara yol açabilen bir hatadır.

Havayolu Yönetiminin Komplikasyonları

Havayolu yönetiminin komplikasyonları arasında hipoksemi, özofageal entübasyon, aspirasyon, diş ve yumuşak doku travması, laringeal ödem, bronkospazm, laringospazm, hemodinamik instabilite ve kardiyak arrest yer alır.

Bu komplikasyonların bir kısmı doğrudan teknik girişimle, bir kısmı ise başarısız girişimlerin tekrarlanması veya hipokseminin uzamasıyla ilişkilidir.

En önemli önlenebilir komplikasyonlardan biri tanınmamış özofageal entübasyondur. Tüpün kordlardan geçtiğinin görülmesi önemli olmakla birlikte tek başına yeterli değildir. Sürekli dalga biçimli kapnografi, trakeal ventilasyonun doğrulanmasında temel araçtır (Ahmad et al., 2026; Lyons & Shepherd, 2026).

Uluslararası PUMA konsensusu, trakeal yerleşimin kanıtı olarak kalıcı bir kapnografi dalga formunun gösterilmesini şart koşar; görsel doğrulama, oskültasyon veya tek başına SpO_2 bu amaçla güvenilir değildir (Chrimes et al., 2022). Kapnografi dalga formunun monitörde standart biçimde gösterilmemesi ve basınç/akım dalga formlarıyla karıştırılması da önlenebilir hatalara katkıda bulunmaktadır (Lyons & Shepherd, 2026).

Klinik uyarı: Kalıcı kapnografi dalga formu yoksa tüp, aksi kanıtlanana kadar özofagusta kabul edilmelidir ("iz yoksa yanlış yerde"). Kardiyak arrestte bile kapnografi dalga formu tamamen düz olmaz.

Tekrarlayan laringoskopi girişimleri travma, ödem ve kanamaya neden olarak sonraki girişimleri daha da zorlaştırabilir. Bu nedenle başarısızlık sonrasında aynı tekniği tekrarlamak yerine anlamlı bir optimizasyon yapılmalı veya algoritmanın sonraki basamağına geçilmelidir (Ahmad et al., 2026).

Bilinmesi Gerekenler

- Zor havayolu değerlendirmesi tek bir testle yapılmaz; öykü, anatomi ve fizyoloji birlikte değerlendirilir.
- İndüksiyon öncesinde yalnızca entübasyonu değil, maske ventilasyonu, supraglottik ventilasyon ve acil kurtarma seçeneklerini de planlayın.
- Preoksijenasyon ve uygun pozisyonlandırma apne sırasında güvenli oksijenasyon süresini uzatır.
- İlk geçiş başarısını artıracak uygun cihaz ve deneyimli ekip kullanılmalıdır.

- Başarısız girişimleri art arda tekrarlamak yerine erken alternatif yönteme geçmek güvenliği artırır.
- Trakeal tüp yerleşimi sürekli dalga biçimli kapnografi ile doğrulanmalıdır (Ahmad et al., 2026; Lyons & Shepherd, 2026).
- Zor havayolunda ekstübasyon, yeniden entübasyon planı hazır olacak şekilde kontrollü yapılmalıdır (Popat et al., 2012).
- 2025 DAS yaklaşımında Plan A–D algoritması boyunca oksijenasyonun sürdürülmesi ve başarısızlık halinde sistematik ilerleme temel ilkedir (Ahmad et al., 2026).
- Öngörülen zor havayolunda uyanık trakeal entübasyon düşünülmeli; temel yaklaşım sTOP: sedasyon, topikalizasyon, oksijenasyon, performans (Ahmad et al., 2020).
- Kalıcı kapnografi dalga formu yoksa tüp özofagustadır (Chrimes et al., 2022).
- **Özet ilke:** Havayolunu önceden değerlendir, ilk girişimi başarı için optimize et, oksijenasyonu sürekli koru, başarısızlığı erken tanı ve bir sonraki plana gecikmeden geç.

Kaynakça

Ahmad, I., El-Boghdadly, K., Bhagrath, R., Hodzovic, I., McNarry, A. F., Mir, F., O'Sullivan, E. P., Patel, A., Stacey, M., & Vaughan, D. (2020). Difficult Airway Society guidelines for awake tracheal intubation (ATI) in adults. *Anaesthesia, 75*(4), 509–528. doi: 10.1111/anae.14904.

Ahmad, I., El-Boghdadly, K., Iliff, H., Dua, G., Higgs, A., Huntington, M., Mir, F., Nouraei, S. A. R., O'Sullivan, E. P., Patel, A., Rivett, K., & McNarry, A. F. (2026). Difficult Airway Society 2025 guidelines for management of unanticipated difficult tracheal intubation in adults. *British Journal of Anaesthesia, 136*(1), 283–307. doi: 10.1016/j.bja.2025.10.006.

Altun, D., Kara, H., Bozbora, E., Ali, A., Dinç, T., Sonmez, S., Buget, M., Aydemir, L., Basaran, B., Tuğrul, M., & Çamci, E. (2021). The Role of Indirect Laryngoscopy, Clinical and Ultrasonographic Assessment in Prediction of Difficult Airway. *The Laryngoscope, 131*(2), E555–E560. doi: 10.1002/lary.28849.

Apfelbaum, J. L., Hagberg, C. A., Connis, R. T., Abdelmalak, B. B., Agarkar, M., Dutton, R. P., Fiadjoe, J. E., Greif, R., Klock, P. A., Mercier, D., Myatra, S. N., O'Sullivan, E. P., Rosenblatt, W. H., Sorbello, M., & Tung, A. (2022). 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology, 136*(1), 31–81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002.

Black, A. E., Flynn, P. E., Smith, H. L., Thomas, M. L., Wilkinson, K. A., & Association of Pediatric Anaesthetists of Great Britain and Ireland (2015). Development of a guideline for the management of

the unanticipated difficult airway in pediatric practice. *Paediatric Anaesthesia, 25*(4), 346–362. doi: 10.1111/pan.12615.

Chrimes, N., Higgs, A., Hagberg, C. A., Baker, P. A., Cooper, R. M., Greif, R., Kovacs, G., Law, J. A., Marshall, S. D., Myatra, S. N., O'Sullivan, E. P., Rosenblatt, W. H., Ross, C. H., Sakles, J. C., Sorbello, M., & Cook, T. M. (2022). Preventing unrecognised oesophageal intubation: a consensus guideline from the Project for Universal Management of Airways and international airway societies. *Anaesthesia, 77*(12), 1395–1415. doi: 10.1111/anae.15817.

Edelman, D. A., Duggan, L. V., Lockhart, S. L., Marshall, S. D., Turner, M. C., & Brewster, D. J. (2022). Prevalence and commonality of non-technical skills and human factors in airway management guidelines: a narrative review of the last 5 years. *Anaesthesia, 77*(10), 1129–1136. doi: 10.1111/anae.15813.

Endlich, Y., Hore, P. J., Baker, P. A., Beckmann, L. A., Bradley, W. P., Chan, K. L. E., Chapman, G. A., Jephcott, C. G. A., Kruger, P. S., Newton, A., & Roessler, P. (2022). Updated guideline on equipment to manage difficult airways: Australian and New Zealand College of Anaesthetists. *Anaesthesia and Intensive Care, 50*(6), 430–446. doi: 10.1177/0310057X221082664.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Jagannathan, N., & Aziz, M. F. (2026). Difficult Airway Society 2025 guidelines for tracheal intubation: thoughtful preparation for success and systematic management of failure. *British Journal of Anaesthesia, 136*(1), 9–11. doi: 10.1016/j.bja.2025.11.003.

Law, J. A., Duggan, L. V., Asselin, M., Baker, P., Crosby, E., Downey, A., Hung, O. R., Jones, P. M., Lemay, F., Noppens, R., Parotto, M., Preston, R., Sowers, N., Sparrow, K., Turkstra, T. P., Wong, D. T., Kovacs, G., & Canadian Airway Focus Group (2021a). Canadian Airway Focus Group updated consensus-based recommendations for management of the difficult airway: part 1. Difficult airway management encountered in an unconscious patient. Mise à jour des lignes directrices consensuelles pour la prise en charge des voies aériennes difficiles du Canadian Airway Focus Group: 1ère partie. Prise en charge de voies aériennes difficiles chez un patient inconscient. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien d'Anesthesie, 68*(9), 1373–1404. doi: 10.1007/s12630-021-02007-0.

Law, J. A., Duggan, L. V., Asselin, M., Baker, P., Crosby, E., Downey, A., Hung, O. R., Kovacs, G., Lemay, F., Noppens, R., Parotto, M., Preston, R., Sowers, N., Sparrow, K., Turkstra, T. P., Wong, D. T., Jones, P. M., & Canadian Airway Focus Group (2021b). Canadian Airway Focus Group updated consensus-based recommendations for management of the difficult airway: part 2. Planning and implementing safe management of the patient with an anticipated difficult airway. Mise à jour des Lignes directrices consensuelles pour la prise en charge des voies aériennes difficiles du Canadian Airway Focus Group : 2ème partie. Planification et mise en œuvre d'une prise en charge sécuritaire du patient présentant des voies respiratoires difficiles anticipées. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien d'Anesthesie, 68*(9), 1405–1436. https://doi.org/10.1007/s12630-021-02008-z.

Lyons, M., & Shepherd, A. A. (2026). The need for capnography standardisation. *Anaesthesia, 81*(9), 1200–1204. doi: 10.1111/anae.70188.

McKechnie, A., Iliff, H. A., Black, R., Ahmad, I., Chesworth, A., Chesworth, P., Davis, N., & Griffiths, C. (2025). Airway management in patients living with obesity: best practice recommendations from the Society for Obesity and Bariatric Anaesthesia: Endorsed by the All Wales Airway Group, Scottish Airway Group and Difficult Airway Society. *Anaesthesia, 80*(9), 1103–1114. doi: 10.1111/anae.16647.

Mushambi, M. C., Kinsella, S. M., Popat, M., Swales, H., Ramaswamy, K. K., Winton, A. L., Quinn, A. C., Obstetric Anaesthetists' Association, & Difficult Airway Society (2015). Obstetric Anaesthetists' Association and Difficult Airway Society guidelines for the management of difficult and failed tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia, 70*(11), 1286–1306. doi: 10.1111/anae.13260.

Popat, M., Mitchell, V., Dravid, R., Patel, A., Swampillai, C., & Higgs, A.; Difficult Airway Society Extubation Guidelines Group (2012). Difficult Airway Society Guidelines for the management of tracheal extubation. *Anaesthesia, 67*(3), 318–340. doi: 10.1111/j.1365-2044.2012.07075.x.

Wiles, M. D., Iliff, H. A., Brooks, K., Da Silva, E. J., Donnellon, M., Gardner, A., Harris, M., Leech, C., Mathieu, S., Moor, P., Prisco, L., Rivett, K., Tait, F., & El-Boghdadly, K. (2024). Airway management in patients with suspected or confirmed cervical spine injury: Guidelines from the Difficult Airway Society (DAS), Association of Anaesthetists (AoA), British Society of Orthopaedic Anaesthetists

(BSOA), Intensive Care Society (ICS), Neuro Anaesthesia and Critical Care Society (NACCS), Faculty of Prehospital Care and Royal College of Emergency Medicine (RCEM). *Anaesthesia, 79*(8), 856–868. doi: 10.1111/anae.16290.

BÖLÜM 7

KAN TRANSFÜZYONU VE PERİOPERATİF KAN YÖNETİMİ

UMUT CAHİT ERSOY[1]

Özet

Kan transfüzyonu; eritrosit, trombosit, plazma ve fibrinojen içeren ürünlerin klinik gereksinime göre kullanıldığı, yararları kadar ciddi komplikasyonları da bulunan bir tedavidir. Transfüzyon kararı yalnızca hemoglobin veya trombosit sayısına göre değil; aktif kanama, doku oksijenlenmesi, hemodinamik durum, cerrahi, komorbiditeler ve laboratuvar/viskoelastik testler birlikte değerlendirilerek verilmelidir. Bu bölüm kan bileşenlerini, Hasta Kan Yönetimini (HKY), transfüzyon öncesi güvenliği, masif kanama yönetimini, reaksiyonların tanınmasını ve yönetimini kapsar.

Güncel yaklaşımda stabil erişkinlerin çoğunda restriktif eritrosit transfüzyon stratejisi tercih edilir; ancak aktif kanama, akut

[1] Uzm. Dr., Iğdır Dr. Nevruz Erez Devlet Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-5878-8027

koroner sendrom, ciddi hipoksemi veya bireysel klinik durumlar farklı hedefler gerektirebilir. 2023 AABB (Association for the Advancement of Blood & Biotherapies) kılavuzu bu yaklaşımı desteklemektedir (Carson et al., 2023b).

Bu bölüm anestezistin dört soruya yanıt bulması için kurgulanmıştır: transfüzyonda temel kavramlar nelerdir; bu hastayı nasıl değerlendirmeliyim; anesteziyi ve kanama yönetimini nasıl yürütmeliyim; bu hastayla karşılaştığımda ne yapmalıyım.

Öğrenme Hedefleri

- Kan bileşenlerini ve temel kullanım amaçlarını açıklamak,
- Eritrosit transfüzyonu için klinik karar vermek,
- Trombosit, plazma, kriyopresipitat ve fibrinojen konsantresinin endikasyonlarını ayırt etmek,
- Masif kanama ve masif transfüzyon yaklaşımını açıklamak,
- Transfüzyon öncesi hasta ve ürün kimliklendirmesinin güvenlik basamaklarını uygulamak,
- Akut hemolitik, febril nonhemolitik, alerjik/anafilaktik, septik, transfüzyonla ilişkili akut akciğer hasarı (TRALI) ve transfüzyonla ilişkili dolaşım yüklenmesi (TACO) reaksiyonlarını tanımak,
- Transfüzyon reaksiyonu geliştiğinde ilk müdahaleyi doğru yapmak,
- Hasta Kan Yönetimi (HKY) ilkelerini ve üç temel direğini perioperatif döneme uyarlamak.

Transfüzyonun Temel İlkeleri ve Fizyolojik Temeller

Kan transfüzyonunun amacı üç başlıkta toplanır: (1) oksijen taşıma kapasitesinin artırılması, (2) kanama sırasında dolaşım hacminin ve hemostazın desteklenmesi, (3) belirli kan bileşenlerinin eksikliğinin giderilmesi. Oksijen sunumu (DO_2), kardiyak debi ile arteriyel oksijen içeriğinin (CaO_2) çarpımıyla belirlenir; CaO_2 = (1,34 × hemoglobin [Hb] × SaO_2) + (0,003 × PaO_2) formülüne (SaO_2: arteriyel oksijen satürasyonu; PaO_2: arteriyel oksijen parsiyel basıncı) göre büyük ölçüde hemoglobin konsantrasyonuna bağlıdır. Sağlıklı bir erişkinde oksijen tüketimi (VO_2) oksijen sunumundan bağımsızdır; ancak ağır anemide veya kardiyorespiratuvar yetmezlikte DO_2 kritik eşiğin altına düşer ve doku hipoksisi gelişir. Transfüzyonun temel fizyolojik gerekçesi bu eşiğin altına düşmeyi önlemektir.

Modern transfüzyon tıbbında "bir ünite kan" yerine gereksinime yönelik bileşen seçimi esastır. Gereksiz transfüzyon immünolojik, enfeksiyöz ve dolaşımsal komplikasyon riskini artırır; bu nedenle her ürün için net bir klinik hedef bulunmalı, hedefe ulaşıldığında transfüzyon durdurulmalıdır.

Klinik Kutu — Transfüzyon kararı hemoglobin düzeyinden ibaret değildir

Hemoglobin değeri tek başına yeterli bir gösterge değildir. Karar verirken semptomlar (dispne, göğüs ağrısı, egzersiz intoleransı), hemodinamik durum, altta yatan kardiyak/respiratuvar hastalık, cerrahi tipi, beklenen kan kaybı ve laboratuvar/viskoelastik bulgular birlikte değerlendirilmelidir. 2023 AABB kılavuzu da bireyselleştirilmiş, yatak başı klinik kararın önemini vurgular (Carson et al., 2023b).

Kan Bileşenleri ve Klinik Kullanım

Eritrosit süspansiyonu

Eritrositler esas olarak oksijen taşıma kapasitesini artırmak için kullanılır. Bir ünite eritrosit süspansiyonu yaklaşık 200–250 mL hacimdedir ve ortalama bir erişkinde hemoglobini yaklaşık 1 g/dL artırır. Hemodinamik olarak stabil erişkinlerde çoğu durumda Hb <7 g/dL eşikli restriktif yaklaşım önerilir (güçlü öneri, orta kesinlikte kanıt); kardiyak cerrahide yaklaşık 7,5 g/dL, ortopedik cerrahide veya önceden kardiyovasküler hastalığı olanlarda yaklaşık 8 g/dL eşiği kullanılabilir. Bu eşikler katı sınırlar değildir; semptomlar ve klinik bağlamla birlikte yorumlanmalıdır. Kılavuz, miyokart enfarktüsü, nörolojik hastalık ve kronik anemi (ör. miyelodisplastik sendrom) için optimal eşiğe ilişkin kanıtın yetersiz olduğunu da belirtir (Carson et al., 2023b). Cochrane 2025 güncellemesinde (61 randomize çalışma, 27.639 erişkin) restriktif strateji (çoğu çalışmada Hb eşiği 7–8 g/dL) en az bir eritrosit transfüzyonu alma riskini %42 azaltmış (risk oranı [RR] 0,58; %95 güven aralığı [GA] 0,52–0,65), 30 günlük mortaliteyi değiştirmemiştir (RR 1,01; %95 GA 0,90–1,14). Çalışmalarda bu durumun iki istisnası vardır; gastrointestinal kanamada restriktif stratejiyle mortalite daha düşüktür (RR 0,63; %95 GA 0,42–0,95) ve ikincisi beyin hasarı olan kritik hastalarda ise liberal stratejiyle 6–12 aylık olumsuz nörolojik sonlanım daha azdır (Carson et al., 2025). Önerilen hemoglobin eşik değerleri Tablo 1 ve Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 1 Erişkinde eritrosit transfüzyon eşikleri (stabil hastalar)

Hasta Grubu	**Transfüzyon Eşiği (Hb, g/dL)**	**Öneri Gücü**
Stabil, hastanede yatan erişkin	<7	Güçlü, orta kesinlik
Kardiyak cerrahi	~7,5	Alt grup önerisi
Ortopedik cerrahi / kardiyovasküler hastalık	~8	Alt grup önerisi

Tablo 2 Pediatrik eritrosit transfüzyon eşikleri (AABB 2023)

Hasta Grubu	**Eşik (Hb, g/dL)**	**Öneri Gücü**
Hemodinamik olarak stabil çocuk (kritik hastalık dahil)	<7 (liberal strateji: <9,5)	Güçlü, orta kesinlik
Konjenital kalp hastalığı — biventriküler tamir	<7	Koşullu, düşük kesinlik
Konjenital kalp hastalığı — tek ventrikül palyasyonu	<9	Koşullu, düşük kesinlik
Konjenital kalp hastalığı — düzeltilmemiş	7–9	Koşullu, düşük kesinlik

Eşikler AABB 2023 kılavuzundan alınmıştır (Carson et al., 2023b). Konjenital kalp hastalığında eşik, lezyon tipine ve cerrahi evreye göre bireyselleştirilir.

Aktif kanamada Hb sonucunu bekleyerek transfüzyonu geciktirmek uygun değildir. Travmatik majör kanamada erken dengeli kan ürünü resüsitasyonu ve kanama kontrolü ön plandadır. Avrupa travma kılavuzu, gerekli olduğunda eritrosit transfüzyonunda 7–9 g/dL hedef aralığını önerir; ancak hızla gelişen hemorajik şokta karar yalnızca hemoglobine dayandırılmamalıdır (Rossaint et al., 2023).

Trombosit süspansiyonu

Trombosit transfüzyonu, trombositopeni veya trombosit fonksiyon bozukluğuna bağlı kanama riskinin azaltılması (profilaktik) ya da aktif kanamanın tedavisi (terapötik) amacıyla kullanılır. Endikasyon; trombosit sayısı kadar kanamanın varlığı, işlemin kanama riski ve altta yatan hastalığa göre belirlenir.

Erişkinde bir doz (bir aferez ünitesi veya 4–6 ünitelik havuz) trombosit sayısını yaklaşık 20–30 x 10^3/μL artırır; raf ömrü 5–7 gündür. 2025 AABB ve International Collaboration for Transfusion Medicine Guidelines (ICTMG) kılavuzu çoğu klinik durumda restriktif yaklaşımı destekler ve gereksiz kullanımın önlenmesini vurgular (Metcalf et al., 2025). Eşikler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 Trombosit transfüzyon eşikleri (2025 AABB/ICTMG; birim $\times 10^3/\mu L = \times 10^9/L$)

Hasta Grubu / İşlem	**Eşik**	**Öneri Gücü / Kesinlik**
Hipoproliferatif trombositopeni, kemoterapi/allojenik kemik iliği-kök hücre nakli (KİT) (kanamasız)	<10	Güçlü; yüksek kesinlik
Preterm neonat (majör kanama yok)	<25	Güçlü; yüksek kesinlik
Lomber ponksiyon	<20	Güçlü; yüksek kesinlik
Santral venöz kateter (komprese edilebilir bölge)	<10	Koşullu
Girişimsel radyoloji — düşük risk	<20	Koşullu
Girişimsel radyoloji — yüksek risk	<50	Koşullu
Majör nonnöraksiyel cerrahi	<50	Koşullu
Kardiyovasküler cerrahi / kardiyopulmoner bypass (KPB) (trombositopeni ve majör kanama yok)	Transfüzyon önerilmez	Koşullu
Nonoperatif intrakraniyal kanama, trombosit >100 (antiplatelet kullananlar dahil)	Transfüzyon önerilmez	Koşullu
Otolog KİT / aplastik anemi (kanamasız)	Rutin profilaksi önerilmez	Koşullu
Dengue (kanama yok)	Transfüzyon önerilmez	Güçlü
Kritik hastalıkta tüketim trombositopenisi (kanamasız)	<10	Koşullu

- Lomber ponksiyonda spinal hematom çok nadirdir; liberal transfüzyon bu düşük riski anlamlı biçimde azaltmaz.

- Santral venöz kateter önerisi yalnızca komprese edilebilir anatomik bölgeler için geçerlidir.
- Kardiyovasküler cerrahi önerisi trombositopenisi ve majör kanaması olmayan hastalar içindir.
- Majör aktif kanamada trombosit hedefi protokol ve viskoelastik/laboratuvar bulgularına göre belirlenir; travmada kanama sürüyorsa $>50\times10^3/\mu L$, travmatik beyin hasarında $>100\times10^3/\mu L$ hedeflenir (Rossaint et al., 2023).
- Profilaktik trombosit transfüzyonu otomatik olarak yapılmamalıdır.
- İmmün trombositopeni (ITP) ve heparinle indüklenen trombositopeni (HIT) gibi tüketim/immün mekanizmalarda rutin trombosit kullanımı uygun değildir; yaşamı tehdit eden kanama özel durumdur.

Nöraksiyal anestezi. AABB/ICTMG önerisi "nonnöraksiyel" cerrahiyi kapsar; nöraksiyal blok için ayrı bir eşik vermez. Karar trombosit sayısı yanında sayının seyrine, eşlik eden koagülopatiye ve antitrombotik ilaç kullanımına göre, Avrupa Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Derneği (ESAIC) ile Avrupa Bölgesel Anestezi ve Ağrı Tedavisi Derneği (ESRA) 2022 ortak kılavuzu antitrombotik ilaçlar için nöraksiyal işlem aralıklarını verir, ancak trombosit sayısı için eşik vermez (Kietaibl et al., 2022). Association of Anaesthetists (AoA) 2025 rehberi, yüksek kaliteli veriye dayanmayan pragmatik eşikler olarak epidural kateter takılması veya çıkarılması için $80\times10^3/\mu L$, lomber ponksiyon için

$40\times10^3/\mu L$ önerir (Shah et al., 2025); bu değerler AABB/ICTMG lomber ponksiyon eşiğinden (<20) farklıdır ve kurum protokolü ile birlikte yorumlanmalıdır. Obstetrik hastada trombositopeni için Obstetrik Anestezi ve Perinatoloji Derneği (SOAP) 2021 uzlaşı metni: $\geq70\times10^3/\mu L$ iken spinal epidural hematom riski düşüktür ve gerekirse nöraksiyal işlem yapılabilir; $50–70\times10^3/\mu L$ arasında risk–yarar dengesi bireysel değerlendirilir; $<50\times10^3/\mu L$ iken nöraksiyal işlemden kaçınmak makuldür. Nedeni bilinmeyen ve $<70\times10^3/\mu L$ olan trombositopenide işlemden önce ek hematolojik değerlendirme gerekir; HELLP (hemoliz, yüksek karaciğer enzimleri, düşük trombosit) sendromunda sayı işlemden önceki 6 saat içinde doğrulanmalıdır (Bauer et al., 2021).

Rh uyumu. Doğurganlık çağındaki Rh negatif kadınlara Rh pozitif trombosit verilmek zorunda kalınırsa anti-D immünglobulin profilaksisi düşünülmelidir.

Taze donmuş plazma (TDP)

Plazma çok sayıda koagülasyon faktörü içerir; klinik olarak anlamlı koagülopati ile birlikte kanama olduğunda veya yüksek kanama riskli bir girişim öncesinde, uygun endikasyon varsa kullanılır. Tipik doz 10–15 mL/kg'dır. İzole volüm genişletme amacıyla verilmemelidir; bu amaçla kristaloid veya kolloidler tercih edilir. Plazmada ABO uyumu kritiktir: AB grubu plazma her gruba verilebilir (genel plazma vericisi); O grubu plazma yalnızca O grubu alıcıya verilir.

- Çoklu koagülasyon faktör eksikliği ile kanama veya kanama riski
- Masif transfüzyon protokolünün bir bileşeni olarak

- Trombotik trombositopenik purpura (TTP) için plazma değişimi

Warfarin ilişkili ciddi kanamada güncel yaklaşım yalnızca TDP'ye dayanmaz; uygun hastada 4 faktörlü protrombin kompleks konsantresi (4F-PCC) ve vitamin K daha hızlı ve hedefe yönelik reversiyon sağlar (Kietaibl et al., 2023; Robinson et al., 2025).

Kriyopresipitat ve fibrinojen konsantresi

Kriyopresipitat; fibrinojen, faktör VIII, von Willebrand faktörü ve faktör XIII içerir. Fibrinojen eksikliğinin tedavisinde fibrinojen konsantresi veya kriyopresipitat; klinik durum, kurum olanakları ve ürün bulunabilirliğine göre kullanılabilir. Majör travmatik kanamada Avrupa travma kılavuzu (Rossaint et al., 2023):

Kalp cerrahisinde kanamalı hastada fibrinojen konsantresinin kriyopresipitata göre kan ürünü gereksinimi açısından düşük olmadığı gösterilmiştir (Callum et al., 2019).

- Hipofibrinojenemide (viskoelastik kanıt veya Clauss fibrinojen ≤150 mg/dL) fibrinojen konsantresi veya kriyopresipitat önerir (Grade 1C).
- Başlangıç dozu olarak 3–4 g fibrinojen (≈15–20 donör ünitesi kriyopresipitat) önerir (Grade 2C).
- Tekrarlayan dozların viskoelastik izlem ve laboratuvar fibrinojen ölçümüne göre verilmesini önerir.
- Başlangıç koagülasyon resüsitasyonu için fibrinojen konsantresi/kriyopresipitat + eritrosit veya TDP + eritrosit stratejilerinden birini seçenek olarak sunar.

Tam kan

Tam kan; eritrosit, plazma ve trombosit bileşenlerini aynı üründe sağlayarak özellikle ağır kanamada resüsitasyon için kullanılabilir. Kullanımı ülke, kan bankası sistemi, ürün bulunabilirliği ve kurum protokolüne bağlıdır; tam kan ile komponent tedavisi arasındaki seçim yerel kan bankası politikası ve klinik duruma göre yapılmalıdır. Sivil hastanelerde kullanımı sınırlıyken askeri ve bazı travma merkezlerinde düşük titreli O grubu soğuk saklanan tam kan resüsitasyonu giderek yaygınlaşmaktadır.

Özel kan ürünleri

- **Lökosit azaltılmış ürünler:** Filtrasyonla donör lökositleri uzaklaştırılır; febril nonhemolitik reaksiyonları, sitomegalovirüs (CMV) bulaşını ve insan lökosit antijeni (HLA) alloimmünizasyonunu azaltır. Birçok ülkede standart eritrosit ve trombosit ürünleri lökosit azaltılmış hazırlanır.
- **Işınlanmış ürünler:** Radyasyonla (merkezde en az 25 Gy) donör lenfositleri inaktive edilir. Transfüzyonla ilişkili graft-versus-host hastalığını (Ta-GVHD) önlemek için immünsüprese hastalarda, intrauterin/yenidoğan transfüzyonlarında, HLA uyumlu ürünlerde ve kan akrabalarından alınan ürünlerde kullanılır.
- **Yıkanmış ürünler:** Serum fizyolojikle yıkanarak plazma proteinleri ve potasyum uzaklaştırılır. Ciddi alerjik reaksiyon öyküsü olanlarda, immünglobulin A (IgA) eksikliğinde ve yenidoğan değişim transfüzyonunda düşünülebilir.

- **CMV negatif / CMV güvenli ürünler:** CMV seronegatif donörlerden veya lökosit azaltılarak hazırlanır; CMV seronegatif gebeler, yenidoğanlar, intrauterin transfüzyonlar ve immünsüprese hematopoietik kök hücre nakli hastalarında tercih edilir.
- **Fenotip/genotip uyumlu eritrosit:** Çoklu alloantikorlu veya kronik transfüzyon gereken hastalarda (orak hücreli anemi, talasemi) alloimmünizasyonu önlemek için kullanılır. Trombosit refrakterliğinde HLA uyumlu trombosit gerekebilir.

ABO/Rh uyumu ve acil transfüzyon

Eritrosit transfüzyonunda ABO/Rh uyumu esastır. Alıcının serumundaki anti-A ve anti-B antikorları uyumsuz eritrositleri dakikalar içinde hemolize eder. O grubu eritrositler (genel verici) acil durumda her gruba verilebilir; plazmada kural tersine işler (Kısım "Taze Donmuş Plazma (TDP)").

- Hayatı tehdit eden kanamada tip-spesifik veya O negatif eritrosit kullanılabilir.
- Erkeklerde ve menopoz sonrası kadınlarda O pozitif eritrosit de kabul edilebilir.
- Doğurganlık çağındaki kadınlarda Rh negatif ürün tercih edilir (alloimmünizasyon riski).
- Tip-spesifik kan (ABO/Rh doğrulandıktan sonra, antikor taramasını beklemeden) verilebilir; bu yaklaşım O negatif stok tükenmesini azaltır.
- Kurumun acil transfüzyon protokolü önceden belirlenmeli, kan bankasıyla iletişim sürdürülmelidir.

Trombosit transfüzyonunda ABO uyumu ideal olmakla birlikte zorunlu değildir; uyumsuz verildiğinde trombosit artışı düşük kalabilir ve donör plazmasındaki antikorlar nedeniyle hemoliz görülebilir.

Eritrosit Transfüzyonunda Özel Durumlar ve Güncel Kılavuzlar

Akut koroner sendrom ve MINT

Akut koroner sendromda (AKS) optimal transfüzyon eşiği uzun süredir tartışmalıdır; 2023 AABB kılavuzu miyokard infarktüsü (MI) için kanıtı yetersiz bulmuştur (Carson et al., 2023b). MINT (Myocardial Ischemia and Transfusion) çalışması (Hb <10 g/dL olan 3.504 akut MI hastası; liberal Hb ≥10 g/dL hedefi ile restriktif 7–8 g/dL hedefi) şu sonuçları vermiştir (Carson et al., 2023a):

- 30 günde ölüm veya tekrarlayan MI: restriktif %16,9, liberal %14,5 (RR 1,15; %95 GA 0,99–1,34; p=0,07). Restriktif stratejinin liberale eşdeğer olduğu gösterilememiştir; fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.
- Kardiyak ölüm: restriktif %5,5, liberal %3,2 (RR 1,74; %95 GA 1,26–2,40).
- Tip 1 MI alt grubunda birincil sonlanım: %18,2 ve %13,8 (RR 1,32; %95 GA 1,04–1,67); tip 1 ve tip 2 arasında etkileşim anlamlı değildir (p=0,16), bu nedenle bulgular hipotez üreticidir.
- Ortalama eritrosit kullanımı: restriktif 0,7, liberal 2,5 ünite.

Klinik Kutu — AKS'de transfüzyon kararı

MINT, AKS'de restriktif stratejinin güvenli olduğunu söylemeyi zorlaştırmaktadır; kardiyak ölüm ve tip 1 MI alt grubunda liberal strateji lehine veriler vardır. Karar hastaya göre verilmelidir: iskemi bulguları, hemodinami ve kardiyak hastalık dikkate alınarak genellikle 7–8 g/dL aralığı, semptomatik/iskemik hastada daha yüksek bir eşik seçilir. National Institute for Health and Care Excellence (NICE) NG24 (Blood transfusion) kılavuzu AKS için eşiğin 8 g/dL, hedefin ise 8–10 g/dL olmasını önerir (National Institute for Health and Care Excellence (NICE), 2026).

Kritik hastalık, akut respiratuvar distres sendromu (ARDS) ve sepsis

Hemodinamik olarak stabil yoğun bakım hastalarının çoğunda restriktif strateji (Hb <7 g/dL) tercih edilir; septik şokta 998 hastalık TRISS (Transfusion Requirements in Septic Shock) çalışmasında Hb 7 g/dL eşiği ile 9 g/dL eşiği arasında 90 günlük mortalite farkı bulunmamıştır (Carson et al., 2023b; Holst et al., 2014). Ciddi hipoksemi, devam eden kanama, aktif iskemi veya hızlı klinik kötüleşmede karar bireyselleştirilir.

Kardiyak cerrahi

TRICS-III (Transfusion Requirements in Cardiac Surgery III) çalışmasında (5.243 hasta) restriktif strateji (Hb <7,5 g/dL) liberal stratejiye (yoğun bakımda <9,5, serviste <8,5 g/dL) kıyasla ölüm, MI, inme ve renal replasman tedavisi bileşik sonlanımında eşdeğer bulunmuş (%11,4 ve %12,5) ve eritrosit kullanımını azaltmıştır (Mazer et al., 2017); AABB 2023 eşiği bu kanıta dayanır (Carson et al., 2023b). Heparin etkisi ve kardiyopulmoner bypass koagülopatisi nedeniyle kanama yönetimine viskoelastik testler

rehberlik etmelidir (Kısım “Masif Transfüzyon ve Majör Kanama Yönetimi”).

Nörocerrahi ve travmatik beyin hasarı

Travmatik beyin hasarında HEMOTION (Haemoglobin Transfusion Threshold in Traumatic Brain Injury Optimisation) çalışması liberal (Hb 10 g/dL) ve restriktif (7 g/dL) stratejileri karşılaştırmış; altı aylık olumsuz nörolojik sonlanımda (Glasgow Sonuç Ölçeği-Genişletilmiş [GOS-E] <4) anlamlı fark saptanmamıştır (%68,4 ve %73,5; düzeltilmiş fark 5,4 puan; %95 GA −2,9 – 13,7) ve altı aylık mortalite de benzerdir (%26,8 ve %26,3). Liberal grupta bazı motor işlev ve yaşam kalitesi ölçümleri daha iyi bulunmuş, ancak kesin sonuç çıkarılamamıştır (Shah et al., 2025; Turgeon et al., 2024). Akut beyin hasarlı hastalarda TRAIN (Transfusion Strategies in Acute Brain Injured Patients) çalışmasında (820 hasta; travmatik beyin hasarı, subaraknoid kanama veya intraserebral kanama) liberal strateji (Hb <9 g/dL), restriktif stratejiye (<7 g/dL) göre 180 günde daha az olumsuz nörolojik sonlanımla ilişkili bulunmuştur (%62,6 ve %72,6; göreceli risk [RR] 0,86; %95 GA 0,78–0,95) (Taccone et al., 2024). Bu hastalarda eşik bireyselleştirilmeli, aşırı kısıtlayıcı olunmamalıdır. Subaraknoid kanamada ve diğer nörolojik hastalıklarda kanıt sınırlıdır.

Obstetrik kanama

Postpartum kanamada WOMAN (World Maternal Antifibrinolytic) çalışması, traneksamik asidin (1 g intravenöz [IV]) kanamanın ilk 3 saati içinde verilmesinin kanamaya bağlı ölümü azalttığını göstermiştir (Kietaibl et al., 2023; WOMAN Trial Collaborators, 2017). Postopartum kanamada fibrinojen düzeyi hızla

düşer; 200 mg/dL altı şiddetli kanamayı öngörmektedir ve dolayısıyla fibrinojen erken dönemde ölçülmeli ve düşükse replase edilmelidir. Masif kanama protokolü erken dönemde etkinleştirilmeli, kalsiyum ve hipotermi yönetimi unutulmamalıdır.

Kan ürünü kabul etmeyen hasta

Dini veya kişisel nedenlerle kan ürünü reddeden hastada (ör. Yehova Şahitleri) önceden bildirilmiş ret formu ve kabul edilebilir alternatifler (hücre kurtarma, demir, eritropoetin, antifibrinolitikler, kanama azaltıcı teknikler) ameliyat öncesinde hasta ile ayrıntılı konuşulmalı ve belgelenmelidir. Bu konuşma hasta hakları mevzuatı ve kurum politikası çerçevesinde yürütülmeli; acil durumlar, reşit olmayan hastalar ve yasal sorular için kurumun etik/hukuk birimi bilgilendirilmelidir. Planlama, HKY ilkelerine (Kısım "Hasta Kan Yönetimi (Patient Blood Management, HKY)") azami uyumu gerektirir.

Güncel kılavuzlar: KDIGO 2026 ve NICE NG24

KDIGO 2026 (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) — kronik böbrek hastalığında (KBH) anemi. Kılavuz (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Anemia Work Group, 2026), kronik böbrek hastalığında anemi tanısı, demir tedavisi, eritropoez stimulan ajan (ESA) ve hipoksi ile indüklenebilir faktör prolil hidroksilaz inhibitörü (HIF-PHI) kullanımı ve eritrosit transfüzyonunu kapsar. Transfüzyonla ilgili uygulama noktaları (Practice Point 4.1–4.6): transfüzyon kapsamlı tedavi stratejisinin parçası olarak, riskler ve yararlar ortak karar süreciyle tartılarak kullanılır; transfüzyon kararı keyfi bir Hb eşiğine değil, anemiye bağlı belirti ve bulgulara dayandırılır; organ nakline uygun hastada allosensitizasyon riski nedeniyle mümkünse transfüzyondan

kaçınılır; ESA/HIF-PHI etkisiz veya kontrendike ise yarar zararı aşabilir; akut anemide (akut kanama, kararsız koroner arter hastalığı, hızlı preoperatif düzeltme gerektiren durumlar) transfüzyon düşünülür; asemptomatik kronik anemide transfüzyondan kaçınılması, flebotominin sınırlandırılması ve hospitalizasyonda ESA/HIF-PHI ve demir tedavisinin sürdürülmesi önerilir. KDIGO sayısal bir Hb transfüzyon eşiği vermez; bu nedenle sayısal eşikler için AABB 2023 (Tablo 1) esas alınmaktadır. Demir (hemodiyalizde ferritin ≤500 ng/mL ve transferrin saturasyonu (TSAT) ≤%30; diyaliz dışı hastada ferritin <100 ng/mL ve TSAT <%40 ya da ferritin 100–<300 ng/mL ve TSAT <%25) ve ESA/HIF-PHI başlatma ölçütleri nefroloji pratiğine yöneliktir; ayrıntı için kılavuzun kendisine başvurulmalıdır.

NICE NG24 (Şubat 2026 güncellemesi). Güncelleme cerrahide traneksamik asit (TXA) kullanımına ilişkin yeni öneriler getirmiştir (NICE, 2026). Kılavuzun temel transfüzyon önerileri Tablo 4'te özetlenmiştir.

Düşük kanama riskli cerrahide TXA (NICE Şubat 2026 kanıt özeti). Beklenen kan kaybı <500 mL olan cerrahide TXA'yı değerlendiren kanıt özetinde, transfüzyon gereksinimi 18 randomize çalışmada (2073 hasta) TXA ile azalmıştır (RR 0,42; %95 GA 0,31–0,57; kontrol grubunda 1000 hastada 131 transfüzyon, TXA ile 70 daha az). Tromboembolik komplikasyonlarda 29 çalışmada (3043 hasta) anlamlı fark saptanmamış (risk farkı 0,0004; %95 GA −0,0057 ile 0,0067), ciddi advers olaylar açısından da anlamlı fark bulunmamıştır; kanıt kesinliği ise yanlılık riski ve imprecision nedeniyle düşük–çok düşük olarak derecelendirilmiştir (NICE, 2026). Ekonomik modelde TXA maliyet etkin bulunmuştur. Vasküler cerrahide kanıt çok sınırlıdır.

Tablo 4 NICE NG24 önerilerinin özeti

Konu	**Öneri**
Eritrosit (masif kanama, AKS ve düzenli transfüzyon gerektiren kronik anemi dışında)	Eşik 7 g/dL; transfüzyon sonrası hedef 7–9 g/dL
Eritrosit (AKS)	Eşik 8 g/dL; hedef 8–10 g/dL
Eritrosit (aktif kanaması olmayan erişkin)	Tek ünite transfüzyon; ardından klinik yeniden değerlendirme ve Hb kontrolü
Trombosit	Profilaktik <10×10^3/µL; Dünya Sağlık Örgütü (WHO) derece 2 kanamada <30; ağır kanama veya kritik bölgede (merkezi sinir sistemi, göz) <100; cerrahi/girişimde hedef >50 (yüksek riskte 50–75; kritik bölge >100)
TDP	Majör kanama olmaksızın klinik olarak anlamlı kanamada, yalnızca koagülasyon testleri anormalse (PT veya aPTT oranı >1,5) düşünülür; kanaması olmayan hastada (kanama riski taşıyan girişim/cerrahi dışında) ve K vitamini antagonisti geri döndürmede önerilmez; kanama riski taşıyan girişim/cerrahide anormal koagülasyonda profilaktik olarak düşünülebilir; transfüzyon sonrası klinik durum ve koagülasyon testleri yeniden değerlendirilir
Kriyopresipitat	Majör kanama olmaksızın klinik olarak anlamlı kanama + fibrinojen <150 mg/dL; kanama riski taşıyan girişim/cerrahide profilaktik olarak fibrinojen <100 mg/dL; kanaması ve girişimi olmayan hastada fibrinojeni düzeltmek için önerilmez; erişkinde doz 2 havuz (çocukta 5–10 mL/kg, en fazla 2 havuz)
Protrombin kompleks konsantresi (PCC)	Varfarinin acil geri döndürülmesinde ağır kanama veya intraserebral kanama şüpheli kafa travmasında hemen önerilir; acil cerrahide antikoagülasyon düzeyi ve kanama riskine göre düşünülür; INR ile geri dönüş doğrulanır
TXA	Çocuk ve genç erişkinlerde kullanımının düşünülmesi önerilir; çocuklarda ve vasküler cerrahide kanıt sınırlıdır ve araştırma önerisi yapılmıştır

Satırlar NG24 önerilerine dayanır (eritrosit 1.5.1–1.6.2, trombosit 1.7.1–1.7.6, TDP 1.9.1–1.10.1, kriyopresipitat 1.11.1–1.12.2, PCC 1.12.3–1.12.6); uygulamada NICE NG24'ün güncel çevrimiçi metni esas alınmalıdır.

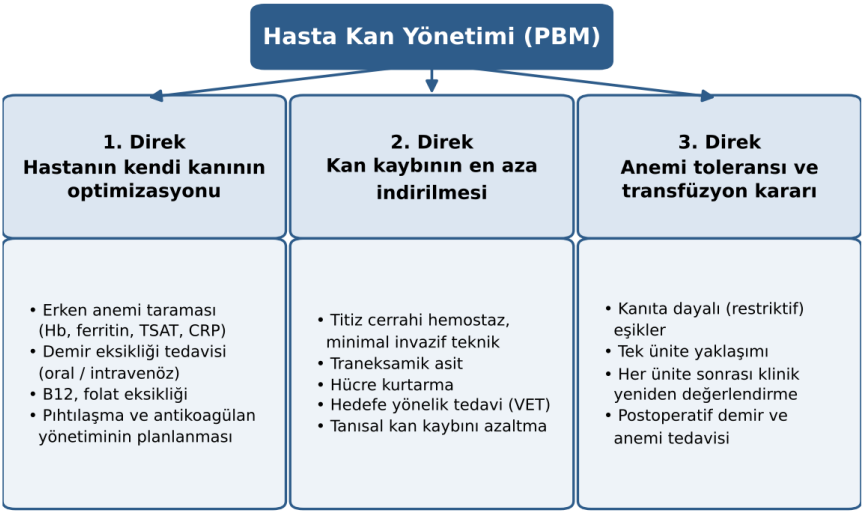
Hasta Kan Yönetimi (Patient Blood Management, HKY)

Tanım ve gerekçe

Hasta Kan Yönetimi (HKY); hastanın kendi kanını korumayı, anemiyi ve demir eksikliğini preoperatif dönemde düzeltmeyi, gereksiz kan kaybını azaltmayı ve transfüzyonu yalnızca klinik yarar beklenen hastada kullanmayı amaçlayan, kanıta dayalı ve multidisipliner bir yaklaşımdır. Odak kan ürününden hastaya kaymıştır: amaç "daha az kan vermek" değil, hastanın sonuçlarını iyileştirmektir. Perioperatif anemi majör cerrahi geçiren hastaların yaklaşık üçte birinde bulunur ve hem transfüzyon gereksiniminin hem de kötü sonuçların (enfeksiyon, uzamış hastanede kalış) bağımsız bir belirleyicisidir (Centre for Perioperative Care (CPOC), 2025). HKY programlarının başarısı, anestezist, cerrah, hematolog, kan bankası, eczacı ve hemşirenin birlikte çalıştığı, kurum düzeyinde yazılı protokollere ve denetime bağlıdır (Centre for Perioperative Care (CPOC), 2025; Shah et al., 2025). Kırk ulusal ve kurumsal kılavuzu karşılaştıran 2026 sistematik derlemede restriktif strateji konusunda geniş uyum görülmüş (22 kılavuz Hb 7 g/dL, dokuzu daha düşük eşik), en büyük değişkenlik tanısal kan kaybının azaltılmasında saptanmış ve ulusal standardizasyonun sıklıkla bulunmadığı bildirilmiştir (Dreher et al., 2026).

HKY'nin üç temel direği vardır: (1) hastanın kendi kanının optimizasyonu (anemi ve pıhtılaşmanın tedavisi), (2) kan kaybının en aza indirilmesi, (3) hastanın anemiye toleransının ve transfüzyon kararının optimize edilmesi. Bu direkler preoperatif, intraoperatif ve postoperatif dönemlerin hepsinde birlikte uygulanır; yapı Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1 Hasta kan yönetiminin (HKY) üç direği



Birinci direk: hastanın kendi kanının optimizasyonu (preoperatif dönem)

Tarama zamanı. Elektif majör cerrahi düşünülen her hasta, mümkün olan en erken aşamada (birinci basamakta veya cerrahi ilk başvuruda) anemi açısından taranmalıdır; bu, preoperatif değerlendirme günü beklenmeden yapılmalıdır, çünkü tedavi için haftalar gerekir (CPOC, 2025). İstenecekler: tam kan sayımı, ferritin, transferrin saturasyonu (TSAT), C-reaktif protein (CRP), kreatinin; gerektiğinde B12 ve folat.

Tanım. WHO tanımına göre anemi erişkin erkekte Hb <13, gebe olmayan kadında <12 g/dL'dir (World Health Organization, 2024); WHO tanımları 2024'te değiştirilmemiştir; Centre for Perioperative Care (CPOC) 2025 kılavuzu, uluslararası konsensüse atıfla kadında ≤12 g/dL'nin suboptimal olduğunu ve cerrahi öncesi her iki cinste Hb ≥13 g/dL hedefinin kullanılabileceğini aktarır

(CPOC, 2025). Anemi tanı sınırları, transfüzyon eşikleriyle (stabil erişkinde genellikle <7 g/dL; Tablo 1) karıştırılmamalıdır: anemi saptanması nedenin araştırılmasını ve tedavisini gerektirir, ancak tek başına transfüzyon endikasyonu oluşturmaz.

Anemi tanı ölçütleri Tablo 5'te, sık kullanılan intravenöz demir preparatları Tablo 6'da özetlenmiştir; pratik özet Klinik Kutu 3'tedir.

Tablo 5 Anemi tanımı (WHO 2024)

Grup	Anemi (Hb)	Şiddetli Anemi (Hb)
Erişkin erkek	<13 g/dL	<8 g/dL
Erişkin kadın (gebe değil)	<12 g/dL	<8 g/dL
Gebe kadın	<11 g/dL	<7 g/dL
Çocuk 6–59 ay	<11 g/dL	<7 g/dL
Çocuk 5–11 yaş	<11,5 g/dL	—
Çocuk 12–14 yaş	<12 g/dL	—

Tanımlar WHO 2024 hemoglobin eşiği kılavuzuna dayanır (World Health Organization, 2024); kadın ve erkek için 15 yaş ve üzeri değerler geçerlidir. Cerrahi öncesi hedef (CPOC 2025, uzlaşıya dayalı): her iki cinste Hb ≥13 g/dL; bu bir tanı eşiği değil, optimizasyon hedefidir (CPOC, 2025).

Demir eksikliği tanısı. Ferritin <30 ng/mL demir eksikliği anemisini gösterir; ferritin <50 ng/mL (kronik böbrek hastalığında <100 ng/mL) demir eksikliğini güçlü biçimde düşündürür. TSAT <%20 mutlak demir eksikliği ile uyumludur; TSAT >%20 ve normal ferritin gerçek demir eksikliği ihtimalini azaltır. Ferritin akut faz yanıtı nedeniyle inflamasyonda yükselebileceğinden CRP ile birlikte yorumlanmalıdır; ferritin 30–100 ng/mL iken CRP >5 mg/L veya tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) <60 mL/dk/1,73 m^2 ise fonksiyonel demir eksikliği düşünülür (CPOC, 2025).

Oral demir. Oral demirin emilimi sınırlıdır; hepsidin artışı nedeniyle günlük yüksek dozlar emilimi azaltır ve gastrointestinal yan etkileri artırır. CPOC 2025 kılavuzu, ticari olarak bulunan

herhangi bir demir preparatını günde bir tablet veya gün aşırı bir–iki tablet şeklinde önerir (gün aşırı dozlama daha iyi tolere edilir ve eşdeğer emilim sağlayabilir); dört haftada tam kan sayımı kontrol edilir, iki hafta içinde Hb'de ≥1 g/dL artış iyi yanıt göstergesidir (CPOC, 2025).

İntravenöz (IV) demir. Cerrahiye 4 haftadan kısa süre kalmışsa, oral demir kontrendike veya tolere edilemiyorsa ya da 4 haftalık oral tedaviye yanıt yoksa IV demir tercih edilir; CPOC 2025 kılavuzu, cerrahiye dört haftadan az kalmışsa cerrahinin ertelenmesini veya IV demir başlanmasını düşünmeyi önerir; dört haftalık oral tedavide yanıt yoksa IV demir değerlendirilir (CPOC, 2025). Aktif enfeksiyonda IV demirden kaçınılır.

Tablo 6 Sık kullanılan IV demir preparatları

Preparat	**Tipik Doz**	**Uygulama Süresi**	**Not**
Demir sükroz	100–200 mg/doz, haftada 1–3 kez; toplam doz birkaç seansta	100 mg için ≥15 dk; 200 mg için ≥30 dk	Tek seansta 200 mg'dan fazla verilmez; toplam demir açığı Ganzoni formülüyle hesaplanır (Electronic Medicines Compendium (emc), Vifor Pharma UK Limited, n.d.)
Ferrik karboksimaltoz (FCM)	500–1000 mg tek seansta (en fazla 20 mg/kg)	≥15 dk	Hipofosfatemi riski
Ferrik derisomaltoz (demir izomaltozid)	Tek infüzyonda en fazla 20 mg/kg (bolusta en fazla 500 mg); haftalık toplam en fazla 20 mg/kg	1000 mg'a kadar >15 dk; 1000 mg üzeri ≥30 dk	Aynı molekülün iki adıdır (Electronic Medicines Compendium (emc), Pharmacosmos UK Limited, n.d.)

Dozlar ürün prospektüsüne göre doğrulanmalıdır; kullanılabilir preparatlar kurumdan kuruma değişir.

PREVENTT (Preoperative Intravenous Iron to Treat Anaemia in Major Surgery) çalışmasında majör abdominal cerrahi öncesi anemik hastalara 1000 mg IV ferrik karboksimaltoz verilmesi, birincil sonlanımda (altı ayda transfüzyon veya ölüm) plaseboya üstünlük sağlamamıştır (%29'a karşı %28; RR 1,03; %95 GA 0,78–1,37; p=0,84); ikincil sonlanımlarda Hb daha yüksek bulunmuş ve komplikasyon nedeniyle yeniden yatış daha az görülmüştür (altı ayda %13'e karşı %22) (Richards et al., 2020). Kolorektal kanser cerrahisinde beş randomize çalışmayı birleştiren meta-analizde preoperatif IV demir perioperatif transfüzyon oranını %19,5'ten %12,7'ye düşürmüş; komplikasyon, mortalite ve hastanede kalış süresinde fark saptanmamıştır (Lederhuber et al., 2024). Kalp cerrahisi öncesi anemik hastalarda IV demir transfüzyon gereksinimini azaltmamış (düşük kesinlikte kanıt), ancak mortalite azalmasıyla ilişkili bulunmuştur (orta kesinlikte kanıt) (Liu et al., 2024). Bu veriler IV demirin rutin kullanımını desteklemez; demir eksikliği kanıtlanmış ve yeterli süresi olan hastada kullanımı dışlamaz.

Eritropoetin Stimülan Ajanlar (ESA). Rutin preoperatif ESA kullanımı önerilmez; demir replasmanına yetersiz yanıt veren kronik hastalık anemisinde yararlı olabilirler (CPOC, 2025). Ortopedik cerrahide ruhsatlı epoetin alfa rejimleri 600 Ü/kg subkütan (SC) haftalık (cerrahiden 21, 14 ve 7 gün önce ve cerrahi günü) veya cerrahiye 3 haftadan az süre varsa 300 Ü/kg/gün (cerrahiden önce 10 gün, cerrahi günü ve sonraki 4 gün; toplam 15 gün) şeklindedir; ruhsatlı endikasyon Hb 10–13 g/dL olan orta derecede anemik hastadır. Hb 15 g/dL veya üzerine ulaşırsa tedavi durdurulur. Tedavi boyunca yeterli demir desteği (ör. günlük 200 mg oral elemental demir) ve yeterli antitrombotik profilaksi gerekir; şiddetli koroner, periferik arter, karotis veya serebrovasküler

hastalıkta (yakın zamanda miyokard enfarktüsü veya inme dahil) ve yeterli antitrombotik profilaksi uygulanamayan hastada kontrendikedir (Electronic Medicines Compendium (emc), Janssen-Cilag Ltd (a Johnson & Johnson Company), n.d.). Geri ödeme kurallarına uygunluk kontrol edilmelidir.

Klinik Kutu 3 — Preoperatif demir eksikliği anemisi: pratik özet

- Majör cerrahiden mümkün olduğunca erken (ideal olarak ≥4 hafta önce) Hb, ferritin, TSAT, CRP ve kreatinin isteyin.
- Anemi saptanırsa nedenini belgeleyin (demir eksikliği, B12/folat eksikliği, kronik hastalık, böbrek hastalığı, hemoliz, kanama).
- Ferritin <30 ng/mL veya TSAT <%20 ise demir eksikliğini tedavi edin.
- Süre ≥4 hafta ve toleransı olan hastada oral demir (40–60 mg/gün veya gün aşırı 80–100 mg) deneyin; süre kısa, intolerans veya yanıtsızlık varsa IV demir verin.
- Aktif enfeksiyonda IV demir vermeyin; FCM sonrası hipofosfatemiyi akılda tutun.
- Hb'yi 2–4 hafta sonra kontrol edin (CPOC: dördüncü haftada tam kan sayımı; ilk iki haftada ≥1 g/dL artış iyi yanıttır); yanıt yoksa başka nedenleri araştırın, hematolojiyle ESA planlayın.
- Acil cerrahide anemi optimizasyonu için zaman yoktur; ikinci ve üçüncü direk önem kazanır.

İkinci direk: kan kaybının azaltılması

Cerrahi ve anestezik teknikler (intraoperatif)

- Titiz cerrahi hemostaz; elektrokoter, ultrasonik skalpel, argon plazma koagülasyon, ligasyon cihazları ve cerrahi alana göre minimal invazif yaklaşım uygulanmalıdır.
- Ekstremite cerrahisinde turnike (süre 2 saati aşmamalı); cerrahi alana venöz dönüşü azaltan pozisyonlar (ör. ters Trendelenburg) tercih edilmelidir.
- Normotermi (hipotermi koagülopatiyi kötüleştirir), normal iyonize kalsiyum ve asit-baz dengesi sağlanmalıdır.
- **Kontrollü hipotansiyon:** Ortopedik, vertebra ve sinüs cerrahisinde ortalama arter basıncı (MAP) 50–65 mmHg hedeflenerek kanama azaltılabilir. Perioperatif hipotansiyonun böbrek ve miyokart hasarıyla ilişkisi nedeniyle rutin uygulanmaz; yaşlı ve komorbid hastada dikkatle seçilir. Kontrendikasyonlar: aort stenozu, karotis stenozu, serebrovasküler hastalık, kontrolsüz hipertansiyon, koroner arter hastalığı (göreceli).
- **Akut normovolemik hemodilüsyon:** Seçilmiş hastada işlem öncesinde kan alınıp hacim kristaloid/kolloidle yerine konur, kan cerrahi sonunda geri verilir; kanıt sınırlıdır ve rutin önerilmez.

Hücre kurtarma (cell saver)

- Ameliyat alanından toplanan kan yıkanıp santrifüjle eritrositleri geri kazanılarak hastaya geri verilir; geri

kazanılan hematokrit %50–60 olup yaklaşık bir ünite eritrosit süspansiyonuna eşdeğerdir.

- Endikasyon: Association of Anaesthetists 2025 rehberi beklenen kan kaybı >500 mL olan hastada hücre kurtarmayı önerir (Shah et al., 2025); klasik olarak majör cerrahide beklenen kan kaybı >1000 mL veya toplam kan hacminin >%20'si olduğunda yaygın uygulanır; kalp cerrahisi (KPB devresi), majör ortopedi (kalça/diz protezi), karaciğer rezeksiyonu, majör vasküler ve onkolojik cerrahide düşünülebilir.
- Mutlak kontrendikasyonlar: kontamine alan (bağırsak içeriği, idrar), pozitif kan kültürü/aktif enfeksiyon, amniyotik sıvı embolisi riski, topikal hemostatik ajanlar (trombin, fibrin yapıştırıcı).
- Göreceli kontrendikasyonlar: malignite (lökosit deplesyon filtresi ve yıkama ile risk azaltılabilir; rutin kullanımı tartışmalıdır), sepsis.
- Geri kazanılan eritrosit süspansiyonu fibrinojen ve trombosit içermez; masif kanamada bu bileşenler ayrıca replase edilmelidir.

Antifibrinolitik ajanlar

- **Traneksamik asit (TXA):** Lizin analoğudur; fibrinolizi inhibe ederek pıhtı stabilitesini artırır, cerrahide kan kaybını ve transfüzyon gereksinimini azaltır. Association of Anaesthetists 2025 rehberi, kan kaybının >500 mL (10 kg üzeri çocukta >8 mL/kg) olması olası veya donör kanı alamayacak her hastada hücre kurtarma ve

antifibrinolitik (ör. TXA) kullanımını önerir (Shah et al., 2025); ESAIC 2023 jinekolojik cerrahide tek doz 1000 mg IV veya 10–15 mg/kg dozunu önerir ve kalp cerrahisinde düşük dozları tercih eder (Kietaibl et al., 2023). NICE NG24 verileri Tablo 4 ve metinde özetlenmiştir (NICE, 2026). Doz kurum protokolü ve endikasyona göre belirlenir. Travmada yaralanmadan sonraki ilk 3 saat içinde verilmesi önerilir; etki zamana bağlıdır ve geç başlandığında yarar kaybolur (Kısım "Masif Transfüzyon ve Majör Kanama Yönetimi") (Rossaint et al., 2023). **Yan etkiler:** yüksek dozda (özellikle kalp cerrahisinde) doza bağlı nöbet riski; böbrek yetmezliğinde birikim nedeniyle doz azaltımı; intratekal veya epidural yolla yanlışlıkla verilmesini önleyecek güvenlik önlemleri.

- **Aprotinin:** Serin proteaz inhibitörüdür; KPB'de kanamayı azaltır, ancak anafilaksi ve böbrek toksisitesi nedeniyle kullanımı kısıtlıdır.
- **ε-Aminokaproik asit:** TXA'ya benzer mekanizma; daha az güçlü ancak daha ucuz; bazı KPB protokollerinde kullanılır.

Hasta başı testler ve laboratuvar kaynaklı kan kaybı

- Kanaması süren hastada viskoelastik testler (VET; tromboelastografi [TEG] ve rotasyonel tromboelastometri [ROTEM]) ve noktasal testler, empirik ürün vermek yerine hedefe yönelik tedaviyi mümkün kılar (Kısım "Masif Transfüzyon ve Majör Kanama Yönetimi") (Kietaibl et al., 2023).

- Arteriyel kateterden kan alımı ve tekrarlanan testler iatrojenik aneminin önemli kaynağıdır; yoğun bakımda günde yaklaşık 40–70 mL kan alındığı bildirilmiştir.
- Önlem: pediatrik tüpler, mikroörnekleme, noktasal testler; klinik endikasyonu olmayan rutin günlük panellerin sonlandırılması.

Üçüncü direk: transfüzyon kararının ve anemiye toleransın optimize edilmesi

Bu direk, kanıta dayalı eşiklerin uygulanmasını, tek ünite yaklaşımını ve her ünite sonrası klinik yanıtın yeniden değerlendirilmesini kapsar. Aktif kanaması olmayan hastada tek ünite verilip semptom ve Hb yeniden değerlendirilir (CPOC, 2025; NICE, 2026). Restriktif stratejiyi destekleyen başlıca randomize çalışmalar şunlardır:

- **TRICC (Transfusion Requirements in Critical Care; N Engl J Med 1999):** 838 kritik hasta, Hb <7 ve <10 g/dL. 30 günlük mortalite benzerdir (%18,7 ve %23,3; p=0,11); daha az akut (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation [APACHE] II ≤20) ve <55 yaş alt grubunda restriktif grupta mortalite daha düşüktür; transfüzyon sayısı %54 azalmıştır (Hébert et al., 1999).
- **FOCUS (Transfusion Trigger Trial for Functional Outcomes in Cardiovascular Patients Undergoing Surgical Hip Fracture Repair; N Engl J Med 2011):** Kalça kırığı cerrahisi sonrası, kardiyovasküler hastalığı/risk faktörü olan ≥50 yaş 2.016 hasta; liberal (Hb <10) ve restriktif (<8 g/dL veya semptomatik). Birincil sonlanım (60. günde ölüm veya yardımsız

yürüyememe) benzerdir (%35,2 ve %34,7; odds oranı [OR] 1,01; %95 GA 0,84–1,22) (Carson et al., 2011).

- **TRISS (N Engl J Med 2014):** 998 septik şok hastası, Hb <7 ve <9 g/dL; 90 günlük mortalite benzerdir (%43,0 ve %45,0; RR 0,94; %95 GA 0,78–1,09); restriktif grupta ortanca eritrosit kullanımı 1 ünite, liberal grupta 4 ünitedir (Holst et al., 2014).
- **TRICS-III (N Engl J Med 2017):** Kalp cerrahisinde restriktif strateji bileşik sonlanımda eşdeğerdir (Mazer et al., 2017).

Randomize çalışmaları birleştiren güncel meta-analiz, restriktif stratejinin çoğu hasta grubunda güvenli olduğunu ve transfüzyonu belirgin azalttığını göstermektedir (Carson et al., 2025); MINT ve HEMOTION gibi çalışmalar ise akut koroner sendrom ve nörokritik hastalık gibi alt gruplarda eşiğin bireyselleştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Kısım "Eritrosit Transfüzyonunda Özel Durumlar ve Güncel Kılavuzlar"). Hastanın anemiye toleransını artırmak için oksijen sunumunu korumak (kardiyak debi, oksijenasyon, ağrı/ateş/titremenin kontrolü) ve oksijen tüketimini azaltmak da HKY'nin bir parçasıdır.

Postoperatif dönem

- Hb restriktif eşiklerle değerlendirilir; transfüzyon her ünitede klinik yeniden değerlendirmeyle tek tek planlanır.
- Postoperatif ilk günlerde hepsidin yüksekliği nedeniyle oral demir emilmez; anemi ve demir eksikliği varsa IV demir düşünülür; 15 randomize çalışmayı (1865 hasta)

birleştiren meta-analizde postoperatif IV demir hemoglobini plasebo veya girişimsizliğe göre artırmış (ortalama fark 0,45 g/dL; %95 GA 0,26–0,64), oral demir etkisiz kalmıştır (0,06 g/dL; %95 GA −0,28–0,40); en büyük yarar ortopedik cerrahide görülmüş, transfüzyon dahil ikincil sonlanımlarda anlamlı fark saptanmamıştır (Lim et al., 2025). Taburculuk ve mobilizasyon yalnızca Hb düzeyine göre belirlenmez (CPOC, 2025).

- Gereksiz kan alımları azaltılır; transfüzyon reaksiyonu belirtileri (ateş, titreme, hipotansiyon, dispne, ürtiker) izlenir ve reaksiyonlar hemovijilans sistemine bildirilir.
- Kanama kontrolü sağlandıktan sonra antitrombotik tedavi zamanında yeniden başlanır; gecikme tromboembolik riski artırır.

Programın uygulanması

- Yazılı kurum protokolleri: anemi tarama ve tedavi yolu, transfüzyon eşikleri, tek ünite politikası, masif kanama protokolü, kullanılan ürünlerin denetimi.
- Eğitim: anestezi, cerrahi, hemşirelik ve kan bankası personeline anemi, HKY ve transfüzyon konusunda düzenli eğitim (CPOC, 2025).
- Hasta bilgilendirme: aneminin nedenleri, tedavi seçenekleri ve transfüzyonun yararları ile riskleri hakkında hastaya bilgi verilmesi.
- İzlem göstergeleri: preoperatif anemi tarama oranı, transfüzyon oranı, ürün başına endikasyon uygunluğu, reaksiyon bildirimleri.

Kapsamlı başvuru kaynakları olarak Association of Anaesthetists 2025 kılavuzu (Shah et al., 2025), ESAIC ağır perioperatif kanama kılavuzu (Kietaibl et al., 2023) ile Miller's Anesthesia ve Barash's Clinical Anesthesia'nın ilgili bölümleri önerilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2024).

Preoperatif Transfüzyon Değerlendirmesi ve Kan Hazırlığı

- **Öykü ve muayene:** Beklenen kan kaybı, önceki transfüzyonlar ve reaksiyonlar, alerji öyküsü ve önceki transfüzyonun nedeni, kanama öyküsü (epistaksis, diş eti kanaması, ekimoz, menoraji, aile öyküsü), antikoagülan/antitrombosit ilaçlar ve son kullanım zamanları, kardiyak/renal/hepatik komorbiditeler.
- **Laboratuvar:** Tam kan sayımı, kan grubu ve antikor tarama; gerektiğinde çapraz karşılaştırma (cross-match); klinik duruma göre PT/uluslararası normalleştirilmiş oran (INR), aPTT, fibrinojen; gerektiğinde demir paneli.
- **Kan bankası iletişimi:** Bilinen alloantikor, nadir kan grubu veya çoklu antikor olasılığında uyumlu ürün hazırlığı için yeterli süre bırakılmalı, kan bankasıyla erken iletişim kurulmalıdır. Hazırlanacak ürün miktarı kurumun Maksimum Cerrahi Kan Sipariş Çizelgesi (MSBOS) protokolüne göre belirlenir.
- Acil durum için kurumun acil kan protokolü (O negatif eritrosit) önceden belirlenmiş olmalıdır.

Transfüzyon Uygulaması ve Güvenlik

Transfüzyonun en kritik güvenlik basamağı doğru hastaya doğru ürünü vermektir. Hatalı hasta/ürün eşleşmesi akut hemolitik

reaksiyonun en önde gelen nedenidir; bu nedenle numune etiketleme (yanlış tüpe kan alınması), ürün teslimi ve yatak başı doğrulama kurum prosedürüne uygun, mümkünse iki ayrı kişiyle yapılmalıdır. Anestezi altındaki hastada hasta konuşamayacağından kimlik kontrolü bilek bandı ve kayıtlarla yapılır; tek kişiyle çalışılan ameliyathanede kontrol yöntemi kurum politikasıyla önceden tanımlanmalıdır. Aydınlatılmış onam ve kayıt, ülkemizde Sağlık Bakanlığı'nın kan ve kan ürünleri mevzuatı ile hastane transfüzyon komitesi/transfüzyon merkezi uygulamalarına uygun yapılır.

Transfüzyon öncesi kontrol listesi:

- Hasta kimliği en az iki bağımsız tanımlayıcıyla doğrulanmalıdır (ad-soyad ve doğum tarihi veya T.C. kimlik/protokol numarası).
- Kan grubu, Rh uygunluğu ve çapraz karşılaştırma sonucu kontrol edilmelidir.
- Ürün görünümü (renk, bütünlük, sızıntı, pıhtı) ve son kullanma tarihi kontrol edilmelidir.
- Uygun damar yolu ve standart kan filtresi (170–200 μm) kullanılmalıdır.
- Ürünle aynı hatta yalnızca %0,9 NaCl verilir. Hipotonik solüsyonlar (%5 dekstroz) hemolize, kalsiyum içeren solüsyonlar (Ringer laktat) pıhtılaşmaya yol açabilir; ilaçlar aynı hattan verilmez.
- İlk 15 dakikada hasta yakın gözlem altında tutulmalı; vital bulgular başlangıçta, 15. dakikada ve transfüzyon boyunca kurum protokolüne göre izlenmelidir.

Uygulama hızları: Eritrosit: bir ünite genellikle 1–2 saatte (en fazla 4 saatte); trombosit: 30–60 dakika; TDP: 30–60 dakika (klinik duruma göre). TACO riski yüksek hastada (yaşlı, kalp/böbrek yetmezliği) hız yavaşlatılmalı ve hacim küçültülmelidir. Masif kanamada hızlı infüzyon cihazı ve kan ısıtıcı kullanılmalıdır.

Masif Transfüzyon ve Majör Kanama Yönetimi

Tanım ve erken tanıma

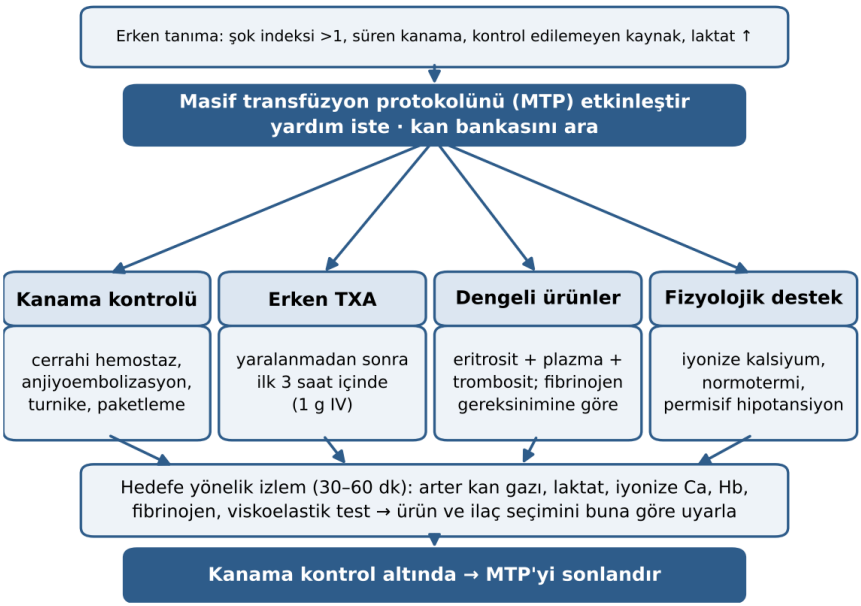
Masif kanama yönetimi çok sayıda eritrosit vermekten ibaret değildir: kanama kaynağının hızla kontrolü, eritrosit–plazma–trombosit/fibrinojen desteği, hipotermi ve hipokalseminin önlenmesi ve laboratuvar/viskoelastik izlemin birlikte yürütülmesi gerekir. Masif transfüzyon 24 saatte ≥10 ünite eritrosit veya yaklaşık bir toplam kan hacmi kadar ürün verilmesi, ya da hızlı kanama (≥150 mL/dk) gerektiren durum olarak tanımlanır. Tanımın sonucu beklemek yerine kanama devam ederken gelişen klinik tabloya göre erken işletilmesi gerekir; bu nedenle pratikte "kritik kanama" ve "masif transfüzyon olasılığı" kavramları kullanılır.

Erken tanıma: kalp hızı/sistolik basınç oranının (şok indeksi) 1'in üzerine çıkması, hızlı ve devam eden kan kaybı, kanama kaynağının kontrol edilememesi, laktat yüksekliği ve baz açığı masif transfüzyon gereksinimini öngörür. Travmada ABC (Assessment of Blood Consumption) skoru gibi basit araçlar (penetran yaralanma, pozitif FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma), sistolik basınç ≤90 mmHg, nabız ≥120/dk; ikisi veya daha fazlası pozitifse protokol etkinleştirilir) karar vermeyi hızlandırır. Cerrahide ve obstetrikte kanama miktarının göz kararı hafife alınması sık bir hatadır; kanamanın hızı ve hemodinamik etkisi esas alınmalıdır.

Temel ilkeler: hasar kontrol resüsitasyonu

Masif kanamada eşzamanlı yürütülen girişimler ve izlem döngüsü Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2 Masif kanamada eşzamanlı yönetim akışı



1. **Kanama kontrolü her şeyden önce gelir:** Cerrahi hemostaz, anjiyoembolizasyon, turnike ve paketleme gibi mekanik yöntemler geciktirilmeden uygulanır. Ürün vermek kanamayı durdurmaz, zaman kazandırır.
2. **Permisif hipotansiyon:** Beyin hasarı yoksa kanama kontrol edilene kadar sistolik 80–90 mmHg (ortalama arter basıncı 50–60 mmHg) hedeflenir; aşırı sıvı basıncı pıhtıyı yerinden oynatır ve koagülopatiyi kötüleştirir (Rossaint et al., 2023).

3. **Hemostatik resüsitasyon:** Kristaloid ve kolloid hacmi en aza indirilir; kaybedilen tam kanı taklit edecek biçimde eritrosit, plazma, trombosit ve fibrinojen erken ve dengeli verilir (Rossaint et al., 2023).
4. **Erken traneksamik asit:** Yaralanmadan sonraki ilk 3 saatte verilir; gecikme yararı azaltır (Kısım "Masif Transfüzyon ve Majör Kanama Yönetimi (Traneksamik asit)").
5. **Kalsiyum, ısı ve asit-baz dengesi:** İyonize kalsiyum normal aralıkta tutulur, hipotermi önlenir, asidoz perfüzyon ve kanama kontrolüyle düzeltilir.
6. **Hedefe yönelik izlem:** Arter kan gazı, laktat, iyonize kalsiyum, Hb ve koagülasyon (tercihen viskoelastik test) kanama sürerken düzenli tekrarlanır.
7. **Protokolün erken etkinleştirilmesi ve zamanında sonlandırılması:** Kanama kontrol altına alındığında ve hasta stabilleştiğinde empirik ürün verilmesi bırakılır, hedefe yönelik tedaviye geçilir.

Masif transfüzyon protokolünün (MTP) organizasyonu

- **Etkinleştirme:** Protokolü kimin, hangi ölçütlerle başlatacağı kurumda yazılı olmalı; ameliyathane, acil servis ve yoğun bakımda aynı numaradan tek aramayla başlatılabilmelidir.
- **Kan bankası iletişimi:** Başlangıçta çapraz karşılaştırmasız O Rh uyumlu eritrosit (kadında doğurganlık çağında O negatif), mümkünse AB veya düşük titreli plazma, hazır trombosit ve fibrinojen

sağlanır; hasta kan grubu belli olunca tip-spesifik ürüne geçilir. Kan bankasıyla sürekli iletişim sürdürülür.

- **Hazır paketler:** Kurumlar çoğunlukla sabit oranlı paketler (ör. eşit sayıda eritrosit ve plazma ünitesi ile bir doz trombosit) hazırlar; paketler kanama sürdüğü sürece art arda gönderilir. Paket içeriği ve oranı kurum protokolünde yazılmalıdır.
- **Anestezist işlevleri:** İki büyük çaplı damar yolu veya santral kateter ile arteriyel kateter; hızlı infüzyon cihazı ve kan ısıtıcı; hasta ısıtıcı; hücre kurtarma (kontamine olmayan alanda); vazopresör ve kalsiyum hazır bulundurma; cerrahla düzenli sözlü iletişim ("hasar kontrol cerrahisi" kararı dahil).
- **Koordinasyon:** Bir kişi ürün sayımını, laboratuvar sonuçlarını ve zaman çizelgesini yüksek sesle takip etmeli ve kayda geçirmelidir.
- **Sonlandırma:** Protokol, kanama kontrol altına alındığında ve hemodinami/laktat düzeldiğinde sonlandırılır; kullanılmayan ürünler kan bankasına zamanında iade edilir.

Klinik Kutu 4 — Masif kanamada anestezist kontrol listesi

1. **Çağırın ve etkinleştirin:** Masif transfüzyon protokolünü başlatın, yardım isteyin, kan bankasını arayın.
2. **Erişim ve izlem:** İki büyük damar yolu veya santral kateter, arteriyel kateter, hızlı infüzyon cihazı ve kan ısıtıcı.

3. **Kanama kontrolü:** Cerrahla açıkça iletişim kurun; hasar kontrol cerrahisi, anjiyoembolizasyon veya turnike gerekiyor mu?
4. **Traneksamik asit:** 1 g IV, yaralanmadan sonraki ilk 3 saat içinde (obstetrik kanamada da erken).
5. **Dengeli ürünler:** Eritrosit, plazma, trombosit; fibrinojen düşükse (≤150 mg/dL) fibrinojen konsantresi veya kriyopresipitat.
6. **Kalsiyum:** İyonize kalsiyumu 1,1–1,3 mmol/L tutun; kalsiyum klorürü erken verin.
7. **Normotermi:** Isıtılmış ürünler, forced-air ısıtıcı.
8. **Hemodinami:** Permisif hipotansiyon (beyin hasarı yoksa); kanama kontrolü sonrası vazopresör ve hacimle normalleştirin.
9. **İzlem:** Arter kan gazı, laktat, iyonize kalsiyum, Hb, fibrinojen ve viskoelastik test; kanama sürdükçe 30–60 dakikada bir tekrarlayın.
10. **Sonlandırın:** Kanama kontrol edilince empirik ürünü bırakın, hedefe yönelik tedaviye geçin.

Ürün seçimi ve oranlar

Avrupa travma kılavuzunun ürün seçimine ilişkin önerileri Tablo 7'de verilmiştir; anestezistin uygulama kontrol listesi Klinik Kutu 4'tedir.

Tablo 7 Avrupa travma kılavuzu (Rossaint 2023) önerileri

Konu	Öneri	Kanıt Düzeyi
Hemoglobin hedefi	7–9 g/dL	Grade 1C
Fibrinojen replasmanı	Clauss fibrinojen ≤150 mg/dL veya viskoelastik fonksiyonel fibrinojen eksikliği	Grade 1C
Başlangıç fibrinojen dozu	3–4 g (≈15–20 ünite kriyopresipitat)	Grade 2C
Başlangıç koagülasyon resüsitasyonu	Fibrinojen/kriyopresipitat + eritrosit veya TDP + eritrosit (TDP:eritrosit ≥1:2)	Grade 1C
Trombosit:eritrosit oranı	Yüksek oran (spesifik empirik oran önerilmez)	Grade 2B
Trombosit hedefi	Kanama sürerse >50×10^3/μL; TBH'de >100×10^3/μL	Grade 2C
İyonize kalsiyum	Normal aralıkta tut (1,1–1,3 mmol/L); hipokalsemide kalsiyum klorür	Grade 1C
Traneksamik asit	En kısa sürede (mümkünse hastaneye ulaşmadan), yaralanmadan sonra ilk 3 saatte: 1 g IV 10 dakikada, ardından 1 g IV 8 saat boyunca infüzyon	Grade 1A
Viskoelastik testler	Erken başlat ve tekrarla; amaca yönelik resüsitasyonu yönlendir	Grade 1B

Kanıt düzeyleri Rossaint et al., 2023 kılavuzundan alınmıştır. TBH: travmatik beyin hasarı.

Ürün oranı. PROPPR (Pragmatic, Randomized Optimal Platelet and Plasma Ratios) çalışmasında şiddetli travmada 1:1:1 (plazma:trombosit:eritrosit) ile 1:1:2 oranı arasında 24 saat ve 30 gün mortalitesinde fark bulunmamış (680 hasta; %12,7 ve %17,0; %22,4 ve %26,1); 1:1:1 grubunda hemostaz daha sık sağlanmış (%86,1 ve %78,1) ve ilk 24 saatte kanamaya bağlı ölüm azalmıştır (%9,2 ve %14,6) (Holcomb et al., 2015). Avrupa kılavuzu belirli bir oranı zorunlu kılmaz; TDP:eritrosit ≥1:2 ve yüksek trombosit/eritrosit oranını önerir, fibrinojen/kriyopresipitat ile başlayan stratejiyi eşdeğer seçenek olarak sunar (Rossaint et al.,

2023). Tam kan uygun merkezlerde komponent tedavisine alternatiftir (Kısım “Kan Bileşenleri ve Klinik Kullanım (Tam kan)”).

Traneksamik asit

CRASH-2 (Clinical Randomisation of an Antifibrinolytic in Significant Haemorrhage) çalışmasında (20.211 travma hastası) TXA tüm nedenli mortaliteyi (RR 0,91; %95 GA 0,85–0,97; p=0,0035) ve kanamaya bağlı ölümü (RR 0,85) azaltmıştır. Etki zamana bağlıdır: ilk saatte verildiğinde kanamaya bağlı ölüm RR 0,68; 1–3 saatte RR 0,79; 3 saatten sonra RR 1,44 (zarar sinyali) (Roberts et al., 2011; Shakur et al., 2010). CRASH-3 (Clinical Randomisation of an Antifibrinolytic in Significant Head Injury) çalışmasında hafif-orta travmatik beyin hasarında 3 saat içinde verilen TXA ile baş yaralanmasına bağlı ölüm azalmıştır (RR 0,78; %95 GA 0,64–0,95) (CRASH-3 Collaborators, 2019). Güncel Avrupa kılavuzu TXA’yı yaralanma sonrası 3 saat içinde önerir (Rossaint et al., 2023).

Laboratuvar ve klinik hedefler

İzlem hedefleri Tablo 8’de özetlenmiştir.

Tablo 8 Masif kanamada izlem hedefleri

Parametre	Hedef
Hemoglobin	7–9 g/dL (Avrupa travma kılavuzu); iskemi ve beyin hasarında bireyselleştirilir
Trombosit	Kanama sürerse $>50\times10^3/\mu L$ (obstetrikte >75); travmatik beyin hasarında $>100\times10^3/\mu L$
Fibrinojen	Clauss >150 mg/dL; obstetrik kanamada >200 mg/dL (ESAIC: 200 mg/dL üzerinde veya FIBTEM A5 >12 mm iken fibrinojen replasmanı endike değildir); fonksiyonel fibrinojen (FIBTEM/CFF) normal (Kietaibl et al., 2023; Shah et al., 2025)
İyonize kalsiyum	1,1–1,3 mmol/L
Sıcaklık	≥36 °C
Koagülasyon	PT/aPTT normalin 1,5 katından düşük; viskoelastik parametreler hedefte
Perfüzyon	Laktat ve baz açığı düşüyor; idrar çıkışı korunuyor

Hedefler kılavuzlara ve kurum protokolüne göre uyarlanır (Kietaibl et al., 2023; Rossaint et al., 2023).

Viskoelastik testler (TEG/ROTEM)

Viskoelastik testler pıhtılaşmanın bütününü (başlangıç, pıhtı oluşum kinetiği, maksimum pıhtı gücü ve fibrinolizi) dakikalar içinde gösterir ve hedefe yönelik tedaviyi yönlendirir; ESAIC ve Avrupa travma kılavuzları kullanımını önerir (Kietaibl et al., 2023; Rossaint et al., 2023). Kanıt konusunda iki not önemlidir: ITACTIC (Implementing Treatment Algorithms for the Correction of Trauma-Induced Coagulopathy) çalışmasında viskoelastik rehberli protokol ile konvansiyonel koagülasyon testlerine dayanan protokol arasında travmada birincil sonlanım açısından fark bulunmamıştır (Baksaas-Aasen et al., 2021); bu nedenle VET'in empirik çoklu bileşen tedavisinden sonuç açısından üstün olduğu kesin değildir. Heparin etkisi (özellikle kalp cerrahisi ve karaciğer nakli) heparinaz içeren kanallarla (ROTEM HEPTEM, TEG heparinazlı kaolin) ayrılmalıdır.

Viskoelastik test parametreleri Tablo 9'da, travma çalışmasından türetilen örnek bir algoritmanın eşikleri Tablo 10'da, amaca yönelik yaklaşım ise Klinik Kutu 5'te özetlenmiştir.

Tablo 9 Viskoelastik test parametreleri ve klinik karşılıkları

Parametre	**TEG**	**ROTEM**	**Ölçüm**	**Eksiklik / Müdahale**
Reaksiyon/ pıhtılaşma süresi	R süresi	CT	İlk fibrin oluşumu; koagülasyon faktör aktivitesi	Uzama → TDP veya PCC
Pıhtı oluşum kinetiği	K süresi	CFT	Pıhtı güçlenme hızı; fibrinojen	Uzama → fibrinojen/ kriyopresipitat
Alfa açı	Alfa açı	Alfa açı	Fibrin oluşum hızı ve çapraz bağlanma	Düşük → fibrinojen/ kriyopresipitat
Maksimum pıhtı gücü	MA	MCF	Pıhtı gücü; trombosit + fibrinojen	Düşük → trombosit (fibrinojen düzeltildikten sonra)
Lizis	LY30	ML / LI30	30. dakikada pıhtı lizisi	Hiperfibrinoliz → TXA

R: reaksiyon süresi; K: pıhtı oluşum zamanı; MA: maksimum amplitüd; CT: pıhtılaşma zamanı; CFT: pıhtı oluşum zamanı; MCF: maksimum pıhtı sertliği; LY30: 30. dakikada lizis; ML: maksimum lizis; LI30: 30. dakikada lizis indeksi.

Tablo 10 Travma çalışmasından türetilen örnek viskoelastik algoritma (AoA 2025, Tablo 1)

Müdahale	**TEG Eşiği**	**ROTEM Eşiği**
Fibrinojen / kriyopresipitat	FF-TEG MA <20 mm	FIBTEM CA5 <10 mm
Trombosit	rTEG MA − FF-TEG MA <45 mm	EXTEM CA5 − FIBTEM CA5 <30 mm
TDP	rTEG ACT >120 sn	EXTEM CT >80 sn
TXA (ek 1 g)	rTEG LY30 >%10	EXTEM LI30 <%85

rTEG: hızlı TEG; FF-TEG: fonksiyonel fibrinojen TEG; ACT: aktive pıhtılaşma zamanı; EXTEM: doku faktörüyle aktive edilen ROTEM testi; FIBTEM: trombosit katkısı inhibe edilmiş fibrinojen testi; HEPTEM: heparinaz içeren ROTEM testi; CA5 ve A5: 5. dakikadaki pıhtı amplitüdü (eş anlamlı).

Eşikler kurum protokolüne göre değişir; yukarıdaki değerler, AoA 2025 rehberinde klinik çalışmadan türetilmiş örnek bir algoritma olarak verilmiştir; bu algoritmalar ampirik masif kanama protokolünü destekler, kurumda optimize

edilmelidir ve VET sonucu beklenirken TXA geciktirilmemelidir (Shah et al., 2025). Avrupa kılavuzları da amaca yönelik viskoelastik rehberliği önerir (Kietaibl et al., 2023; Rossaint et al., 2023). FIBTEM (ROTEM) ve fonksiyonel fibrinojen (TEG) trombosit katkısını dışlayarak fibrinojen eksikliğini gösterir ve Clauss fibrinojeniyle iyi korelasyon verir.

Klinik Kutu 5 — Viskoelastik testte amaca yönelik yaklaşım

Kanama sürerken VET sonuçları beklenirken kanama kontrolü ve dengeli resüsitasyon sürdürülür. Sonuç gelince: (1) CT/R uzamışsa → TDP veya PCC; (2) FIBTEM/fonksiyonel fibrinojen düşükse → fibrinojen/kriyopresipitat; (3) EXTEM A5 düşük ama FIBTEM normalse → trombosit; (4) lizis artmışsa → TXA. Bu sıra spesifik eksikliği hedefler; ancak VET'in sonuç üstünlüğü kesin değildir.

Özel durumlar

- **Obstetrik kanama:** Fibrinojen hızla düşer ve erken replasman gerekir; TXA erken verilir; hızlı kanamada masif transfüzyon protokolü erken etkinleştirilir (Kısım "Kan Bileşenleri ve Klinik Kullanım (Obstetrik kanama)").
- **Kalp cerrahisi:** Heparin etkisi ve KPB koagülopatisi nedeniyle heparinazlı viskoelastik test kullanılır; fibrinojen replasmanında fibrinojen konsantresi kriyopresipitata göre kan ürünü gereksinimi açısından düşük olmamıştır (Callum et al., 2019).
- **Karaciğer hastalığı ve transplantasyon:** Hemostaz "yeniden dengelenmiştir"; rutin INR veya trombosit sayısına göre profilaktik düzeltme yerine kanama varlığında viskoelastik rehberli tedavi tercih edilir 8

Kietaibl et al., 2023). Sirozda girişim öncesi trombosit eşikleri kılavuzlarda giderek gevşemiştir ve katı sayısal eşiklere dayanan rutin profilaktik transfüzyon desteklenmemektedir (Biolato et al., 2023).

- **Travmatik beyin hasarı:** Trombosit hedefi $>100\times10^3/\mu L$, TXA erken; permisif hipotansiyondan kaçınılır (CRASH-3 Collaborators, 2019; Rossaint et al., 2023).

Masif transfüzyonun sonuçları ve izlem

Masif transfüzyonda hipokalsemi (sitrat), hiperkalemi, hipotermi, asit-baz bozuklukları, dilüsyonel koagülopati/ trombositopeni, TRALI ve TACO gelişebilir; bunların tanı ve yönetimi Kısım "Transfüzyon Reaksiyonları" ve "Transfüzyonun Diğer Komplikasyonları"da ele alınmıştır. Hayatta kalanlarda erken tromboprofilaksi, böbrek fonksiyonu izlemi ve alloimmünizasyon riskinin kayda geçirilmesi gerekir. Her protokol aktivasyonu sonrası ürün kullanımı, süre ve sonuçlar denetlenmeli ve kurumun masif transfüzyon protokolünün iyileştirilmesinde kullanılmalıdır.

Transfüzyon Reaksiyonları

Her transfüzyon reaksiyonunda ilk yaklaşım aynıdır: transfüzyonu durdurmak, damar yolunu uygun sıvıyla açık tutmak, hastayı değerlendirmek, kan bankasını/ilgili hekimi bilgilendirmek ve kurumun hemovijilans protokolünü başlatmak. Reaksiyonun tipi ancak bundan sonraki değerlendirmelerle belirlenir. Anestezi altındaki hastada ilk belirtiler yalnızca açıklanamayan hipotansiyon, taşikardi, bronkospazm, hemoglobinüri veya yaygın sızıntı tarzı kanama olabilir; transfüzyon sırasındaki her beklenmedik hemodinamik değişiklikte reaksiyon akla gelmelidir.

Klinik Kutu 6 — Reaksiyon şüphesinde ilk 5 adım

1. **Durdurun.** Transfüzyonu durdurun; seti değiştirip damar yolunu %0,9 NaCl ile açık tutun. Torbayı ve seti atmayın.
2. **Değerlendirin.** Hava yolu, solunum, dolaşım (ABCDE); vital bulgular, periferik oksijen satürasyonu (SpO_2), idrar rengi.
3. **Doğrulayın.** Hasta kimliği, ürün etiketi ve kan grubu eşleşmesini ikinci bir kişiyle yeniden kontrol edin (klerikal hata var mı?).
4. **Bildirin.** Kan bankasını arayın; torba, set ve yeni hasta örneğini gönderin (direkt antiglobulin testi, hemoliz değerlendirmesi, gerekirse kültür).
5. **Tedavi edin ve kayda geçirin.** Reaksiyon tipine özgü destek tedavisi uygulayın; hemovijilans/olay bildirimini yapın.

Akut hemolitik transfüzyon reaksiyonu

Çoğunlukla ABO uyumsuzluğu gibi immünolojik nedenlerle ortaya çıkar ve dakikalar içinde başlayabilir; insidansı düşük, mortalitesi yüksektir. **Bulgular:** ateş, titreme, bel/yan ağrısı, hipotansiyon, hemoglobinüri, yaygın kanama/dissemine intravasküler koagülasyon (DİK) ve akut böbrek hasarı; anestezide yeni başlayan hipotansiyon, taşikardi, kontrolsüz kanama ve koyu renkli idrar.

- Transfüzyonu durdurun; ürün ve hasta örneklerini kan bankasına gönderin.

- Kan bankası ABO/Rh yeniden tayini, direkt antiglobulin testi ve çapraz karşılaştırma tekrarını yapar; hemoliz için laktat dehidrogenaz (LDH), bilirubin, haptoglobin, plazma serbest hemoglobin ve idrar incelemesi istenir.
- Böbrek perfüzyonu, idrar çıkışı ve koagülasyonu yakından izleyin.
- Şok ve DİK gelişirse destek tedavisi uygulayın (sıvı, vazopresör, kan ürünleri).
- Mannitol veya idrar alkalinizasyonu rutin değildir; seçilmiş olguda kurum protokolüne göre düşünülür.

Febril nonhemolitik reaksiyon

Transfüzyon sırasında veya sonrasında ateş ve titremeyle ortaya çıkar; alıcı antikorlarının donör lökositlerine reaksiyonu veya depolama sırasında salınan sitokinler sorumludur. Hemolitik reaksiyon, sepsis ve diğer ciddi nedenler dışlanmadan basit febril reaksiyon kabul edilmemelidir. Transfüzyon durdurulur; semptomatik olarak antipiretik (parasetamol) verilir. Tekrarlayan reaksiyonlarda lökosit azaltılmış ürünler düşünülür.

Alerjik ve anafilaktik reaksiyon

Hafif alerjik reaksiyon: ürtiker, kaşıntı, kızarma; donör plazma proteinlerine karşı immünglobulin E (IgE) aracılıdır. Transfüzyon durdurulur, antihistaminik verilebilir; belirtiler tamamen düzeldikten sonra transfüzyona yavaşça devam edilebilir. **Anafilaksi:** hırıltı, bronkospazm, hipotansiyon, anjiyoödem veya dolaşım kollapsı.

- Transfüzyonu durdurun; hava yolu ve dolaşımı destekleyin, oksijen ve sıvı verin.

- Adrenalin tedavinin temelidir: uyanık hastada 0,3–0,5 mg kas içi; monitörize ve hipotansif anestezi hastasında damar içi titre edilen küçük dozlar (örn. 10–100 μg) tercih edilir.
- Steroid ve antihistaminik yardımcı tedavidir.
- Sonraki transfüzyonlarda yıkanmış ürün veya IgA eksikliği değerlendirmesi düşünülür; rutin premedikasyonun reaksiyonu önlediği kanıtlanmamıştır.

Septik transfüzyon reaksiyonu

Kontamine ürüne bağlı bakteriyel sepsis nadir ancak yaşamı tehdit edicidir; trombositler oda sıcaklığında saklandığı için risk daha yüksektir. **Bulgular:** yüksek ateş, şiddetli titreme, hipotansiyon, bulantı-kusma, şok. Transfüzyonu durdurun; ürün ve hastadan kan kültürü alın, kan bankasını bilgilendirin; sıvı, vazopresör ve geniş spektrumlu antibiyotiği geciktirmeyin.

TRALI

TRALI, transfüzyondan sonraki 6 saat içinde gelişen hipoksemi ve bilateral pulmoner infiltrasyonla seyreden, kardiyojenik olmayan akut akciğer ödemidir. Patofizyolojide iki olaylı model kabul edilir: hastanın altta yatan inflamatuvar durumu (sepsis, cerrahi) nötrofilleri akciğerde hazırlar; transfüze edilen donör antikorları (HLA, nötrofil antijenleri) veya biyolojik cevap vericiler bunları aktive ederek kapiller sızıntıya yol açar (Fang et al.,2025). Güncel (2019 uzlaşı) sınıflamada ARDS risk faktörü olmayan olgular tip I, risk faktörü bulunan veya hafif ARDS zemininde gelişen olgular tip II TRALI olarak adlandırılır (Fang et al.,2025).

- Transfüzyon durdurulur; oksijenasyon desteklenir.
- Gerektiğinde akciğer koruyucu mekanik ventilasyon (düşük tidal hacim, düşük plato basıncı) uygulanır; tedavi destekleyicidir ve ARDS tedavisine benzer.
- Diüretik rutin tedavi değildir; kardiyojenik volüm yüklenmesi kanıtı varsa düşünülür.
- Olgu kan bankasına bildirilir; donör kaynaklı antikor araştırması için ilgili ürünler incelenir.

TACO

TACO, özellikle yaşlı hastalarda, kalp veya böbrek yetmezliğinde ve hızlı/yüksek hacimli transfüzyonda gelişir ve transfüzyonla ilişkili morbidite ve mortalitenin önde gelen nedenlerindendir. Temel mekanizma hidrostatik pulmoner ödemdir; ürün özellikleri de katkıda bulunabilir. Güncel sürveyans tanımına göre belirtiler transfüzyon sırasında veya sonraki 12 saat içinde ortaya çıkar; tanı için akut/kötüleşen solunum yetmezliği veya akciğer ödemi yanında kardiyovasküler değişiklikler (taşikardi, hipertansiyon, juguler venöz dolgunluk), sıvı yüklenmesi kanıtı ve natriüretik peptidlerde artış (transfüzyon öncesi değerin 1,5 katından fazla) gibi ölçütlerden en az üçü aranır (Narayan et al., 2024). SHOT 2023 raporunda TACO bildirimleri artmaya devam etmiş ve transfüzyon öncesi TACO risk değerlendirmesinin sıklıkla yapılmadığı veya yanlış yapıldığı vurgulanmıştır (Narayan et al., 2024).

- Transfüzyonu durdurun; hastayı oturtun, oksijen verin.
- Uygun hastada diüretik (furosemid) verin.

- Sonraki transfüzyonlarda daha yavaş hız ve daha küçük hacim planlayın; gerekirse tek ünite uygulayıp yeniden değerlendirin.

TRALI ve TACO ayrımı Tablo 11'de verilmiştir; reaksiyon şüphesinde ilk adımlar Klinik Kutu 6'dadır.

Tablo 11 TRALI ve TACO ayrımı

Özellik	**TRALI**	**TACO**
Patofizyoloji	İmmünolojik / sitokin aracılı; kapiller permeabilite artışı	Hidrostatik; volüm yüklenmesi
Başlangıç	6 saat içinde	12 saat içinde
Radyoloji	Bilateral infiltrasyon (nonkardiyojenik)	Pulmoner ödem (kardiyojenik)
Kan basıncı	Hipotansiyon sık	Hipertansiyon sık
Juguler venöz basınç (JVP) / beyin natriüretik peptid (BNP)	Normal; BNP artışı yok veya sınırlı	JVP yüksek; BNP/N-terminal pro-BNP (NT-proBNP) belirgin artmış
Diüretik	Rutin değil	Temel tedavi
Mortalite	Ağır olgularda yüksek; kritik hastada daha yüksek	Morbidite/mortalite artışı ile ilişkili; oran hastalığa ve tanıma göre değişir
Risk faktörleri	Donör antikorları; hastanın inflamatuvar durumu	Yaşlılık, kalp/böbrek yetmezliği, hızlı transfüzyon

Diğer reaksiyonlar arasında transfüzyonla ilişkili dispne (TAD), hipotansif reaksiyonlar ve post-transfüzyon purpurası sayılabilir.

Transfüzyonun Diğer Komplikasyonları

Geç komplikasyonlar

- **Geç hemolitik reaksiyon:** Alloantikor oluşumu sonrası günler-haftalar sonra gelişen hemoliz.

- **Alloimmünizasyon:** HLA veya eritrosit antijenlerine karşı antikor oluşumu; sonraki transfüzyonları ve nakil uygunluğunu zorlaştırır.
- **Demir yüklenmesi:** Çoklu transfüzyon alanlarda (talasemi, miyelodisplastik sendrom [MDS]) kalp, karaciğer ve endokrin organlarda birikim; şelasyon gerekebilir.
- **Enfeksiyon bulaşı:** insan immün yetmezlik virüsü (HIV), hepatit B ve C, bakteriyel ajanlar, prion (vCJD) ve diğer patojenler; tarama ile risk çok düşüktür ancak sıfır değildir.
- **Ta-GVHD:** Donör lenfositlerinin alıcıda çoğalarak doku hasarına yol açması; çok nadir ve çoğunlukla ölümcüldür. İmmünsüprese hastalarda ve intrauterin/yenidoğan transfüzyonlarında ışınlanmış ürün gerekir.

Metabolik komplikasyonlar

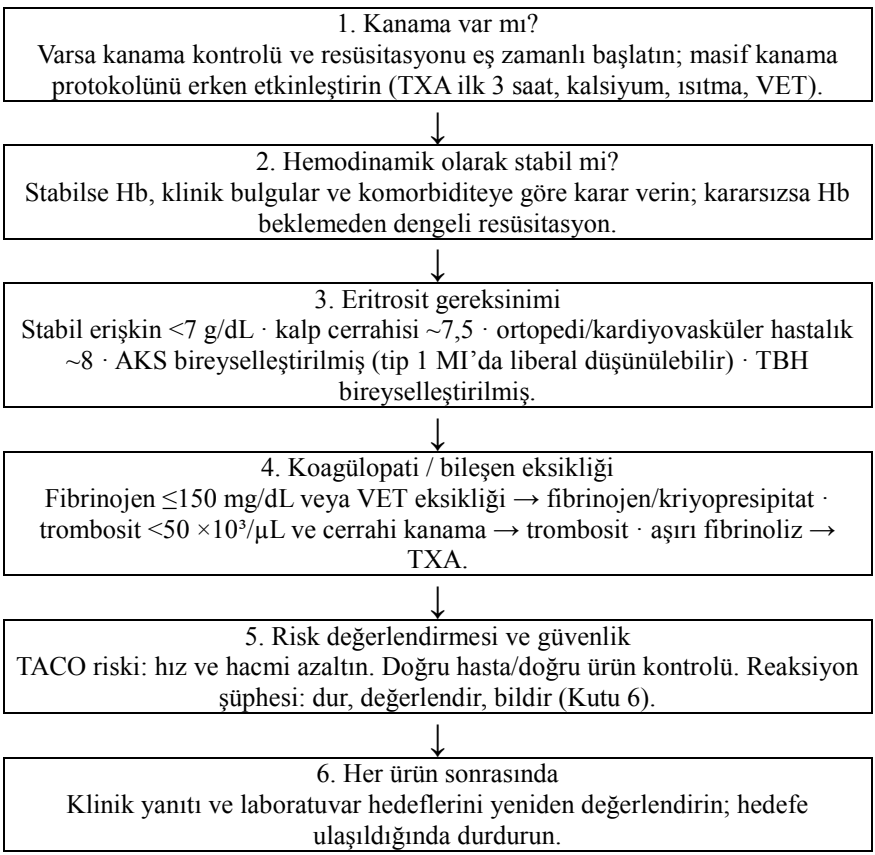
- **Hipokalsemi:** Sitratın kalsiyumu şelatlaması; masif transfüzyonda sık; iyonize kalsiyum izlenir, kalsiyum klorürle düzeltilir.
- **Hiperkalemi:** Eski eritrosit süspansiyonlarında hücre dışı potasyum yüksektir; masif transfüzyonda risk.
- **Hipotermi:** Soğuk ürünlerin hızlı verilmesiyle; ısıtıcı kullanılır.
- **Asit-baz değişiklikleri:** Sitrat metabolizması sonrası bikarbonat üretimi; başlangıçta asidoz, sonrasında alkaloz görülebilir.

- **Dilüsyonel koagülopati ve trombositopeni:** Eritrosit ağırlıklı resüsitasyonda faktörler ve trombositler seyrelir.

Klinik Karar Algoritması

Perioperatif transfüzyon kararının akışı Şekil 3'te özetlenmiştir.

Şekil 3 Perioperatif transfüzyon karar algoritması



Sık yapılan hatalar ve önlenmesi Klinik Kutu 7'de özetlenmiştir.

Klinik Kutu 7 — Sık yapılan hatalar ve klinik uyarılar

- **Tek Hb değerine göre karar vermek:** Semptom, hemodinami, komorbidite ve kanama hızı birlikte değerlendirilmelidir.
- **Aktif kanamada laboratuvar sonucunu beklemek:** Kanama sürerken önce kanama kontrolü ve dengeli resüsitasyon başlatılır; sonuçlar yol göstermek için kullanılır.
- **Kanamada kalsiyum ve normotermiyi ihmal etmek:** İyonize kalsiyumu normal aralıkta tutun, ürünleri ısıtın ve hastayı ısıtın.
- **TXA'yı geç vermek veya hiç vermemek:** Travma ve obstetrik kanamada ilk 3 saat içinde verilmelidir; 3 saatten sonra yararı kaybolabilir (Roberts et al., 2011).
- **Varfarin etkisini yalnızca TDP ile düzeltmeye çalışmak:** Ağır kanamada 4F-PCC ve K vitamini tercih edilir (NICE, 2026; Robinson et al., 2025).
- **Kanaması olmayan hastada TDP veya kriyopresipitat ile laboratuvar değerini düzeltmek:** Kanama riski taşıyan girişim dışında önerilmez (NICE, 2026).
- **Plazmayı volüm genişletici olarak kullanmak:** Önerilmez (Kietaibl et al., 2023).
- **Birden fazla ünite ardışık vermek:** Kanaması olmayan hastada tek ünite verip klinik yeniden değerlendirme ve Hb kontrolü yapılmalıdır (NICE, 2026).

- **Hasta ve ürün kimliğini atlamak:** Hatalı eşleşme akut hemolitik reaksiyonun en önde gelen nedenidir; iki bağımsız tanımlayıcıyla doğrulayın.
- **Reaksiyon şüphesinde transfüzyona devam etmek:** İlk adım transfüzyonu durdurmaktır.
- **Masif transfüzyon protokolünü geç etkinleştirmek veya sonlandırmamak:** Erken tanıyın, kanama kontrol edilince empirik ürünü bırakıp hedefe yönelik tedaviye geçin.

47.11 Klinik Sorular ve Yanıtlar

Aşağıdaki kısa senaryolar, bölümdeki karar noktalarını pekiştirmek için hazırlanmıştır.

1. **Kolorektal cerrahi sonrası 68 yaşında stabil, semptomsuz hastada Hb 7,8 g/dL. Transfüzyon gerekir mi?** Genellikle hayır. Stabil erişkinde restriktif eşik Hb <7 g/dL'dir; ortopedi veya kardiyovasküler hastalıkta eşik ~8 g/dL'ye çıkar. Hasta yakından izlenir, semptom veya hemodinamik bozulma gelişirse yeniden değerlendirilir (Carson et al., 2023b).
2. **Tip 1 miyokard enfarktüsü ve Hb 8,5 g/dL olan hastada strateji nedir?** MINT, restriktif stratejinin güvenli olduğunu söylemeyi zorlaştırmıştır; karar bireyselleştirilir ve liberal strateji düşünülebilir (Carson et al., 2023a).
3. **Kadın hasta, elektif kalça protezine 3 hafta kala Hb 11,2 g/dL, ferritin 18 ng/mL. Ne yapılır?** Anemi (<12 g/dL) ve demir eksikliği vardır. Cerrahiye 4 haftadan az

süre kaldığı için IV demir tercih edilir; nedeni belgelenir, cerrahi ekiple zamanlama planlanır (CPOC, 2025).

4. **Künt travmada hipotansif hastada TXA ne zaman verilir?** Mümkün olan en kısa sürede, yaralanmadan sonraki ilk 3 saat içinde: 1 g IV 10 dakikada, ardından 1 g IV 8 saatte; viskoelastik sonucu beklenmez (Rossaint et al., 2023).

5. **Varfarin kullanan ve INR yüksek, ağır kanaması olan hastada ilk adım nedir?** Kanama kontrolüyle eş zamanlı 4F-PCC ve K vitamini; yalnızca TDP'ye dayanılmaz. INR ile geri dönüş doğrulanır (NICE, 2026; Robinson et al., 2025).

Bilinmesi Gerekenler

1. Transfüzyon kararı yalnızca Hb değerine göre verilmez; semptom, hemodinami, komorbidite ve cerrahi bağlam birlikte değerlendirilir.

2. Stabil erişkinde restriktif eşik (Hb <7 g/dL) uygundur; kalp cerrahisinde ~7,5, ortopedi ve kardiyovasküler hastalıkta ~8 g/dL; AKS'de karar bireyselleştirilir (Carson et al., 2023a, 2023b). Anemi tanı sınırı transfüzyon eşiği değildir.

3. Preoperatif anemi ve demir eksikliği cerrahiden haftalar önce taranmalı ve tedavi edilmelidir; IV demir seçilmiş hastada transfüzyonu azaltır (CPOC, 2025; Lederhuber et al., 2024). HKY; anemi tedavisi, kan kaybının azaltılması ve doğru transfüzyon kararından oluşur.

4. Aktif majör kanamada kanama kontrolü, erken TXA (ilk 3 saat), dengeli ürünler, kalsiyum, normotermi ve hedefe yönelik izlem birlikte yürütülür; protokol erken başlatılır, kanama kontrolünde sonlandırılır (Holcomb et al., 2015; Roberts et al., 2011; Rossaint et al., 2023).
5. Fibrinojen eksikliği erken tanınır (Clauss ≤150 mg/dL veya VET) ve düzeltilir; trombosit eşikleri duruma göre değişir (cerrahi kanamada $<50\times10^3/\mu L$) (Metcalf et al., 2025).
6. TDP ve kriyopresipitat kanaması olmayan hastada laboratuvar değerini düzeltmek için kullanılmaz; plazma volüm genişletici değildir (Kietaibl et al., 2023; NICE, 2026).
7. Transfüzyon öncesi kimlik doğrulaması, reaksiyonda ilk adım olarak transfüzyonu durdurmak ve TRALI ile TACO ayrımı güvenlik açısından temeldir.
8. Kan ürünü reddeden hastada ameliyat öncesi planlama ve belgeleme esastır.

Kaynakça

Baksaas-Aasen, K., Gall, L. S., Stensballe, J., Juffermans, N. P., Curry, N., Maegele, M., Brooks, A., Rourke, C., Gillespie, S., Murphy, J., Maroni, R., Vulliamy, P., Henriksen, H. H., Pedersen, K. H., Kolstadbraaten, K. M., Wirtz, M. R., Kleinveld, D. J. B., Schäfer, N., Chinna, S., Davenport, R. A., … Brohi, K. (2021). Viscoelastic haemostatic assay augmented protocols for major trauma haemorrhage (ITACTIC): a randomized, controlled trial. *Intensive Care Medicine, 47*(1), 49–59. doi: 10.1007/s00134-020-06266-1.

Bauer, M. E., Arendt, K., Beilin, Y., Gernsheimer, T., Perez Botero, J., James, A. H., Yaghmour, E., Toledano, R. D., Turrentine, M., Houle, T., MacEachern, M., Madden, H., Rajasekhar, A., Segal, S., Wu, C., Cooper, J. P., Landau, R., & Leffert, L. (2021). The Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology Interdisciplinary Consensus Statement on Neuraxial Procedures in Obstetric Patients With Thrombocytopenia. *Anesthesia and Analgesia, 132*(6), 1531–1544. doi: 10.1213/ANE.0000000000005355.

Biolato, M., Vitale, F., Galasso, T., Gasbarrini, A., & Grieco, A. (2023). Minimum platelet count threshold before invasive procedures in cirrhosis: Evolution of the guidelines. *World Journal of Gastrointestinal Surgery, 15*(2), 127–141. doi: 10.4240/wjgs.v15.i2.127.

Callum, J., Farkouh, M. E., Scales, D. C., Heddle, N. M., Crowther, M., Rao, V., Hucke, H. P., Carroll, J., Grewal, D., Brar, S., Bussières, J., Grocott, H., Harle, C., Pavenski, K., Rochon, A., Saha, T., Shepherd, L., Syed, S., Tran, D., Wong, D., … FIBRES Research Group (2019). Effect of Fibrinogen Concentrate vs Cryoprecipitate on Blood Component Transfusion After Cardiac Surgery: The

FIBRES Randomized Clinical Trial. *JAMA, 322*(20), 1966–1976. doi: 10.1001/jama.2019.17312.

Carson, J. L., Brooks, M. M., Hébert, P. C., Goodman, S. G., Bertolet, M., Glynn, S. A., Chaitman, B. R., Simon, T., Lopes, R. D., Goldsweig, A. M., DeFilippis, A. P., Abbott, J. D., Potter, B. J., Carrier, F. M., Rao, S. V., Cooper, H. A., Ghafghazi, S., Fergusson, D. A., Kostis, W. J., Noveck, H., … MINT Investigators (2023a). Restrictive or Liberal Transfusion Strategy in Myocardial Infarction and Anemia. *The New England Journal of Medicine, 389*(26), 2446–2456. doi: 10.1056/NEJMoa2307983.

Carson, J. L., Stanworth, S. J., Dennis, J. A., Fergusson, D. A., Pagano, M. B., Roubinian, N. H., Turgeon, A. F., Valentine, S., Trivella, M., Dorée, C., & Hébert, P. C. (2025). Transfusion thresholds and other strategies for guiding red blood cell transfusion. *The Cochrane Database of Systematic Reviews, 10*(10), CD002042. doi: 10.1002/14651858.CD002042.pub6.

Carson, J. L., Stanworth, S. J., Guyatt, G., Valentine, S., Dennis, J., Bakhtary, S., Cohn, C. S., Dubon, A., Grossman, B. J., Gupta, G. K., Hess, A. S., Jacobson, J. L., Kaplan, L. J., Lin, Y., Metcalf, R. A., Murphy, C. H., Pavenski, K., Prochaska, M. T., Raval, J. S., Salazar, E., … Pagano, M. B. (2023b). Red Blood Cell Transfusion: 2023 AABB International Guidelines. *JAMA, 330*(19), 1892–1902. doi: 10.1001/jama.2023.12914.

Carson, J. L., Terrin, M. L., Noveck, H., Sanders, D. W., Chaitman, B. R., Rhoads, G. G., Nemo, G., Dragert, K., Beaupre, L., Hildebrand, K., Macaulay, W., Lewis, C., Cook, D. R., Dobbin, G., Zakriya, K. J., Apple, F. S., Horney, R. A., Magaziner, J., & FOCUS Investigators (2011). Liberal or restrictive transfusion in high-risk

patients after hip surgery. *The New England Journal of Medicine, 365*(26), 2453–2462. doi: 10.1056/NEJMoa1012452.

Centre for Perioperative Care (CPOC) (2025). Guideline for the management of anaemia in the perioperative pathway. London: CPOC. https://cpoc.org.uk/guidelines-and-resources/guidelines/anaemia-perioperative-pathway

CRASH-3 trial collaborators (2019). Effects of tranexamic acid on death, disability, vascular occlusive events and other morbidities in patients with acute traumatic brain injury (CRASH-3): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet (London, England), 394*(10210), 1713–1723. doi: 10.1016/S0140-6736(19)32233-0.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Dreher, D., Honnef, G., Zoidl, P., Auinger, D., Heuschneider, L., Zajic, P., Rief, M., & Bornemann-Cimenti, H. (2026). Patient Blood Management: a systematic review of current international guidelines. *British Journal of Anaesthesia, 137*(1), 74–88. doi: 10.1016/j.bja.2026.03.055.

Electronic Medicines Compendium (emc), Janssen-Cilag Ltd (a Johnson & Johnson Company) (n.d.). Eprex (epoetin alfa) Özet Ürün Bilgisi (SmPC), bölüm 4.1–4.3. https://www.medicines.org.uk/emc/product/3443/smpc

Electronic Medicines Compendium (emc), Pharmacosmos UK Limited (n.d.). Monofer (demir izomaltozid 1000) Özet Ürün Bilgisi (SmPC), bölüm 4.2. https://www.medicines.org.uk/emc/product/5676/smpc

Electronic Medicines Compendium (emc), Vifor Pharma UK Limited (n.d.). Venofer (demir sükroz) 20 mg/mL Özet Ürün Bilgisi (SmPC), bölüm 4.2.. https://www.medicines.org.uk/emc/product/5911/smpc

Fang, X., Mo, C., Zheng, L., Gao, F., Xue, F. S., & Zheng, X. (2025). Transfusion-Related Acute Lung Injury: from Mechanistic Insights to Therapeutic Strategies. *Advanced Science (Weinheim, Baden-Wurttemberg, Germany), 12*(11), e2413364. doi: 10.1002/advs.202413364.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2024). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Hébert, P. C., Wells, G., Blajchman, M. A., Marshall, J., Martin, C., Pagliarello, G., Tweeddale, M., Schweitzer, I., & Yetisir, E. (1999). A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. Transfusion Requirements in Critical Care Investigators, Canadian Critical Care Trials Group. *The New England Journal of Medicine, 340*(6), 409–417. doi: 10.1056/NEJM199902113400601.

Holcomb, J. B., Tilley, B. C., Baraniuk, S., Fox, E. E., Wade, C. E., Podbielski, J. M., del Junco, D. J., Brasel, K. J., Bulger, E. M., Callcut, R. A., Cohen, M. J., Cotton, B. A., Fabian, T. C., Inaba, K., Kerby, J. D., Muskat, P., O'Keeffe, T., Rizoli, S., Robinson, B. R., Scalea, T. M., … PROPPR Study Group (2015). Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial. *JAMA, 313*(5), 471–482. doi: 10.1001/jama.2015.12.

Holst, L. B., Haase, N., Wetterslev, J., Wernerman, J., Guttormsen, A. B., Karlsson, S., Johansson, P. I., Aneman, A., Vang, M. L., Winding, R., Nebrich, L., Nibro, H. L., Rasmussen, B. S., Lauridsen, J. R., Nielsen, J. S., Oldner, A., Pettilä, V., Cronhjort, M. B., Andersen, L. H., Pedersen, U. G., … Scandinavian Critical Care Trials Group (2014). Lower versus higher hemoglobin threshold for transfusion in septic shock. *The New England Journal of Medicine, 371*(15), 1381–1391. doi: 10.1056/NEJMoa1406617.

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Anemia Work Group (2026). KDIGO 2026 Clinical Practice Guideline for the Management of Anemia in Chronic Kidney Disease (CKD). *Kidney International, 109*(1S), S1–S99. doi: 10.1016/j.kint.2025.06.006.

Kietaibl, S., Ahmed, A., Afshari, A., Albaladejo, P., Aldecoa, C., Barauskas, G., De Robertis, E., Faraoni, D., Filipescu, D. C., Fries, D., Godier, A., Haas, T., Jacob, M., Lancé, M. D., Llau, J. V., Meier, J., Molnar, Z., Mora, L., Rahe-Meyer, N., Samama, C. M., … Zacharowski, K. (2023). Management of severe peri-operative bleeding: Guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care: Second update 2022. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(4), 226–304. doi: 10.1097/EJA.0000000000001803.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology, 39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Lederhuber, H., Massey, L. H., Abeysiri, S., Roman, M. A., Rajaretnam, N., McDermott, F. D., Miles, L. F., Smart, N. J., & Richards, T. (2024). Preoperative intravenous iron and the risk of blood transfusion in colorectal cancer surgery: meta-analysis of randomized clinical trials. *The British Journal of Surgery, 111*(1), znad320. doi: 10.1093/bjs/znad320.

Lim, J., Joo, J., MacLean, B., & Richards, T. (2025). The use of iron after surgery: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia, 80*(8), 988–996. doi: 10.1111/anae.16605.

Liu, H. M., Tang, X. S., Yu, H., & Yu, H. (2023). The efficacy of intravenous iron for treatment of anemia before cardiac surgery: An updated systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis. *Journal of Cardiothoracic Surgery, 18*(1), 16. doi: 10.1186/s13019-023-02119-2.

Mazer, C. D., Whitlock, R. P., Fergusson, D. A., Hall, J., Belley-Cote, E., Connolly, K., Khanykin, B., Gregory, A. J., de Médicis, É., McGuinness, S., Royse, A., Carrier, F. M., Young, P. J., Villar, J. C., Grocott, H. P., Seeberger, M. D., Fremes, S., Lellouche, F., Syed, S., Byrne, K., … TRICS Investigators and Perioperative Anesthesia Clinical Trials Group (2017). Restrictive or Liberal Red-Cell Transfusion for Cardiac Surgery. *The New England Journal of Medicine, 377*(22), 2133–2144. doi: 10.1056/NEJMoa1711818.

Metcalf, R. A., Nahirniak, S., Guyatt, G., Bathla, A., White, S. K., Al-Riyami, A. Z., Jug, R. C., La Rocca, U., Callum, J. L., Cohn, C. S., DeAnda, A., DeSimone, R. A., Dubon, A., Estcourt, L. J., Filipescu, D. C., Fung, M. K., Goel, R., Hess, A. S., Hume, H. A., Kaufman, R. M., … Stanworth, S. J. (2025). Platelet Transfusion:

2025 AABB and ICTMG International Clinical Practice Guidelines. *JAMA, 334*(7), 606–617. doi: 10.1001/jama.2025.7529.

Narayan, S., Baker, P., Bellamy, M., Bentley, A., Bolton-Maggs, P., Booth, C., Brailsford, S., Carter-Graham, S., Clarke, H., Danaee, A., Davies, J., Davison, C., Grey, S., Harvala, H., Haynes, S., Hughes, C., Kelly, A., Latham, T., Malhotra, P., … Yawitch, T.; Working Expert Group (WEG) & Writing Group, on behalf of the SHOT Steering Group (2024). *The 2023 Annual SHOT Report.* Manchester: Serious Hazards of Transfusion (SHOT) Steering Group. doi: 10.57911/605r-em59.

National Institute for Health and Care Excellence (NICE) (2026). Blood transfusion: technical appendices for tranexamic acid for reducing anticipated minor blood loss due to surgery. NICE guideline NG24.

Richards, T., Baikady, R. R., Clevenger, B., Butcher, A., Abeysiri, S., Chau, M., Macdougall, I. C., Murphy, G., Swinson, R., Collier, T., Van Dyck, L., Browne, J., Bradbury, A., Dodd, M., Evans, R., Brealey, D., Anker, S. D., & Klein, A. (2020). Preoperative intravenous iron to treat anaemia before major abdominal surgery (PREVENTT): a randomised, double-blind, controlled trial. *Lancet (London, England), 396*(10259), 1353–1361. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31539-7.

Roberts, I., Shakur, H., Afolabi, A., Brohi, K., Coats, T., Dewan, Y., Gando, S., Guyatt, G., Hunt, B. J., Morales, C., Perel, P., Prieto-Merino, D., & Woolley, T.; CRASH-2 collaborators (2011). The importance of early treatment with tranexamic acid in bleeding trauma patients: an exploratory analysis of the CRASH-2

randomised controlled trial. *Lancet (London, England), 377*(9771), 1096–1101.e11012. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60278-X.

Robinson, D., McFadyen, J., Merriman, E., Wee, T. C., Baker, R., & Tran, H. (2025). Updated recommendations for warfarin reversal in the setting of four-factor prothrombin complex concentrate. The *Medical Journal of Australia, 222*(1), 49–51. doi: 10.5694/mja2.52538.

Rossaint, R., Afshari, A., Bouillon, B., Cerny, V., Cimpoesu, D., Curry, N., Duranteau, J., Filipescu, D., Grottke, O., Grønlykke, L., Harrois, A., Hunt, B. J., Kaserer, A., Komadina, R., Madsen, M. H., Maegele, M., Mora, L., Riddez, L., Romero, C. S., Samama, C. M., … Spahn, D. R. (2023). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Critical Care (London, England), 27*(1), 80. doi: 10.1186/s13054-023-04327-7.

Shah, A., Klein, A. A., Agarwal, S., Lindley, A., Ahmed, A., Dowling, K., Jackson, E., Das, S., Raviraj, D., Collis, R., Sharrock, A., Stanworth, S. J., & Moor, P. (2025). Association of Anaesthetists guidelines: the use of blood components and their alternatives. *Anaesthesia, 80*(4), 425–447. doi: 10.1111/anae.16542.

Shakur, H., Roberts, I., Bautista, R., Caballero, J., Coats, T., Dewan, Y., El-Sayed, H., Gogichaishvili, T., Gupta, S., Herrera, J., Hunt, B., Iribhogbe, P., Izurieta, M., Khamis, H., Komolafe, E., Marrero, M. A., Mejía-Mantilla, J., Miranda, J., Morales, C., … Yutthakasemsunt, S.; CRASH-2 trial collaborators (2010). Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH-2): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet*

(London, England), 376(9734), 23–32. doi: 10.1016/S0140-6736(10)60835-5.

Taccone, F. S., Rynkowski, C. B., Møller, K., Lormans, P., Quintana-Díaz, M., Caricato, A., Cardoso Ferreira, M. A., Badenes, R., Kurtz, P., Søndergaard, C. B., Colpaert, K., Petterson, L., Quintard, H., Cinotti, R., Gouvêa Bogossian, E., Righy, C., Silva, S., Roman-Pognuz, E., Vandewaeter, C., Lemke, D., … TRAIN Study Group (2024). Restrictive vs Liberal Transfusion Strategy in Patients With Acute Brain Injury: The TRAIN Randomized Clinical Trial. *JAMA, 332*(19), 1623–1633. doi: 10.1001/jama.2024.20424.

Turgeon, A. F., Fergusson, D. A., Clayton, L., Patton, M. P., Neveu, X., Walsh, T. S., Docherty, A., Malbouisson, L. M., Pili-Floury, S., English, S. W., Zarychanski, R., Moore, L., Bonaventure, P. L., Laroche, V., Verret, M., Scales, D. C., Adhikari, N. K. J., Greenbaum, J., Kramer, A., Rey, V. G., … HEMOTION Trial Investigators on behalf of the Canadian Critical Care Trials Group, the Canadian Perioperative Anesthesia Clinical Trials Group, and the Canadian Traumatic Brain Injury Research Consortium (2024). Liberal or Restrictive Transfusion Strategy in Patients with Traumatic Brain Injury. *The New England Journal of Medicine, 391*(8), 722–735. doi: 10.1056/NEJMoa2404360.

WOMAN Trial Collaborators (2017). Effect of early tranexamic acid administration on mortality, hysterectomy, and other morbidities in women with post-partum haemorrhage (WOMAN): an international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet (London, England), 389*(10084), 2105–2116. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30638-4.

World Health Organization (2024). WHO guideline on haemoglobin cutoffs to define anaemia in individuals and populations. Geneva: WHO. https://www.who.int/publications/i/item/9789240088542

BÖLÜM 8

İNHALASYON ANESTEZİKLERİ
Farmakokinetik, Farmakodinamik, Organ Sistemlerine Etkiler, Klinik Kullanım ve Güncel Güvenlik Yaklaşımı

VİLDAN ERGEN[1]

Özet

İnhalasyon anestezikleri, alveoler gaz yoluyla uygulanmaları, akciğerlerden hızla alınabilmeleri ve son-organ parsiyel basınçlarının solunum sistemi üzerinden doğrudan kontrol edilebilmesi nedeniyle genel anestezinin temel farmakolojik araçlarıdır. Klinik etkiyi belirleyen esas değişken verilen hacimsel yüzde değil, santral sinir sisteminde oluşan anestezik parsiyel basıncıdır. Bu nedenle inhalasyon anestezisinin anlaşılması; vaporizatör çıkışından alveole, alveolden arteriyel kana, kandan beyne ve diğer dokulara uzanan parsiyel basınç gradyanlarının anlaşılmasını gerektirir (Butterworth et al., 2022).

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-0955-8073

İnhalasyon anesteziklerinin alımını belirleyen üç temel faktör kan çözünürlüğü, alveoler kan akımı ve alveoler–venöz parsiyel basınç farkı olarak tanımlanır. Düşük kardiyak debili hastalarda özellikle çözünür ajanların alveoler konsantrasyonunun beklenenden hızlı yükselebileceği ve aşırı doz riskinin artabileceği unutulmamalıdır. Minimum alveoler konsantrasyon (MAC), ajanlar arası potentlik karşılaştırmasının temel klinik ölçüsüdür; ancak bireysel hastada anestezi derinliğinin tek başına göstergesi değildir (Butterworth et al., 2022).

Güncel klinik pratikte sevofluran, desfluran, izofluran ve nitröz oksit temel inhalasyon ajanlarıdır. Sevofluran düşük kan-gaz çözünürlüğü ve düşük hava yolu irritasyonu nedeniyle özellikle inhalasyon indüksiyonunda avantajlıdır. Desfluran çok düşük çözünürlüğü sayesinde hızlı konsantrasyon değişimi ve derlenme sağlar; ancak hava yolu irritasyonu ve yüksek çevresel etkisi kullanımını sınırlar. İzofluran daha yavaş kinetiğe karşın öngörülebilir farmakolojisi ve düşük maliyetiyle seçilmiş olgularda kullanılabilir. Nitröz oksit güçlü bir yardımcı analjezik olmakla birlikte düşük potentliği, kapalı hava boşluklarına difüzyonu, PONV, B12 metabolizması ve çevresel etkileri nedeniyle seçici kullanılmalıdır (Butterworth et al., 2022; White et al., 2022; Gropper et al., 2024; Van Speybroeck et al., 2024; Wu et al., 2025; Hu et al., 2025).

Öğrenme Hedefleri

- İnhalasyon anesteziklerinin fizikokimyasal özelliklerini ve klinik sonuçlarını açıklayabilmek.
- Fa/FI oranını ve alveoler parsiyel basıncın yükselme hızını belirleyen faktörleri analiz edebilmek.

- Kan-gaz ve doku-kan partisyon katsayılarını indüksiyon, idame ve derlenme açısından yorumlayabilmek.
- Konsantrasyon etkisi, ikinci gaz etkisi, ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğu ve kardiyak debi değişikliklerini klinik örneklerle açıklayabilmek.
- MAC, MAC-awake ve MAC-BAR kavramlarını doğru kullanabilmek ve MAC'ı değiştiren faktörleri tanımlayabilmek.
- Sevofluran, desfluran, izofluran ve N_2O'nun organ sistemlerine etkilerini karşılaştırabilmek.
- İnhalasyon ajanlarının nöromüsküler blokerler, katekolaminler ve diğer anesteziklerle etkileşimlerini değerlendirebilmek.
- Compound A, karbon monoksit oluşumu, B12 inaktivasyonu, malign hipertermi ve PONV gibi güvenlik sorunlarını yönetebilmek.
- Düşük akım anestezi ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerini hasta güvenliğini koruyarak uygulayabilmek.

Giriş ve Tarihsel Çerçeve

Modern genel anestezinin tarihsel gelişimi inhalasyon ajanlarıyla başlamıştır. Eterin 1846'daki kamuya açık başarılı demonstrasyonu, cerrahinin gelişiminde dönüm noktası olmuştur. Daha sonra kloroform ve nitröz oksit kullanıma girmiş; yanıcılık, kardiyak toksisite, hepatotoksisite ve yetersiz potentlik gibi sorunlar yeni ajan arayışını hızlandırmıştır. Halotan, metoksifluran ve enfluran gibi halojenli ajanların ardından izofluran; daha sonra düşük çözünürlüklü sevofluran ve desfluran klinik pratiğe girmiştir.

Günümüzde inhalasyon anestezisinin klinik ağırlığı esas olarak sevofluran, izofluran, seçilmiş merkezlerde desfluran ve yardımcı ajan olarak N_2O üzerindedir (Butterworth et al., 2022).

Tarihsel gelişimin temel yönü yalnız daha potent ajanlara geçiş değildir. Asıl ilerleme; daha düşük kan çözünürlüğü, daha öngörülebilir hemodinamik etki, daha az organ metabolizması, daha iyi hava yolu toleransı ve daha hızlı derlenme yönünde olmuştur. 2026 pratiğinde buna çevresel sürdürülebilirlik de eklenmiştir. Bu nedenle modern ajan seçimi farmakolojik etkinlik, hasta güvenliği, derlenme hedefleri, maliyet ve çevresel yükün birlikte değerlendirilmesini gerektirir (White et al., 2022; Van Speybroeck et al., 2024; Wu et al., 2025; Hu et al., 2025).

Sınıflandırma ve Temel Fizikokimyasal Özellikler

İnhalasyon anestezikleri oda sıcaklığındaki fiziksel durumlarına göre gazlar ve volatil sıvılar olarak sınıflandırılabilir. N_2O ve ksenon gazdır; izofluran, sevofluran ve desfluran ise sıvı halde depolanıp vaporizatör aracılığıyla gaz fazına çevrilir. Ajanın kaynama noktası, buhar basıncı, molekül ağırlığı ve partisyon katsayıları vaporizasyon, dağılım ve klinik kinetiği belirler (Butterworth et al., 2022).

Ajan	Yaklaşık MAC*	Kan/Gaz Katsayısı	Temel Klinik Özellik
N_2O	~%104	~0,47	Çok hızlı; düşük potentlik; analjezi
Sevofluran	~%2	~0,65	Hızlı; düşük potensi; inhalasyon indüksiyonuna uygun
Desfluran	~%6	~0,42	Çok hızlı; potent; özel vaporizatör
İzofluran	~%1,15	~1,4	Daha yavaş; potent; vazodilatasyon

**MAC yaşa ve eşlik eden ilaçlara göre değişir; tabloda yaklaşık erişkin değerleri verilmiştir. Değerler klinik doz reçetesi olarak değil, karşılaştırmalı farmakoloji için kullanılmalıdır. (Butterworth et al., 2022)*

Parsiyel Basınç İlkesi: Vaporizatörden Beyne

İnhalasyon anestezisinde farmakolojik etkinin sürücüsü parsiyel basınçtır. İnspire edilen konsantrasyon (FI) alveoler konsantrasyonu (FA), FA arteriyel parsiyel basıncı ve nihayet beyin parsiyel basıncını belirler. Klinik indüksiyon hızı, FA/FI oranının 1'e yaklaşma hızıyla kavramsallaştırılabilir. Alveoler parsiyel basınç yükseldikçe arteriyel ve beyin parsiyel basıncı da yükselir; ajan kesildiğinde gradyan tersine döner ve eliminasyon başlıca akciğerlerden gerçekleşir (Butterworth et al., 2022).

Bu yaklaşım intravenöz ilaçlardan önemli ölçüde farklıdır. İntravenöz ilaçlarda verilen doz ve plazma konsantrasyonu ön plandayken, inhalasyon ajanlarında end-tidal konsantrasyon klinisyene beyin parsiyel basıncı hakkında sürekli ve noninvaziv bir yaklaşım sağlar. Bununla birlikte V/Q uyumsuzluğu, sağdan sola şant, hızlı konsantrasyon değişimleri ve düşük kardiyak debi gibi durumlarda end-tidal değer ile arteriyel/beyin parsiyel basıncı arasındaki ilişki bozulabilir (Butterworth et al., 2022).

Alveoler Alımın Belirleyicileri

Kan çözünürlüğü

Kan-gaz partisyon katsayısı, denge durumunda kandaki anestezik konsantrasyonunun alveoler gazdaki konsantrasyona oranını ifade eder. Katsayı ne kadar yüksekse ajan kanda o kadar fazla çözünür; alveoler parsiyel basınç yükselmeden önce daha büyük miktarda ajan kana alınır. Bu durum indüksiyonu ve konsantrasyon değişikliklerini yavaşlatır. Düşük çözünürlüklü desfluran ve sevofluranda FA/FI daha hızlı yükselirken, izofluranda yükseliş daha yavaştır (Butterworth et al., 2022).

Alveoler kan akımı ve kardiyak debi

Pulmoner kan akımı arttıkça alveolden kana alınan ajan miktarı artar ve FA yükselişi yavaşlar. Bu etki çözünürlüğü yüksek ajanlarda daha belirgindir. Tersine düşük kardiyak debide alveoler alım azalır; özellikle daha çözünür ajanlarda FA hızla yükselerek beyin parsiyel basıncını beklenenden hızlı artırabilir. Bu nedenle şok veya ciddi düşük debi durumlarında vaporizatör ayarının 'normal' olması aşırı anestezik etkiyi dışlamaz (Butterworth et al., 2022).

Alveoler–venöz parsiyel basınç farkı

Dokular anestezik almaya devam ettikçe miks venöz kandaki anestezik parsiyel basıncı düşük kalır ve alveoler–venöz fark büyür. Bu fark pulmoner alımı sürdürür. Dokular doydukça venöz parsiyel basınç yükselir, fark küçülür ve alveoler konsantrasyon inspire edilen konsantrasyona yaklaşır. Bu nedenle doku kapasitesi ve perfüzyonu hem indüksiyon hem de uzun anestezilerden sonraki derlenmeyi etkiler (Butterworth et al., 2022).

İnspire Edilen Konsantrasyon ve Konsantrasyon Etkisi

İnspire edilen konsantrasyonun yükseltilmesi yalnız daha fazla anestezik molekül sunmaz; alveoler konsantrasyonun orantısız biçimde daha hızlı yükselmesine de neden olabilir. Bu 'konsantrasyon etkisi' yüksek konsantrasyonlarda verilen N_2O ile en belirgindir. Alveolden büyük miktarda gazın alınması alveoler hacmi küçültür ve kalan gazın konsantrasyonunu artırır; eş zamanlı artmış inspiratuvar gaz girişi bu etkiyi güçlendirir (Butterworth et al., 2022).

Bir gazın hızlı alımının eşzamanlı verilen ikinci gazın alveoler konsantrasyonunu artırması 'ikinci gaz etkisi' olarak tanımlanır. Dolayısıyla ikinci gaz etkisi temel fizyolojiyi anlamak

için yararlı bir kavram olmakla birlikte modern ajan seçiminin ana belirleyicisi değildir (Butterworth et al., 2022).

Alveoler Ventilasyonun Rolü

Alveoler ventilasyon artışı, akciğere birim zamanda daha fazla anestezik taşınmasını sağlar ve FA/FI yükselişini hızlandırır. Etki, kan çözünürlüğü yüksek ajanlarda daha belirgindir; düşük çözünürlüklü ajanlarda zaten hızlı olan denge nedeniyle göreceli katkı daha küçüktür. Hipoventilasyon ise özellikle spontan ventilasyonda indüksiyonu yavaşlatabilir. Bununla birlikte anesteziklerin kendisi ventilasyonu baskıladığından spontan soluyan hastada negatif geri besleme benzeri bir durum oluşur (Butterworth et al., 2022).

Pediatrik hastalarda alveoler ventilasyonun fonksiyonel rezidüel kapasiteye oranının yüksek olması inhalasyon indüksiyonunu erişkinlerden daha hızlı hale getirebilir. Buna karşılık artmış oksijen tüketimi ve daha düşük rezerv, apne ve hava yolu obstrüksiyonunda hızlı desatürasyona yatkınlık yaratır. Bu nedenle hızlı farmakokinetik, pediatrik anestezide hem avantaj hem de dikkat gerektiren bir özelliktir (Butterworth et al., 2022).

Ventilasyon/Perfüzyon Uyumsuzluğu ve Şant

Normalde alveoler ve arteriyel anestezik parsiyel basınçlarının birbirine yakın olduğu varsayılır; ancak venöz karışım, alveoler ölü boşluk ve heterojen gaz dağılımı nedeniyle arteriyel değer end-tidal değerden düşük olabilir. V/Q uyumsuzluğu alveoler–arteriyel farkı büyütür. Bu uyumsuzluk alveoler parsiyel basıncı özellikle çözünür ajanlarda yükseltebilirken, arteriyel parsiyel basıncı özellikle düşük çözünürlüklü ajanlarda azaltabilir (Butterworth et al., 2022).

Sağdan sola şant, inhale edilen ajanın bir bölümünün akciğerlerden geçmeden sistemik dolaşıma katılması nedeniyle inhalasyon indüksiyonunu yavaşlatır. Etki düşük çözünürlüklü ajanlarda daha belirgin olabilir. Bu durum intravenöz indüksiyondan farklıdır; dolaşım bozukluğunun tipi ve şant yönü anestezik tekniğin hızını farklı biçimde etkiler (Butterworth et al., 2022).

Doku Dağılımı ve Kompartımanlar

Anesteziklerin dokulara dağılımı doku kan akımı, doku-kan çözünürlüğü ve arteriyel-doku parsiyel basınç farkına bağlıdır. Beyin, kalp, karaciğer ve böbrek gibi damar bakımından zengin organlar erken dönemde hızla dengeye ulaşır. Kas kitlesi daha düşük perfüzyona ancak büyük kapasiteye sahiptir; yağ dokusu ise yüksek lipofilik kapasitesine karşın düşük kan akımı nedeniyle yavaş dolar. Uzun süren anestezilerde özellikle daha çözünür ajanların periferik kompartımanlarda birikimi derlenmeyi uzatabilir (Butterworth et al., 2022). Bu nedenle anestezi süresi ile derlenme arasındaki ilişki ajanlar arasında farklıdır. Desfluranın düşük kan ve doku çözünürlüğü uzun süreli girişimlerden sonra dahi hızlı eliminasyonu destekler. Sevofluran da hızlıdır; izofluran ise daha yüksek çözünürlüğü nedeniyle özellikle uzun maruziyet sonrası daha yavaş azalır. Klinik olarak bu fark, erken göz açmadan başlayıp, daha geniş bir kavram olan ‘fonksiyonel derlenme’ ile birlikte değerlendirilmelidir (Eger et al., 1997; Butterworth et al., 2022; Van Speybroeck et al., 2024).

Eliminasyon ve Derlenme

İnhalasyon anesteziklerinin temel eliminasyon yolu akciğerlerdir. Vaporizatör kapatıldığında alveoler parsiyel basınç düşer ve kan-doku kompartımanlarından alveole doğru ters gradyan

oluşur. Yüksek taze gaz akımı, devrede yeniden solumanın azaltılması, yüksek alveoler ventilasyon ve düşük çözünürlük eliminasyonu hızlandırır. Metabolizma modern volatil ajanlarda genellikle eliminasyonun küçük bir bölümünü oluşturur; ancak toksik metabolitlerin oluşumu açısından klinik öneme sahip olabilir (Butterworth et al., 2022).

Derlenme yalnız göz açma süresi değildir. Komutlara uyma, koruyucu hava yolu refleksleri, ventilasyon, bilişsel işlev, mobilizasyon ve PACU taburculuk kriterleri ayrı sonlanımlardır. Desfluranın daha hızlı end-tidal düşüşü her zaman daha hızlı PACU taburculuğuna dönüşmeyebilir. Bu nedenle farmakokinetik avantajın gerçek klinik değeri cerrahi süre, obezite, yaş, opioid yükü ve postoperatif bakım akışıyla birlikte değerlendirilmelidir (Butterworth et al., 2022; Van Speybroeck et al., 2024).

Etki Mekanizmaları

İnhalasyon anesteziklerinin tek bir moleküler hedef üzerinden etki gösterdiği görüşü günümüzde geçerli değildir. Tarihsel Meyer–Overton ilişkisi, anestezik potentliğin lipid çözünürlüğüyle korelasyonunu göstermiş ve ortak lipofilik hedef hipotezini desteklemiştir; ancak korelasyonun istisnaları ve stereoselektif etkiler, protein ve iyon kanalı hedeflerinin önemini ortaya koymuştur (Eger et al., 2008; Butterworth et al., 2022).

Volatil ajanlar GABA-A ve glisin reseptörleri gibi inhibitör iletimi güçlendiren hedefleri, iki gözenekli potasyum kanalları ve bazı voltaj bağımlı iyon kanallarını modüle eder. N_2O ve ksenonun NMDA reseptör antagonizması analjezik özelliklerine katkıda bulunur. Bilinç kaybı, amnezi, immobilite ve analjezi aynı anatomik bölgede oluşan tek bir etki değildir. İmmobilite açısından spinal kord

önemli bir hedefken, bilinç ve amnezi kortikal ve subkortikal ağların modülasyonuyla ilişkilidir (Eger et al., 2008; Butterworth et al., 2022).

Bu çoklu hedef modeli klinik olarak önemlidir: aynı MAC düzeyinde iki ajan hareketi benzer oranda baskılayabilir, ancak analjezi, miyokard depresyonu, hava yolu irritasyonu veya serebral etkileri eşdeğer olmayabilir. MAC bu nedenle 'tüm anestezik etkilerin ortak dozu' olarak yorumlanmamalıdır (Butterworth et al., 2022).

Minimum Alveoler Konsantrasyon (MAC)

MAC, 1 atmosfer basınçta standart cerrahi uyarana karşı hastaların %50'sinde hareketi önleyen alveoler anestezik konsantrasyondur. Popülasyon temelli bir EC50 ölçüsüdür ve ajan potentliğini karşılaştırmada son derece yararlıdır. Yaklaşık 1,3 MAC, volatil ajanların çoğunda hastaların yaklaşık %95'inde insizyona hareket yanıtını baskılar; yalnız inhalasyon ajanıyla sürdürülen anestezide 0,3–0,4 MAC civarı uyanıklıkla ilişkilendirilebilir (Butterworth et al., 2022).

MAC'ın additivitesi

Farklı inhalasyon ajanlarının MAC fraksiyonları yaklaşık olarak additiftir. Örneğin 0,5 MAC N2O ile 0,5 MAC volatil ajan kombinasyonu, hareket baskılanması açısından yaklaşık 1 MAC toplam etkiye yaklaşabilir. Ancak bu additivite kardiyovasküler depresyon, analjezi veya diğer organ etkilerinin de eşit olduğu anlamına gelmez (Butterworth et al., 2022).

MAC'ı azaltan ve artıran faktörler

MAC'ı Azaltan Başlıca Faktörler	MAC'ı Artırabilen Başlıca Faktörler
İleri yaş	Genç erişkin dönem
Hipotermi	Hipertermi (belirli aralıkta)
Gebelik	Kronik alkol kullanımı
Opioidler, sedatif-hipnotikler	Akut amfetamin/katekolaminerjik uyarı (klinik bağlama bağlı)
Şiddetli hipoksi/hipotansiyon	Hipernatremi
Akut alkol	Bazı santral uyarıcı durumlar

Yaş MAC'ın en güçlü fizyolojik belirleyicilerindendir; erişkinlik sonrası her dekatta yaklaşık %6 azalma olduğu bilinmektedir. Klinik uygulamada monitördeki yaş-düzeltilmiş MAC değeri yararlı olmakla birlikte hemodinami, cerrahi uyarı, opioid kullanımı ve EEG-temelli monitörizasyonla birlikte yorumlanmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Nitröz Oksit

Farmakolojik profil

N_2O düşük kan-gaz çözünürlüğü sayesinde hızlı alınır ve hızlı elimine edilir. MAC değerinin %100'ün üzerinde olması, normobarik koşullarda tek başına cerrahi anestezi sağlayamayacağını gösterir. Buna karşılık analjezik ve anksiyolitik özellikleri nedeniyle diğer ajanların gereksinimini azaltan yardımcı bir gaz olarak kullanılabilir (Butterworth et al., 2022).

Kardiyovasküler ve solunumsal etkiler

N_2O doğrudan miyokard depresyonu oluşturabilmekle birlikte sempatik aktivasyon bu etkiyi kısmen maskeleyebilir. Pulmoner vasküler direnci artırabilmesi, ciddi pulmoner hipertansiyon veya sağ ventrikül disfonksiyonunda önem taşıyabilir. Solunum depresyonu volatil ajanlardan daha sınırlı olsa da diğer

sedatif ve opioidlerle birlikte klinik olarak anlamlı hale gelebilir (Butterworth et al., 2022).

Kapalı hava boşlukları

N_2O, azottan daha hızlı biçimde kapalı gaz boşluklarına difüze olur. Bu nedenle pnömotoraks, hava embolisi, intrakraniyal hava, orta kulak cerrahisi, intraoküler gaz varlığı ve distandü barsak gibi durumlarda gaz boşluğunun hacmini veya basıncını artırabilir. Klinik karar, boşluğun kompliansı ve gazın dışarı kaçabilme kapasitesine göre verilmelidir (Butterworth et al., 2022).

Difüzyon hipoksisi

N_2O kesildiğinde kandan alveole hızla geçerek alveoler oksijen ve karbondioksiti seyreltir. Bu klasik 'difüzyon hipoksisi' mekanizması nedeniyle özellikle yüksek konsantrasyonlu N_2O sonlandırılırken yeterli oksijen verilmesi geleneksel güvenlik yaklaşımıdır. Modern monitörizasyon ve oksijen uygulamasıyla klinik önemi azaltılmış olsa da fizyolojik mekanizma önemini korur (Butterworth et al., 2022).

B12 ve hematolojik/nörolojik toksisite

N_2O kobalamin içindeki kobaltı okside ederek metiyonin sentazı inhibe eder. Uzun veya tekrarlayan maruziyet fonksiyonel B12 eksikliği, megaloblastik değişiklikler ve nörolojik hasarla ilişkilendirilebilir. Bilinen B12 eksikliği, ciddi malnütrisyon veya metiyonin metabolizması bozukluğu olan hastalarda kullanım özellikle dikkatle değerlendirilmelidir (Butterworth et al., 2022).

PONV ve çevresel boyut

N_2O PONV riskini artırabilen anestezik faktörlerdendir. Yüksek PONV riskli hastalarda gerekliliği yeniden

değerlendirilmelidir. Ayrıca uzun atmosferik ömrü ve sera gazı etkisi nedeniyle modern sürdürülebilirlik yaklaşımı rutin yerine seçici kullanımını desteklemektedir (White et al., 2022; Hu et al., 2025).

İzofluran

İzofluran potent, nispeten ucuz ve metabolik olarak stabil bir volatil anesteziktir. Kan-gaz çözünürlüğünün sevofluran ve desflurandan daha yüksek olması konsantrasyon değişikliklerini ve derlenmeyi yavaşlatır. Potent olması inhalasyon indüksiyonunu sınırlar (Butterworth et al., 2022).

Kardiyovasküler etkiler

İzofluranın temel hemodinamik etkisi sistemik vasküler dirençte doza bağlı azalmadır. Arteriyel basınç düşerken kalp debisi görece korunabilir; kalp hızı artabilir. Şiddetli hipovolemide vazodilatasyon belirgin hipotansiyona yol açabileceğinden dikkatli titrasyon gerekir (Butterworth et al., 2022).

Solunum ve hava yolu

Tidal volümü azaltır, solunum hızını artırır ve toplam alveoler ventilasyonu düşürerek $PaCO_2$'nin yükselmesine yol açabilir. Hava yolu irritasyonu nedeniyle maske indüksiyonunda öksürük, nefes tutma ve laringospazm riski sevoflurandan yüksektir. Bununla birlikte idame sırasında volatil ajanların bronkodilatör özellikleri klinik olarak yararlı olabilir (Butterworth et al., 2022).

Serebral, renal ve hepatik etkiler

İzofluran serebral metabolik oksijen tüketimini azaltırken serebral vazodilatasyon yapabilir. CO_2 reaktivitesi büyük ölçüde korunur. Renal kan akımı, GFR ve idrar çıkışı hemodinamik etkilere paralel azalabilir. Hepatik oksijen sunumu halotana kıyasla daha iyi

korunur; sınırlı metabolizması nedeniyle klinik nefro- ve hepatotoksisite riski düşüktür (Butterworth et al., 2022).

İlaç etkileşimleri

İzofluran nondepolarizan nöromüsküler blokerlerin etkisini potansiyalize eder. Bu nedenle nöromüsküler blok kullanılan hastalarda kantitatif monitörizasyon ve doz titrasyonu önemlidir. Malign hipertermi duyarlılığı olan hastalarda tüm potent volatil ajanlar gibi kontrendikedir (Butterworth et al., 2022).

Desfluran

Desfluranın izoflurana göre tek atomluk yapısal farkı fiziksel özelliklerini belirgin biçimde değiştirir. Çok yüksek buhar basıncı ve oda sıcaklığına yakın kaynama noktası nedeniyle klasik değişken bypass vaporizatörlerle güvenli şekilde verilemez; ısıtılmış ve basınç kontrollü özel bir vaporizatör gerekir. Kan-gaz partisyon katsayısının yaklaşık 0,42 olması çok hızlı alveoler denge ve hızlı derlenme sağlar (Butterworth et al., 2022).

Hava yolu etkileri

Potensi desfluranın temel klinik dezavantajıdır. İnhalasyon indüksiyonu sırasında salivasyon, öksürük, nefes tutma, laringospazm ve reaktif hava yolu olan çocuklarda artmış direnç görülebilir. Bu nedenle inhalasyon indüksiyonu için uygun bir ajan değildir (Butterworth et al., 2022).

Hemodinamik etkiler

Konsantrasyon arttıkça SVR ve arteriyel basınç düşer. Buna karşın desfluran konsantrasyonunun hızlı artırılması geçici sempatik aktivasyon, taşikardi, hipertansiyon ve katekolamin artışı oluşturabilir. Özellikle koroner hastalık veya taşikardiyi tolere

edemeyen hastalarda hızlı vaporizatör değişikliklerinden kaçınılmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Organ etkileri ve metabolizma

Serebral etkileri diğer volatil ajanlara benzerdir: serebral metabolik gereksinimi azaltırken vazodilatasyonla CBF ve ICP'yi artırabilir. Minimal metabolizması nedeniyle doğrudan renal veya hepatik toksisite beklenmez. Ancak hemodinamik depresyona bağlı renal perfüzyon ve idrar çıkışı azalabilir (Butterworth et al., 2022).

CO_2 absorbanı ve karbon monoksit

Desfluran, özellikle kurumuş ve güçlü baz içeren CO_2 absorbanlarıyla etkileşerek karbon monoksit oluşturabilir. Karboksihemoglobin genel anestezi altında kolay fark edilmeyebilir; pulse oksimetri yanlış güven verici olabilir. Absorbanın kurumamasını sağlamak ve modern absorban sistemlerini üretici önerilerine uygun kullanmak riski azaltır (Butterworth et al., 2022).

Çevresel değerlendirme

Desfluranın yüksek global ısınma potansiyeli ve atmosferik etkisi, rutin kullanımının yeniden değerlendirilmesine yol açmıştır. Güncel sürdürülebilirlik konsensüsü, klinik olarak güvenli olduğunda daha düşük çevresel etkili ajanların, düşük akım tekniklerinin veya intravenöz/rejyonal alternatiflerin değerlendirilmesini önermektedir. Farmakokinetik olarak birkaç dakikalık derlenme avantajı bulunan seçilmiş hastalarda bile bu avantajın gerçek klinik sonlanımlara etkisi dikkate alınmalıdır (White et al., 2022; Van Speybroeck et al., 2024).

Sevofluran

Sevofluran düşük kan-gaz çözünürlüğü, hızlı titrasyon, hoş olmayan kokunun ve hava yolu irritasyonunun görece az olması nedeniyle modern klinik pratiğin en yaygın volatil ajanlarından biridir. Bu özellikleri özellikle çocuklarda ve damar yolu açılmadan inhalasyon indüksiyonu planlanan hastalarda belirgin avantaj sağlar (Butterworth et al., 2022; Wu et al., 2025).

Kardiyovasküler ve solunumsal etkiler

Sevofluran doza bağlı vazodilatasyon ve miyokard depresyonuyla arteriyel basıncı düşürebilir. Kalp hızındaki değişim desfluranın hızlı konsantrasyon artışında görülen sempatik yanıttan daha sınırlıdır. Solunumda tidal volüm azalır, ventilatuvar CO_2 yanıtı baskılanır. Hava yolu irritasyonunun düşük olması ve bronkodilatör özellikleri, reaktif hava yolu olan hastalarda klinik avantaj sağlayabilir (Butterworth et al., 2022).

Serebral etkiler

Sevofluran serebral metabolik oksijen tüketimini azaltır; normokapnide CBF ve ICP üzerinde konsantrasyona bağlı etkiler gösterebilir. Yüksek konsantrasyonlarda serebral otoregülasyonu bozabilmekle birlikte bu etki izoflurana göre daha sınırlı olabilir. İntrakraniyal patolojide ajan seçimi tek başına değil, $PaCO_2$, MAP, CPP ve intrakraniyal kompliansla birlikte değerlendirilmelidir (Butterworth et al., 2022).

Metabolizma, florür ve Compound A

Sevofluran modern volatil ajanlar içinde izofluran ve desflurandan daha fazla metabolize olur. İnorganik florür düzeyleri artabilse de klinik çalışmalarda rutin sevofluran anestezisiyle

anlamlı postoperatif renal toksisite arasında güvenilir ilişki gösterilmemiştir. CO_2 absorbanlarıyla etkileşim sonucu oluşan Compound A, deney hayvanlarında nefrotoksik olmakla birlikte insanlarda klinik olarak anlamlı renal hasar gösterilmemiştir. Modern absorbanlar ve cihaz üreticisinin düşük akım sınırları dikkate alınmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Klinik konum

Sevofluranın hızlı fakat yumuşak inhalasyon indüksiyonu, pediatrik anestezi, zor damar yolu erişimi ve bronkospazm eğilimi bulunan hastalarda önemli avantajdır. Buna karşılık doza bağlı hipotansiyon, PONV ve malign hipertermi tetikleme potansiyeli diğer volatil ajanlarla ortak sınırlamalardır (Butterworth et al., 2022; Wu et al., 2025; Hu et al., 2025).

Tarihsel Ajanlar: Halotan, Enfluran ve Metoksifluran

Halotan, enfluran ve metoksifluran günümüzde birçok ülkede rutin klinik kullanımdan büyük ölçüde çekilmiş olmakla birlikte inhalasyon farmakolojisinin anlaşılması açısından önemlidir. Halotanın belirgin miyokard depresyonu, katekolaminlere duyarlılık ve nadir fakat ciddi immün aracılı hepatotoksisite riski; metoksifluranın florür ilişkili nefrotoksisitesi; enfluranın yüksek konsantrasyon ve hipokapnide epileptiform EEG aktivitesi modern ajan geliştirme sürecinin temel güvenlik derslerini oluşturmuştur (Butterworth et al., 2022).

Bu tarihsel deneyim, modern ajanlarda ‘düşük metabolizma’ hedefinin neden önemli olduğunu açıklar. Bununla birlikte bir ajanın düşük metabolizması tek başına güvenli olduğu anlamına gelmez; hemodinamik, solunumsal, hava yolu ve çevresel etkiler de toplam risk profilinin parçasıdır (Butterworth et al., 2022).

Organ Sistemlerine Karşılaştırmalı Etkiler

Sistem	Sevofluran	Desfluran	İzofluran	N_2O
Kardiyovasküler	Doza bağlı vazodilatasyon/ hipotansiyon	Vazodilatasyon; hızlı artışta sempatik yanıt	Belirgin vazodilatasyon; refleks taşikardi olabilir	Sempatik aktivasyon doğrudan depresyonu maskeleyebilir
Solunum	Depresyon; düşük irritasyon; bronkodilatasyon	Depresyon; belirgin irritasyon	Depresyon; potent	Görece daha az depresyon; kombinasyonlarda artar
Serebral	$CMRO_2$↓; vazodilatasyon	$CMRO_2$↓; CBF/ICP artabilir	$CMRO_2$↓; CBF/ICP artabilir	Tek başına CBF/ICP artabilir
Nöromüsküler	NMBA etkisini artırır	NMBA etkisini artırır	NMBA etkisini artırır	Belirgin kas gevşetici değil
Renal	Perfüzyona bağlı azalma; klinik Compound A toksisitesi gösterilmemiş	Doğrudan nefrotoksisite beklenmez	Doğrudan nefrotoksisite çok düşük	Perfüzyon etkileri
Hepatik	Toplam oksijen sunumu genelde korunur	Minimal metabolizma	Sınırlı metabolizma	Minimal metabolizma

Solunum Sistemi ve Hava Yolu Reaktivitesi

Volatil ajanların ortak etkisi doza bağlı ventilatuvar depresyondur. Tidal volüm azalır; solunum sayısındaki artış alveoler ventilasyon kaybını tam karşılamaz ve $PaCO_2$ yükselir. Hipoksik ve hiperkapnik ventilatuvar yanıtlar baskılanır. Bu etki opioid, benzodiazepin ve diğer hipnotiklerle additif veya sinerjistik olabilir (Butterworth et al., 2022).

Bronş düz kası üzerindeki doğrudan gevşetici etkiler nedeniyle volatil ajanlar bronkospazm tedavisinin bir parçası olabilir. Sevofluran düşük potensi nedeniyle indüksiyonda en iyi tolere edilen ajanlardan biridir. Desfluran ve izofluran yüzeyel anestezi sırasında öksürük ve laringospazmı artırabilir. Reaktif hava

yolu olan hastada ajan seçimi kadar yeterli anestezi derinliği, nemlendirme, sekresyon kontrolü ve ekspirasyon süresinin uzatılması da önemlidir (Butterworth et al., 2022).

Kardiyovasküler Sistem

Modern volatil ajanlar konsantrasyona bağlı olarak arteriyel basıncı düşürür. Sevofluran, desfluran ve izofluranda temel mekanizma sistemik vasküler direnç azalmasıdır; doğrudan miyokard depresyonu da katkıda bulunur. Klinik sonuç intravasküler volüm, otonomik tonus, eşzamanlı opioid/vazoaktif ilaçlar ve cerrahi uyarıya bağlıdır (Butterworth et al., 2022).

Koroner perfüzyonun korunması, yalnız seçilen ajana değil diyastolik arter basıncı, kalp hızı, hemoglobin ve miyokard oksijen gereksinimi arasındaki dengeye bağlıdır. Desfluran konsantrasyonunun hızlı artırılmasının oluşturabileceği taşikardi ve hipertansiyon, koroner hastalıkta özellikle istenmeyebilir. Şiddetli hipovolemide tüm vazodilatör volatil ajanlar dikkatle titre edilmelidir (Ebert et al., 1997; Butterworth et al., 2022).

Santral Sinir Sistemi

Volatil anestezikler serebral metabolik hızı doza bağlı azaltırken serebral damarları doğrudan genişletebilir. Bu iki etkinin bileşkesi CBF ve ICP üzerindeki net sonucu belirler. CO_2 reaktivitesi büyük ölçüde korunduğundan ventilasyon stratejisi serebral hemodinami üzerinde güçlü bir düzenleyicidir (Butterworth et al., 2022).

Yüksek konsantrasyonlarda EEG yavaşlaması ve burst-suppression görülebilir. MAC hareket yanıtını esas aldığı için hipnoz veya EEG baskılanmasının doğrudan ölçüsü değildir. Nöroanestezide yaş-düzeltilmiş MAC, hemodinami, end-tidal CO_2,

cerrahi gereksinim ve gerektiğinde işlenmiş EEG birlikte değerlendirilmelidir (Butterworth et al., 2022).

Nöromüsküler Sistem

Volatil anestezikler nondepolarizan nöromüsküler blokerlerin etkisini potansiyalize eder. Etki ajan konsantrasyonu ve maruziyet süresiyle artabilir. Bu nedenle inhalasyon anestezisi altında NMBA doz gereksinimi TIVA'ya göre farklı olabilir. Kantitatif TOF monitörizasyonu, özellikle uzun cerrahi, ileri yaş ve rezidüel blok riski yüksek hastalarda güvenli durum ve ekstübasyon için önemlidir (Butterworth et al., 2022).

Tüm potent volatil anestezikler malign hipertermi duyarlılığı olan hastalarda tetikleyicidir. Bu durum farmakolojik 'kas gevşetici etki'den tamamen farklıdır ve genetik olarak yatkın iskelet kasında kontrolsüz kalsiyum salınımıyla ilişkilidir (Butterworth et al., 2022).

Renal ve Hepatik Sistem

İnhalasyon ajanları renal kan akımı, GFR ve idrar çıkışını çoğunlukla sistemik hemodinamik değişiklikler üzerinden azaltır. Güncel ajanlarda doğrudan organ toksisitesi tarihsel ajanlara göre belirgin azalmıştır. Sevofluran metabolizması florür ve Compound A tartışmalarına yol açmış olsa da, insanlarda Compound A'ya bağlı kanıtlanmış klinik renal toksisite bulunmamıştır (Butterworth et al., 2022).

Hepatik kan akımı volatil ajanlar sırasında azalabilmekle birlikte izofluran, sevofluran ve desfluranla hepatik oksijen sunumu genellikle korunur. Modern ajanların sınırlı metabolizması, halotanla ilişkilendirilen immün hepatit benzeri komplikasyonların riskini büyük ölçüde azaltmıştır (Njoku et al., 1997; Butterworth et al., 2022).

PONV

Volatil anestezikler ve N_2O PONV için modifiye edilebilir anestezik risk faktörleridir. 2025 PONV kılavuzu, PONV riski bulunan hastalarda propofol bazlı TIVA'nın insidansı azaltmak amacıyla kullanılabileceğini; yüksek riskli hastalarda inhalasyon ajanlarının dikkatli değerlendirilmesini önermektedir (Hu et al., 2025). Bu nedenle PONV riski yüksek hastada karar yalnız 'volatil kullanma/kullanma' ikilemi değildir. Opioid azaltıcı analjezi, yeterli hidrasyon, multimodal antiemetik profilaksi, bölgesel teknikler ve cerrahinin emetojenik potansiyeli birlikte değerlendirilmelidir. İnhalasyon ajanı klinik olarak avantajlıysa uygun profilaksiyle kullanılabilir (Hu et al., 2025).

Malign Hipertermi

Sevofluran, desfluran, izofluran ve diğer potent volatil anestezikler malign hipertermi için tetikleyicidir. Klinik tablo sıklıkla açıklanamayan hızlı $EtCO_2$ yükselmesi, taşikardi, kas rijiditesi, artmış oksijen tüketimi, metabolik/respiratuvar asidoz ve hiperkalemiyle başlar; hipertermi geç bulgu olabilir (Butterworth et al., 2022).

Bilinen veya şüpheli duyarlılıkta tetikleyicisiz anestezi planlanmalı, anestezi cihazı kurum protokolüne göre hazırlanmalı ve dantrolen erişilebilir olmalıdır. İntraoperatif şüphede tetikleyici ajan derhal kesilir, %100 oksijenle yüksek akım ventilasyon, dantrolen ve hipermetabolik komplikasyonların hedefe yönelik tedavisi gecikmeden başlatılır (Butterworth et al., 2022).

Vaporizatörler ve Güvenli Ajan Sunumu

Volatil ajanların güvenli sunumu, sıvı anesteziğin kontrollü buharlaşmasına dayanır. Konvansiyonel ajan-spesifik vaporizatörler

değişken bypass prensibiyle çalışır; taze gazın bir bölümü vaporizasyon odasından geçerek doymuş anestezik buharıyla karışır. Sıcaklık kompanzasyonu, ajan-spesifik dolum, interlock sistemleri ve vaporizatörün doğru montajı temel güvenlik özellikleridir (Butterworth et al., 2022).

Desfluranın yüksek buhar basıncı nedeniyle özel ısıtılmış ve basınçlandırılmış sistem gerekir. Modern elektronik anestezi iş istasyonlarında gaz sunumu yazılım ve elektronik kontrolle yapılabilse de temel fizik değişmez: yanlış ajan, vaporizatör dolum hatası, kaçak, yanlış taze gaz akımı veya kurumuş absorban ciddi hasta güvenliği sorunlarına yol açabilir (Butterworth et al., 2022).

CO_2 Absorbanları ve Anestezik Bozunması

CO_2 absorbanının kimyasal bileşimi, su içeriği ve sıcaklığı volatil ajanların bozunmasını etkileyebilir. Kurumuş güçlü baz içeren absorbanlarla desflurandan karbon monoksit oluşumu; sevoflurandan Compound A üretimi klasik örneklerdir. Güncel kalsiyum hidroksit ağırlıklı absorbanlar bu reaksiyonları azaltabilir (Butterworth et al., 2022).

Pratik güvenlik açısından absorbanın yalnız renk değişimine güvenilerek değerlendirilmemesi, uzun süre yüksek taze gaz akımı altında bırakılarak kurutulmaması, üretici değişim aralıklarına uyulması ve beklenmeyen karboksihemoglobin/ısı artışı durumlarında absorban–ajan etkileşiminin düşünülmesi gerekir (Butterworth et al., 2022).

Düşük Akım Anestezi

Düşük akım anestezi, taze gaz akımının hastanın dakika ventilasyonunun belirgin altında tutulduğu ve ekshale gazın CO_2 absorpsiyonu sonrası yeniden kullanıldığı tekniktir. Başlıca

avantajları volatil ajan tüketiminin, maliyetin ve atmosfere salınımın azaltılması; solunan gazın ısı ve neminin daha iyi korunmasıdır. Bunun karşılığında devre içi oksijen, ajan konsantrasyonu, CO_2 absorbanı ve olası gaz birikimlerinin daha dikkatli izlenmesi gerekir (White et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Düşük akım uygulaması; başlangıçta devrenin hedef konsantrasyona hızlı ulaşması için uygun wash-in stratejisi, daha sonra akım azaltılması ve end-tidal ajan/oksijen monitörizasyonu gerekir. Ajan ve cihaz üreticisinin minimum akım önerileri, absorban tipi ve hasta oksijen tüketimi mutlaka dikkate alınmalıdır (Gropper et al., 2024).

Çevresel Sürdürülebilirlik

İnhalasyon anesteziklerinin büyük bölümü metabolize olmadan ekshale edilir ve atmosfere ulaşır. Ajanların atmosferik ömrü ve global ısınma potansiyeli farklıdır. Desfluran, modern volatil ajanlar içinde çevresel yükü en yüksek seçeneklerden biridir; N_2O da uzun atmosferik ömrü nedeniyle önemlidir (Ishizawa, 2011; White et al., 2022).

Uluslararası sürdürülebilir anestezi konsensüsü, klinik olarak güvenli olduğunda daha düşük çevresel etkili inhalasyon ajanlarının seçilmesini, düşük taze gaz akımlarının kullanılmasını, N_2O sistemlerinde kaçakların azaltılmasını ve gereksiz desfluran/N_2O kullanımının sınırlandırılmasını desteklemektedir. Çevresel hedef hiçbir zaman hasta güvenliğinin önüne geçmemeli; ancak eşdeğer klinik seçenekler arasında karar verilirken çevresel maliyet gerçek bir klinik kalite değişkeni olarak ele alınmalıdır (White et al., 2022).

Özel Hasta Gruplarında Ajan Seçimi

Pediatrik hasta

Sevofluran düşük hava yolu irritasyonu ve hızlı alveoler yükselişi nedeniyle pediatrik inhalasyon indüksiyonunun temel ajanıdır. Çocuklarda yüksek alveoler ventilasyon/FRC oranı indüksiyonu hızlandırır. Desfluranın potensi ve laringospazm/öksürük riski inhalasyon indüksiyonunda kullanımını sınırlar (Butterworth et al., 2022).

Obezite

Düşük çözünürlüklü ajanların hızlı eliminasyonu obez hastada teorik ve bazı klinik avantajlar sağlayabilir. Ancak derlenme yalnız yağ dokusundaki çözünürlüğe bağlı değildir; cerrahi süresi, opioidler, OSA, ventilasyon ve nöromüsküler blok yönetimi daha belirleyici olabilir. Desfluranın birkaç dakikalık uyanma avantajı çevresel etkisiyle birlikte değerlendirilmelidir (Van Speybroeck et al., 2024).

Reaktif hava yolu

İnhalasyon indüksiyonu gerekiyorsa sevofluran genellikle tercih edilir. Desfluran ve izofluran yüzeyel anestezide irritan olabilir. İdame sırasında volatil ajanların bronkodilatör etkisi ciddi bronkospazmda terapötik olarak da kullanılabilir (Butterworth et al., 2022).

İntrakraniyal patoloji

Volatil ajanlar mutlak kontrendike değildir. Düşük-orta konsantrasyon, normokapni veya uygun hafif hipokapni, yeterli MAP/CPP ve intrakraniyal kompliansın korunması esastır. N_2O'nun

intrakraniyal hava varlığında kullanımından kaçınılmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Kardiyovasküler hastalık

Şiddetli hipovolemi ve sabit debili lezyonlarda vazodilatasyon dikkatle titre edilmelidir. Koroner hastalıkta taşikardi ve hipotansiyondan kaçınmak, belirli bir volatil ajanı seçmekten daha önemlidir. Desfluran konsantrasyonunun hızlı artırılması sempatik yanıt nedeniyle uygun olmayabilir (Butterworth et al., 2022).

PONV riski yüksek hasta

Yüksek PONV riskinde propofol bazlı TIVA güçlü bir alternatiftir. Volatil anestezi seçiliyorsa N_2O gerekliliği sorgulanmalı, opioid koruyucu analjezi ve multimodal antiemetik profilaksi planlanmalıdır (Hu et al., 2025).

İnhalasyon Anestezisi ve Nöromonitörizasyon

Volatil ajanlar EEG ve uyarılmış potansiyeller üzerinde konsantrasyona bağlı baskılayıcı etki oluşturur. Yüksek MAC düzeyleri somatosensoriyel ve motor uyarılmış potansiyellerin amplitüdünü azaltıp latensini uzatabilir. Omurga ve nöroşirürji olgularında düşük ve stabil volatil konsantrasyonların intravenöz ajanlarla dengelenmesi veya TIVA tercih edilmesi monitörizasyon hedeflerine göre planlanmalıdır. Ani anestezik konsantrasyon değişiklikleri nörofizyolojik sinyallerin yorumunu güçleştirebilir (Butterworth et al., 2022).

İş Sağlığı ve Atık Anestezik Gazlar

Ameliyathane çalışanlarının kronik atık anestezik gaz maruziyeti; kaçak devreler, maskeyle indüksiyon ve N_2O merkezi

sistem kaçaklarıyla artabilir. Modern uygulamada düzenli cihaz kaçak testi, uygun maske tekniği ve gereksiz yüksek taze gaz akımından kaçınma hem çalışan güvenliği hem çevresel sürdürülebilirlik açısından önemlidir (White et al., 2022).

Mesleki maruziyet tartışmalarında tek bir sağlık sonucuna ilişkin nedensellik her zaman kesin değildir; buna rağmen 'maruziyeti mümkün olan en düşük düzeye indirme' ilkesi mühendislik kontrolleri ve iyi klinik uygulamayla uyumludur (White et al., 2022).

Klinik Ajan Seçim Matrisi

Klinik Hedef/Durum	Öncelikli Düşünce	Görece Uygun Seçenek	Dikkat
İnhalasyon indüksiyonu	Düşük potensi	Sevofluran	Desfluran/izofluran irritasyonu
Çok hızlı konsantrasyon değişimi	Çok düşük çözünürlük	Desfluran	Sempatik yanıt + çevresel yük
Reaktif hava yolu	Bronkodilatasyon + tolerans	Sevofluran	Yüzeyel anesteziden kaçın
Uzun, maliyet duyarlı girişim	Öngörülebilir potent ajan	İzofluran	Daha yavaş derlenme
Yardımcı analjezi	MAC azaltma	N_2O	Kapalı hava boşluğu, PONV, B12
Yüksek PONV riski	Volatil yükünü azaltma	Propofol-TIVA düşünülebilir	Multimodal profilaksi
MH duyarlılığı	Tetikleyicisiz teknik	TIVA	Tüm potent volatil ajanlardan kaçın
Çevresel yükü azaltma	Düşük akım	Sevofluran veya TIVA*	Desfluran/N_2O'yu seçici kullan

**Teknik seçimi hasta güvenliği, cerrahi gereksinim ve kurum altyapısına göre yapılmalıdır.*

Pratik Yönetim Algoritması

1. Hastanın temel riskini belirle: hava yolu reaktivitesi, hemodinamik rezerv, PONV, nörolojik durum, MH öyküsü ve kapalı hava boşluğu varlığı.
2. İnhalasyon indüksiyonu gerekip gerekmediğini belirle. Gerekiyorsa sevofluranın hava yolu tolerans avantajını değerlendir.
3. İdame için hedef yaş-düzeltilmiş MAC aralığını, opioid ve diğer hipnotiklerin katkısını hesaba katarak planla.
4. End-tidal ajan konsantrasyonu, FiO_2, $EtCO_2$, hemodinami ve sıcaklığı sürekli izle.
5. NMBA kullanılıyorsa volatil potansiyalizasyonu dikkate al ve kantitatif TOF kullan.
6. Düşük akım planlanıyorsa devre wash-in döneminden sonra güvenli akıma geç; oksijen ve ajan monitörizasyonunu sürdür.
7. Hızlı derlenme gerekiyorsa düşük çözünürlüklü ajan avantajını değerlendir; ancak PONV, çevresel etki ve PACU sonlanımlarını da hesaba kat.
8. Anestezi sonunda ajanı kes, uygun taze gaz akımı ve ventilasyonla eliminasyonu destekle; N_2O kullanılmışsa yeterli oksijenasyonu sağla.
9. Ekstübasyonu yalnız end-tidal ajan düşüşüne değil, bilinç, ventilasyon, nöromüsküler toparlanma ve hava yolu korumasına dayandır.

Sık Yapılan Klinik Hatalar

Hata	Neden Sorun Oluşturur	Daha Güvenli Yaklaşım
MAC'ı 'anestezi derinliği' ile eş anlamlı görmek	MAC esas olarak hareket yanıtının EC50 ölçüsüdür	Yaş, opioid, hemodinami ve EEG/klinik bulgularla birlikte yorumlanmalı
Düşük debide vaporizatör yüzdesini normal kabul etmek	FA daha hızlı yükselebilir	End-tidal ajan ve hemodinamiye göre titrasyon
Desfluranı maske indüksiyonunda kullanmak	Potensi ve hava yolu refleksleri	Sevofluran tercih et
N_2O'da kapalı hava boşluğunu gözden kaçırmak	Hacim/basınç artışı	Riskli boşluklarda kaçın
Düşük akımı yalnız maliyet stratejisi görmek	O_2/ajan/absorban izlem gerektirir	Cihaz ve gaz monitörizasyonu ile protokollü uygula
Volatil altında standart NMBA dozunu sorgulamamak	Blok potansiyalizasyonu	Kantitatif TOF ve titrasyon
MH'de hipertermiyi beklemek	Hipertermi geç olabilir	$EtCO_2$ artışı ve hipermetabolizmayı erken tanı

Güncel Tartışmalar

Volatil anestezi mi TIVA mı?

Volatil anestezi ve TIVA arasında tüm hastalara genellenebilecek tek bir üstünlük ilişkisi yoktur. TIVA yüksek PONV riskinde avantaj sağlayabilir; inhalasyon ajanları ise end-tidal konsantrasyonun sürekli ölçülebilmesi, hızlı titrasyon, bronkodilatasyon ve bazı klinik ortamlarda kullanım kolaylığı sağlar. Karar, hasta ve cerrahi hedefleriyle verilmelidir (Hu et al., 2025).

Organ koruma

Volatil ajanların iskemi-reperfüzyon hasarına karşı preconditioning/postconditioning etkileri deneysel ve klinik araştırmalarda gösterilmiş olmakla birlikte, bu biyolojik etkilerin tüm cerrahi popülasyonlarda rutin olarak klinik üstünlüğe dönüştüğü söylenemez. Bu nedenle ajan seçimi yalnız varsayılan organ koruma etkisine dayandırılmamalıdır (Eger et al, 1997; O'Gara & Talmor, 2016).

Nörogelişim ve nörobilişsel sonuçlar

Hayvan çalışmalarında anestezik nörotoksisite sinyalleri bulunmasına karşın insanlarda tek ve kısa anestezik maruziyetin klinik nörogelişimsel anlamı daha karmaşıktır. Pediatrik veya geriatrik hastada gerekli cerrahi/anesteziyi yalnız bu teorik kaygıyla ertelemek yerine maruziyetin gereksiz uzatılmaması ve fizyolojik stabilitenin korunması daha rasyonel bir yaklaşımdır (McCann & Soriano, 2019; Butterworth et al., 2022).

Desfluranın gelecekteki yeri

Desfluran farmakokinetik açıdan benzersiz derecede hızlıdır; ancak rutin kullanımda sağladığı birkaç dakikalık derlenme avantajı, potensi ve yüksek sera gazı etkisiyle karşılaştırılmalıdır. Son dönem değerlendirmeler, kullanımın hasta odaklı ve seçici olmasını; rutin 'hızlı uyanma' gerekçesinin tek başına yeterli görülmemesini desteklemektedir (White et al., 2022; Van Speybroeck et al., 2024).

Klinik Anahtar Noktalar

- İnhalasyon anesteziklerinin klinik etkisini belirleyen ana değişken beyin parsiyel basıncıdır; end-tidal konsantrasyon bunun pratik bir göstergesidir.

- Alveoler alımı belirleyen üç temel faktör kan çözünürlüğü, alveoler kan akımı ve alveoler–venöz parsiyel basınç farkıdır.
- Düşük kan-gaz çözünürlüğü hızlı FA/FI yükselişi, hızlı titrasyon ve hızlı eliminasyon sağlar.
- Düşük kardiyak debi, özellikle daha çözünür ajanlarda alveoler konsantrasyonun beklenenden hızlı yükselmesine ve aşırı etkiye yol açabilir.
- MAC bir EC50 hareket ölçüsüdür; bireysel anestezi derinliğinin tek başına göstergesi değildir.
- Sevofluran inhalasyon indüksiyonu ve reaktif hava yolu için en kullanışlı modern volatil ajanlardan biridir.
- Desfluran çok hızlıdır ancak potensi, sempatik yanıtı ve çevresel yükü nedeniyle seçici kullanılmalıdır.
- İzofluran daha yavaş kinetiklidir fakat potent, öngörülebilir ve ekonomik bir seçenektir.
- N_2O kapalı hava boşluklarını genişletebilir, PONV riskini artırabilir ve uzun/tekrarlayan maruziyette B12 metabolizmasını bozabilir.
- Volatil ajanlar nondepolarizan nöromüsküler blokajı potansiyalize eder.
- Tüm potent volatil ajanlar malign hipertermi tetikleyicisidir.
- Düşük akım anestezi, uygun monitörizasyonla ajan tüketimini ve çevresel salınımı azaltır.

- Yüksek PONV riskinde propofol bazlı TIVA ve multimodal profilaksi değerlendirilmelidir.
- Çevresel sürdürülebilirlik ajan seçiminin gerçek bir bileşenidir; ancak hasta güvenliğinin önüne geçmemelidir.

Sonuç

İnhalasyon anesteziklerinin güvenli ve rasyonel kullanımı, ajanların isimlerini ve MAC değerlerini ezberlemekten çok parsiyel basınç fizyolojisini anlamaya dayanır. Alveoler ventilasyon, kardiyak debi, kan ve doku çözünürlüğü, V/Q ilişkisi ve doku alımı; indüksiyon ve derlenmenin hızını birlikte belirler. Modern volatil ajanların organ toksisitesi tarihsel ajanlara kıyasla azalmış olsa da hemodinamik depresyon, ventilatuvar baskılanma, hava yolu irritasyonu, nöromüsküler blok potansiyalizasyonu, PONV ve malign hipertermi gibi klinik etkiler önemini korumaktadır (Butterworth et al., 2022).

2026 yaklaşımında sevofluran, desfluran, izofluran ve N_2O arasında seçim; yalnız farmakokinetik hıza göre değil, hastanın hava yolu ve kardiyovasküler rezervi, PONV ve nörolojik riskleri, cerrahinin özellikleri, derlenme hedefi, kullanılan anestezi cihazı ve çevresel sürdürülebilirlik birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır. İyi inhalasyon anestezisi, en güçlü veya en hızlı ajanı seçmek değil; en düşük gerekli konsantrasyonu, doğru monitörizasyon ve uygun fizyolojik hedeflerle kullanmaktır (Butterworth et al., 2022; White et al., 2022; Gropper et al., 2024; Van Speybroeck et al., 2024; Wu et al., 2025; Hu et al., 2025).

Kaynakça

Butterworth, J. F. IV., Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (Eds.) (2022). Inhalation anesthetics (Chapter 8). *In: Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology* (pp. 275-315). 7th ed. McGraw Hill, New York. https://archive.org/details/morgan-and-mikhail-clinical-anesthesiology-7th-ed-2022/

Ebert, T. J., Kharasch, E. D., Rooke, G. A., Shroff, A., & Muzi, M. (1997). Myocardial ischemia and adverse cardiac outcomes in cardiac patients undergoing noncardiac surgery with sevoflurane and isoflurane. Sevoflurane Ischemia Study Group. *Anesthesia and Analgesia, 85*(5), 993–999. doi: 10.1097/00000539-199711000-00007.

Eger, E. I., 2nd, Bowland, T., Ionescu, P., Laster, M. J., Fang, Z., Gong, D., Sonner, J., & Weiskopf, R. B. (1997). Recovery and kinetic characteristics of desflurane and sevoflurane in volunteers after 8-h exposure, including kinetics of degradation products. *Anesthesiology, 87*(3), 517–526. doi: 10.1097/00000542-199709000-00010.

Eger, E. I., 2nd, Raines, D. E., Shafer, S. L., Hemmings, H. C., Jr, & Sonner, J. M. (2008). Is a new paradigm needed to explain how inhaled anesthetics produce immobility?. *Anesthesia and Analgesia, 107*(3), 832–848. doi: 10.1213/ane.0b013e318182aedb.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2024). *Miller's Anesthesia.* 10th ed. Elsevier.

Hu, J., Wang, Z., Ma, B., Wang, T., Wang, E., Yu, W., & Chinese Society of Anesthesiology Working Group on Clinical Practice

Guidelines for the Prevention and Management of Postoperative Nausea and Vomiting (2025 Edition) (2025). Clinical practice guidelines for the prevention and management of postoperative nausea and vomiting (2025 edition). *Journal of Anesthesia and Translational Medicine, 4*(4), 286–302. doi: 10.1016/j.jatmed.2025.12.002.

Ishizawa Y. (2011). Special article: general anesthetic gases and the global environment. *Anesthesia and Analgesia, 112*(1), 213–217. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181fe02c2.

McCann, M. E., & Soriano, S. G. (2019). Does general anesthesia affect neurodevelopment in infants and children?. *BMJ (Clinical Research ed.), 367*, l6459. doi: 10.1136/bmj.l6459.

Njoku, D., Laster, M. J., Gong, D. H., Eger, E. I., 2nd, Reed, G. F., & Martin, J. L. (1997). Biotransformation of halothane, enflurane, isoflurane, and desflurane to trifluoroacetylated liver proteins: association between protein acylation and hepatic injury. *Anesthesia and Analgesia, 84*(1), 173–178. doi: 10.1097/00000539-199701000-00031.

O'Gara, B., & Talmor, D. (2016). Lung protective properties of the volatile anesthetics. *Intensive Care Medicine, 42*(9), 1487–1489. doi: 10.1007/s00134-016-4429-x.

Van Speybroeck, P., Mulier, J.P., & De Baerdemaeker, L. (2024). Advantages and disadvantages of desflurane versus sevoflurane. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, *38*(4), 366-371. doi: 10.1016/j.bpa.2025.03.003.

White, S. M., Shelton, C. L., Gelb, A. W., Lawson, C., McGain, F., Muret, J., Sherman, J. D., & representing the World Federation of

Societies of Anaesthesiologists Global Working Group on Environmental Sustainability in Anaesthesia (2022). Principles of environmentally-sustainable anaesthesia: a global consensus statement from the World Federation of Societies of Anaesthesiologists. *Anaesthesia, 77*(2), 201–212. doi: 10.1111/anae.15598.

Wu, H., Wang, S., Dai, F. B., & Tang, C. L. (2025). Research progress in the clinical application of inhaled anesthetic sevoflurane. *Medical Gas Research, 15*(1), 85–92. doi: 10.4103/mgr.MEDGASRES-D-23-00003

BÖLÜM 9

NONVOLATİL ANESTEZİK AJANLAR

SÜMEYYE KOCAGİL[1]

Özet

Nonvolatil anestezik ajanlar; genel anestezi indüksiyonu ve idamesi, sedasyon, analjezi ve yoğun bakım uygulamalarında kullanılan heterojen bir ilaç grubudur: barbitüratlar, benzodiazepinler (remimazolam dahil), ketamin, propofol, etomidat, deksmedetomidin ve opioidler. Bu ajanların ortak özelliği hızlı klinik etki başlangıcıdır; hemodinamik, solunumsal, serebral ve analjezik profilleri ise birbirinden belirgin biçimde farklıdır. Bu nedenle "en iyi intravenöz anestezik" yoktur; seçim yaş, intravasküler volüm, kardiyak rezerv, hava yolu, nörolojik durum, ağrı potansiyeli, PONV riski ve işlemin özelliklerine göre bireyselleştirilmelidir (Butterworth et al., 2022; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

[1] Dr., Iğdır Dr. Nevruz Erez Devlet Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0006-3238-1313

2026 itibarıyla bölümün çerçevesini değiştiren üç gelişme öne çıkmaktadır:

- **Etomidat ve ketamin:** 2.365 hastalık çok merkezli RSI çalışması (NEJM, 2025), kritik hastada acil entübasyonda ketaminin 28. gün hastane içi mortaliteyi etomidata göre azaltmadığını (%28,1 ve %29,1), buna karşın entübasyon sırasında kardiyovasküler kollapsın ketaminle daha sık olduğunu (%22,1 ve %17,0) göstermiştir (Casey et al., 2025).
- **Remimazolam:** Güncel meta-analizler propofole benzer anestezi/sedasyon başarısı ile daha az hipotansiyon ve enjeksiyon ağrısını birlikte bildirmektedir; derlenme, maliyet ve nadir ciddi advers olaylar (anafilaksi) konusunda sorular sürmektedir (Nakai et al., 2024; Song et al., 2025; Xing et al., 2025; Zhou et al., 2025).
- **TIVA güvenliği:** İlaç sürekliliği, görünür damar yolu, hedef kontrollü infüzyon ve nöromüsküler blokla birlikte işlenmiş EEG (pEEG) kullanımı güvenlik standardının parçası hâline gelmiştir (Nimmo et al., 2019; Preston et al., 2024).

Giriş

İntravenöz ajanlar hemen her genel anestezinin ve sedasyonun parçasıdır; anestezistin ilk kritik kararı çoğunlukla bu ajanın seçimi, dozu ve veriliş hızıdır. İndüksiyon hipotansiyonu, apne, TIVA sırasında farkındalık ve derlenmede şiddetli ağrı gibi sık karşılaşılan sorunların büyük bölümü ajan seçiminden veya uygulama hatasından kaynaklanır (Gropper et al., 2025). Kanıt da hızla değişmektedir: etomidat–ketamin tartışması RSI çalışmasıyla

yeni bir zemine oturmuş (Casey et al., 2025), remimazolam yeni bir seçenek olarak girmiş (Ko et al., 2023; Xing et al., 2025), TIVA için ise uygulama güvenliği standartları tanımlanmıştır (Nimmo et al., 2019). Bu bölüm okuyucuyu şu sıra ile yönlendirir: ajan grubu nedir ve neden önemlidir, hasta indüksiyondan önce nasıl değerlendirilir, anestezi evre evre nasıl yönetilir ve hangi hatalardan kaçınılmalıdır.

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümü tamamlayan okuyucu:

- Nonvolatil anestezikleri temel farmakolojik özelliklerine göre sınıflandırabilir.
- Propofol, tiyopental, ketamin, etomidat ve remimazolamın indüksiyon seçimindeki farklarını güncel kanıtla açıklayabilir.
- Benzodiazepinlerin sedasyon, amnezi ve solunum üzerine etkilerini ve remimazolamın yerini değerlendirebilir.
- Deksmedetomidinin sedasyon, sempatoliz ve opioid-sparing kullanımını, bradikardi ve hipotansiyon riskiyle birlikte açıklayabilir.
- Opioidlerin analjezik etkilerini; solunum depresyonu, bradikardi, bulantı-kusma ve remifentanil sonrası hiperaljezi gibi riskleri yönetebilir.
- İlaç seçimini hastanın hemodinamik ve solunumsal rezervine göre bireyselleştirebilir.
- TIVA'nın farmakokinetik ve güvenlik prensiplerini, ilaç sürekliliği ve derinlik izleminin önemini açıklayabilir.

- Güncel kanıtları klinik kararın yerine değil, klinik değerlendirmeyi destekleyen araç olarak kullanabilir (Gropper et al., 2025).

Nonvolatil Ajanların Klinik Yeri

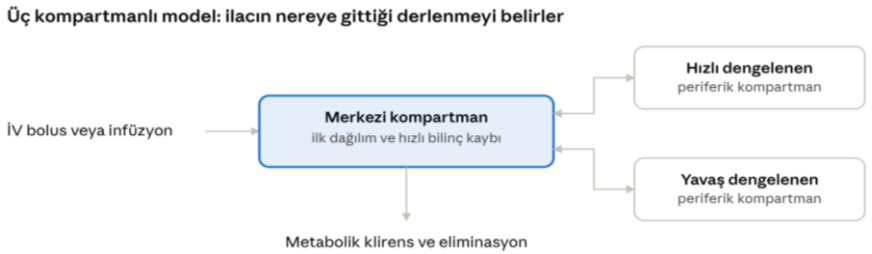
İntravenöz ajanlar tek başına kısa süreli sedasyon veya anestezide, inhalasyon ajanlarıyla dengeli anestezide, TIVA'da ve analjezi-sedasyon stratejilerinde kullanılır. İdeal intravenöz anestezik hızlı başlayıp sonlanmalı, kolay titre edilmeli, öngörülebilir derlenme sağlamalı, kardiyorespiratuvar depresyonu minimal olmalı ve güvenli bir uygulama profiline sahip olmalıdır. Böyle bir ajan henüz yoktur (Gropper et al., 2025).

Temel Farmakokinetik ve Farmakodinamik

İntravenöz indüksiyonda hızlı bilinç kaybı; yüksek serebral perfüzyona ve birçok ajanın yüksek lipid çözünürlüğüne dayanır. İlk etkinin sona ermesi çoğunlukla metabolizmadan önce redistribüsyonla ilişkilidir.

Uzun süreli veya tekrarlayan uygulamada yalnızca redistribüsyon açıklaması yetersizdir. Periferik dokuların doygunluğu, metabolik klirens, aktif metabolitler ve bağlam-duyarlı yarılanma ömrü klinik derlenmeyi belirler; bu nedenle kısa bolus ile uzun infüzyon aynı farmakokinetik davranışı göstermez (Gropper et al., 2025).

Şekil 1 Üç kompartmanlı farmakokinetik model



Kısa bolusta ilaç merkezi kompartmandan periferiye dağılarak etkisini yitirir; uzun infüzyonda periferik kompartmanlar dolduğundan geri dönen ilaç derlenmeyi geciktirebilir.

Propofol

Propofol, modern anestezi pratiğinde en sık kullanılan intravenöz hipnotiktir. GABA_A reseptör aracılı inhibitör nörotransmisyonu güçlendirir; hızlı bilinç kaybı ve hızlı derlenme sağlar, PONV insidansı düşüktür, serebral metabolizmayı ve intrakraniyal basıncı azaltır (Gropper et al., 2025).

Hemodinamik ve solunumsal etkiler. Temel dezavantajlar doz bağımlı hipotansiyon, miyokard depresyonu ve solunum depresyonudur. Hızlı bolus; yaşlı, hipovolemik veya kardiyak rezervi sınırlı hastalarda belirgin hipotansiyona yol açabilir. İndüksiyon dozu yaşa, komorbiditeye ve hemodinamik duruma göre azaltılmalı ve titre edilmelidir (Gropper et al., 2025).

Enjeksiyon ağrısı. Sık görülür. Lidokainle ağrı azaltma yöntemleri kullanılabilir; ancak karıştırma ürün uyumluluğu ve kurum protokolü açısından değerlendirilmelidir. Eski kaynaklardaki "lidokain karışımı pulmoner emboliye neden olur" biçimindeki kesin ifade güncel uygulama için genellenebilir bir kural değildir.

Yumurta, soya ve fıstık alerjisi. Preparat yumurta lesitini ve soya yağı içerdiğinden ürün bilgisinde uzun süre kontrendikasyon olarak yer almıştır. Ancak 153 propofol maruziyetini ve 520 yumurta, soya veya fıstığa karşı spesifik IgE pozitif erişkini inceleyen çalışmada propofol alerjisi ile bu gıda alerjileri arasında bağlantı bulunmamış; propofol alerjisi tanısı alan dört hastanın hiçbirinde yumurta veya soya IgE'si saptanmamıştır (Asserhøj et al., 2016). Yumurta, fıstık, soya veya baklagil alerjisi olan 304 çocukta 649 propofol uygulamasını inceleyen retrospektif çalışma da ciddi gerçek alerjik reaksiyonun nadir olduğunu ve gıda alerjisi öyküsüyle güvenilir biçimde öngörülemediğini bildirmiştir (Sommerfield et al., 2019). Dolayısıyla yumurta alerjisi tek başına mutlak kontrendikasyon sayılmamalı; reaksiyonun niteliği ve gerçek anafilaksi öyküsü değerlendirilmelidir.

Propofol infüzyon sendromu (PRIS). Nadir fakat ölümcül olabilen bir komplikasyondur. 153 olguluk yapılandırılmış derlemede infüzyon hızı ve süresi, travmatik beyin hasarı ve ateş mortaliteyle bağımsız ilişkili bulunmuştur. PRIS saatte 4 mg/kg'ın altındaki infüzyon hızlarında da gelişebilir; hipertrigliseridemi, ateş, hepatomegali ve kalp yetmezliği gibi "tipik" bulgular olguların büyük çoğunluğunda (%95'ten fazla) bulunmaz, aritmi ve EKG değişiklikleri ise geç ortaya çıkar (Krajčová et al., 2015). Klinik olarak açıklanamayan metabolik asidoz, rabdomiyoliz, hiperkalemi, kardiyak disfonksiyon veya böbrek hasarında propofol infüzyonu derhal sonlandırılmalıdır. Uzun süreli yüksek doz infüzyonlarda, kritik hastalıkta ve eşlik eden katekolamin veya glukokortikoid kullanımında risk artar; alternatif sedasyon rejimleri değerlendirilmelidir.

Barbitüratlar: Tiyopental ve Metoheksital

Barbitüratlar GABA_A reseptör fonksiyonunu artıran hipnotiklerdir. Tiyopental hızlı indüksiyon sağlar; ancak uzun eliminasyon ve tekrarlayan dozlarla birikme nedeniyle günümüzde rutin idamede ve TIVA'da tercih edilmez (Gropper et al., 2025).

Özellik	Tiyopental	Metoheksital
Temel etki	Hipnoz; belirgin antikonvülzan	Hipnoz; daha kısa etkili
Hemodinami	Hipotansiyon ve kardiyak depresyon	Hemodinamik depresyon olabilir
Solunum	Doza bağlı depresyon/apne	Doza bağlı depresyon
Kullanım	Günümüzde sınırlı; tarihsel önemi yüksek	Özellikle EKT gibi seçilmiş kullanım
Önemli risk	Porfiri; damar dışına veya arter içine kaçışta ciddi doku hasarı	Miyoklonus, hıçkırık, laringospazm; epileptiform aktivite

Tiyopental porfiride kontrendikedir. Şok, ciddi kardiyovasküler instabilite ve belirgin hipovolemide hipotansif etkisi nedeniyle uygun bir ilk seçenek değildir (Gropper et al., 2025).

Ketamin

Ketamin, temel olarak NMDA reseptör antagonizması üzerinden dissosiyatif anestezi oluşturur. Diğer hipnotiklerden en önemli farkı belirgin analjezik etkisidir; ayrıca bronkodilatasyon, sempatik aktivasyon ve nispeten korunmuş spontan solunum sağlar (Gropper et al., 2025). Hemodinamik rezervi sınırlı, ağrı yükü yüksek, bronkospazm riski taşıyan veya opioid-sparing strateji hedeflenen seçilmiş hastalarda değerlidir.

"Şokta her zaman güvenli" değildir. Katekolamin rezervi tükenmiş ağır şokta ketaminin doğrudan miyokard depresan etkisi ortaya çıkabilir (Gropper et al., 2025). Bu uyarı RSI çalışmasıyla kanıt kazanmıştır: kritik hastalarda acil entübasyonda ketamin

grubunda entübasyon sırasında kardiyovasküler kollaps %22,1, etomidat grubunda %17,0 olmuş (risk farkı 5,1 puan; %95 GA 1,9-8,3); mortalite ise benzer bulunmuştur (Casey et al., 2025).

İntrakraniyal basınç dogması. Ketaminin ICP'yi her koşulda artırdığına ilişkin eski yaklaşım terk edilmiştir. Akut beyin hasarında ketamini inceleyen sistematik derlemede yalnızca iki çalışma ICP'de küçük bir artış, iki küçük çalışma ise azalma bildirmiş; derleme, kanıt düzeyini düşük olarak değerlendirmekle birlikte ketamin kullanımına bağlı bir zarar saptamamıştır (Gregers et al., 2020). 21 çalışmayı (n=886) içeren daha yeni bir derleme ise ketaminin travmatik beyin hasarı sonuçları üzerindeki etkisine ilişkin literatürün tutarsız olduğunu vurgulamaktadır (Sameer & Abbas, 2024). Kontrollü ventilasyon ve modern yoğun bakım koşullarında ketamin seçilmiş nörolojik hastalarda kullanılabilir; intrakraniyal patoloji tek başına mutlak kontrendikasyon değildir, ancak yüksek kalitede randomize kanıt da yoktur.

İstenmeyen etkiler. Psikomimetik reaksiyonlar, bulantı-kusma, sekresyon artışı, nistagmus ve geçici hemodinamik artış başlıcalarıdır. Benzodiazepinlerin bu reaksiyonları rutin olarak önlediği düşüncesi otomatik bir uygulama olarak kabul edilmemelidir; her ek ilaç kendi risk-fayda dengesiyle değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Esketamin. Esketamin için meta-analiz verisi cerrahi tipine göre değişkendir. Meme kanseri cerrahisinde yedi RCT'yi (748 hasta) birleştiren analiz, perioperatif ketamin/esketaminin postoperatif ağrıyı anlamlı azaltmadığını, ancak kısa dönemde depresyonu azaltabileceğini bildirmiştir (X. Sun et al., 2025). Laparoskopik cerrahide 28 RCT'yi (3.160 hasta; tümü Çin'de yapılmış) birleştiren 2026 meta-analizi, esketaminle istirahat

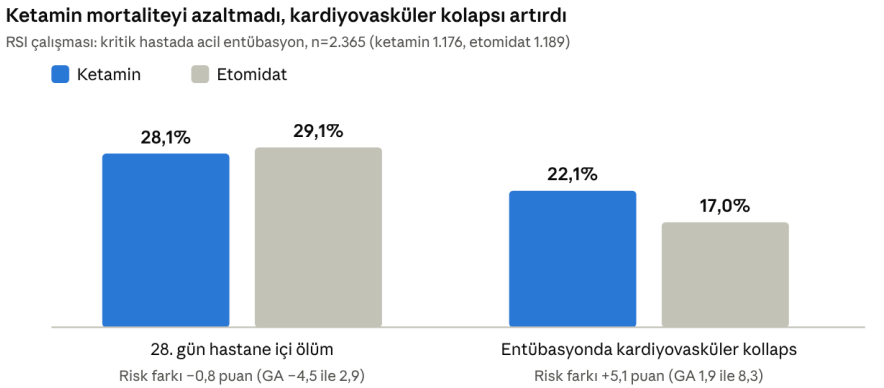
ağrısında (SMD −0,65), kurtarma analjezisi gereksiniminde (RR 0,51) ve PONV'da (RR 0,76) azalma bildirmiş, halüsinasyonları artırmamıştır (RR 1,11). Ana sonlanımlar için kanıt kesinliği düşük veya çok düşüktür ve heterojenite yüksektir (Li & Wang, 2026).

Etomidat

Etomidat, GABA_A reseptörü üzerinden etki eden, hızlı etkili, analjezik olmayan ve hemodinamik açıdan görece stabil bir hipnotiktir. Temel avantajı ciddi kardiyovasküler rezerv kaybında indüksiyon sırasında kan basıncının ve kardiyak debinin daha iyi korunmasıdır; temel dezavantajı 11β-hidroksilaz inhibisyonuna bağlı kortizol sentezi baskılanmasıdır (Gropper et al., 2025).

RSI çalışması (NEJM 2025). Etomidatın adrenal supresyon nedeniyle mortaliteyi artırabileceği kaygısı yıllarca tartışılmıştır. Vanderbilt öncülüğünde 14 acil servis ve yoğun bakımda, entübasyon gereken 2.365 kritik hasta etomidat veya ketaminle indüksiyona randomize edilmiştir. 28. gün hastane içi ölüm ketamin grubunda %28,1, etomidat grubunda %29,1 olmuş; fark anlamlı değildir (düzeltilmiş risk farkı -0,8 puan; %95 GA -4,5 ile 2,9; p=0,65). Entübasyon sırasında kardiyovasküler kollaps ketamin grubunda daha sık bulunmuştur (%22,1 ve %17,0) (Casey et al., 2025). Çalışmacıların yorumu, etomidatın bu popülasyonda mortaliteyi artırmadığı ve entübasyon sırasında kan basıncı stabilitesinin daha iyi olduğu yönündedir.

Şekil 2 RSI çalışması



Kaynak: Casey et al., 2025

Mortalite iki grupta benzerdir; fark entübasyon sırasındaki kardiyovasküler kollapsta ortaya çıkar.

Altı RCT'yi (4.108 hasta) birleştiren 2026 meta-analizinde 28 günlük mortalite iki ajanda benzer bulunmuş (RR 0,96; %95 GA 0,87-1,05; sepsis alt grubunda RR 1,04); post-entübasyon hipotansiyonu ketaminle daha sık (%14,2 ve %11,3; RR 1,25), adrenal supresyon ise daha seyrek (%5,3 ve %14,7; RR 0,36) görülmüştür (Andriazzi et al., 2026).

Remimazolam ve etomidat. Arama sonuçlarında bu iki ajanı karşılaştıran yayımlanmış bir meta-analiz yerine yalnızca kayıtlı bir meta-analiz protokolü (PROSPERO CRD42023463120) bulunmuştur; protokol bu konudaki kanıtın çelişkili olduğunu belirtmektedir (Zhao et al., 2024). Tek merkezli bir RCT'de (138 hasta) entübasyonda ortalama arter basıncı remimazolam grubunda daha düşük, efedrin gereksinimi ise daha yüksek bulunmuştur (%22 ve %5) (Huang et al., 2023). Bu nedenle remimazolam, etomidatın hemodinamik açıdan kanıtlanmış alternatifi olarak sunulmamalıdır.

Klinik çerçeve

- Tek doz etomidatın mortalite üzerine zararlı etkisi için RSI çalışması destek sağlamamaktadır; ancak çalışma tek doz indüksiyonu inceler. Tekrarlayan veya sürekli kullanımın adrenal etkileri bundan ayrı değerlendirilmelidir.
- Etomidat "her kritik hastada ilk tercih" değildir; dolaşım durumu, septik şok, adrenal rezerv ve alternatif ajanların uygunluğu birlikte değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).
- RSI çalışması kritik hastalarda acil entübasyonda yapılmıştır; elektif ameliyathane indüksiyonuna doğrudan genellenmemelidir.

Benzodiazepinler ve Remimazolam

Midazolam, lorazepam, diazepam ve remimazolam GABA_A reseptörlerinin GABA'ya yanıtını artırır. Temel etkileri anksiyoliz, sedasyon ve anterograd amnezidir; analjezik etkileri yoktur (Gropper et al., 2025).

Ajan	Klinik Özellik	Önemli Nokta
Midazolam	Kısa/orta etkili, yaygın sedatif	Yaşlı ve organ yetmezliğinde etki uzayabilir
Lorazepam	Daha uzun etkili	Yoğun bakım ve belirli sedasyon endikasyonlarında
Diazepam	Uzun etkili, aktif metabolitli	Derlenme uzayabilir; enjeksiyon ağrısı olabilir
Remimazolam	Ultra kısa etkili; plazma esterazlarıyla metabolize edilir	Flumazenil ile geri çevrilebilir; hemodinamik profil propofolden farklıdır

Benzodiazepinler özellikle opioidlerle birlikte solunum depresyonunu artırır. Yaşlılarda, obstrüktif uyku apnesinde ve diğer

santral depresanlarla birlikte kullanımda düşük doz ve titrasyon önemlidir (Gropper et al., 2025).

Remimazolam: 2026 güncellemesi

Remimazolam bölümün en hızlı değişen başlığıdır. Güncel kanıt şöyle özetlenebilir:

- **Etkinlik ve hemodinami.** 27 çalışma ve 7.283 hastayı kapsayan meta-analizde sedasyon/anestezi başarısı propofole benzer bulunmuş; remimazolam hem prosedürel sedasyonda hem genel anestezide daha az hipotansiyon ve belirgin biçimde daha az enjeksiyon ağrısı ile ilişkili olmuştur. Prosedürel sedasyonda uyanma remimazolamla daha uzun sürmüştür (Xing et al., 2025). Genel anestezide indüksiyon hipotansiyonu riski için 2024 tarihli bir meta-analiz de remimazolam lehine sonuç bildirmiştir (Wegner et al., 2024); Ko ve ark.'nın sekiz çalışmalık analizinde (738 hasta) RR 0,57 bulunmuştur (Ko et al., 2023). Trakeal entübasyonlu genel anestezide etkinlik ve güvenlik için ayrı bir sistematik derleme de mevcuttur (Luo & Tang, 2024). Ko ve ark.nın çalışması ayrıca remimazolamla bilinç kaybına kadar geçen sürenin yaklaşık 15 saniye daha uzun ve BIS değerinin daha yüksek olduğunu da göstermiştir (Ko et al., 2023).
- **Yaşlı hastalar.** Yaşlılarda genel anestezide yapılan meta-analiz, propofole göre daha az hipotansiyon (RR 0,51), bradikardi ve enjeksiyon ağrısı bildirmiştir (Liu et al., 2025).
- **Derlenme.** Sonuçlar bağlama göre değişir. Flumazenil ile birlikte uygulanan remimazolamın propofole göre

derlenmeyi hızlandırdığı ve solunum depresyonu riskini azalttığı bildirilmiştir (dokuz RCT, 745 hasta) (Wu et al., 2023); flumazenilsiz kullanımda derlenmenin daha hızlı olmadığına işaret eden çalışmalar da vardır (Wu et al., 2023).

- **Delirium ve ajitasyon.** 19 RCT'yi (3.031 hasta) içeren meta-analizde remimazolam, propofole göre emergence ajitasyonu veya postoperatif deliriumu artırmamıştır (Song et al., 2025). Postoperatif delirium için yapılan ayrı bir meta-analizde remimazolam lehine anlamlı risk azalması bulunmuştur (OR 0,71; %95 GA 0,52-0,97) (Zhou et al., 2025); çalışma heterojenitesi ve takip süresi farklılıkları yorumu sınırlar.

Şekil 3 RR/OR; remimazolam propofole karşı



Kaynak: Ko et al., 2023; Liu et al., 2025; Xing et al., 2025; Zhou et al., 2025

Tüm tahminler 1'in solundadır; ancak ölçüler farklı çalışmalardan gelir ve derlenme ile maliyet gibi sonuçları göstermez.

Güvenlik uyarıları. Remimazolamla anafilaksi olguları bildirilmiştir; 2024'te yayımlanan bir olgu sunumu ve literatür taraması 11 olguyu derlemiş, midazolamla çapraz reaktivite olasılığına dikkat çekmiştir (Nakai et al., 2024). Ürün, ciddi dekstran 40 aşırı duyarlılığı olanlarda kontrendikedir (Abcejo & Teixeira, 2023). Spontan bildirim verisine (FAERS) dayanan 2025 analizi, özellikle yaşlı ve yüksek riskli hastalarda kardiyak ve kardiyorespiratuvar arrest sinyalleri saptamıştır; bu tür veriler nedensellik göstermez, ancak dikkatli izlem gerektirir (Ye et al., 2025). Hepatik ve renal hastalık, obezite ve pediatrik hastalar gibi kırılgan gruplarda remimazolam güvenliğine ilişkin kanıtın sınırlı olduğu belirtilmektedir (Ge et al., 2025).

Sonuç. Remimazolam, hemodinamik olarak kırılgan hastada propofole değerlendirilebilecek modern bir alternatiftir; ancak "propofolün otomatik alternatifi" değildir. Derlenme, maliyet, erişim, klinik deneyim ve endikasyon karar sürecinin parçasıdır. Ko ve ark. da kanıtın rutin pratikte propofol yerine remimazolam kullanımını destekleyecek güçte olmadığını belirtmiştir (Ko et al., 2023).

Deksmedetomidin

Deksmedetomidin selektif α_2-adrenerjik agonisttir. Sempatik aktiviteyi azaltır; kooperatif ve uyandırılabilir sedasyon sağlar, solunum depresyonu minimaldir ve uyanık fiberoptik entübasyonda kullanılabilir. Başlıca sorunları bradikardi ve hipotansiyondur (Gropper et al., 2025).

Deksmedetomidin genel anestezinin tek başına temel hipnotiği olmaktan çok sedasyon, opioid-sparing ve seçilmiş perioperatif stratejilerde yardımcı ajan olarak düşünülmelidir.

Yükleme dozunun hızlı verilmesi belirgin bradikardi ve hipotansiyon yapabileceğinden infüzyon klinik hedefe göre titre edilmelidir.

Güncel kanıt

- Cerrahi hastalarda hasta merkezli sonuçları değerlendiren Bayes meta-analizinde deksmedetomidinin perioperatif yardımcı ajan olarak yaygın kullanıldığı, önceki derlemelerde ağrı skorlarını ve opioid tüketimini azalttığı, ancak klinik olarak önemli bradikardi ve hipotansiyonu artırabileceği vurgulanmaktadır (Verret et al., 2024).
- Kardiyak dışı cerrahide perioperatif deksmedetomidin, 65 yaş üzerindeki hastalarda postoperatif deliriumu anlamlı biçimde azaltmış; buna karşılık intraoperatif bradikardi (RR 1,39) ve hipotansiyon (RR 1,25) artmıştır (Qin et al., 2021). Yaşlılarda yarar-risk dengesi bu nedenle bireysel değerlendirilmelidir.

Yaşlı ortopedik cerrahide dokuz RCT'yi (3.159 hasta) birleştiren 2025 meta-analizi, intravenöz deksmedetomidinin postoperatif deliriumu azalttığını; hastanede kalış süresi, ağrı skoru ve 30 günlük komplikasyonlarda fark olmadığını bildirmiştir (J. Sun et al., 2025). Bölgesel anestezi altındaki 60 yaş üzeri hastalarda 18 RCT'yi içeren meta-analiz de intraoperatif intravenöz deksmedetomidinin delirium ve postoperatif kognitif disfonksiyonun önlenmesinde rol oynayabileceği sonucuna varmıştır (Wang et al., 2024). Yaşlı kardiyak cerrahide 15 RCT'yi (3.274 hasta) kapsayan 2026 meta-analizinde deksmedetomidin ile delirium insidansı azalmış (RR 0,70; %95 GA 0,56-0,86; kanıt

kesinliği orta), bradikardi artmış (RR 2,08; %95 GA 1,31-3,31), hipotansiyonda anlamlı fark bulunmamıştır. Yarar aktif komparatörlü çalışmalarda daha belirgin, plasebo veya salinli çalışmalarda anlamlı değildir (RR 0,75; %95 GA 0,55-1,03) (Li et al., 2026).

Pratik ilkeler. Hızlı yükleme dozundan kaçınılmalı; kalp hızı ve kan basıncı sürekli izlenmeli; kondüksiyon bozukluğu, hipovolemi ve beta-bloker veya diğer bradikardik ilaç kullanımında dikkatli olunmalıdır. Solunum depresyonunun sınırlı olması avantajdır; ancak diğer sedatif ve opioidlerle birlikte toplam sedatif yük ve üst hava yolu obstrüksiyonu yine de dikkate alınmalıdır (Gropper et al., 2025).

Opioid Analjezikler

Opioidler esas olarak analjezik ajanlardır; hipnotiklerden farklı olarak cerrahi ağrı yanıtını baskılamada merkezi rol oynarlar. Başlıca riskleri doz bağımlı solunum depresyonu, sedasyon, bulantı-kusma, kaşıntı, üriner retansiyon, gastrointestinal motilite azalması ve bazı ajanlarda bradikardidir. Hızlı ve yüksek doz intravenöz uygulamada göğüs duvarı rijiditesi gibi ciddi sorunlar görülebilir (Gropper et al., 2025).

Ajan	Öne Çıkan Özellik	Klinik Kullanım
Morfin	Uzun etkili; histamin salınımı daha belirgin	Postoperatif orta-şiddetli ağrı
Fentanil	Güçlü, hızlı etkili	İndüksiyon, intraoperatif analjezi
Sufentanil	Fentanilden daha potent	Kardiyak ve seçilmiş majör cerrahi
Alfentanil	Hızlı başlangıç	Kısa yoğun uyarılarda titre edilebilir analjezi
Remifentanil	Esterazlarla hızla yıkılır; çok kısa bağlam-duyarlı etki	İntraoperatif titre edilebilir analjezi; postoperatif analjezi sağlamaz

Remifentanil: hızlı sonlanmanın bedeli. Remifentanilin hızlı sonlanması önemli bir avantajdır; uzun etkili analjezi cerrahi bitmeden planlanmazsa ani ve belirgin postoperatif ağrı ortaya çıkar. Ayrıca remifentanil infüzyonu sonrasında paradoksal ağrı duyarlılığı artışı (remifentanil ilişkili postinfüzyon hiperaljezisi) tanımlanmıştır. Bu konuda 111 hastalık tek merkezli bir RCT'de insizyon çevresinde 24. saat mekanik ağrı eşiği, idamesi remimazolam veya propofolle yapılan gruplarda sevofluran grubuna göre daha yüksek bulunmuştur; yani idame ajanı bu fenomeni etkileyebilir (Ba et al., 2025). Magnezyum ve deksmedetomidin gibi ajanların hiperaljeziyi azaltmaya yönelik etkileri de incelenmektedir (Jia et al., 2023; Wu et al., 2025); bu veriler henüz rutin uygulama önerisine dönüşecek güçte değildir. Opioid-free ile opioid-sparing analjezinin karşılaştırıldığı randomize çalışmalar da yayımlanmaktadır (Zhang et al., 2024); meta-analiz verileri aşağıda özetlenmiştir. Pratik sonuç: multimodal analjezi, bölgesel teknikler ve uygun uzun etkili analjeziklerin cerrahi bitmeden planlanmasıdır (Gropper et al., 2025).

Opioid-free anestezi (OFA). 68 RCT ve 5.426 hastayı kapsayan 2025 meta-analizi birincil sonlanım olarak PONV'u incelemiş; yüksek heterojeniteli sonlanımlarda çoğu çalışmanın VAS ağrı skorlarında anlamlı azalma bulmadığı bildirilmiştir (Qin et al., 2025). Ağ meta-analizinde 24. saat ağrı şiddeti opioid temelli anesteziden farklı bulunmamış, hiçbir OFA rejimi ağrıyı anlamlı biçimde azaltmamıştır (Tripodi et al., 2025). Ortopedik cerrahide yedi RCT'yi (408 hasta) birleştiren meta-analiz, OFA'nın benzer ağrı kontrolü sağladığını, PONV riskini (RR 0,37) ve intraoperatif hipotansiyonu (RR 0,56) azalttığını, ilk analjezik talebine kadar geçen süreyi yaklaşık 26 dakika uzattığını (yazarlar bunu klinik olarak sınırlı bulmuştur), buna karşın intraoperatif bradikardiyi

artırdığını (RR 1,86) bildirmiştir (Bachtiar Effendi et al., 2025); bradikardi riski özellikle deksmedetomidin içeren rejimlerde göz önünde tutulmalıdır. Özetle OFA analjezi açısından üstünlük değil denklik, PONV açısından olası yarar sunmaktadır; rutin standart olarak değil, seçilmiş hastada multimodal stratejinin parçası olarak değerlendirilmelidir.

Opioid Antagonisti: Nalokson

Nalokson opioid reseptörlerinde yarışmalı antagonisttir ve opioid kaynaklı ciddi solunum depresyonunun tedavisinde kullanılır. Amaç yalnızca hastayı tamamen uyandırmak değil, yeterli spontan ventilasyonu sağlarken akut yoksunluğu, şiddetli ağrıyı ve sempatik yanıtı mümkün olduğunca önlemektir. Bu nedenle uygun hastada küçük, titre edilen dozlar tercih edilir (Gropper et al., 2025; Smith, 2026).

Naloksonun etki süresi birçok opioidinkinden kısadır; solunum depresyonu düzelse bile artık opioid nedeniyle yeniden sedasyon riski sürdüğünden izlem devam etmelidir. Tekrarlayan doz gerekiyorsa aralıklı bolus yerine infüzyon düşünülür (Smith, 2026). Tek merkezli bir topluluk hastanesi olgu serisinde nalokson gerektiren aşırı sedasyon ve solunum depresyonunun tümü ilk 24 postoperatif saatte görülmüştür (Newgaard et al., 2023); bu nedenle erken postoperatif dönemde izlem önemlidir.

Nonvolatil Ajanların Sistemik Etkilerinin Karşılaştırılması

Ajan	Hipnoz	Analjezi	Hipotansiyon	Solunum Depresyonu	Önemli Özellik
Propofol	+++	−/çok az	+++	+++	Hızlı derlenme, düşük PONV; PRIS
Tiyopental	+++	−	++	+++	Antikonvülzan; porfiri kontrendikasyonu
Ketamin	++	+++	Genellikle düşük; ağır şokta artabilir	+	Dissosiyatif; bronkodilatör; kritik hastada daha fazla kardiyovasküler kollaps (Casey et al., 2025)
Etomidat	+++	−	+	+	Hemodinamik stabilite; adrenal baskılanma; RSI'da mortalite artışı yok (Casey et al., 2025)
Midazolam	++	−	+	++	Amnezi; flumazenil ile geri çevrilebilir
Remimazolam	++	−	+/++ (propofolden az)	+ / ++	Esteraz metabolizması; flumazenil ile geri çevrilebilir; anafilaksi bildirimleri (Nakai et al., 2024; Xing et al., 2025)
Deksmedetomidin	+/++	++	++	+	Kooperatif sedasyon; bradikardi
Opioidler	+/−	+++	+	+++	Analjezi; solunum depresyonu

Bu tablo göreli ve yaklaşık bir karşılaştırmadır; etkiler doza, uygulama hızına, yaşa ve eşlik eden ilaçlara göre değişir.

Hasta Özelliklerine Göre Ajan Seçimi

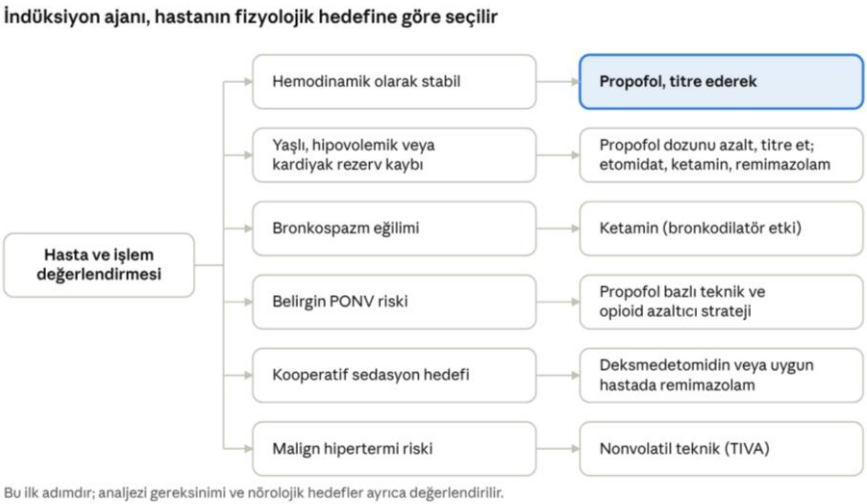
İndüksiyon ajanı seçimi bir doz ezberleme işleminden çok, fizyolojik hedef belirleme sürecidir; aynı ilaç farklı hastalarda farklı doz ve sonuçlar doğurabilir (Gropper et al., 2025).

Önce değerlendir: indüksiyon öncesi kontrol tablosu

Değerlendirme	Neye Bakılır?	Ajan Seçimine Etkisi
Hemodinamik rezerv ve volüm	Hipovolemi, şok, kalp yetersizliği, vazopressör gereksinimi	Propofol dozu azaltılır ve titre edilir; etomidat, ketamin veya remimazolam klinik bağlamda değerlendirilir (Casey et al., 2025; Gropper et al., 2025)
Yaş ve kırılganlık	İleri yaş, frailty, eşlik eden hastalıklar	Düşük doz, yavaş titrasyon; yaşlıda remimazolam propofole göre daha az hipotansiyon ile ilişkilidir (Liu et al., 2025)
Solunum ve hava yolu	Bronkospazm, uyku apnesi, zor hava yolu	Ketamin bronkodilatördür; benzodiazepin ve opioid birlikte solunum depresyonunu artırır (Gropper et al., 2025)
Ağrı ve opioid gereksinimi	Beklenen ağrı şiddeti, kronik opioid kullanımı	Ketamin ve opioidler multimodal planın parçası olur; remifentanil kullanılacaksa uzun etkili analjezi baştan planlanır (Ba et al., 2025; Gropper et al., 2025)
Alerji öyküsü	Yumurta, soya, fıstık; benzodiazepin veya dekstran 40 aşırı duyarlılığı; önceki anafilaksi	Gıda alerjisi tek başına propofol kontrendikasyonu değildir (Asserhøj et al., 2016; Sommerfield et al., 2019); ciddi dekstran 40 aşırı duyarlılığında remimazolam kontrendikedir (Abcejo & Teixeira, 2023)
Nörolojik durum	İntrakraniyal patoloji, nöbet	Ketamin mutlak kontrendikasyon değildir; kontrollü ventilasyon ve kanıtın düşük olduğu akılda tutulur (Gregers et al., 2020; Sameer & Abbas, 2024)
Organ fonksiyonu	Karaciğer ve böbrek yetersizliği	İlaç etkisi uzayabilir; kırılgan gruplarda remimazolam güvenlik verisi sınırlıdır (Ge et al., 2025; Gropper et al., 2025)
Eşlik eden ilaçlar	Beta-bloker ve diğer bradikardik ilaçlar, sedatifler, opioidler	Deksmedetomidin bradikardi riskini artırır; toplam sedatif yük gözetilir (Gropper et al., 2025; Li et al., 2026)
Özel riskler	Porfiri, malign hipertermi, belirgin PONV riski	Porfiride tiyopental kontrendikedir; malign hipertermi ve yüksek PONV riskinde nonvolatil teknik avantaj sağlayabilir (Gropper et al., 2025)
İşlem ve süre	Uzun işlem, yoğun bakım sedasyonu	Uzun, yüksek doz propofolde PRIS akılda tutulur (Krajčová et al., 2015); TIVA planında teknik güvenlik kontrolü yapılır (Nimmo et al., 2019)

1. **Hemodinamik olarak stabil hasta:** Propofol çoğu erişkinde standart seçeneklerden biridir.
2. **Yaşlı, hipovolemik veya kardiyak rezervi kaybolmuş hasta:** Propofol dozu azaltılmalı ve titre edilmelidir; etomidat, ketamin veya uygun hastada remimazolam değerlendirilebilir. Kritik hastada acil entübasyonda ketaminin etomidata üstünlüğü gösterilmemiştir ve daha fazla kardiyovasküler kollaps bildirilmiştir (Casey et al., 2025).
3. **Bronkospazm eğilimi:** Ketamin bronkodilatör özelliği nedeniyle avantaj sağlayabilir.
4. **Belirgin PONV riski:** Propofol bazlı teknik ve opioid azaltıcı stratejiler düşünülebilir.
5. **Kısa veya kooperatif sedasyon:** Deksmedetomidin veya uygun hastada remimazolam değerlendirilebilir.
6. **Belirgin analjezi ihtiyacı:** Ketamin ve opioidler multimodal stratejinin parçası olabilir.
7. **Malign hipertermi riski:** Nonvolatil teknikler (TIVA) avantaj sağlayabilir.
8. **TIVA planı:** İlaç uygulama sürekliliği, damar yolu, pompa ve anestezi derinliği izlenmelidir.

Şekil 4 indüksiyon ajanı seçimi, 6 klinik durum



Şekil, tek bir ajan önermez; her satır bir klinik durum için değerlendirilecek seçeneği gösterir.

Klinik karar akışı: indüksiyon ajanı seçimi

1. Hemodinamik rezervi değerlendir: ciddi hipotansiyon veya şok var mı?
2. Hava yolunu ve bronkospazm riskini değerlendir.
3. Ağrı potansiyelini ve opioid gereksinimini belirle.
4. PONV ve malign hipertermi riskini değerlendir.
5. Nörolojik hedefleri ve intrakraniyal patolojiyi değerlendir.
6. Propofol uygunsa titre ederek kullan.

7. Hemodinamik kırılganlıkta etomidat, ketamin veya remimazolam gibi alternatifleri klinik bağlamda değerlendir.
8. Belirgin analjezi gerekiyorsa ketamin/opioidleri multimodal stratejiye ekle.
9. Sedasyon hedefleniyorsa midazolam, deksmedetomidin veya uygun hastada remimazolamı değerlendir.
10. TIVA planlanıyorsa ilaç sürekliliği ve anestezi derinliği için teknik güvenlik kontrolünü tamamla.

Evre evre yönetim

Evre	Yapılacaklar	Dikkat
Hazırlık	Standart monitörizasyon (EKG, kan basıncı, SpO_2, kapnografi); güvenli damar yolu; TIVA'da pompa ve ilaç konsantrasyonunun doğrulanması; vazopressör ve acil ilaçların hazır bulundurulması	Hemodinamik olarak kırılgan hastada indüksiyon öncesi sürekli basınç izlemi düşünülür
İndüksiyon	Seçilen ajanı titre ederek ver; hedef hemodinamiyi önceden belirle; hipotansiyon gelişirse nedeni ayırt et (volüm, vazodilatasyon, miyokard depresyonu)	Hızlı propofol bolusu; ketaminin kritik hastada güvenli olduğu varsayımı (Casey et al., 2025)
İdame	TIVA'da infüzyon hattı ve damar yolunu görünür tut; nöromüsküler blok varsa pEEG kullan; opioidi uzun etkili analjezi planıyla birlikte yönet	Pompa alarmı veya beklenmeyen derinlik değişikliğinde ilaç uygulama sistemini baştan kontrol et (Nimmo et al., 2019)
Uyanma ve derlenme	Solunum ve bilinç düzeyini yakından izle; gerekirse nalokson küçük dozlarla titre edilir, remimazolam için flumazenil kullanılabilir	Naloksonun etkisi opioidden kısa sürebilir, yeniden sedasyon izlenir (Smith, 2026)
Postoperatif	Multimodal analjezi; PONV profilaksisi; ilk 24 saatte solunum ve sedasyon izlemi; yaşlıda delirium riskine göre ajan ve doz gözden geçirilir	Remifentanil sonrası ani ağrı ve hiperaljezi (Ba et al., 2025; Gropper et al., 2025)

TIVA: Total İntravenöz Anestezi

TIVA, anestezi hipnozunun ve çoğu zaman analjezinin intravenöz infüzyonlarla sağlandığı tekniktir. Malign hipertermi riski, belirgin PONV riski, inhalasyon ajanlarının uygun olmadığı durumlar, bazı nöroşirürjik ve nörofizyolojik işlemler ve çevresel hedefler gibi durumlarda yararlı olabilir. Ancak TIVA "daha güvenli" veya "her zaman daha iyi" bir teknik değildir; uygulayıcının deneyimi ve ilaç dağıtım sisteminin güvenilirliği kritik önemdedir (Gropper et al., 2025).

TIVA'da inhalasyon ajanı konsantrasyonu gibi doğrudan ölçülen bir derinlik göstergesi yoktur; farmakokinetik/ farmakodinamik model, klinik bulgular ve gerektiğinde işlenmiş EEG kullanılır. Kaynak metin üç kompartmanlı modeli merkezi kompartman, hızlı dengelenen ve yavaş dengelenen periferik kompartmanlar üzerinden açıklar (Gropper et al., 2025).

TIVA ile inhalasyon anestezisi. Propofol TIVA'yı sevofluran, desfluran veya izofluranla karşılaştıran RCT'lerin meta-analizinde hastane içi (RR 1,05; 27 çalışma, 3.846 hasta), 30 günlük (RR 0,97; 23 çalışma, 9.667 hasta) ve bir yıllık mortalite (RR 1,14; 13 çalışma, 9.317 hasta) açısından fark bulunmamış; TIVA postoperatif derlenme sonuçlarında avantaj sağlamıştır (Kampman et al., 2024). Kanser cerrahisi sonrası uzun dönem sağkalımı inceleyen bir meta-analiz TIVA ile daha düşük mortalite bildirmiştir (Jin et al., 2019); bu bulgunun nedensel yorumu sınırlıdır ve TIVA seçimi için tek başına gerekçe oluşturmaz.

TIVA Güvenliği ve Farkındalık Riski

TIVA'nın en önemli teknik riski ilacın istemeden kesilmesi veya yetersiz verilmesidir. İnfüzyon hattının ayrılması, pompa

arızası, damar yolunun infiltrasyonu, yanlış ilaç veya konsantrasyon ve yanlış programlama anestezi derinliğinin hızla azalmasına yol açabilir (Gropper et al., 2025).

Association of Anaesthetists ve Society for Intravenous Anaesthesia'nın 2018 kılavuzunun başlıca önerileri şunlardır (Nimmo et al., 2019):

- Propofol infüzyonuyla idamede hedef kontrollü infüzyon (TCI) kullanımı önerilir.
- İnfüzyonun verildiği kanül veya santral kateter, mümkün olduğunda anestezi boyunca görünür olmalıdır.
- Anestezistler işlenmiş EEG'nin ilkelerini, yorumunu ve sınırlılıklarını bilmelidir; EEG izinin ve EMG aktivitesinin gözlenmesi klinik yararı artırır.
- TIVA ile birlikte nöromüsküler bloker kullanılıyorsa pEEG izlemi önerilir.
- Ameliyathane dışında uygulanan TIVA'da da ameliyathane ile aynı uygulama ve izlem standartları geçerlidir.

Kılavuz yayımcı sayfasında gözden geçirilmekte olduğu belirtilmektedir (Nimmo et al., 2019); bölümün son redaksiyonunda güncel sürüm kontrol edilmelidir.

Pratik kontrol listesi

- İşlem öncesi infüzyon pompası ve ilaç konsantrasyonunu doğrula.

- İnfüzyon hattını görünür, bağlantıları sağlam tut; damar yolu açıklığını ve infüzyonun hastaya gittiğini düzenli değerlendir.
- Pompa alarmında veya beklenmeyen derinlik değişikliğinde ilaç uygulama sistemini baştan kontrol et.
- Yüksek farkındalık riskinde pEEG kullan; nöromüsküler blok varken farkındalığın hareketle değerlendirilemeyeceğini unutma (Gropper et al., 2025; Nimmo et al., 2019).

Şekil 5 TIVA infüzyon zinciri ve izlem



Kaynak: Gropper et al., 2025; Nimmo et al., 2019

Zincirin herhangi bir halkasındaki kopukluk, hastada anestezi derinliğinin düşmesi olarak ortaya çıkar; izlem bu halkaların hepsini kapsar.

Uygulamadaki değişim. Birleşik Krallık'ta 5. Ulusal Denetim Projesi (NAP5) sonrasında yapılan bölgesel servis değerlendirmesinde, nöromüsküler blokla TIVA uygulanan olgularda pEEG kullanımının NAP5'teki %23'ten %85'e yükseldiği bildirilmiştir (Preston et al., 2024). İşlenmiş EEG yardımcı bir monitördür; klinik değerlendirmenin ve ilaç uygulama sistemi güvenlik kontrollerinin yerini tutmaz (Gropper et al., 2025).

Eski Bilgilerin Güncel Klinik Çerçevesi

Eski Yaklaşım	2026 Yaklaşımı
Ketamin ICP'yi mutlaka artırır ve nörolojik hastada kullanılmaz.	Kontrollü ventilasyonda ketamin seçilmiş nörolojik hastalarda kullanılabilir; kanıt düzeyi düşüktür, klinik bağlam önemlidir (Gregers et al., 2020; Sameer & Abbas, 2024).
Etomidat her kritik hastada en güvenli indüksiyon ajanıdır.	Hemodinamik avantajı vardır ve RSI'da mortaliteyi artırmamıştır; yine de adrenal supresyon ve klinik bağlam nedeniyle bireyselleştirilmelidir (Casey et al., 2025).
Ketamin şokta her zaman güvenli ve tercih edilen ajandır.	Kritik hastada acil entübasyonda mortaliteyi azaltmamış, kardiyovasküler kollapsı artırmıştır (Casey et al., 2025).
Etomidat adrenal supresyon nedeniyle mortaliteyi artırır.	Tek doz için RSI çalışması mortalite artışı göstermemiştir; tekrarlayan kullanım ayrı değerlendirilir (Casey et al., 2025).
Yumurta alerjisi propofol için kontrendikasyondur.	Yumurta/soya/fıstık alerjisi tek başına mutlak kontrendikasyon değildir; reaksiyonun niteliği değerlendirilir (Asserhøj et al., 2016; Sommerfield et al., 2019).
Benzodiazepinler yüksek dozda bile solunumu çok az etkiler.	Opioidlerle birlikte solunum depresyonu belirginleşir; yaşlı ve kırılgan hastada dikkat gerekir (Gropper et al., 2025).
Propofol tek uygun hipnotiktir; alternatifler zayıftır.	Remimazolam hemodinamik kırılgan hastada alternatif olabilir; derlenme, maliyet ve nadir anafilaksi dikkate alınmalıdır (Ko et al., 2023; Nakai et al., 2024; Xing et al., 2025).
TIVA propofol + remifentanilden ibarettir.	TIVA bir teknik ve uygulama sistemidir; ilaç ve model seçimi hastaya göre belirlenir (Gropper et al., 2025; Nimmo et al., 2019).
BIS/farkındalık değerlendirmesi yalnızca sayısal değere dayanır.	İşlenmiş EEG yardımcı monitördür; klinik ve teknik güvenlik kontrollerinin yerini tutmaz (Gropper et al., 2025; Nimmo et al., 2019).

Klinik Uyarılar: Sık Yapılan Hatalar

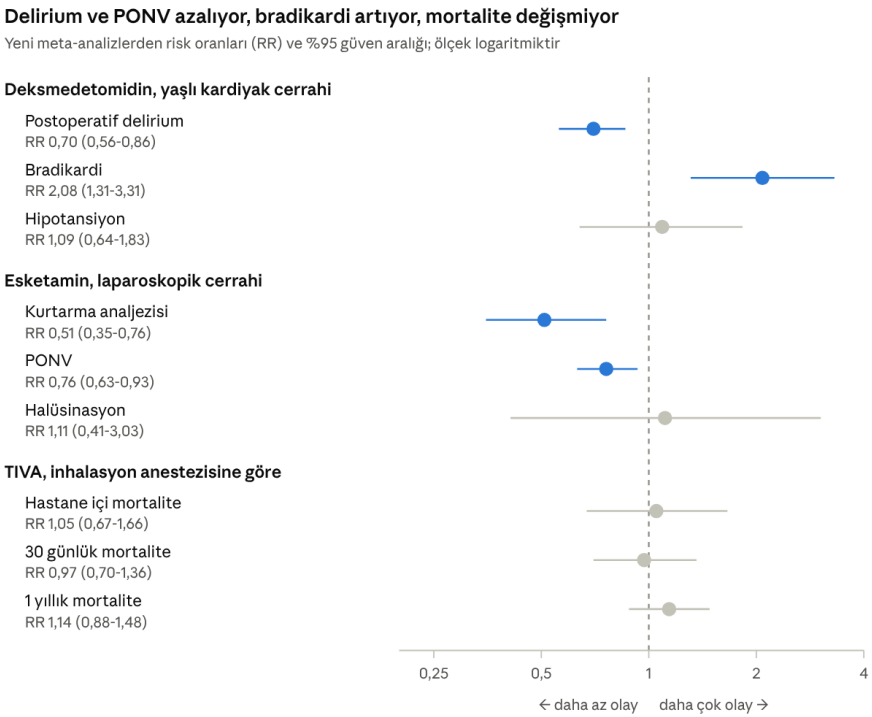
Sık Hata	Olası Sonuç	Doğrusu
Yaşlı veya hipovolemik hastada propofolu standart dozda ve hızlı bolusla vermek	Ağır hipotansiyon	Dozu azalt, yavaş titre et (Gropper et al., 2025)
"Ketamin şokta her zaman güvenlidir" varsayımı	Kritik hastada kardiyovasküler kollaps (%22,1; etomidatta %17,0)	Vazopressörü hazır tut, ajanı klinik bağlamda seç (Casey et al., 2025)
Etomidatı mortaliteyi artırır diye topluca dışlamak ya da her kritik hastaya refleks olarak vermek	Gereksiz ajan kısıtlaması veya hemodinamik/adrenal riskin göz ardı edilmesi	RSI'da mortalite artmadı; seçimi bireyselleştir, tekrarlayan kullanımı ayrı değerlendir (Andriazzi et al., 2026; Casey et al., 2025)
Yumurta alerjisi nedeniyle propofolden kaçınmak	Gereksiz ajan değişikliği	Reaksiyonun niteliğini ve gerçek anafilaksi öyküsünü sorgula (Asserhøj et al., 2016; Sommerfield et al., 2019)
Remifentanili bitirip uzun etkili analjeziyi planlamamak	Uyanmada şiddetli ağrı, hiperaljezi	Multimodal analjezi ve bölgesel teknikleri cerrahi bitmeden planla (Ba et al., 2025; Gropper et al., 2025)
TIVA'da hat, damar yolu ve pompayı kontrol etmemek; nöromüsküler blokla birlikte pEEG kullanmamak	Farkındalık	Görünür hat, güvenli damar yolu, pEEG (Nimmo et al., 2019)
Uzun süreli yüksek doz propofol infüzyonunda açıklanamayan asidoz veya rabdomiyolizi göz ardı etmek	Propofol infüzyon sendromu	İnfüzyonu sonlandır, alternatif sedasyon düşün (Krajčová et al., 2015)
Remimazolamı "propofolün otomatik alternatifi" saymak	Anafilaksi, kırılgan hastada öngörülemeyen etki	Endikasyon ve kontrendikasyonları değerlendir (Abcejo & Teixeira, 2023; Ge et al., 2025; Nakai et al., 2024)
Deksmedetomidin yüklemesini hızlı vermek	Bradikardi, hipotansiyon	Hedefe göre titre et, kalp hızını izle (Gropper et al., 2025; Li et al., 2026)
Benzodiazepin ve opioidi standart dozda birlikte vermek	Solunum depresyonu (yaşlı, uyku apnesi)	Düşük doz, titrasyon, sürekli izlem (Gropper et al., 2025)
Naloksonla hastayı tamamen uyandırmaya çalışmak	Yoksunluk, şiddetli ağrı, sempatik yanıt	Küçük dozlarla titre et, yeniden sedasyonu izle (Smith, 2026; Gropper et al., 2025

Meta-Analiz ve Sistematik Derleme Özeti

Konu	Çalışma ve Kapsam	Ana Bulgu	Kaynak
Remimazolam ve propofol, etkinlik ve güvenlik	27 RCT, 7.283 hasta (2025)	Başarı benzer; hipotansiyon ve enjeksiyon ağrısı daha az; prosedürel sedasyonda uyanma daha uzun	Xing et al., 2025
Remimazolam ve propofol, indüksiyon hipotansiyonu	8 çalışma, 738 hasta (2023)	RR 0,57; BIS daha yüksek, bilinç kaybı yaklaşık 15 sn daha uzun	Ko et al., 2023
Remimazolam ve propofol, yaşlı hasta	Meta-analiz (2025)	Hipotansiyon RR 0,51; bradikardi ve enjeksiyon ağrısı daha az	Liu et al., 2025
Remimazolam ve flumazenil, derlenme	9 RCT, 745 hasta	Propofole göre derlenme hızlı, solunum depresyonu riski düşük	Wu et al., 2023
Remimazolam, ajitasyon ve delirium	19 RCT, 3.031 hasta (ajitasyon); delirium için ayrı meta-analiz	Ajitasyon artmadı; delirium OR 0,71	Song et al., 2025; Zhou et al., 2025
Remimazolam ve etomidat	Yayımlanmış meta-analiz bulunamadı; protokol ve tek RCT	Kanıt çelişkili	Huang et al., 2023; Zhao et al., 2024
Ketamin ve etomidat, kritik hasta	RSI RCT (2.365 hasta); meta-analiz	Mortalite fark yok; ketaminde hipotansiyon ve kollaps daha sık	Andriazzi et al., 2026; Casey et al., 2025
Ketamin, akut beyin hasarı	Sistematik derlemeler	Kanıt düzeyi düşük ve tutarsız; belirgin zarar saptanmamış	Gregers et al., 2020; Sameer & Abbas, 2024
Esketamin	Meme cerrahisi (7 çalışma, 748 hasta); laparoskopik cerrahi	Meme: ağrıda anlamlı fark yok; laparoskopik: ağrı, kurtarma analjezisi ve PONV azalmış (kesinlik düşük)	Li & Wang, 2026; X. Sun et al., 2025
Deksmedetomidin	Kardiyak dışı cerrahi (2021); yaşlı ortopedi, 9 RCT (2025); yaşlı kardiyak cerrahi, 15 RCT (2026)	Delirium azalır; bradikardi RR 1,39, hipotansiyon RR 1,25; yaşlı kardiyak cerrahide delirium RR 0,70, bradikardi RR 2,08	J. Sun et al., 2025; Li et al., 2026; Qin et al., 2021
Opioid-free anestezi	68 RCT, 5.426 hasta (2025); ağ meta-analizi; ortopedi	Analjezi benzer; PONV azalma eğilimi (ortopedi RR 0,37)	Bachtiar Effendi et al., 2025; Qin et al., 2025; Tripodi et al., 2025
TIVA ve inhalasyon anestezisi	RCT meta-analizi (2024)	Mortalite fark yok; derlenme avantajı	Kampman et al., 2024

Tablo, bölümde tartışılan meta-analizlerin yalnızca özetidir; etki büyüklükleri farklı sonlanımlara ve popülasyonlara aittir ve doğrudan karşılaştırılamaz.

Şekil 6



Kaynak: Kampman et al., 2024; Li et al., 2026; Li & Wang, 2026

Üç meta-analiz aynı eksende gösteriliyor; her satır kendi çalışmasından alınmıştır ve satırlar arası doğrudan karşılaştırma yapılamaz.

Vaka Odaklı Sorular ve Yanıtlar

1. 78 yaşında, hipovolemik, ASA III bir hastada kolon cerrahisi için indüksiyonu nasıl yaparım? Önce volüm ve hemodinamik rezervi değerlendirin. Propofol kullanılacaksa dozu azaltıp yavaş titre edin; hemodinamik kırılganlık belirginse etomidat, ketamin veya remimazolam klinik bağlamda düşünülebilir. Yaşlıda remimazolam propofole göre daha az hipotansiyon ve bradikardi ile ilişkilidir, ancak rutin üstünlüğü gösterilmiş değildir (Gropper et al., 2025; Ko et al., 2023; Liu et al., 2025).

2. Septik şoktaki hastaya acil entübasyonda ketamin mi etomidat mı? RSI çalışması ve güncel meta-analiz mortalitede fark göstermemiştir. Ketaminde kardiyovasküler kollaps ve post-entübasyon hipotansiyonu, etomidatta adrenal supresyon daha sık görülmüştür. Hemodinamik instabilite belirgin ise etomidat daha uygun görünür; hangi ajan seçilirse seçilsin vazopressör hazır olmalıdır (Andriazzi et al., 2026; Casey et al., 2025).

3. Yumurta alerjisi öyküsü olan hastada propofol kullanabilir miyim? Yumurta alerjisi tek başına mutlak kontrendikasyon değildir. Reaksiyonun niteliğini ve gerçek anafilaksi öyküsü olup olmadığını sorgulayın; propofole karşı doğrulanmış alerji varsa kullanmayın (Asserhøj et al., 2016; Sommerfield et al., 2019).

4. TIVA sırasında hasta beklenmedik biçimde hareket etti veya derinlik göstergesi düştü. Ne yaparım? İlaç uygulama sistemini baştan kontrol edin: pompa, konsantrasyon, hat bağlantıları, damar yolu açıklığı ve infiltrasyon. Nöromüsküler blok varsa hareket güvenilir bir gösterge değildir; pEEG kullanın (Gropper et al., 2025; Nimmo et al., 2019).

5. Remifentanil ile majör cerrahi yaptım; uyanmadan hemen sonra hasta şiddetli ağrı çekiyor. Neyi atladım? Remifentanilin etkisi hızla sona erer ve postoperatif analjezi sağlamaz; ayrıca postinfüzyon hiperaljezisi tanımlanmıştır. Uzun etkili analjezi, multimodal yaklaşım ve bölgesel teknikler cerrahi bitmeden planlanmalıdır (Ba et al., 2025; Gropper et al., 2025).

6. Yaşlı hastada deksmedetomidin ile sedasyon planlıyorum. Nelere dikkat ederim? Kardiyak dışı ve kardiyak cerrahide yaşlıda delirium insidansını azaltabilir, ancak bradikardi artar (kardiyak cerrahide RR 2,08). Hızlı yüklemeden kaçının, kalp hızı ve kan basıncını izleyin, bradikardik ilaç kullanan veya iletim bozukluğu olan hastada dikkatli olun (Li et al., 2026; Qin et al., 2021).

Bilinmesi Gerekenler

1. "En iyi intravenöz anestezik" yoktur; seçim hastanın hemodinamik ve solunumsal rezervine, ağrı ve alerji öyküsüne göre yapılır.
2. Propofol temel hipnotiktir; hipotansiyon ve apne en önemli akut sorunlardır, yaşlı ve hipovolemikte titre edilmelidir.
3. Yumurta, soya veya fıstık alerjisi propofol için tek başına kontrendikasyon değildir.
4. Uzun süreli yüksek doz propofolde açıklanamayan asidoz, rabdomiyoliz veya kardiyak yetersizlik PRIS'i düşündürmelidir.

5. Kritik hastada acil entübasyonda ketamin mortaliteyi azaltmamış, kardiyovasküler kollapsı artırmıştır; etomidat tek dozda mortaliteyi artırmamıştır.
6. Ketamin için intrakraniyal basınç dogması terk edilmiştir; nörolojik hastada kullanım klinik bağlama bağlıdır.
7. Remimazolam propofole benzer başarı ve daha az hipotansiyon sunar; anafilaksi ve kırılgan gruplardaki sınırlı güvenlik verisi unutulmamalıdır.
8. Deksmedetomidin delirium için yararlı olabilir; bradikardi ve hipotansiyon izlenmelidir.
9. Remifentanil postoperatif analjezi sağlamaz; uzun etkili analjezi cerrahi bitmeden planlanmalıdır.
10. TIVA'da ilacın hastaya ulaştığından emin olmak güvenliğin temelidir: görünür hat, güvenli damar yolu, nöromüsküler blokla birlikte pEEG.

Kaynakça

Abcejo, A. S., & Teixeira, M. T. (2023). Remimazolam: patient safety considerations of a novel, practice-changing drug in perioperative medicine. *APSF Newsletter, 38*, 80-83. https://www.apsf.org/article/remimazolam-patient-safety-considerations-of-a-novel-practice-changing-drug-in-perioperative-medicine/

Andriazzi, V. H., Curcio, R. P., Novais, M. A. R. A., Fernandes, B. L. G., Rosa, G. C., Vasconcelos, J. G. S., & Quineper, J. N. (2026). Etomidate Versus Ketamine for Emergency Intubation in Critically Ill Patients: An Updated Meta-Analysis and Systematic Review. *Journal of Intensive Care Medicine, 8850666261460825*. Advance online publication. doi: 10.1177/08850666261460825.

Asserhøj, L. L., Mosbech, H., Krøigaard, M., & Garvey, L. H. (2016). No evidence for contraindications to the use of propofol in adults allergic to egg, soy or peanut†. *British Journal of Anaesthesia, 116*(1), 77–82. doi: 10.1093/bja/aev360.

Ba, Y., Wang, Y., Dai, L., & Yang, S. (2025). Effects of different anesthetics on remifentanil-induced postinfusion hyperalgesia in patients undergoing percutaneous endoscopic interlaminar discectomy: a randomized controlled trial. *Frontiers in Medicine, 12*, 1679322. doi: 10.3389/fmed.2025.1679322.

Bachtiar Effendi, A., Cahya Ramadhan, F., Ica Manohara, G. D., & Laksono, R. M. (2026). The effect of opioid-free anesthesia on postoperative pain in orthopedic surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trial. *Revista Espanola de Anestesiologia y Reanimacion, 73*(1), 501989. doi: 10.1016/j.redare.2026.501989.

Butterworth, J. F., Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (2022). *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology* (7th ed.). McGraw-Hill.

Casey, J. D., Seitz, K. P., Driver, B. E., Gibbs, K. W., Ginde, A. A., Trent, S. A., Russell, D. W., Muhs, A. L., Prekker, M. E., Gaillard, J. P., Resnick-Ault, D., Stewart, L. J., Whitson, M. R., DeMasi, S. C., Robinson, A. E., Palakshappa, J. A., Aggarwal, N. R., Brainard, J. C., Douin, D. J., Marvi, T. K., … RSI Investigators and the Pragmatic Critical Care Research Group (2026). Ketamine or Etomidate for Tracheal Intubation of Critically Ill Adults. *The New England Journal of Medicine, 394*(16), 1608–1620. doi: 10.1056/NEJMoa2511420.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Ge, J. Y., Deng, B. R., Cao, X. H., & Liu, X. J. (2025). Safety of Remimazolam in Vulnerable Populations. *Drug Design, Development and Therapy, 19*, 8691–8709. doi: 10.2147/DDDT.S536873.

Gregers, M. C. T., Mikkelsen, S., Lindvig, K. P., & Brøchner, A. C. (2020). Ketamine as an Anesthetic for Patients with Acute Brain Injury: A Systematic Review. *Neurocritical Care, 33*(1), 273–282. doi: 10.1007/s12028-020-00975-7.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Huang, X., Cao, H., Zhang, C., Lan, H., Gong, X., Li, R., Lin, Y., Xu, B., Chen, H., & Guan, X. (2023). The difference in mean arterial

pressure induced by remimazolam compared to etomidate in the presence of fentanyl at tracheal intubation: A randomized controlled trial. *Frontiers in Pharmacology, 14*, 1143784. doi: 10.3389/fphar.2023.1143784.

Jia, Z., Chen, Y., Gao, T., Yuan, Y., Zheng, Y., Xie, Y., Wang, G., Yu, Y., & Zhang, L. (2023). Nalmefene vs. dexmedetomidine for prevention of postoperative hyperalgesia in patients undergoing laparoscopic gynecological surgery with remifentanil infusion: A randomized double-blind controlled trial. *Frontiers in Pharmacology, 14*, 1131812. doi: 10.3389/fphar.2023.1131812.

Jin, Z., Li, R., Liu, J., & Lin, J. (2019). Long-term prognosis after cancer surgery with inhalational anesthesia and total intravenous anesthesia: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Physiology, Pathophysiology and Pharmacology, 11*(3), 83–94.
https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6628011/pdf/ijppp0011-0083.pdf

Kampman, J. M., Hermanides, J., Hollmann, M. W., Gilhuis, C. N., Bloem, W. A., Schraag, S., Pradelli, L., Repping, S., & Sperna Weiland, N. H. (2024). Mortality and morbidity after total intravenous anaesthesia versus inhalational anaesthesia: a systematic review and meta-analysis. *EClinicalMedicine, 72*, 102636. doi: 10.1016/j.eclinm.2024.102636.

Ko, C. C., Hung, K. C., Illias, A. M., Chiu, C. C., Yu, C. H., Lin, C. M., Chen, I. W., & Sun, C. K. (2023). The use of remimazolam versus propofol for induction and maintenance of general anesthesia: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Pharmacology, 14*, 1101728. doi: 10.3389/fphar.2023.1101728.

Krajčová, A., Waldauf, P., Anděl, M., & Duška, F. (2015). Propofol infusion syndrome: a structured review of experimental studies and 153 published case reports. *Critical Care (London, England), 19*, 398. doi: 10.1186/s13054-015-1112-5.

Li, A., Wu, H., Zhang, K., & Ying, J. (2026). Efficacy and hemodynamic safety of perioperative dexmedetomidine for the prevention of postoperative delirium in elderly patients undergoing cardiac surgery: an updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Neurology, 17*, 1895312. doi: 10.3389/fneur.2026.1895312.

Li, J., & Wang, X. (2026). Esketamine for Postoperative Multimodal Analgesia in Laparoscopic Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Pain Research, 19*, 597557. doi: 10.2147/JPR.S597557.

Liu, X., Zhang, L., Zhao, L., Zhou, X., Mao, W., Chen, L., Zhu, H., Xie, Y., & Li, L. (2025). Comparison of the safety of remimazolam and propofol during general anesthesia in elderly patients: systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine, 12*, 1409495. doi: 10.3389/fmed.2025.1409495.

Luo, H., & Tang, Z. (2024). Efficacy and safety of remimazolam vs. propofol for general anesthesia with tracheal intubation: Systematic review and meta-analysis. *Biomedical Reports, 22*(1), 13. doi: 10.3892/br.2024.1891.

Nakai, T., Kako, E., Ota, H., So, M., & Sobue, K. (2024). Remimazolam anaphylaxis in a patient not allergic to brotizolam: a case report and literature review. *BMC Anesthesiology, 24*(1), 204. doi: 10.1186/s12871-024-02591-w.

Newgaard, O. R., Weingarten, T. N., Sprung, J., Suginaka, A. T., & Gurrieri, C. (2023). Postoperative opioid-induced respiratory depression or oversedation requiring naloxone treatment in a community hospital: a case series. *Proceedings (Baylor University. Medical Center), 37*(1), 55–60. doi: 10.1080/08998280.2023.2269030.

Nimmo, A. F., Absalom, A. R., Bagshaw, O., Biswas, A., Cook, T. M., Costello, A., Grimes, S., Mulvey, D., Shinde, S., Whitehouse, T., & Wiles, M. D. (2019). Guidelines for the safe practice of total intravenous anaesthesia (TIVA): Joint Guidelines from the Association of Anaesthetists and the Society for Intravenous Anaesthesia. *Anaesthesia, 74*(2), 211–224. doi: 10.1111/anae.14428.

Preston, K. L., Jackson, A. I., & SPARC investigators (2024). Prevention of accidental awareness under general anaesthesia: A regional service evaluation. *Journal of Perioperative Practice, 34*(12), 394–400. doi: 10.1177/17504589241228201.

Qin, C., Jiang, Y., Lin, C., Li, A., & Liu, J. (2021). Perioperative dexmedetomidine administration to prevent delirium in adults after non-cardiac surgery: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Anesthesia, 73*, 110308. doi: 10.1016/j.jclinane.2021.110308.

Qin, J., Zhang, J., Bo, J., Ma, X., & He, X. (2025). Impact of the absence of opioid anesthesia on postoperative outcome indicators: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine, 12*, 1639968. doi: 10.3389/fmed.2025.1639968.

Sameer, M., & Abbas, D. A. (2024). Clinical outcomes of ketamine in patients with traumatic brain injury: A systematic review.

International Journal of Critical Illness and Injury Science, 14(3), 160–175. doi: 10.4103/ijciis.ijciis_36_24.

Smith, S. (2026). *Naloxone - protocol for the management of opioid induced respiratory depression.* NHS Borders Clinical Guidelines. https://www.rightdecisions.scot.nhs.uk/nhs-borders-clinical-guidelines/emergency-care/acute-pain-management/naloxone-protocol-for-the-management-of-opioid-induced-respiratory-depression/

Sommerfield, D. L., Lucas, M., Schilling, A., Drake-Brockman, T. F. E., Sommerfield, A., Arnold, A., & von Ungern-Sternberg, B. S. (2019). Propofol use in children with allergies to egg, peanut, soybean or other legumes. *Anaesthesia, 74*(10), 1252–1259. doi: 10.1111/anae.14693.

Song, J. L., Ye, Y., Hou, P., Li, Q., Lu, B., & Chen, G. Y. (2025). Remimazolam vs. propofol for induction and maintenance of general anesthesia: A systematic review and meta-analysis of emergence agitation risk in surgical populations. *Journal of Clinical Anesthesia, 103*, 111815. doi: 10.1016/j.jclinane.2025.111815.

Sun, J., Wang, D., Zhao, Y., Bai, Y., Wang, S., Meng, C., Miao, G., & Liu, P. (2025). Intravenous dexmedetomidine for delirium prevention in elderly patients following orthopedic surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Pharmacology & Toxicology, 26*(1), 8. doi: 10.1186/s40360-025-00841-2.

Sun, X., Li, C., Xu, L., Lin, X., Zhang, Z., Lin, C., Li, J., & Wei, P. (2025). Effect and safety of perioperative ketamine/esketamine administration on postoperative pain and depression after breast cancer surgery: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Pharmacology, 16*, 1532524. doi: 10.3389/fphar.2025.1532524.

Tripodi, V. F., Sardo, S., Ippolito, M., & Cortegiani, A. (2025). Effectiveness and safety of opioid-free anesthesia compared to opioid-based anesthesia: a systematic review and network meta-analysis. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care, 5*(1), 53. doi: 10.1186/s44158-025-00272-9.

Verret, M., Le, J. B. P., Lalu, M. M., Jeffers, M. S., McIsaac, D. I., Nicholls, S. G., Turgeon, A. F., Ramchandani, R., Li, H., Hutton, B., Zivkovic, F., Graham, M., Lê, M., Geist, A., Bérubé, M., O'Hearn, K., Gilron, I., Poulin, P., Daudt, H., Martel, G., … Fergusson, D. A. (2024). Effectiveness of dexmedetomidine on patient-centred outcomes in surgical patients: a systematic review and Bayesian meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia, 133*(3), 615–627. doi: 10.1016/j.bja.2024.06.007.

Wang, D., He, X., Li, Z., Tao, H., & Bi, C. (2024). The role of dexmedetomidine administered via intravenous infusion as adjunctive therapy to mitigate postoperative delirium and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients undergoing regional anesthesia: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Anesthesiology, 24*(1), 73. doi: 10.1186/s12871-024-02453-5.

Wegner, B. M., Wegner, G. M., Spagnol, L. W., Costa, L. A., Spagnol, V. W., & Paiva, D. F. (2024). Comparison between hemodynamic effects of remimazolam and propofol during general anesthesia: a systematic review and meta-analysis. Minerva *Anestesiologica, 90*(10), 901–911. doi: 10.23736/S0375-9393.24.18041-8.

Wu, E. B., Wu, K. L., Hsu, W. T., Yuan, W. C., & Chen, K. B. (2025). Pharmacological Efficacy of Intravenous Magnesium in Attenuating Remifentanil-Induced Postoperative Hyperalgesia: A Systematic

Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland), 18*(4), 518. doi: 10.3390/ph18040518.

Wu, Q., Xu, F., Wang, J., & Jiang, M. (2023). Comparison of Remimazolam-Flumazenil versus Propofol for Recovery from General Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine, 12*(23), 7316. doi: 10.3390/jcm12237316.

Xing, Y., Lang, Z., Wang, X., Liu, J., Han, X., Zhou, J., & Leng, Y. (2025). Anesthetic efficacy with remimazolam compared with propofol: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Surgery (London, England), 111*(9), 6384–6396. doi: 10.1097/JS9.0000000000002737.

Ye, G., Ding, L., & Zhou, Q. (2025). Remimazolam's clinical application and safety: A signal detection analysis based on FAERS data and literature support. *PloS One, 20*(8), e0330769. doi: 10.1371/journal.pone.0330769.

Zhang, R., Mai, Y., Ye, H., Lian, X., Yang, H., Zhu, Y., & Gan, X. (2024). A Randomized Controlled Non-Inferiority Trial Evaluating Opioid-Free versus Opioid-Sparing Analgesia for Orbital Fracture Reconstruction Under General Anesthesia. *Journal of Pain Research, 17*, 3707–3717. doi: 10.2147/JPR.S491994.

Zhao, L., Guo, Y., Zhou, X., Mao, W., Chen, L., Xie, Y., & Li, L. (2024). Efficacy and Safety of Remimazolam Versus Etomidate for Induction of General Anesthesia: Protocol for a Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Research Protocols, 13*, e55948. doi: 10.2196/55948.

Zhou, H., Zhang, J., & Du, C. (2025). Remimazolam vs propofol for postoperative delirium in adults undergoing general anesthesia: A meta-analysis. *Biomolecules & Biomedicine, 26*(3), 383–398. doi: 10.17305/bb.2025.12826.

BÖLÜM 10

İNTRAVENÖZ ANESTEZİKLER VE TOTAL İNTRAVENÖZ ANESTEZİ
Farmakoloji, TIVA, Hedef Kontrollü İnfüzyon ve Güvenli Uygulama

SAMET ER[1]

Özet

İntravenöz anestezikler, genel anestezinin indüksiyonunda temel ajanlar olmakla birlikte sedasyon, anestezi idamesi ve multimodal analjezide de kullanılır. Total intravenöz anestezi (TIVA), genel anestezinin idamesinin intravenöz infüzyonlarla sağlandığı bir tekniktir. Kaynak bölüm; intravenöz ajanların tarihçesi, ideal intravenöz ajan özellikleri, propofol, barbitüratlar, ketamin, etomidat, benzodiazepinler, deksmedetomidin, yeni ajanlar, TIVA, farmakokinetik modeller, TCI, remifentanil ve özel hasta gruplarını temel alır.

[1] Uzm. Dr., Çubuk Halil Şıvgın Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Orcid: 0000-0001-6309-5084

2026 yaklaşımında TIVA yalnızca ‘propofol + remifentanil infüzyonu’ olarak görülmemelidir. Güvenli TIVA; güvenilir damar yolu, doğru ilaç ve konsantrasyon, uygun infüzyon sistemi, farmakokinetik/farmakodinamik model, klinik izlemin sürdürülmesi ve seçilmiş yüksek riskli hastalarda işlenmiş EEG ile anestezi derinliğinin değerlendirilmesini birlikte gerektirir. 2024 Japon önerileri de güvenli damar yolunu, şırınga pompasını, ilaç etiketlemesini ve gerektiğinde pEEG kullanımını özellikle vurgulamaktadır.

2026 yılında yayımlanan Çin TIVA kılavuzu 22 öneriyi 12 klinik soruda toplamış; TIVA endikasyonları, anestezi derinliği izlemi, intravenöz ajan seçimi, hedef kontrollü ve hedef kontrollü olmayan infüzyonlar ile özel hasta gruplarını kapsamıştır.

Öğrenme Hedefleri

- İntravenöz anesteziklerin temel farmakolojik özelliklerini ve klinik rollerini açıklamak.
- Propofol, ketamin, etomidat ve benzodiazepinlerin avantaj ve sınırlılıklarını karşılaştırmak.
- TIVA’nın tanımını, endikasyonlarını ve güvenlik gerekliliklerini açıklamak.
- Üç kompartmanlı farmakokinetik modeli, etki bölgesini ve bağlam-duyarlı yarılanma ömrünü anlamak (Gropper et al., 2025).
- TCI sisteminin plazma ve etki bölgesi hedefleri arasındaki farkı açıklamak.
- Propofol–opioid sinerjisini ve remifentanilin TIVA’daki rolünü değerlendirmek.

- Çocuk, yaşlı, obez ve kritik hastalarda TIVA'nın neden bireyselleştirilmesi gerektiğini açıklamak.
- TIVA sırasında farkındalık riskini azaltan teknik ve monitörizasyon önlemlerini uygulama mantığıyla öğrenmek (Bajwa et al., 2026; Nimmo et al., 2019).
- TIVA sisteminde ilaç teslimatının kesintiye uğramasının neden kritik bir güvenlik sorunu olduğunu kavramak.

İntravenöz Anestezinin Gelişimi ve Günümüzdeki Yeri

Kaynak metin, modern intravenöz anestezinin 1934 yılında sodyum tiyopentalin klinik kullanıma girmesiyle önemli bir dönüm noktasına ulaştığını belirtmektedir. İntravenöz ajanların hızlı indüksiyon sağlaması, modern hava yolu yönetimi ve yeni ilaçların gelişimiyle birlikte intravenöz indüksiyon erişkin anestezisinin standart bileşenlerinden biri hâline gelmiştir (Gropper et al., 2025).

Bununla birlikte eski metindeki intravenöz ajanların inhalasyon ajanlarına göre genel olarak 'kardiyovasküler sistemi daha kötü etkilediği' şeklindeki genelleme güncel klinik karar için yeterli değildir. Hemodinamik etkiler ajana, doza, uygulama hızına, yaşa, intravasküler volüme ve hastanın kardiyak rezervine bağlıdır. Benzer şekilde inhalasyonla indüksiyon yalnızca çocuklarda veya iğne fobisi olan hastalarda kullanılmaz; erişkinlerde de belirli klinik koşullarda uygulanabilir.

İdeal İntravenöz Anestezik Ajan

İdeal intravenöz anestezik; hızlı ve öngörülebilir başlangıç, kısa ve kontrol edilebilir etki, hızlı derlenme, kolay titre edilebilirlik, minimal kardiyorespiratuvar depresyon, düşük enjeksiyon ağrısı, analjezik veya antiemetik özellik ve diğer ilaçlarla uyumluluk gibi

özelliklerin mümkün olduğunca çoğunu taşımalıdır. Kaynak metin bu özellikleri ayrıntılı olarak sıralamaktadır (Gropper et al., 2025).

Gerçekte tek bir ajan bu özelliklerin tümünü karşılamaz. Bu nedenle modern anestezi, farklı ilaçların birbirini tamamladığı dengeli ve multimodal yaklaşımlara dayanır.

Propofol

Propofol, modern intravenöz anestezinin temel hipnotik ajanıdır. Hızlı etki başlangıcı, kısa süreli uygulamalarda hızlı ve öngörülebilir derlenme, üst hava yolu reflekslerinin iyi baskılanması ve düşük PONV insidansı nedeniyle yaygın kullanılır. Kaynak metin propofolün yağ emülsiyonu formülasyonunu, hızlı derlenmesini ve düşük PONV riskini vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025).

En önemli akut yan etkileri doz bağımlı hipotansiyon, solunum depresyonu/apne ve enjeksiyon ağrısıdır. Hipotansiyon; miyokard kontraktilitesinin azalması ve sistemik vasküler direncin düşmesi ile ilişkilidir. Yaşlı, hipovolemik ve kardiyak rezervi düşük hastalarda düşük başlangıç dozu ve yavaş titrasyon gerekir (Gropper et al., 2025).

Propofolün antiemetik özelliği belirgindir ve PONV riskini azaltmak amacıyla uygun hastalarda avantaj sağlar. Bununla birlikte bu özellik, PONV profilaksisinin diğer bileşenlerinin gereksiz olduğu anlamına gelmez (Gropper et al., 2025).

Propofol infüzyon sendromu nadir fakat ciddi bir komplikasyondur. Uzun süreli yüksek doz infüzyonlarda metabolik asidoz, rabdomiyoliz, hiperkalemi, kardiyak disfonksiyon ve çoklu organ yetmezliği görülebilir. Kaynak metindeki metabolik asidoz ve miyokard yetersizliği vurgusu korunmuş, güncel klinik çerçevede risk faktörleri genişletilmiştir (Gropper et al., 2025).

Barbitüratlar

Tiyopental ve metoheksital tarihsel olarak önemli intravenöz hipnotiklerdir; ancak propofolün yaygınlaşmasıyla rutin indüksiyondaki kullanımları belirgin biçimde azalmıştır. Kaynak metin tiyopentalin hızlı redistribüsyonunu, karaciğer metabolizmasını ve uzun infüzyon sonrasında gecikmiş derlenme riskini; metoheksitalin ise özellikle elektrokonvülsif tedavideki kullanımını anlatmaktadır (Gropper et al., 2025).

Ajan	Güncel Klinik Yeri	Önemli Özellik/Risk
Tiyopental	Sınırlı; bazı özel merkezlerde/özel endikasyonlarda	Hipotansiyon, solunum depresyonu, porfiri ile ilişki; uzun infüzyonda birikim
Metoheksital	Özellikle EKT gibi seçilmiş uygulamalar	Kısa etkili; miyoklonus, laringospazm ve kardiyorespiratuvar depresyon görülebilir

Kaynak metindeki bazı tarihsel ifadeler, örneğin tiyopentalin ‘ABD’de indüksiyonda kullanılmadığı’ veya belirli ülkelerde tamamen bırakıldığı şeklindeki genellemeler, güncel küresel uygulamayı temsil eden temel kitap bilgisi olarak kullanılmamalıdır.

Ketamin

Ketamin dissosiyatif anestezi oluşturan, temel olarak NMDA reseptör antagonizması üzerinden etki gösteren ve diğer hipnotiklerden farklı olarak güçlü analjezik özellik taşıyan bir ajandır. Kaynak metin ketaminin sempatik aktivasyonu, bronkodilatasyonu, görece korunmuş spontan solunumu ve analjezik etkisini vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025).

Ketaminin kan basıncı ve kalp hızını artırabilmesi, özellikle katekolamin rezervi korunmuş hastalarda yararlı olabilir. Ancak ağır katekolamin tükenmesi olan şokta bu yanıt azalabilir; bu nedenle ketamin ‘şokta her zaman güvenli’ bir ajan olarak görülmemelidir.

Eski metindeki ketaminin kafa içi basıncı mutlaka artırdığı, serebral vazodilatasyon yaptığı ve bu nedenle nörolojik hastalarda kullanılmaması gerektiği yönündeki kategorik yaklaşım güncel değildir. Kontrollü ventilasyon ve modern yoğun bakım koşullarında ketamin seçilmiş nörolojik hastalarda kullanılabilir. Bu nedenle nörolojik hastalık tek başına mutlak kontrendikasyon değildir (Gropper et al., 2025).

Ketaminin psikomimetik etkileri, bulantı-kusma ve sekresyon artışı görülebilir. Havayolu reflekslerinin korunması aspirasyona karşı tam koruma sağlamaz; bu nedenle 'refleksler korunur' ifadesi güvenli hava yolu varmış gibi yorumlanmamalıdır.

Etomidat

Etomidat hızlı başlangıçlı, analjezik özelliği olmayan ve kardiyovasküler depresyonu görece sınırlı bir hipnotiktir. Kaynak metin, düşük hemodinamik etkisini, miyoklonik hareketleri ve 11β-hidroksilaz inhibisyonuna bağlı adrenal baskılanmayı vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025).

Etomidat özellikle ciddi kardiyovasküler rezerv kaybı olan hastalarda indüksiyon seçeneği olarak değerlendirilebilir. Ancak 'kardiyak açıdan en stabil ajan' ifadesi, adrenal baskılanma ve hastaya özgü klinik hedefler göz ardı edilerek mutlak üstünlük şeklinde yorumlanmamalıdır.

Tek doz ile tekrarlayan veya uzun süreli kullanımın adrenal etkileri birbirinden ayrılmalıdır. Etomidatın yoğun bakımda sürekli sedasyon amacıyla kullanımı adrenal baskılanma nedeniyle uygun değildir (Gropper et al., 2025).

Benzodiazepinler

Midazolam, lorazepam ve diazepam GABA_A reseptörü üzerinden etki gösteren sedatif, anksiyolitik ve amnezik ajanlardır.

Özellikle opioidlerle birlikte kullanıldıklarında solunum depresyonu ve sedasyon belirginleşebilir. Yaşlı, frail, obstrüktif uyku apnesi olan veya diğer santral depresanları kullanan hastalarda doz azaltılmalı ve yakın izlem yapılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Flumazenil etkili bir antagonist olmakla birlikte, uzun etkili benzodiazepinlerde yeniden sedasyon ve kronik benzodiazepin kullananlarda yoksunluk/nöbet riski nedeniyle dikkatli ve titre edilerek kullanılmalıdır.

Deksmedetomidin

Deksmedetomidin selektif α2-adrenerjik agonisttir. Sedasyon, anksiyoliz, sempatoliz ve opioid-sparing özellikleri nedeniyle özellikle kooperatif sedasyon ve seçilmiş perioperatif uygulamalarda kullanılır. Kaynak metin solunum depresyonunun sınırlı olmasını, analjezik katkıyı ve bifazik hemodinamik yanıtı vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025).

Klinik açıdan en önemli sınırlılıkları bradikardi ve hipotansiyondur. Hızlı yükleme veya yüksek dozlarda geçici hipertansiyon da görülebilir. Solunum depresyonunun az olması, hava yolu obstrüksiyonu veya diğer sedatiflerle birlikte toplam solunum riskinin olmadığı anlamına gelmez.

Remimazolam ve Yeni İntravenöz Ajanlar

Remimazolam ultra kısa etkili bir benzodiazepindir. Yapısındaki ester bağının plazma esterazları tarafından hızla hidrolize edilmesi kısa ve öngörülebilir etki sağlar; etkisi flumazenil

ile geri çevrilebilir. Kaynak metin remimazolamı yeni intravenöz anestezikler arasında tanımlamaktadır (Gropper et al., 2025).

2024–2026 literatürü remimazolamın özellikle hemodinamik kırılganlığı olan hastalarda propofole alternatif olabileceğini göstermektedir. Ancak daha az hipotansiyon görülmesi, propofolün tüm klinik avantajlarının yerini aldığı anlamına gelmez. İlaç erişimi, maliyet, klinik deneyim ve hedeflenen sedasyon/anestezi düzeyi seçimde belirleyicidir (Feng et al., 2026).

Ciprofol gibi yeni intravenöz hipnotikler de TIVA literatüründe giderek daha fazla yer almaktadır. 2026 Çin TIVA kılavuzu propofol ve remimazolamın yanında ciprofolü de farmakolojik seçenekler arasında ele almaktadır (Feng et al., 2026).

TIVA'nın Tanımı ve Klinik Mantığı

TIVA, genel anestezinin idamesinin intravenöz ilaç infüzyonlarıyla sağlandığı tekniktir. Güncel güvenlik kılavuzları TIVA'yı yalnızca inhalasyon ajanlarından kaçınma yöntemi olarak değil, uygun ekipman ve eğitim gerektiren ayrı bir uygulama becerisi olarak tanımlar. 2018 Association of Anaesthetists/Society for Intravenous Anaesthesia kılavuzu TIVA'nın güvenli biçimde uygulanması için tüm anestezistlerin yetkin olması gerektiğini vurgulamıştır (Feng et al., 2026; Nimmo et al., 2019).

TIVA'nın potansiyel avantajları arasında düşük PONV riski, inhalasyon ajanlarına maruziyetin ortadan kalkması, bazı cerrahilerde uygun cerrahi koşullar, kontrollü ve hızlı titre edilebilir anestezi derinliği ve çevresel emisyonların azaltılması sayılabilir. Bunun karşılığında ilaç verilmesinin kesilmesi veya damar yolu/infüzyon sistemi sorunları fark edilmezse anestezi derinliği

hızla azalabilir (Association of Anaesthetists (Great Britain & Ireland), 2026; Feng et al., 2026; Nimmo et al., 2019).

TIVA Endikasyonları

Klinik Durum	TIVA'nın Olası Avantajı	Dikkat Edilmesi Gereken
Şiddetli PONV riski	Propofol bazlı teknik PONV'yi azaltabilir	Multimodal profilaksi yine gerekebilir
Malign hipertermi duyarlılığı	Tetikleyici volatil ajanlardan kaçınma	Tam TIVA hazırlığı ve ekipman kontrolü gerekir
İntrakraniyal/ nörofizyolojik cerrahi	Volatil ajanlardan bağımsız titre edilebilir anestezi	Hemodinami ve EEG yorumlanması önemlidir
Günübirlik cerrahi	Hızlı ve öngörülebilir derlenme	Hasta seçimi ve multimodal analjezi
Ameliyathane dışı anestezi	İnhalasyon sisteminin kullanılamadığı ortamlar	Pompa, damar yolu ve monitörizasyon güvenliği
Çevresel sürdürülebilirlik hedefi	Volatil anestezik emisyonlarını azaltır	Plastik/tek kullanımlık malzeme atığı da değerlendirilmelidir

Kaynak metindeki nöromüsküler hastalık veya kas gevşetici intoleransı gibi maddeler TIVA için mutlak endikasyon değildir; bunlar ancak hastanın genel anestezi planı içinde değerlendirilebilecek özel durumlardır.

TIVA'da Farmakokinetik: Üç Kompartman Modeli

İntravenöz ilaçlar doğrudan santral kompartmana girer ve ardından hızlı ve yavaş dengelenen periferik kompartmanlara dağılır. Kaynak metin üç kompartman modelinin anatomik organlar değil, ilacın dağılım ve eliminasyon davranışını tanımlamak için kullanılan matematiksel yapılar olduğunu vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025).

Parametre	Anlamı
V1	Santral kompartman; plazma/başlangıç dağılım hacmini temsil eden matematiksel kompartman
V2	İyi perfüze olan periferik dokuların teorik kompartmanı
V3	Daha yavaş dengelenen periferik dokuların teorik kompartmanı
K10	Santral kompartmandan eliminasyon/metabolizmayı temsil eden hız sabiti
K12/K21	Santral ve periferik kompartmanlar arasındaki ilaç hareketini tanımlayan hız sabitleri
Ke0	Santral kompartmandan etki bölgesine geçişi tanımlayan hız sabiti

Etki bölgesi, anesteziklerin klinik etkisinin ortaya çıktığı teorik kompartmandır ve çoğunlukla beyinle ilişkilendirilir. Plazma konsantrasyonu ile klinik etki arasında zaman gecikmesi bulunduğundan etki bölgesi modeli TCI uygulamasında önemlidir.

Bağlam-Duyarlı Yarılanma Ömrü

Bağlam-duyarlı yarılanma ömrü (context-sensitive half-time), infüzyonun farklı sürelerde uygulanmasından sonra ilaç konsantrasyonunun belirli bir oranda azalması için gereken süreyi ifade eder. İnfüzyon süresi uzadıkça bazı ilaçlarda periferik dokularda birikim arttığı için bu süre uzayabilir (Gropper et al., 2025).

Bu kavram TIVA'da önemlidir çünkü kısa süreli ve uzun süreli infüzyonlardan sonra aynı ilacın derlenme profili aynı değildir. Remifentanilin çok düşük bağlam-duyarlı yarılanma ömrü onu kısa sürede sonlanan analjezik infüzyon için özellikle uygun kılar; propofolün davranışı ise infüzyon süresi ve hasta özelliklerine daha fazla bağlıdır.

Manuel İnfüzyon ve Hedef Kontrollü İnfüzyon

Manuel TIVA'da bolus ve infüzyon hızları klinik yanıt üzerinden belirlenir.

TCI sistemleri, seçilmiş bir farmakokinetik modele dayanarak hedeflenen plazma konsantrasyonuna (Cp/Cpt) veya etki bölgesi konsantrasyonuna (Ce/Cet) ulaşmak ve bunu sürdürmek için infüzyon hızını matematiksel olarak ayarlar. TCI gerçek plazma konsantrasyonunu ölçmez; model üzerinden tahmin eder. Bu nedenle klinik gözlem ve uygun monitörizasyon vazgeçilmezdir (Gropper et al., 2025).

Marsh ve Schnider modelleri propofol için en sık bilinen modeller arasındadır. Marsh modelinde ağırlık önemli bir parametreyken Schnider modelinde yaş, boy ve yağsız vücut kütlesi gibi değişkenler kullanılır. Model seçimi, kullanılan pompa ve hasta özellikleriyle uyumlu olmalıdır; hiçbir model gerçek biyolojik değişkenliği tamamen ortadan kaldırmaz.

Propofol–Remifentanil TIVA

Propofol hipnoz, remifentanil ise analjezik/antinosiseptif bileşeni sağlar. İki ilacın farmakodinamik sinerjisi, her birinin daha düşük konsantrasyonlarda kullanılmasına ve cerrahi uyarıya göre hızlı titre edilmesine olanak tanıyabilir. Kaynak metin remifentanilin düşük bağlam-duyarlı yarılanma ömrünü ve TIVA'daki rolünü özellikle vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025; Nimmo et al., 2019).

Remifentanilin en önemli sınırlılığı, infüzyon kesildiğinde analjezik etkisinin çok hızlı kaybolmasıdır. Bu nedenle cerrahi bitmeden önce postoperatif analjezi planı oluşturulmalıdır. Uzun etkili opioid, parasetamol, NSAİİ/COX-2 inhibitörü, ketamin veya rejyonal analjezi gibi multimodal seçenekler hastaya göre değerlendirilir.

Remifentanil dozunu artırarak propofolü aşırı azaltmak, apne, bradikardi ve hipotansiyon riskini artırabilir. TIVA'nın amacı tek bir ilacı mümkün olduğunca yüksek dozda kullanmak değil, yeterli hipnoz ve analjeziyi güvenli sınırlar içinde sağlamaktır (Gropper et al., 2025; Nimmo et al., 2019).

TIVA Güvenliği: İlaç Teslimatı

TIVA'nın en kritik özelliği, anestezik ilacın hastaya gerçekten ve kesintisiz ulaştığının doğrulanmasıdır. İnfüzyon hattının tıkanması, damar yolunun infiltrasyonu, bağlantının ayrılması, pompa hatası veya yanlış şırınganın takılması kısa sürede yetersiz anesteziye ve farkındalık riskine yol açabilir.

- İnfüzyon pompası doğru ilaç ve doğru konsantrasyonla programlanmalıdır.
- Şırıngalar ilaç adı ve konsantrasyonu açık biçimde etiketlenmelidir.
- Damar yolu ve infüzyon hattı işlem boyunca görülebilir olmalıdır.
- Hatlarda geri akışı ve sifon etkisini önleyen uygun güvenlik bileşenleri kullanılmalıdır.
- İnfüzyon hattının bağlantıları ve ölü alanları mümkün olduğunca güvenli ve kısa tutulmalıdır (Kinsella et al., 2023; Nimmo et al., 2019).
- Pompa alarmı veya beklenmeyen anestezi derinliği değişikliğinde önce ilaç teslimat sistemi kontrol edilmelidir.

- Elektrik/batarya problemi durumunda alternatif anestezi yöntemi veya manuel infüzyon planı hazır olmalıdır (Nimmo et al., 2019; Obara et al., 2024).

2024 Japon TIVA önerisi güvenli venöz erişimi kritik kabul etmekte, şırınga pompalarını ve açık ilaç etiketlemesini önermekte ve gerektiğinde TIVA'nın inhalasyon anestezisine dönüştürülebilecek şekilde yönetilmesini vurgulamaktadır (Obara et al., 2024).

TIVA ve Kazara Farkındalık

İnhalasyon anestezisinde end-tidal anestezik konsantrasyonu anestezik maruziyetin önemli bir göstergesidir. TIVA'da ise böyle doğrudan bir ölçüm yoktur. Bu nedenle ilaç teslimatı, klinik bulgular ve uygun hastalarda pEEG birlikte değerlendirilmelidir. 2018 TIVA güvenlik kılavuzu TIVA sırasında ilaç teslimatının güvenliğine özel önem vermektedir (Bajwa et al., 2026; Nimmo et al., 2019).

TIVA'nın farkındalık riskini azaltmada en önemli önlemlerden biri güvenilir infüzyon sistemidir. Özellikle nöromüsküler bloker kullanılan, düşük dozların tercih edildiği, damar yolunun görülmesinin zor olduğu veya farkındalık açısından yüksek risk taşıyan hastalarda pEEG yardımcı olabilir.

2026 güncel yaklaşımı pEEG'yi tek başına 'anestezi derinliğini ölçen kesin bir cihaz' olarak görmez. 2024 Japon önerisi de tek bir EEG indeksine dayanmak yerine klinik bulgular ve diğer monitörizasyon verileriyle bütüncül değerlendirme yapılmasını vurgular. 2026 uzman konsensüsleri de pEEG'nin özellikle TIVA ve yüksek riskli durumlarda anestezi titrasyonuna yardımcı olabileceğini desteklemektedir (Bajwa et al., 2026; Obara et al., 2024).

TIVA'da Özel Hasta Grupları

Yaşlı ve frail hastalar

Yaşlanma; santral duyarlılık, farmakokinetik dağılım ve ilaç klirensindeki değişiklikler nedeniyle intravenöz hipnotiklere yanıtı değiştirir. Başlangıç hedefleri daha düşük seçilmeli, küçük artışlarla titre edilmeli ve hipotansiyon ile aşırı anestezi derinliğinden kaçınılmalıdır.

Obezite

Obez hastalarda toplam vücut ağırlığı ile yağsız/düzeltilmiş vücut ağırlığı arasındaki ilişki ilaçtan ve kullanılan farmakokinetik modelden bağımsız değildir. Kaynak metin Marsh ve Schnider modellerinin obez hastalarda sınırlılıkları olabileceğini vurgulamaktadır. TCI modeli tek başına güvenlik garantisi değildir; klinik yanıt, hemodinami ve uygun pEEG birlikte değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Çocuklar

Pediatrik TIVA'da gelişimsel farmakokinetik ve farmakodinamik farklılıklar önemlidir. 2026 güncel derleme; pediatrik TIVA'da farmakokinetik/farmakodinamik modellerin, EEG rehberli titrasyonun, remifentanil-propofol dozlamasının ve deksmedetomidinin rolünün gelişmekte olduğunu bildirmektedir (Quintão et al., 2026).

Kritik hastalar

Kritik hastalıkta organ disfonksiyonu, dolaşım değişiklikleri ve ilaç etkileşimleri TCI modellerinin tahmin doğruluğunu azaltabilir. Kaynak metin bu nedenle kritik hastalarda klinik etki ve

hemodinamiye göre yakın titrasyon gerektiğini vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025).

Ameliyathane dışı TIVA

Ameliyathane dışındaki TIVA, erişim ve infüzyon hatlarının görülmesinin daha zor olması nedeniyle özel dikkat gerektirir. Ortamın değişmesi monitörizasyon standardını düşürmemelidir. TIVA için kullanılan güvenlik prensipleri ameliyathane dışında da korunmalıdır.

TIVA ve Çevresel Sürdürülebilirlik

TIVA volatil anesteziklerin doğrudan atmosfere salınmasını önlediği için çevresel açıdan avantaj sağlayabilir. Ancak TIVA'nın çevresel etkisi yalnızca inhalasyon ajanlarıyla karşılaştırılmamalıdır; şırınga, infüzyon seti, ambalaj ve diğer tek kullanımlık malzemeler de karbon ayak izine katkıda bulunur. Association of Anaesthetists kaynakları, TIVA'nın volatil ajanlara kıyasla düşük sera gazı emisyonu sağlayabildiğini ancak plastik atığın önemli bir bileşen olduğunu vurgulamaktadır (Association of Anaesthetists (Great Britain & Ireland), 2026; Nimmo et al., 2019).

Bu nedenle sürdürülebilir TIVA; güvenlikten ödün vermeden gereksiz malzeme kullanımını azaltmak, doğru konsantrasyon ve standart hazırlama protokollerini kullanmak ve ilaç/ekipman israfını önlemek anlamına gelir.

Klinik Karar Akışı: TIVA Planlama

1. TIVA için klinik gerekçeyi belirle: PONV, malign hipertermi riski, cerrahi özellik, nörofizyolojik izlem veya diğer nedenler (Feng et al., 2026; Nimmo et al., 2019).

2. Hastanın hemodinamik ve solunumsal rezervini değerlendir.
3. Uygun hipnotik ve analjezik kombinasyonu seç.
4. Güvenilir intravenöz erişim oluştur ve işlem boyunca görünür/takip edilebilir tut.
5. İlaç konsantrasyonlarını standartlaştır ve şırıngaları açık biçimde etiketle.
6. TCI kullanılacaksa hastaya ve kullanılan cihaza uygun farmakokinetik modeli seç.
7. Propofol ve opioid hedeflerini klinik yanıta göre titre et; tek bir sayısal hedefi mutlak kabul etme.
8. Özellikle nöromüsküler blok, yüksek farkındalık riski veya zor infüzyon erişimi varsa pEEG düşün (Gropper et al., 2025).
9. İnfüzyonun gerçekten hastaya ulaştığını düzenli olarak kontrol et.
10. Cerrahi bitmeden postoperatif analjezi planını tamamla.
11. Derlenme döneminde yeniden sedasyon, solunum depresyonu ve hemodinamik instabiliteyi izle.

TIVA Güvenlik Kontrol Listesi

Kontrol	Sorulması Gereken Soru
Hasta	TIVA için uygun mu? Hemodinamik riskler belirlendi mi?
Damar yolu	İnfüzyonun gerçekten hastaya gittiği görülebiliyor mu?
İlaç	Doğru ilaç, doğru konsantrasyon ve doğru şırınga mı?
Pompa	Program doğru mu, alarm ve batarya durumu uygun mu?
Hat	Bağlantılar güvenli mi? Geri akış/sifon riski azaltıldı mı?
Model	TCI modeli ve hasta bilgileri doğru girildi mi?
Hipnoz	Klinik bulgular ve gerekiyorsa pEEG yeterli mi?
Analjezi	Cerrahi uyarı için yeterli analjezik strateji var mı?
Kas gevşemesi	Nöromüsküler blok varsa uygun monitörizasyon var mı?
Derlenme	Remifentanil kesilmeden postoperatif analjezi planlandı mı?

Klinik Anahtar Noktalar

1. TIVA bir ilaç değil, intravenöz ilaçlarla genel anestezinin idame tekniğidir.
2. Propofol, hızlı başlangıç ve derlenme ile TIVA'nın temel hipnotiklerinden biridir; hipotansiyon ve apne en önemli akut risklerdir (Gropper et al., 2025).
3. Ketamin güçlü analjezik ve bronkodilatör özellikleri nedeniyle seçilmiş hastalarda değerlidir; nörolojik hastalık tek başına mutlak kontrendikasyon değildir.
4. Etomidat hemodinamik olarak görece stabil bir indüksiyon ajanıdır; adrenal baskılanma nedeniyle rutin sürekli sedasyon ajanı değildir (Gropper et al., 2025).
5. Benzodiazepinler analjezik değildir ve opioidlerle birlikte solunum depresyonunu artırabilir.
6. Deksmedetomidin kooperatif sedasyon ve opioid-sparing için değerlidir; bradikardi ve hipotansiyon izlenmelidir (Gropper et al., 2025).

7. Remifentanil TIVA'da hızlı titre edilebilir analjezi sağlar ancak infüzyon kesildiğinde postoperatif analjezi bırakmaz.
8. TCI gerçek ilaç konsantrasyonunu ölçmez; farmakokinetik model üzerinden tahmin eder.
9. TIVA güvenliğinin temel unsuru, ilacın doğru konsantrasyonda ve kesintisiz olarak hastaya ulaştığının doğrulanmasıdır (Kinsella et al., 2023; Nimmo et al., 2019).
10. pEEG TIVA'da özellikle yüksek riskli hastalarda yararlı bir yardımcıdır; tek başına klinik değerlendirme yerine geçmez.
11. 2026 kılavuzları TIVA eğitimini, güvenli damar yolunu, standart ilaç hazırlığını, infüzyon sistemini ve uygun monitörizasyonu birlikte vurgulamaktadır (Feng et al., 2026; Kinsella et al., 2023; Nimmo et al., 2019; Obara et al., 2024).

Kaynakça

Association of Anaesthetists (Great Britain & Ireland) (2026). *TIVA from a bottle: a method for reducing plastic waste during total intravenous anaesthesia.* https://anaesthetists.org/Guidelines-and-publications/Publications/Anaesthesia-News-magazine/Anaesthesia-News-Special-Collections/TIVA-from-a-bottle-a-method-for-reducing-plastic-waste-during-total-intravenous-anaesthesia

Bajwa, S. J. S., Khanna, S., Kah, T. L., Jithendra, T., Hrishi, A. P., Kurdi, M. S., Gupta, N., Kakkar, G., Shetty, V., Kumar, A., Chhabra, S., Sharma, R., Kanchi, M., Saxena, S. K., Suresh Rao, K. G., & Choudhary, R. (2026). Indian expert consensus on intra-operative consciousness monitoring using processed electroencephalogram-based indices: A Delphi-based approach. *Indian Journal of Anaesthesia*, *70*(4), 526–546. doi: 10.4103/ija.ija_111_26.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Feng, Y., Xu, J., Ma, H., Wang, E., Bian, J., Fang, X., Shen, L., Zhu, T., Liu, K., Jiang, L., Yang, J., Chen, X., Luo, Y., Luo, A., Peng, Y., Dong, H., Miao, C., Wei, K., Wang, T., Yu, W., … Chinese Society of Anaesthesiology Working Group on Clinical Practice Guidelines for Total Intravenous Anaesthesia in China (2024 edition) (2026). Chinese clinical practice guidelines for total intravenous anaesthesia: a systematic review and expert consensus-based recommendations⋆. *British Journal of Anaesthesia*, *136*(3), 876–896. doi: 10.1016/j.bja.2025.09.038.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kinsella, S. M., Boaden, B., El-Ghazali, S., Ferguson, K., Kirkpatrick, G., Meek, T., Misra, U., Pandit, J. J., & Young, P. J. (2023). Handling injectable medications in anaesthesia: Guidelines from the Association of Anaesthetists. *Anaesthesia*, *78*(10), 1285–1294. doi: 10.1111/anae.16095.

Nimmo, A. F., Absalom, A. R., Bagshaw, O., Biswas, A., Cook, T. M., Costello, A., Grimes, S., Mulvey, D., Shinde, S., Whitehouse, T., & Wiles, M. D. (2019). Guidelines for the safe practice of total intravenous anaesthesia (TIVA): Joint Guidelines from the Association of Anaesthetists and the Society for Intravenous Anaesthesia. *Anaesthesia*, *74*(2), 211–224. doi: 10.1111/anae.14428.

Obara, S., Kamata, K., Nakao, M., Yamaguchi, S., & Kiyama, S. (2024). Recommendation for the practice of total intravenous anesthesia. *Journal of Anesthesia*, *38*(6), 738–746. doi: 10.1007/s00540-024-03398-2.

Quintão, V. C., Carlos, R. V., & von Ungern-Sternberg, B. S. (2026). Update on total intravenous anesthesia in children. *Current Opinion in Anaesthesiology*, *39*(3), 304–316. doi: 10.1097/ACO.0000000000001635.

BÖLÜM 11

KAS GEVŞETİCİLER VE KLİNİK KULLANIMLARI
Nöromüsküler Blokerlerin Farmakolojisi, Klinik Seçimi, Güvenli Kullanımı ve Antagonizması

BETÜL GÜVEN AYTAÇ[1]

Özet

Sinir-kas kavşağı monitörizasyonunun temel amacı, nöromüsküler bloğun derecesini objektif olarak belirlemek, cerrahi için uygun blok düzeyini sağlamak ve rezidüel nöromüsküler bloğu ekstübasyon öncesinde güvenilir biçimde dışlamaktır. Sinir-kas kavşağı presinaptik alan, sinaptik aralık ve postsinaptik alandan oluşur; asetilkolin salınımı ve postsinaptik depolarizasyon kas kasılmasına yol açar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

2026 açısından en önemli değişiklik, nöromüsküler bloğun yalnızca gözle veya elle değerlendirilmesinin yeterli kabul

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-4787-9350

edilmemesidir. 2023 ASA kılavuzu, nöromüsküler blok kullanıldığında kantitatif monitörizasyonu nitel değerlendirmeye tercih eder ve ekstübasyon öncesinde kantitatif TOF oranının ≥0,90 olarak doğrulanmasını önerir. Standart ölçüm yeri ulnar sinir stimülasyonu ile adductor pollicis kasıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

2025 Japonya güncellemesi de nöromüsküler bloker ve antagonisti kullanıldığında el bölgesinde kantitatif değerlendirme yapılmasını ve trakeal ekstübasyon öncesinde TOF oranının ≥0,90 olduğunun objektif olarak doğrulanmasını açıkça vurgulamaktadır (Suzuki et al., 2026).

Öğrenme Hedefleri

- Sinir-kas kavşağının temel fizyolojisini ve nöromüsküler bloğun monitörizasyon mantığını açıklamak.
- Klinik değerlendirme ile kantitatif nöromüsküler monitörizasyon arasındaki farkı anlamak.
- Ulnar sinir–adductor pollicis çiftinin neden standart ölçüm bölgesi olduğunu açıklamak.
- Single twitch, TOF, tetanik uyarı, post-tetanik count (PTC) ve double-burst stimulation (DBS) yöntemlerini tanımak.
- TOF sayısı ile TOF oranı arasındaki farkı doğru yorumlamak.
- Sığ, orta, derin ve yoğun nöromüsküler bloğun monitörizasyon yaklaşımını belirlemek.

- Akseleromiyografi (AMG), elektromiyografi (EMG), mekanomiyografi (MMG), kinemiografi ve manşet temelli sistemlerin temel özelliklerini karşılaştırmak.
- Ölçümün doğruluğunu etkileyen sıcaklık, elektrot yerleşimi, supramaksimal uyarı ve cihaz kalibrasyonu gibi faktörleri bilmek.
- Ekstübasyon öncesinde TOF oranı ≥0,90 hedefinin klinik önemini kavramak.
- Monitörizasyon sonucunu nöromüsküler blok antagonizması ve güvenli derlenme ile ilişkilendirmek.

Sinir-Kas Kavşağının Temel Fizyolojisi

Sinir-kas kavşağı; motor sinirin presinaptik terminali, sinaptik aralık ve kas hücresinin postsinaptik membranından oluşur. Motor sinirde oluşan aksiyon potansiyeli presinaptik terminale ulaştığında voltaj bağımlı kalsiyum kanalları açılır; hücre içine giren kalsiyum asetilkolinin veziküllerden sinaptik aralığa salınmasını tetikler. Asetilkolin postsinaptik nikotinik reseptörlere bağlanarak son plak potansiyeli oluşturur ve yeterli depolarizasyon geliştiğinde kas aksiyon potansiyeli ile kasılma ortaya çıkar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Nöromüsküler monitörizasyon, periferik bir motor sinirin elektriksel olarak uyarılması ve o sinirin innerve ettiği kasta ortaya çıkan mekanik veya elektriksel yanıtın ölçülmesi esasına dayanır. Nöromüsküler blokerler bu yanıtı doz ve blok derinliği ile ilişkili biçimde azaltır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Neden Monitörizasyon Gereklidir?

Nöromüsküler blok hastadan hastaya ve aynı hastada zaman içinde değişebilir. İlaç dozu, uygulama süresi, yaş, organ fonksiyonları, hipotermi, asit-baz ve elektrolit bozuklukları, eşlik eden ilaçlar ve cerrahi koşullar blok derinliğini etkileyebilir. Ağır böbrek veya karaciğer hastalığı, ileri yaş, miyastenia gravis/miyastenik sendrom, uzun cerrahi, uzun süreli blok ve nöromüsküler ajan infüzyonu gibi durumlarda monitörizasyon özellikle önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025); bununla birlikte güncel kılavuzlar nöromüsküler bloker verilen tüm hastalarda kantitatif monitörizasyonu önerir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Monitörizasyonun amacı yalnızca ‘kas gevşemesini ölçmek’ değildir. Entübasyon ve cerrahi için yeterli blok düzeyinin sağlanması, gerektiğinde blok derinliğinin ayarlanması, antagonizmanın zamanlaması ve ekstübasyon öncesinde yeterli nöromüsküler derlenmenin doğrulanması aynı sürecin parçalarıdır.

Klinik Testlerin Sınırları

Baş kaldırma, el sıkma, göz açma, dil çıkarma, başını birkaç saniye tutma veya vital kapasite ölçümü gibi klinik testler tarihsel olarak nöromüsküler derlenmenin değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Ancak güncel yaklaşımda bu testler kantitatif monitörizasyonun yerine geçmez. Klinik değerlendirme, rezidüel nöromüsküler bloğu güvenilir biçimde dışlayamayabilir. 2023 ASA kılavuzu özellikle yalnızca klinik değerlendirmeye güvenilmemesini ve kantitatif monitörizasyonun kullanılmasını önermektedir (Thilen et al., 2023).

Bu nedenle hastanın gözlerini açabilmesi, başını kaldırabilmesi veya el sıkabilmesi ekstübasyon için tek başına yeterli kanıt değildir. Ekstübasyon kararında klinik değerlendirme ile birlikte objektif nöromüsküler ölçüm kullanılmalıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Klinik uyarı: Baş kaldırma, el sıkma gibi klinik testlere veya kantitatif cihaz varken taktil değerlendirmeye dayanarak ekstübasyon kararı vermek sık yapılan bir hatadır; klinik testler kantitatif monitörizasyonun yerine konmamalıdır.

Nöromüsküler Monitörizasyon Yöntemleri

Tablo 1 Nöromüsküler monitörizasyon yöntemleri

Yöntem	Ölçtüğü Temel Değişken	Güncel Klinik Yeri
Mekanomiyografi (MMG)	Kasın oluşturduğu kuvvet	Araştırmalarda referans yöntem; rutin kullanımda pratik değil
Elektromiyografi (EMG)	Kasın elektriksel bileşik aksiyon potansiyeli	Kantitatif klinik monitörizasyon için güçlü seçenek; hareket gereksinimi düşüktür
Akseleromiyografi (AMG)	Kas hareketinin ivmesi	Yaygın klinik kullanım; cihaz ve normalizasyon koşulları önemlidir
Kinemiografi (KMG)	Başparmak hareketinin sensörle ölçülmesi	Kantitatif değerlendirmede kullanılabilir
Kompressomyografi / manşet sistemleri	Manşet basınç değişimi üzerinden kas yanıtı	Kullanıma bağlı olarak alternatif kantitatif yöntem
Görsel/taktil değerlendirme	Yanıt sayısı veya sönmenin göz/elle algılanması	Kantitatif cihaz yoksa yardımcı; ekstübasyon öncesi güvenilir kantitatif ölçümün yerine geçmez

Kaynak: Fuchs-Buder et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kosciuczuk et al., 2024; Thilen et al., 2023

Klinik kullanımdaki yeni nesil cihazlara EMG tabanlı (ör. TetraGraph), üç boyutlu AMG tabanlı (ör. TOF-Scan) ve manşet tabanlı (ör. TOF-Cuff) sistemler örnek verilebilir (Gropper et al., 2025; Kosciuczuk et al., 2024).

2024 literatüründe AMG'nin klinik uygulamasında ölçüm standardizasyonu ve cihazın doğru kalibrasyonu üzerinde özellikle durulmuştur. EMG, hareket gerektirmemesi nedeniyle bazı klinik durumlarda önemli avantaj sağlayabilir. Bununla birlikte yöntem seçimi, kullanılan cihazın özellikleri ve kurumun standardizasyonuna göre yapılmalıdır (Kosciuczuk et al., 2024).

Ölçüm Bölgesi: Ulnar Sinir ve Adductor Pollicis

Ulnar sinirin bilek düzeyinde uyarılması ve adductor pollicis yanıtının ölçülmesi, perioperatif kantitatif nöromüsküler monitörizasyon için standart yaklaşımdır. 2023 ASA ve ESAIC önerileri bu bölgeyi özellikle vurgulamaktadır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Ulnar sinir volar bilekte uyarılır; distal (negatif) elektrot bilek fleksiyon çizgisinin hemen proksimaline, proksimal elektrot bunun birkaç santimetre proksimaline yerleştirilir ve başparmağın addüksiyon yanıtı izlenir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Adductor pollicis, üst hava yolu kasları ve diyafragma ile aynı farmakodinamik profile sahip değildir. Diyafragma ve laringeal addüktör kaslar blokerlere daha dirençlidir; daha hızlı başlangıç ve derlenme gösterir. Buna karşılık faringeal ve üst hava yolu dilatatör kasları adductor pollicis kadar hatta daha duyarlıdır; TOF oranı 0,9'un altında faringeal disfonksiyon ve aspirasyon riski sürer (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Bu nedenle adductor pollicis ölçümü hava yolu kaslarının anlık fonksiyonunu doğrudan

temsil etmez; ancak rezidüel periferik nöromüsküler bloğun güvenilir biçimde değerlendirilmesi için standart bölgedir.

Klinik uyarı: Rutin derlenme ölçümünde adductor pollicis yerine fasiyal sinir bölgesini (orbicularis oculi, korrugator supercilii) kullanmak, bu kasların blokere daha dirençli olması nedeniyle derlenmeyi olduğundan erken gösterir ve rezidüel bloğun gözden kaçmasına yol açar.

Ölçümün Doğruluğunu Etkileyen Faktörler

Periferik sıcaklık

Hipotermi nöromüsküler iletimi ve kas yanıtını etkileyebilir. Periferik cilt sıcaklığının belirgin düşmesi (genellikle <32 °C) yanıt amplitüdünü azaltabilir. Klinik uygulamada ölçüm yapılan ekstremitenin yeterince sıcak olması, anestezi boyunca mümkün olduğunca sabit tutulması ve düşük sıcaklığın sonuçların yorumlanmasında dikkate alınması gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Elektrot yerleşimi

Elektrotlar doğru sinir üzerine ve uygun aralıkla yerleştirilmelidir. Elektrotun doğrudan kas üzerine konulması veya uygun olmayan pozisyon, sinir stimülasyonu yerine doğrudan kas uyarımına ve hatalı sonuçlara yol açabilir. Negatif elektrodun distale yerleştirilmesi ve ulnar sinir için uygun bilek bölgesinin seçilmesi önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Supramaksimal uyarı

Uyarı şiddetinin motor sinirin tüm aksonlarını aktive edecek düzeyde olması gerekir. Supramaksimal uyarı, ölçümün ilaç etkisinden çok stimülasyon yetersizliğinden etkilenmesini önlemeyi

amaçlar. Uygulamada maksimal yanıtı oluşturan akımın yaklaşık %20–25 üzerinde uyarı kullanılır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Uyarı sıklığı ve dalga biçimi

Tekli uyarı veya TOF tekrarları yeterli aralıklarla yapılmalıdır. Çok sık uyarı nöromüsküler yanıtın kendisinde değişikliğe neden olabilir. TOF, 2 Hz frekansta dört uyarı şeklinde uygulanır; ardışık TOF ölçümleri arasında en az 10–15 saniye bırakılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klinik uyarı: Soğuk ekstremitede ölçüm yapmak, elektrotları yanlış yerleştirerek doğrudan kas uyarımına yol açmak ve AMG değerini cihazın kalibrasyon/normalizasyon koşullarını dikkate almadan yorumlamak hatalı sonuçların en sık nedenlerindendir.

Stimülasyon Teknikleri

Single twitch

Single twitch, periferik motor sinire tek supramaksimal uyarı verilmesiyle elde edilen yanıtın ölçülmesidir. Bu yöntem özellikle etki başlangıcı ve doz-yanıt çalışmalarında yararlıdır; ancak kontrol (bazal) değer gerektirdiği için klinik kullanımı sınırlıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Train-of-four (TOF)

TOF, 2 Hz frekansta 0,5 saniye aralıklarla verilen dört supramaksimal uyarıdan oluşur. Nondepolarizan blokta presinaptik ve postsinaptik etkiler nedeniyle yanıtlar giderek azalır ve ‘fade’ ortaya çıkar. TOF oranı, dördüncü yanıtın birinci yanıta oranıdır (T4/T1). TOF oranının kontrol değerine ihtiyaç duymadan

değerlendirilebilmesi bu yöntemin önemli avantajıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Güncel klinik uygulamada yalnızca TOF sayısı değil, kantitatif TOF oranı önemlidir. Dört yanıtın tamamının görülmesi, güvenli derlenmenin tamamlandığı anlamına gelmez. Ekstübasyon öncesinde kantitatif TOF oranı ≥0,90 olarak doğrulanmalıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Klinik uyarı: Dört TOF yanıtının görülmesini yeterli derlenme olarak kabul etmek en sık yapılan hatalardan biridir; bu aşamada TOF oranı hâlâ belirgin biçimde 0,9'un altında olabilir.

Tetanik uyarı

Tetanik uyarı, yüksek frekanslı elektriksel uyarıların kısa süre boyunca uygulanmasıdır. Klasik uygulama 50 Hz frekansta 5 saniyedir; ancak uyarının ağrılı olması nedeniyle uyanık hastada kullanımı sınırlıdır.

Güncel rutin uygulamada kantitatif TOF monitörizasyonu mevcutsa tetanik uyarı çoğu durumda temel ölçüm yöntemi değildir; özellikle derin blokta PTC değerlendirmesinin öncesinde kullanılan bir basamak olarak düşünülmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Post-tetanic count (PTC)

Derin nöromüsküler blokta TOF veya single twitch yanıtı alınamayabilir. Bu durumda tetanik uyarıdan sonra belirli aralıklarla verilen tekli uyarılarla post-tetanic count (PTC) belirlenir. PTC'nin sıfır olması çok derin/yoğun bloğu; PTC'nin yükselmesi ise TOF yanıtının yeniden ortaya çıkmasına yaklaşan derlenmeyi gösterir. Klasik protokolde 50 Hz, 5 saniyelik tetanik uyarıdan 3 saniye sonra

1 Hz frekansta tekli uyarılar verilir ve gözlenen yanıt sayısı PTC olarak kaydedilir; tetanik uyarı yaklaşık 6 dakikadan daha sık tekrarlanmamalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

PTC, özellikle derin rokuronyum/vekuronyum bloğunun yönetiminde klinik karar vermeye yardımcı olur. PTC sayısı tek başına ekstübasyon kriteri değildir; derlenme döneminde TOF oranı ile objektif doğrulama gerekir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Klinik uyarı: Derin blokta TOF yanıtı yokken yalnızca TOF'a bakarak karar vermek, blok derinliğinin ve antagonist dozunun yanlış belirlenmesine yol açar; bu durumda PTC kullanılmalıdır.

Double-burst stimulation (DBS)

DBS, klasik olarak küçük miktardaki rezidüel bloğun taktil olarak değerlendirilmesini kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. DBS'de sönme, taktil olarak TOF'a göre daha kolay algılanır; ancak TOF oranı yaklaşık 0,6'nın üzerindeki rezidüel blokta sönme güvenilir biçimde hissedilemez (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Ancak güncel yaklaşımda kantitatif monitörizasyon mevcutsa DBS'nin temel rolü azalmıştır. Taktil olarak fade hissedilmemesi TOF oranının ≥0,90 olduğu anlamına gelmez; bu nedenle DBS veya başka bir nitel yöntem kantitatif ölçümün yerine kullanılmamalıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Nöromüsküler Blok Derinliğinin Sınıflandırılması

Tablo 2 Nöromüsküler blok derinliği: ASA 2023 tanımları ve klinik yaklaşım

Blok Düzeyi	Monitörizasyon Bulgusu (ASA 2023 Tanımı)	Klinik Yaklaşım
Yoğun blok	PTC = 0	Derinlik PTC ile izlenir; cerrahi gerektirmiyorsa ek dozdan kaçınılır; neostigmin kullanılmaz
Derin blok	PTC ≥1 ve TOF sayısı 0	PTC ile izlem; rokuronyum/vekuronyumda antagonizma gerekiyorsa sugammadeks; neostigmin kullanılmaz
Orta blok	TOF sayısı 1–3	Kantitatif TOF ile izlem; rokuronyum/vekuronyumda sugammadeks
Yüzeyel blok	TOF sayısı 4 ve TOF oranı <0,4	Rokuronyum/vekuronyumda sugammadeks; neostigmin için ASA minimal bloğu, ESAIC TOF oranı >0,2'yi bekler
Minimal blok	TOF oranı 0,4–<0,9	Sugammadeks veya neostigmin; kantitatif izlem TOF oranı ≥0,9 olana kadar sürdürülür
Yeterli derlenme	TOF oranı ≥0,9	Klinik ve solunumsal koşullar uygunsa ekstübasyon değerlendirilebilir

Kaynak: Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023

Bazı klasik kaynaklarda TOF sayısı ile blok yüzdesi arasında doğrudan ve sabit bir eşleştirme verilmiştir. Bu tür tablolar günümüzde tek başına güvenilir klinik karar aracı olarak kullanılmamalıdır. İlaç, hasta ve ölçüm tekniğine göre yanıt değişebilir; güvenli derlenme için kantitatif TOF oranı esas alınmalıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Kantitatif Monitörizasyon: AMG ve EMG

Akseleromiyografi kas hareketinin ivmesini ölçer ve klinik olarak yaygın kullanılan kantitatif yöntemlerden biridir. Ancak AMG ölçümlerinde cihazın kurulumuna, hareket serbestliğine ve normalizasyon yöntemine bağlı olarak sistematik sapmalar oluşabilir. Bu nedenle cihazın üretici talimatına uygun kalibrasyonu ve gerekiyorsa normalizasyonu önemlidir. 2024 teknik değerlendirmeler AMG'nin doğru kullanımının standardizasyon gerektirdiğini vurgulamaktadır. Normalize edilmemiş (ham) AMG ölçümleri TOF oranını olduğundan yüksek gösterebildiğinden, bu durumda derlenme eşiği olarak 1,0 değerinin kullanılması önerilmektedir (Fuchs-Buder et al., 2023).

Elektromiyografi ise kasın elektriksel bileşik aksiyon potansiyelini ölçer. Mekanik harekete daha az bağımlı olması, hareketin kısıtlı olduğu durumlarda avantaj sağlayabilir. Ancak farklı cihazlar farklı filtreleme ve sinyal işleme özelliklerine sahip olduğundan cihazlar arasında değerlerin birebir karşılaştırılması dikkat gerektirir.

2026 literatüründe monitörizasyonun yaygınlaşmasına rağmen önerilerin klinik uygulamaya tam olarak aktarılmasının hâlâ bir kalite sorunu olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle yalnızca cihazın bulunması değil, doğru yerleşim, kalibrasyon, eğitim ve sonuçların klinik karar sürecine entegre edilmesi önemlidir (Renew et al., 2026).

Rezidüel Nöromüsküler Blok

Rezidüel nöromüsküler blok, cerrahi sonrasında nöromüsküler iletimin tam olarak düzelmemiş olmasıdır. Solunum kaslarında zayıflık, üst hava yolu obstrüksiyonu, hipoventilasyon,

aspirasyon ve postoperatif solunumsal komplikasyon riskini artırabilir. Klinik bulgular hafif rezidüel bloğu güvenilir biçimde dışlamadığından objektif ölçüm gereklidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klinik ve taktil değerlendirmeler rezidüel bloğu dışlayamaz; güvenliği objektif nöromüsküler ölçüm sağlar. Bu nedenle ‘en az iki TOF yanıtı olmadan antagonist verilmemeli’ veya ‘TOF dört olduğunda 10 dakika içinde derlenir’ gibi sabit kurallar güncel yaklaşım için genellenmemelidir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

2023 ASA kılavuzu, ekstübasyon öncesinde kantitatif TOF oranının ≥0,90 olduğunun doğrulanmasını önerir (Thilen et al., 2023). ESAIC de ulnar sinir–adductor pollicis çiftinde kantitatif monitörizasyonu ve TOF oranı >0,90’a ulaşıncaya kadar izlemi önerir (Fuchs-Buder et al., 2023).

Monitörizasyon ve Antagonizma İlişkisi

Nöromüsküler monitörizasyon, antagonistin seçilmesine ve zamanlamasına yardımcı olur. Aminosteroid nondepolarizan ajanların (özellikle rokuronyum ve vekuronyum) antagonizmasında sugammadeks, blok derinliğine göre hızlı ve öngörülebilir bir seçenek sağlayabilir. Neostigmin ise daha sığ blokta ve yeterli spontan derlenme başladıktan sonra uygun koşullarda kullanılabilir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Neostigmin için eşikler kılavuzlar arasında farklıdır: ASA 2023 neostigmini yalnızca minimal blokta (TOF oranı 0,4–<0,9) makul alternatif olarak kabul ederken, ESAIC neostigmin öncesinde ileri spontan derlenme (TOF oranı >0,2) ister (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

ESAIC kılavuzu rokuronyum/vekuronyum ile oluşan derin, orta ve sığ blokların antagonizmasında sugammadeksi; neostigmin kullanımında ise ileri spontan derlenme başladıktan sonra kantitatif monitörizasyonun sürdürülmesini önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023).

Bu bölümün ana mesajı, antagonistin uygulanmasından sonra ‘ilaç verildi’ bilgisinin yeterli olmadığıdır. Ekstübasyon öncesinde objektif nöromüsküler derlenmenin doğrulanması gerekir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Klinik uyarı: Antagonist uygulandıktan sonra objektif derlenmeyi doğrulamadan ekstübe etmek sık yapılan ve önlenebilir bir hatadır; “antagonist verildi” bilgisi yeterli derlenmenin kanıtı değildir.

Algoritma 1 Nöromüsküler bloker kullanılan hastada monitörizasyon, antagonizma ve ekstübasyon akışı

1. Nöromüsküler bloker kullanıldı mı? → Evetse kantitatif nöromüsküler monitörizasyon planla.
2. Uygun ölçüm bölgesini seç → Tercihen ulnar sinir–adductor pollicis.
3. Cihazı doğru yerleştir → cilt, elektrot, ekstremite pozisyonu ve sıcaklığı kontrol et.
4. Kalibrasyon/supramaksimal uyarıyı doğrula.
5. Başlangıç ve cerrahi boyunca TOF yanıtlarını kantitatif olarak izle.
6. TOF yanıtı yoksa → derinliği PTC ile değerlendir.
7. TOF yanıtları geri geldikçe → TOF oranını takip et ve antagonizma stratejisini belirle.
8. Antagonist uygulandıysa → kantitatif monitörizasyonu sürdür.
9. TOF oranı ≥0,90 olmadan ekstübasyonu nöromüsküler açıdan yeterli kabul etme.
10. TOF ≥0,90 ve klinik/solunumsal koşullar uygun → ekstübasyon değerlendir.
11. Postoperatif dönemde solunum fonksiyonu ve rezidüel blok bulguları açısından izle.

Bilinmesi Gerekenler

1. Nöromüsküler bloker kullanıldıysa monitörizasyon, güvenli anestezi yönetiminin ayrılmaz parçasıdır. (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023)
2. 2026'da temel standart nitel değil, kantitatif nöromüsküler monitörizasyondur.
3. Standart ölçüm bölgesi ulnar sinir–adductor pollicis kompleksidir.
4. TOF sayısı blok derinliği hakkında bilgi verir; TOF oranı özellikle derlenmenin değerlendirilmesinde kritik parametredir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).
5. Ekstübasyon öncesinde kantitatif TOF oranı ≥0,90 doğrulanmalıdır.
6. Klinik testler tek başına rezidüel bloğu dışlayamaz.
7. Derin blokta PTC, TOF yanıtı yeniden ortaya çıkmadan önce derinliği izlemek için kullanılır (Thilen et al., 2023).
8. AMG yaygın olmakla birlikte doğru kurulum, kalibrasyon ve cihaz özellikleri sonuçları etkiler; EMG bazı koşullarda avantaj sağlayabilir.
9. Adductor pollicis yanıtı hava yolu kaslarının fonksiyonunu birebir göstermez; ancak rezidüel bloğun standart objektif değerlendirme bölgesidir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

10. Antagonizma kararı monitörizasyonla birlikte verilmelidir; antagonistin uygulanmış olması güvenli ekstübasyonun kanıtı değildir.

Kaynakça

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Fuchs-Buder, T., Romero, C. S., Lewald, H., Lamperti, M., Afshari, A., Hristovska, A. M., Schmartz, D., Hinkelbein, J., Longrois, D., Popp, M., de Boer, H. D., Sorbello, M., Jankovic, R., & Kranke, P. (2023). Peri-operative management of neuromuscular blockade: A guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(2), 82–94. doi: 10.1097/EJA.0000000000001769.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kosciuczuk, U., Dardzinska, A., Kasperczuk, A., Dzienis, P., Tomaszuk, A., Tarnowska, K., Rynkiewicz-Szczepanska, E., Kossakowska, A., & Pryzmont, M. (2024). Practice Guidelines for Monitoring Neuromuscular Blockade-Elements to Change to Increase the Quality of Anesthesiological Procedures and How to Improve the Acceleromyographic Method. *Journal of Clinical Medicine, 13*(7), 1976. doi: 10.3390/jcm13071976.

Renew, J. R., Linn, D. D., Logvinov, I. I., Ma, Y., & Brull, S. J. (2026). The Impact of the "2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade" on Quantitative Neuromuscular Monitoring Two Years Later. *Anesthesia and Analgesia, 10.1213/ANE.0000000000008190*. Advance online publication. doi: 10.1213/ANE.0000000000008190.

Suzuki, T., Iwasaki, H., Takagi, S., Hara, M., Matsuki, Y., & Japanese Society of Anesthesiologists Working Group for Revision of Guidelines of Monitoring for Safe Anesthesia (2026). Monitoring of neuromuscular block for safe anesthesia: FAQs for proper understanding. *Journal of Anesthesia, 40*(2), 173–181. doi: 10.1007/s00540-026-03698-9.

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

BÖLÜM 12

KAS GEVŞETİCİLER VE KLİNİK KULLANIMLARI
Nöromüsküler Blokerlerin Farmakolojisi, Klinik Seçimi, Güvenli Kullanımı ve Antagonizması

İSMAİL AYTAÇ[1]

Özet

Nöromüsküler blokerler (NMB), bilinç veya analjezi oluşturmadan iskelet kası aktivitesini azaltan ilaçlardır. Bu nedenle anestezik değildirler ve sedatif-analjezik tedavinin yerine geçmezler. Temel kullanım amaçları trakeal entübasyon koşullarını iyileştirmek, cerrahi için uygun kas gevşemesi sağlamak ve seçilmiş durumlarda ventilasyonun kontrolünü kolaylaştırmaktır.

Klinik olarak depolarizan ve nondepolarizan nöromüsküler blokerler olarak iki ana gruba ayrılır. Günümüzde nondepolarizan ajanlar arasında rokuronyum ve vekuronyum aminosteroid;

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-1665-9163

atrakuryum, cisatrakuryum ve mivakuryum benzilizokinolinyum grubu içinde yer alır. Süksinilkolin ise depolarizan ajandır.

Güncel kılavuzlar, nondepolarizan bloker verilen hastalarda klinik bulguların ve subjektif monitörizasyonun rezidüel bloğu dışlamak için yeterli olmadığını; objektif nöromüsküler monitörizasyonun el kasında yapılmasını ve antagonizmanın da objektif olarak izlenmesini vurgulamaktadır (Fuchs-Buder et al., 2023; Suzuki et al., 2026; Thilen et al., 2023).

Güncel yaklaşımda rokuronyum, uygun olgularda hızlı entübasyon için sık kullanılan bir ajandır. Rokuronyum/vekuronyum kaynaklı derin, orta veya yüzeyel blokta sugammadeks, neostigminden daha güvenilir ve hızlı antagonizma sağlayan seçenek olarak öne çıkmaktadır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Öğrenme Hedefleri

- Depolarizan ve nondepolarizan nöromüsküler blokerlerin etki mekanizmalarını açıklayabilmek.
- Başlıca nöromüsküler blokerleri başlangıç, etki süresi, metabolizma ve eliminasyon özellikleri açısından karşılaştırabilmek.
- Rokuronyum, vekuronyum, atrakuryum, cisatrakuryum ve süksinilkolinin klinik kullanım alanlarını ayırt edebilmek.
- Hızlı ardışık indüksiyonda nöromüsküler bloker seçimini açıklayabilmek.
- Karaciğer ve böbrek yetmezliğinde ilaç seçimini rasyonel biçimde yapabilmek.

- Histamin salınımı, kardiyovasküler etkiler ve anafilaksi riskini değerlendirebilmek.
- Derin, orta ve yüzeyel nöromüsküler blok kavramlarını monitörizasyonla ilişkilendirebilmek.
- Sugammadeks ve neostigminin kullanım alanlarını ve sınırlılıklarını açıklayabilmek.
- Kas gevşetici verilmiş hastada güvenli ekstübasyon için objektif toparlanma kriterini belirleyebilmek.

Nöromüsküler Blokerler Neden Kullanılır?

Nöromüsküler blokerler motor sinir ile kas arasındaki iletimi geçici olarak engelleyerek kas gevşemesi oluşturur. Bilinç, amnezi ve analjezi sağlamadıkları için tek başlarına anestezi olarak kullanılmaları kesinlikle uygun değildir. Yeterli hipnoz ve analjezi sağlanmadan paralizi oluşturmak, hastanın farkındalık ve ağrı deneyimini maskeleyebileceği için özellikle tehlikelidir.

Trakeal entübasyon sırasında kas gevşemesi, laringeal travmayı azaltmaya ve uygun entübasyon koşulları sağlamaya yardımcı olur. ESAIC kılavuzu trakeal entübasyonu kolaylaştırmak ve entübasyona bağlı faringeal/laringeal yaralanmayı azaltmak amacıyla kas gevşetici kullanımını önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023).

Sınıflandırma

Tablo 1 Nöromüsküler blokerlerin sınıflandırılması

Grup	Ajanlar	Etki	Antagonizma
Depolarizan	Süksinilkolin	Nikotinik reseptörde depolarizasyon; kısa süreli blok	Spontan metabolizma; rutin farmakolojik antagonizma yok
Aminosteroid nondepolarizan	Rokuronyum, vekuronyum	Kompetitif nikotinik ACh reseptör antagonizması	Sugammadeks veya uygun koşulda neostigmin
Benzilizokinolinyum nondepolarizan	Atrakuryum, cisatrakuryum, mivakuryum	Kompetitif nikotinik ACh reseptör antagonizması	Neostigmin; spontan toparlanma

Kaynak: Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025

Etki Mekanizması

Nondepolarizan blokerler

Nondepolarizan blokerler postsinaptik nikotinik asetilkolin reseptörlerinde asetilkolin ile yarışarak son plak depolarizasyonunu engeller. Bu nedenle sinir uyarısı kasa iletilemez ve kas kasılması azalır.

Klasik özellikleri TOF sırasında fade oluşturabilmeleri ve yeterli dozdan sonra tetanik yanıtın azalmasıdır. Blok derinleştikçe TOF count azalır; toparlanma sırasında yanıtlar geri gelir ve TOF oranı yükselir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Depolarizan bloker: süksinilkolin

Süksinilkolin asetilkolin reseptörlerini aktive ederek başlangıçta depolarizasyon oluşturur ve hızlı bir faz I blok meydana getirir. Etkisinin kısa sürmesinde plazma psödokolinesterazı tarafından hızlı hidrolizi temel rol oynar.

Yüksek veya tekrarlayan dozlarda ya da infüzyonda, nondepolarizan bloğa benzer TOF sönmesiyle seyreden faz II blok gelişebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Süksinilkolin çok hızlı başlangıcı ve kısa etkisi nedeniyle özellikle acil hava yolu yönetimi ve hızlı ardışık indüksiyon bağlamında tarihsel olarak önemli bir ajandır. Bununla birlikte hiperkalemi, bradikardi, malign hipertermi, masseter spazmı ve psödokolinesteraz varyantlarında uzamış paralizi gibi ciddi riskleri vardır. Bu nedenle her hastada otomatik ilk seçenek olarak değerlendirilmemelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Rokuronyum

Rokuronyum hızlı başlangıçlı aminosteroid nondepolarizan nöromüsküler blokerdir. Entübasyon, rutin cerrahi kas gevşemesi ve hızlı ardışık indüksiyonda yaygın olarak kullanılır. ESAIC, hızlı ardışık indüksiyonda süksinilkolin 1 mg/kg veya rokuronyum 0,9–1,2 mg/kg önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023).

Rokuronyumun önemli klinik avantajı sugammadeks ile spesifik olarak antagonize edilebilmesidir. Bu özellik, özellikle derin veya orta bloktan hızlı toparlanmanın gerektiği durumlarda önemli bir güvenlik avantajıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Rokuronyumun etkisi yaş, doz, uygulanan diğer anestezikler, dolaşım ve hastanın organ fonksiyonları gibi faktörlerden etkilenir. Bu nedenle yalnızca verilen doz veya geçen süre üzerinden toparlanma tahmini yapmak güvenli değildir; objektif monitörizasyon gereklidir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Rokuronyum ve vekuronyum klinik dozlarda genellikle belirgin kardiyovasküler etki ve anlamlı histamin salınımı oluşturmaz; bu nedenle hemodinamik açıdan stabil seçeneklerdir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025)..

Vekuronyum

Vekuronyum aminosteroid nondepolarizan bir ajandır ve rokuronyuma göre daha yavaş başlangıçlıdır. Karaciğer metabolizması ve biliyer atılımı klinik etkisinde önemlidir; böbrek fonksiyon bozukluğu da etki süresini uzatabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Rokuronyum ve vekuronyumda organ fonksiyonundaki bozulma etkinin uzamasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle bu hastalarda doz aralığı ve tekrar dozları objektif monitörizasyonla yönlendirilmelidir (Fuchs-Buder et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sugammadeks vekuronyumu da enkapsüle ederek antagonize eder; ancak vekuronyuma bağlanma afinitesi rokuronyuma göre daha düşüktür ve derlenme bir miktar daha yavaştır. 26 randomize çalışmanın havuzlanmış analizinde TOF oranının 0,9'a ulaşma süresi (geometrik ortalama), orta blokta (T2'nin yeniden görülmesi) sugammadeks 2 mg/kg ile vekuronyumda 2,9 dakika (neostigmin ile 17,4 dakika), rokuronyumda 1,9 dakika (neostigmin ile 10,6 dakika) bulunmuştur. Derin blokta (PTC 1–2) sugammadeks 4 mg/kg ile bu süre vekuronyumda 3,8 dakika (neostigmin ile 67,6 dakika), rokuronyumda 2,2 dakika (neostigmin ile 19,0 dakika) olmuştur (Herring et al., 2017). Vekuronyuma özgü çok merkezli randomize bir çalışmada da orta blokta derlenme süresi sugammadeks ile 2,7 dakika, neostigmin ile 17,9 dakika bulunmuştur (Khuenl-Brady et

al., 2010). Buna karşılık yüksek doz sugammadeks (16 mg/kg) ile acil geri döndürme yalnızca rokuronyum için tanımlanmıştır.

Rokuronyumun daha hızlı başlangıcı, sugammadeksle daha hızlı derlenmesi ve acil geri döndürülebilirliği nedeniyle birçok klinik durumda daha pratik bir seçenek olması, günümüzde vekuronyumun kullanım alanını daraltmıştır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Atrakuryum

Atrakuryum benzilizokinolinyum grubunda orta etkili nondepolarizan bir ajandır. Hofmann eliminasyonu ve ester hidrolizi sayesinde organ bağımlılığı görece sınırlıdır. Bu özellik özellikle ileri karaciğer veya böbrek yetmezliği olan hastalarda klinik avantaj sağlayabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Atrakuryum histamin salınımına bağlı kızarma, hipotansiyon, taşikardi veya bronkospazm oluşturabilir. Bu etkiler doz ve uygulama hızından etkilenebilir; yavaş ve kontrollü uygulama tercih edilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Hofmann eliminasyonu sıcaklık ve pH'dan etkilenir. Hipotermi ve ağır asidoz gibi durumlarda eliminasyon yavaşlayabilir. Atrakuryum ve cisatrakuryumun metaboliti laudanozin, özellikle uzun süreli yoğun bakım infüzyonlarında ve organ yetmezliğinde birikerek teorik olarak nöbet eşiğini düşürebilir; bu risk cisatrakuryumda daha düşüktür (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Cisatrakuryum

Cisatrakuryum, atrakuryumun stereizomerlerinden biridir ve Hofmann eliminasyonu ile metabolize olur. Histamin salınımı

atrakuryuma göre daha az belirgin olduğundan hemodinamik olarak daha iyi tolere edilebilir.

Özellikle ciddi böbrek veya karaciğer yetmezliği olan hastalarda organ bağımsız eliminasyon özelliği nedeniyle önemli bir seçenektir. Yoğun bakımda uzun süreli nöromüsküler blok gerektiğinde de değerlendirilebilir; ancak uzun süreli kullanımda nöromüsküler monitörizasyon ve günlük klinik gereksinimin yeniden değerlendirilmesi gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Cisatrakuryum ve atrakuryum gibi Hofmann eliminasyonuna önemli ölçüde bağımlı ajanlar organ yetmezliğinde avantaj sağlayabilir. Bununla birlikte hipotermi, asidoz ve farmakodinamik duyarlılık gibi faktörler yine de etki süresini değiştirebilir.

Mivakuryum

Mivakuryum kısa etkili benzilizokinolinyum türevidir ve plazma kolinesterazları ile metabolize edilir. Bu nedenle psödokolinesteraz aktivitesindeki azalma veya atipik enzim varlığında etkisi uzayabilir.

Kısa süreli işlemler ve hızlı toparlanmanın istendiği seçilmiş olgularda kullanılabilir; ancak günümüzde birçok merkezde rokuronyum ve sugammadeks kombinasyonunun yaygınlaşması kullanımını azaltmıştır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Nöromüsküler Blokerlerin Karşılaştırılması, Dozları ve Ortak Güvenlik İlkeleri

Tablo 2 Nöromüsküler blokerlerin karşılaştırılması

Ajan	Grup	Başlangıç	Süre	Eliminasyon	Öne Çıkan Özellik
Süksinilkolin	Depolarizan	Çok hızlı	Çok kısa	Plazma kolinesterazı	RSI; ciddi kontrendikasyonlar
Rokuronyum	Aminosteroid	Hızlı	Orta	Karaciğer/biliyer ağırlıklı	RSI + sugammadeks
Vekuronyum	Aminosteroid	Orta	Orta	Hepatik/biliyer, renal katkı	Sugammadeks ile geri çevrilebilir
Atrakuryum	Benzilizokinolinyum	Orta	Orta	Hofmann + ester hidrolizi	Organ yetmezliğinde yararlı
Cisatrakuryum	Benzilizokinolinyum	Orta	Orta	Hofmann eliminasyonu	Görece hemodinamik stabil
Mivakuryum	Benzilizokinolinyum	Orta	Kısa	Plazma kolinesterazı	Kısa işlemlerde seçilmiş kullanım

Kaynak: Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025

Tablo 3 Erişkinde tipik intravenöz dozlar

Ajan	Entübasyon Dozu	İdame (Tekrar) Dozu	Klinik Not
Süksinilkolin	1–1,5 mg/kg (RSI'de ESAIC: 1 mg/kg)	Önerilmez	Tekrarlayan dozda bradikardi ve faz II blok
Rokuronyum	0,6 mg/kg; RSI 0,9–1,2 mg/kg	0,1–0,2 mg/kg	Obezde ideal/ düzeltilmiş ağırlık
Vekuronyum	0,08–0,1 mg/kg	0,01–0,02 mg/kg	Renal yetmezlikte etkisi uzayabilir
Atrakuryum	0,4–0,5 mg/kg	0,08–0,1 mg/kg	Histamin nedeniyle yavaş enjeksiyon
Cisatrakuryum	0,15–0,2 mg/kg	0,03 mg/kg	Başlangıç görece yavaş
Mivakuryum	0,15–0,2 mg/kg	İnfüzyon ile	Psödokolinesteraz eksikliğinde uzar

Kaynak: Cullen et al., 2023; Fuchs-Buder et al., 2023; Gropper et al., 2025

Dozlar yol göstericidir; obez hastada nondepolarizan blokerler ideal/düzeltilmiş vücut ağırlığına göre dozlanır. Tekrar dozları kantitatif monitörizasyonla yönlendirilmeli; güncel ürün bilgisi ve kurum protokolü ile doğrulanmalıdır.

Böbrek ve karaciğer fonksiyonları bozulduğunda nöromüsküler blokerin seçimi yalnızca eliminasyon yoluna göre değil, beklenen cerrahi süresine ve monitörizasyon olanaklarına göre yapılmalıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anafilaksi tüm nöromüsküler blokerlerde görülebilen önemli bir perioperatif risktir. Ani hipotansiyon, bronkospazm, ürtiker veya açıklanamayan kardiyovasküler kollaps geliştiğinde anafilaksi düşünülmeli ve kurumun perioperatif anafilaksi protokolü uygulanmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Hızlı Ardışık İndüksiyonda Kas Gevşetici Seçimi

Hızlı ardışık entübasyon (RSI), trakeal entübasyon sırasında aspirasyon riskini ve sonuçlarını azaltmak için uygulanan bir tekniktir. Buradaki "hızlı" ifadesi, koruyucu hava yolu reflekslerinin farmakolojik olarak ortadan kalkması ile kaflı tüpün trakeaya doğru yerleştirilmesi arasındaki sürenin kısaltılmasını anlatır; entübasyon kararının aceleyle uygulanması anlamına gelmez. Bu tanıma uyan her teknik RSI olarak adlandırılabileceğinden, "modifiye RSI" terimine gerek yoktur (Collins & O'Sullivan, 2022; Project for Universal Management of Airways [PUMA], 2026). Preoksijenasyon, krikoid bası, apne döneminde maske ventilasyonu ve videolaringoskopi gibi bileşenlerin kullanımı konusunda uygulamalar arasında farklılık sürmektedir; Royal College of Anaesthetists, Association of Anaesthetists ve Difficult Airway Society'nin 2026 tarihli ortak bildirimi bu bileşenleri güncel literatür ışığında yeniden ele almaktadır (Royal College of Anaesthetists, Association of Anaesthetists, Difficult Airway Society, 2026).

RSI'da amaç, hipnotik indüksiyon sonrası hızlı ve güvenilir koşullarda trakeal entübasyonu gerçekleştirmektir. Kas gevşetici

seçimi, etki başlangıcı kadar hastanın hiperkalemi riski, malign hipertermi öyküsü, nöromüsküler hastalıkları ve mevcut klinik durumuna göre yapılmalıdır.

Süksinilkolin ve rokuronyum hızlı başlangıçlı seçeneklerdir; ESAIC, RSI'de her iki ajanı da önermektedir (dozlar için bkz. Tablo 3) (Fuchs-Buder et al., 2023).

Rokuronyumun yüksek dozlarda hızlı entübasyon koşulları sağlayabilmesi ve gerektiğinde sugammadeks ile antagonize edilebilmesi önemli avantajlardır. Bununla birlikte sugammadeks bulunması, hava yolu yönetim planının yerini tutmaz; 'geri çevrilebilir paralizi' başarısız entübasyon/ventilasyon senaryosunu ortadan kaldırmaz.

Süksinilkolin: Özel Güvenlik Konuları

- Hiperkalemi riski bulunan hastalarda kullanılmamalıdır.
- Bilinen veya şüpheli malign hipertermi duyarlılığında kontrendikedir.
- Belirgin bradikardi, özellikle tekrarlayan dozlarda, görülebilir.
- Psödokolinesteraz eksikliği veya atipik enzim varlığında uzamış apne gelişebilir.
- Akut denervasyon, bazı nöromüsküler hastalıklar ve belirli geniş kas hasarı durumlarında ciddi hiperkalemi riski nedeniyle kaçınılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; van den Bersselaar et al., 2022).
- Yanık, spinal kord hasarı, uzamış immobilizasyon ve üst motor nöron lezyonlarında reseptör artışına bağlı

hiperkalemi riski ilk 24–48 saatten sonra belirginleşir ve aylarca sürebilir.

- Çocuklarda, özellikle tanı almamış Duchenne vb. miyopatilerde hiperkalemik kardiyak arrest riski nedeniyle rutin (elektif) kullanımından kaçınılmalıdır; çocuklarda ilk dozda da bradikardi görülebilir.
- Kas ağrısı, göz içi, kafa içi ve mide içi basınç artışı yapabilir.
- Uzamış paralizi gelişirse mekanik ventilasyon ve sedasyon sürdürülmeli; spontan nöromüsküler toparlanma beklenmelidir.

Nöromüsküler Hastalıklarda Kullanım

Nöromüsküler hastalıklarda yanıt öngörülebilir değildir. Çoğu nöromüsküler hastada nondepolarizan blokerlere duyarlılık artabilir, daha düşük başlangıç dozu yeterli olabilir ve etki süresi uzayabilir. European Neuromuscular Centre konsensusu, bu hastalarda kantitatif nöromüsküler monitörizasyonu özellikle vurgulamaktadır (van den Bersselaar et al., 2022).

Miyotonik hastalıklarda süksinilkolin miyotoni ve ciddi komplikasyonlara yol açabileceğinden kaçınılmalıdır. Miyastenia gravis gibi hastalıklarda küçük dozlarla bile belirgin ve uzamış blok gelişebileceğinden ilaç seçimi ve antagonizma planı bireyselleştirilmelidir (van den Bersselaar et al., 2022).

Antagonizma: Sugammadeks

Sugammadeks, başta rokuronyum ve vekuronyum olmak üzere aminosteroid nöromüsküler blokerleri kapsülleyerek serbest plazma konsantrasyonunu azaltan selektif bağlayıcı ajandır. Bu

mekanizma asetilkolinesteraz inhibisyonundan farklıdır ve muskarinik yan etkilere yol açmaz.

Güncel kılavuzlar rokuronyum veya vekuronyum ile oluşturulan derin, orta ve yüzeyel blokta sugammadeksi neostigmine tercih etmektedir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Sugammadeks dozu blok derinliğine göre belirlenmelidir. Bu nedenle monitörizasyon olmadan yalnızca geçen süreye göre doz seçmek güvenli değildir. Dozlar ve özel popülasyon uygulamaları güncel ürün bilgisi ve kurum protokolü ile doğrulanmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Tablo 4 Blok derinliğine göre antagonist seçimi ve dozları

Blok Derinliği (ASA 2023)	**Sugammadeks (Rokuronyum/Vekuronyum)**	**Neostigmin**
Yoğun (PTC = 0)	Rutin antagonizma yapılmaz; rokuronyum 1,2 mg/kg sonrası acil geri döndürmede 16 mg/kg (yalnızca rokuronyum)	Kullanılmaz
Derin (PTC ≥1, TOF sayısı 0)	4 mg/kg (PTC 1–2)	Kullanılmaz
Orta (TOF sayısı 1–3)	2 mg/kg (T2 görüldüğünde); TOF sayısı 1 ise 4 mg/kg düşünülür	Kullanılmaz
Yüzeyel (TOF sayısı 4, TOF oranı <0,4)	2 mg/kg	ASA: önerilmez; ESAIC: TOF oranı >0,2 ise kullanılabilir
Minimal (TOF oranı 0,4–<0,9)	2 mg/kg	20–50 µg/kg (en fazla 5 mg) + glikopirolat 5–10 µg/kg veya atropin 10–20 µg/kg

Kaynak: Cullen et al., 2023; Fuchs-Buder et al., 2023; Gropper et al., 2025; Thilen et al., 2023

Sugammadeks gerçek vücut ağırlığına göre dozlanır. Benzilizokinolinyum ajanlarda sugammadeks etkisizdir; neostigmin minimal blokta kullanılır. Her durumda antagonizma sonrası TOF oranı ≥0,9 kantitatif olarak doğrulanmalıdır.

Sugammadeks, progesteron içeren hormonal kontraseptiflerin etkinliğini azaltabilir; oral veya oral olmayan hormonal kontraseptif kullanan hastalar bilgilendirilmeli ve 7 gün ek bir yöntem kullanmaları önerilmelidir. Anafilaksi ve belirgin bradikardi bildirilmiştir; ağır böbrek yetmezliğinde (KrKl <30 mL/dk) kullanımı önerilmez. Düşük doz sonrası rezidüel blok ve yeniden bloklanma bildirildiğinden monitörizasyon sürdürülmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Antagonizma: Neostigmin

Neostigmin asetilkolinesterazı inhibe ederek nöromüsküler kavşakta asetilkolin miktarını artırır ve nondepolarizan blokla yarışır. Etkili olabilmesi için spontan nöromüsküler toparlanmanın başlamış olması gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

ESAIC kılavuzu neostigmin temelli antagonizma başlamadan önce TOF oranının >0,2 düzeyinde spontan toparlanmasını ve antagonizasyon sonrasında TOF oranı >0,9'a ulaşıncaya kadar kantitatif monitörizasyonun sürdürülmesini önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023).

ASA 2023 ise daha temkinli bir eşik kullanır ve neostigmini yalnızca minimal blokta (TOF oranı 0,4–<0,9) makul alternatif olarak kabul eder; atrakuryum/cisatrakuryum ile oluşan minimal blokta da neostigmin önerilir (Thilen et al., 2023).

Neostigminin fazla dozda verilmesi kendisi de kas fonksiyonunu olumsuz etkileyebilir ve bradikardi, bronkospazm, hipersekresyon gibi muskarinik etkiler oluşturabilir. Bu nedenle antimuskarinik ilaç eşliği ve uygun dozlama önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Antagonizma Karar Akışı

Nondepolarizan blok → kantitatif TOF değerlendirmesi → ajan ve blok derinliğinin belirlenmesi → uygun antagonistin seçimi → antagonizma → yeniden kantitatif ölçüm → TOFR ≥0,90 doğrulaması → klinik solunum/havayolu değerlendirmesi → ekstübasyon (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Rokuronyum/vekuronyum için derin, orta veya yüzeyel blokta sugammadeks öne çıkar. Benzilizokinolinyum ajanlarda sugammadeks etkili değildir; uygun düzeyde spontan toparlanma varsa neostigmin kullanılabilir. Objektif ölçüm yoksa klinik bulgulara dayanarak 'tam toparlanma' kararı verilmemelidir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Bilinmesi Gerekenler

- Kas gevşetici bilinç ve analjezi sağlamaz; yeterli hipnoz ve analjezi olmadan kullanılmamalıdır.
- Trakeal entübasyonu kolaylaştırmak ve cerrahi koşulları iyileştirmek temel kullanım amaçlarıdır (Fuchs-Buder et al., 2023).
- Rokuronyum hızlı başlangıcı ve sugammadeks ile geri çevrilebilirliği nedeniyle önemli bir modern seçenektir.
- Cisatrakuryum ve atrakuryum organ bağımsız eliminasyon özellikleri nedeniyle organ yetmezliğinde değerli seçeneklerdir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Süksinilkolin hızlı ve kısa etkili olsa da hiperkalemi ve malign hipertermi gibi ciddi güvenlik sınırlılıklarına sahiptir.

- Kas gevşetici verilen hastada yalnızca klinik muayene veya subjektif TOF değerlendirmesi yeterli değildir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).
- Antagonizmanın etkinliği de objektif nöromüsküler monitörizasyonla doğrulanmalıdır.
- Ekstübasyon öncesi el kasında TOFR ≥0,90 doğrulanması temel güvenlik kriteridir.
- Nöromüsküler hastalıklarda daha düşük doz ve daha uzun etki olasılığı nedeniyle titrasyon ve kantitatif monitörizasyon özellikle önemlidir (van den Bersselaar et al., 2022).

Kaynakça

Collins, J., & O'Sullivan, E. P. (2022). Rapid sequence induction and intubation. *BJA Education, 22*(12), 484–490. doi: 10.1016/j.bjae.2022.09.001.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Fuchs-Buder, T., Romero, C. S., Lewald, H., Lamperti, M., Afshari, A., Hristovska, A. M., Schmartz, D., Hinkelbein, J., Longrois, D., Popp, M., de Boer, H. D., Sorbello, M., Jankovic, R., & Kranke, P. (2023). Peri-operative management of neuromuscular blockade: A guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(2), 82–94. doi: 10.1097/EJA.0000000000001769.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Herring, W. J., Woo, T., Assaid, C. A., Lupinacci, R. J., Lemmens, H. J., Blobner, M., & Khuenl-Brady, K. S. (2017). Sugammadex efficacy for reversal of rocuronium- and vecuronium-induced neuromuscular blockade: A pooled analysis of 26 studies. *Journal of Clinical Anesthesia, 41*, 84–91. doi: 10.1016/j.jclinane.2017.06.006.

Khuenl-Brady, K. S., Wattwil, M., Vanacker, B. F., Lora-Tamayo, J. I., Rietbergen, H., & Alvarez-Gómez, J. A. (2010). Sugammadex provides faster reversal of vecuronium-induced neuromuscular blockade compared with neostigmine: a multicenter, randomized,

controlled trial. *Anesthesia and Analgesia, 110*(1), 64–73. doi: 10.1213/ane.0b013e3181ac53c3.

Project for Universal Management of Airways [PUMA] (2026). *Universal guidelines for rapid sequence intubation.* https://www.universalairway.org/rsi

Royal College of Anaesthetists, Association of Anaesthetists, Difficult Airway Society (2026, 29 Temmuz). *Rapid sequence induction and intubation in adult practice: a statement from the Royal College of Anaesthetists, Association of Anaesthetists and Difficult Airway Society.* London. https://www.rcoa.ac.uk/rapid-sequence-induction-intubation-adult-practice-statement-royal-college-anaesthetists

Suzuki, T., Iwasaki, H., Takagi, S., Hara, M., Matsuki, Y., & Japanese Society of Anesthesiologists Working Group for Revision of Guidelines of Monitoring for Safe Anesthesia (2026). Monitoring of neuromuscular block for safe anesthesia: FAQs for proper understanding. *Journal of Anesthesia, 40*(2), 173–181. doi: 10.1007/s00540-026-03698-9.

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

van den Bersselaar, L. R., Heytens, L., Silva, H. C. A., Reimann, J., Tasca, G., Díaz-Cambronero, Ó., Løkken, N., Hellblom, A.,

Hopkins, P. M., Rueffert, H., Bastian, B., Vilchez, J. J., Gillies, R., Johannsen, S., Veyckemans, F., Muenster, T., Klein, A., Litman, R., Jungbluth, H., Riazi, S., … Snoeck, M. M. J. (2022). European Neuromuscular Centre consensus statement on anaesthesia in patients with neuromuscular disorders. *European Journal of Neurology, 29*(12), 3486–3507. doi: 10.1111/ene.15526.

BÖLÜM 13

KOLİNESTERAZ İNHİBİTÖRLERİ VE ANTİKOLİNERJİK İLAÇLAR
Nöromüsküler Blok Antagonizması, Asetilkolinesteraz İnhibitörleri ve Antimuskarinik İlaçlar

ALPAY KARAÇAM[1]

Özet

Kolinesteraz inhibitörleri, nöromüsküler kavşakta asetilkolinin yıkımını azaltarak nondepolarizan nöromüsküler blokun antagonize edilmesine yardımcı olur. Anestezi pratiğinde en önemli ajanlardan biri neostigmindir. Ancak asetilkolinesteraz inhibisyonu yalnızca nikotinik reseptörlerde değil, muskarinik reseptörlerde de asetilkolin etkisini artırdığı için bradikardi, bronkokonstriksiyon, hipersekresyon ve gastrointestinal motilite artışı gibi istenmeyen etkiler ortaya çıkabilir. Bu nedenle neostigmin genellikle uygun dozda bir antimuskarinik ilaçla birlikte uygulanır.

[1] Uzm. Dr., T.C. Sağlık Bakanlığı, Polatlı Duatepe Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0001-8697-9966

Kaynak kitabın temel çerçevesinde neostigmin, piridostigmin ve edrofonyum kolinesteraz inhibitörleri; atropin ve glikopirolat ise antikolinerjik ilaçlar olarak ele alınmaktadır. Kaynak materyal özellikle neostigminin asetilkolinesterazı inhibe ederek nöromüsküler kavşakta asetilkolini artırdığını ve muskarinik yan etkileri önlemek için atropin veya glikopirolat ile birlikte kullanıldığını belirtmektedir.

2026 klinik yaklaşımında temel nokta, neostigminin her düzeyde nöromüsküler bloğu güvenilir biçimde geri çeviremeyeceğidir. Rokuronyum veya vekuronyum kullanılmışsa derin, orta ve yüzeyel blokta sugammadex genellikle tercih edilir; neostigmin ise yeterli spontan toparlanmanın bulunduğu daha yüzeyel blokta uygun bir seçenek olabilir. Her durumda objektif nöromüsküler monitörizasyon ve ekstübasyon öncesi TOF oranının ≥0,90 olduğunun doğrulanması esastır.

Öğrenme Hedefleri

- Neostigminin etki mekanizmasını ve klinik kullanım alanını açıklayabilmek.
- Neostigminin muskarinik yan etkilerinin neden ortaya çıktığını anlayabilmek.
- Atropin ve glikopirolatın neostigminle birlikte kullanılma gerekçesini açıklayabilmek.
- Neostigmin, piridostigmin ve edrofonyum arasındaki temel farkları bilmek.
- Neostigminin hangi nöromüsküler blok düzeyinde uygun olduğunu değerlendirebilmek.

- Sugammadex ile neostigmin arasındaki temel klinik farkları açıklayabilmek.
- Antimuskarinik ilaçların kardiyovasküler, solunumsal ve gastrointestinal etkilerini değerlendirebilmek (Thilen et al., 2023).
- Antagonizma sonrası güvenli ekstübasyon için kantitatif nöromüsküler toparlanmayı doğrulayabilmek.
- Ajan seçimini (neostigmin vs. sugammadex) kullanılan bloker sınıfına (aminosteroid vs. benzilizokinolinyum) göre uyarlayabilmek.
- Sugammadex dozunu blok derinliğine (TOF count, PTC) göre seçebilmek.
- İlaç etkileşimlerinin (aminoglikozidler, magnezyum, volatil anestezikler vb.) nöromüsküler blok süresine etkisini tanıyabilmek.
- Böbrek yetmezliği, ileri yaş, obezite ve OSA gibi özel hasta gruplarında antagonizma yaklaşımını uyarlayabilmek.
- Rezidüel nöromüsküler bloğun klinik önemini ve önlenmesindeki rolünü açıklayabilmek.

Kolinesterazların Fizyolojik Rolü

Asetilkolin, sinir-kas kavşağında motor sinir terminalinden salınan temel nörotransmitterdir. Postsinaptik nikotinik reseptörlere bağlandıktan sonra asetilkolinesteraz tarafından hızla parçalanır. Bu hızlı hidroliz, nöromüsküler iletinin sonlandırılmasını sağlar (Gropper et al., 2025).

Asetilkolinesterazın inhibisyonu sinaptik aralıkta asetilkolin konsantrasyonunu artırır. Nondepolarizan nöromüsküler blokerlerle kompetitif olarak inhibe edilen nikotinik reseptörlerde asetilkolin lehine rekabet gelişir ve nöromüsküler iletim toparlanabilir.

Neostigmin

Neostigmin, kuaterner amonyum yapısında reversibl asetilkolinesteraz inhibitörüdür. Kan-beyin bariyerini anlamlı ölçüde geçmez ve temel klinik etkisi periferiktir (Gropper et al., 2025).

Etkinliği nöromüsküler blokun derinliğine bağlıdır. Spontan toparlanma başlamış yüzeyel blokta yararlı olabilir; ancak derin veya belirgin orta blokta tek başına yeterli antagonizma sağlayamayabilir. Bu nedenle neostigmin verilmeden önce objektif nöromüsküler monitörizasyon yapılmalıdır.

Neostigminin etkisi doz arttıkça sınırsız biçimde artmaz. Yüksek dozlarda yan etkiler artarken antagonistik nöromüsküler etkide ek klinik yarar sınırlanır. Bu nedenle doz blok düzeyine ve klinik bağlama göre titre edilmelidir (Thilen et al., 2023).

Neostigminin Muskarinik Etkileri

Asetilkolinesteraz inhibisyonu asetilkolinin yalnızca nöromüsküler kavşakta (nikotinik) değil, kalp, bronşlar, gastrointestinal sistem ve bezlerdeki muskarinik reseptörler üzerindeki etkisini de artırır.

Sistem	Olası Etki	Klinik Sonuç
Kardiyovasküler	Bradikardi, AV iletimde yavaşlama	Hipotansiyon, nadiren ciddi bradikardi
Solunum	Bronkokonstriksiyon ve sekresyon artışı	Bronkospazm/sekresyon yükü
Gastrointestinal	Motilite ve sekresyon artışı	Kramp, bulantı, ishal
Göz	Miyozis	Görsel etkiler
Bezler	Tükürük ve bronş sekresyonunda artış	Hava yolu sekresyonu

Antimuskarinik İlaçlarla Birlikte Kullanım

Neostigminin muskarinik etkilerini azaltmak amacıyla beraberinde antimuskarinik bir ilaç kullanılır. Anestezi pratiğinde en sık atropin veya glikopirolat tercih edilir (Thilen et al., 2023).

Atropin tersiyer amin yapısındadır ve kan-beyin bariyerini geçebilir. Glikopirolat ise kuaterner amonyum yapısı nedeniyle merkezi sinir sistemine geçişi çok daha sınırlıdır. Bu nedenle glikopirolat, periferik antimuskarinik etki istenen perioperatif uygulamalarda sık tercih edilir.

Antimuskarinik ilacın dozu ve zamanlaması neostigminle birlikte planlanmalıdır. Amaç bradikardiyi önlemek ve muskarinik yan etkileri azaltmaktır; gereksiz yüksek antimuskarinik dozlar taşikardi, ağız kuruluğu ve diğer antikolinerjik etkileri artırabilir (Thilen et al., 2023).

Atropin

Atropin, muskarinik asetilkolin reseptörlerinde kompetitif antagonisttir. Kalp hızını artırır, sekresyonları azaltır ve bronş düz kasındaki kolinerjik tonusu azaltabilir (Cullen et al., 2023).

Perioperatif kullanımda neostigminle ilişkili bradikardinin önlenmesi veya tedavisinde önemlidir. Bununla birlikte taşikardiye

neden olabileceği için koroner iskemi veya belirgin ritim hassasiyeti olan hastalarda klinik bağlam dikkate alınmalıdır (Thilen et al., 2023).

Atropinin santral etkileri yüksek dozlarda ortaya çıkabilir. Yaşlı hastalarda antikolinerjik yükün deliryum ve bilişsel yan etkilerle ilişkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

Glikopirolat

Glikopirolat kuaterner amonyum yapısında antimuskarinik ajandır ve merkezi sinir sistemine geçişi sınırlıdır. Periferik muskarinik etkileri nedeniyle neostigminle birlikte kullanılabilir (Cullen et al., 2023).

Kalp hızında artış, sekresyonlarda azalma ve gastrointestinal motilitede azalma oluşturabilir. Neostigmin antagonizmasında glikopirolatın pratik avantajı, daha sınırlı santral etkisidir.

Piridostigmin

Piridostigmin reversibl asetilkolinesteraz inhibitörüdür ve etki süresi neostigmine göre daha uzundur. Nöromüsküler blok antagonizmasında tarihsel olarak kullanılmıştır; ancak günümüzde rutin perioperatif antagonizmada neostigmin kadar yaygın değildir (Gropper et al., 2025).

Etkinin daha uzun sürmesi, kısa cerrahilerde her zaman avantaj sağlamaz. Antagonizma amacıyla kullanılacaksa yine nöromüsküler blok düzeyi ve objektif toparlanma değerlendirilmelidir.

Fizostigmin

Fizostigmin, grup içindeki diğer ajanlardan farklı olarak tersiyer amin yapısındadır ve kan-beyin bariyerini kolayca geçer. Bu özelliği nedeniyle nöromüsküler blok antagonizmasında rutin olarak kullanılmaz; santral etkisi istenmeyen bir yan etki değil, asıl kullanım nedenidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Başlıca klinik kullanım alanı, atropin, skopolamin veya trisiklik antidepresanlar gibi antikolinerjik ajanlarla oluşan santral antikolinerjik sendromun (ajitasyon, deliryum, hafıza bozukluğu) tedavisidir. Etki süresi kısa olduğundan tekrarlayan dozlar gerekebilir; aşırı dozda nöbet ve bradikardi riski nedeniyle dikkatli titrasyon gerektirir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Edrofonyum

Edrofonyum kısa etkili asetilkolinesteraz inhibitörüdür. Etki başlangıcı hızlı ve süresi kısadır. Tarihsel olarak nöromüsküler blok antagonizmasında kullanılmış olsa da modern pratikte yerini büyük ölçüde neostigmin ve uygun aminosteroid bloklarda sugammadexe bırakmıştır (Cullen et al., 2023).

Edrofonyumun klinik değeri bugün daha çok farmakolojik tarih ve kolinesteraz inhibitörlerinin farklı özelliklerini anlamak açısından önemlidir.

Neostigmin ve Sugammadex: Klinik Karşılaştırma

Özellik	Neostigmin	Sugammadex	Klinik Sonuç
Mekanizma	AChE inhibisyonu	Rokuronyum/ vekuronyumu kapsülleme	Farklı farmakolojik mekanizma
Uygun blok	Yüzeyel ve yeterli spontan toparlanma	Derin, orta ve yüzeyel rokuronyum/ vekuronyum bloğu	Blok derinliği kritik
Muskarinik etki	Var	Yok	Neostigminle antimuskarinik gerekir
Etki başlangıcı	Görece yavaş	Hızlı	Sugammadex özellikle derin blokta avantajlı
Spesifiklik	Spesifik değildir	Aminosteroid blokere spesifik	Ajan seçimi önemli
Monitörizasyon	Gerekli	Gerekli	İlaç monitörizasyonun yerini tutmaz

Neostigmin Ne Zaman Uygundur?

Neostigmin, nondepolarizan nöromüsküler blokun kendiliğinden belirgin biçimde çözülmeye başladığı ve objektif monitörizasyonda yeterli toparlanmanın bulunduğu hastalarda uygun bir antagonizma seçeneğidir (Thilen et al., 2023).

ASA 2023 kılavuzuna göre neostigmin, TOF oranının 0,4 ile 0,9 arasında olduğu minimal blok düzeyinde makul bir antagonizma seçeneği olarak tanımlanmaktadır; kantitatif monitörizasyonla TOF oranının zaten ≥0,9 olduğu doğrulanan hastalarda ise farmakolojik antagonizmaya gerek kalmamaktadır (Thilen et al., 2023). ESAIC 2023 kılavuzu da benzer şekilde blok derinliğine göre kademeli bir antagonizma stratejisini desteklemekte ve adduktor pollicis kasında kantitatif monitörizasyonla rezidüel bloğun dışlanmasını önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023). Ayrıca iki kılavuz,

neostigmin uygulanmasından ekstübasyona kadar beklenmesi gereken minimum süre konusunda da ayrışır: ASA en az 10 dakika, ESAIC ise en az 15 dakika beklenmesini önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023). Bu farklılıklar, iki kılavuzun genel felsefesinin örtüştüğü ancak sayısal eşiklerde tam bir uyum olmadığı anlamına gelir; klinik pratikte daha muhafazakâr olan eşiğe (daha yüksek TOF oranı, daha uzun bekleme süresi) uyulması önerilir.

Atrakuryum veya sisatrakuryum gibi benzilizokinolinyum yapılı ajanlarla oluşturulan blok için ayrı bir kural geçerlidir: yalnızca asetilkolinesteraz inhibitörleriyle antagonize edilebilirler ve sugammadex bu ajanlar için etkisizdir. Kalitatif değerlendirme kullanılıyorsa, neostigmin ile antagonizmaya train-of-four yanıtında subjektif olarak fade kaybolmadan başlanmamalı; kantitatif monitörizasyon yoksa antagonizmadan ekstübasyona kadar en az 10 dakika geçmelidir. Kantitatif monitörizasyon mevcutsa, TOF oranı ≥0,9 doğrulanır doğrulanmaz ekstübasyon yapılabilir (Thilen et al., 2023).

Bu yaklaşımın pratik sonucu şudur: “neostigmin verdim, artık blok çözülmüştür” denilemez. İlaç verildikten sonra objektif toparlanma doğrulanmalıdır (Thilen et al., 2023).

Sugammadex Ne Zaman Tercih Edilir?

Rokuronyum veya vekuronyumla oluşturulmuş derin, orta veya yüzeyel blokta sugammadex, güncel kılavuzlarda neostigmine tercih edilen spesifik antagonizma seçeneğidir.

Sugammadex dozu blok derinliğiyle ilişkilidir; bu nedenle PTC (posttetanik count) veya TOF count gibi objektif ölçümler doz seçimini doğrudan yönlendirir. Güncel doz önerileri şu şekildedir (Thilen et al., 2023):

Blok Düzeyi (Kantitatif Ölçüm)	Sugammadex Dozu
Yüzeyel blok (TOF count 2 – TOF oranı <0,9)	2 mg/kg
Derin blok (posttetanik count 1 – TOF count 1)	4 mg/kg
Rokuronyum 1,2 mg/kg sonrası anında (acil) antagonizma	16 mg/kg

Klinik olarak yüksek riskli hastalarda hızlı ve öngörülebilir antagonizma önemli avantaj sağlayabilir (Thilen et al., 2023).

Sugammadex de tamamen risksiz değildir. Aşırı duyarlılık, bradikardi ve nadir kardiyak olaylar bildirilebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025); ayrıca ciddi böbrek yetmezliğinde kullanımına ilişkin ürün bilgisi ve güncel kılavuzlar dikkate alınmalıdır (bkz. 2026 Güvenli Antagonizma Algoritması).

Rezidüel nöromüsküler blok hâlâ perioperatif ekip için yeterince tanınmayan önemli bir güvenlik sorunudur ve postoperatif pulmoner komplikasyonlar, PACU'da uzamış kalış süresi ve azalmış hasta memnuniyetiyle ilişkilendirilmektedir; sugammadex kullanımı ile kantitatif nöromüsküler monitörizasyonun birlikte uygulanması bu riski anlamlı ölçüde azaltabilir (Blum et al., 2024).

Neostigmin ve Antimuskarinik İlaç İçin Klinik Akış

Nondepolarizan blok → kantitatif TOF değerlendirmesi → yeterli spontan toparlanma var mı (TOF oranı 0,4–0,9)? → evet → neostigmin uygun mu? → uygun doz + atropin/glikopirolat → yeniden TOF ölçümü → TOFR ≥0,90 → klinik solunum/havayolu değerlendirmesi → ekstübasyon (Thilen et al., 2023).

Yeterli spontan toparlanma yoksa neostigmin yerine blok derinliğine uygun alternatif antagonizma stratejisi değerlendirilmelidir. Rokuronyum/vekuronyum kullanılmışsa sugammadex seçeneği öne çıkar; atrakuryum/sisatrakuryum

kullanılmışsa neostigmin, subjektif fade kaybolana dek beklenerek uygulanmalıdır.

Antikolinerjik İlaçların Diğer Klinik Kullanımları

Atropin, glikopirolat ve benzeri antimuskarinikler yalnızca nöromüsküler blok antagonizmasına eşlik etmek için kullanılmaz.

Başlıca diğer kullanım alanları şunlardır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025):

Vagale bağlı bradikardi/asistoli: Cerrahi manipülasyon, oküler cerrahi (okülokardiyak refleks) veya laringoskopi sırasında gelişen vagal bradikardide atropin ilk tedavi seçeneğidir.

Acil semptomatik bradikardi tedavisi: Nabızlı semptomatik bradikardide (AHA/ACLS bradikardi algoritması) atropin ilk basamak ilaçtır; asistoli/nabızsız elektriksel aktivitede (PEA) ise atropinin rutin kullanımı önerilmemektedir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sekresyon kontrolü/premedikasyon: Özellikle fiberoptik entübasyon öncesi hava yolu sekresyonunu azaltmak amacıyla glikopirolat tercih edilir.

Organofosfat/kolinerjik zehirlenme: Yüksek doz atropin, aşırı muskarinik uyarıyı antagonize etmek için temel tedavi ajanıdır.

Ancak antikolinerjiklerin gereksiz kullanımı özellikle yaşlı hastalarda kognitif yan etkileri artırabilir. Bu nedenle “profilaktik olarak herkese atropin” yaklaşımı yerine, ilacın hedeflenen etkisi ve hastanın risk profili değerlendirilmelidir.

Klinik Olarak Önemli Etkileşimler

Neostigminin etkisi, bazı ilaçların nöromüsküler iletim üzerindeki etkileriyle değişebilir. Aminoglikozid ve bazı diğer antibiyotikler, magnezyum, antiaritmikler ve nöromüsküler kavşağı etkileyen çeşitli ilaçlar blokun uzamasına katkıda bulunabilir (Thilen et al., 2023).

Etkileşimlerin çoğu presinaptik veya postsinaptik düzeyde gerçekleşir. Aminoglikozid grubu antibiyotikler (gentamisin, tobramisin, neomisin gibi) presinaptik asetilkolin salınımını azaltarak nondepolarizan blokun etkisini güçlendirir; bu etki bazı olgularda neostigminle tam olarak antagonize edilemeyebilir. Magnezyum sülfat da presinaptik asetilkolin salınımını inhibe ederek benzer bir potansiyalizasyon oluşturur ve özellikle preeklampsi nedeniyle magnezyum alan obstetrik hastalarda blok süresinin beklenenden uzun olabileceği akılda tutulmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Volatil anestezikler doza bağlı olarak nöromüsküler iletimi baskılar; bu potansiyalizasyon etkisi desfluran, sevofluran ve izofluran arasında azalan sırayla gözlenir. Lokal anestezikler, kalsiyum kanal blokerleri ve bazı antiaritmikler (prokainamid, kinidin) de blok süresini uzatabilecek ajanlar arasındadır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Bu nedenle beklenenden uzun süren nöromüsküler blokta yalnızca kas gevşeticinin son dozuna bakılmamalı; eşlik eden ilaçlar, elektrolitler, hipotermi, asidoz ve organ fonksiyonları değerlendirilmelidir.

Özel Hasta Grupları

Kardiyak ve torasik cerrahi, morbid obezite (VKİ >40 kg/m^2), ciddi böbrek yetmezliği, karaciğer disfonksiyonu ve

nöromüsküler hastalıklar, yetersiz antagonizma açısından bağımsız risk faktörleri olarak tanımlanmaktadır; pediatrik ve geriatrik hastalar da bu açıdan artmış riske sahiptir (Kosciuczuk et al., 2024).

Böbrek yetmezliği

Neostigminin eliminasyonunda renal yol önemlidir. Ciddi böbrek fonksiyon bozukluğunda etki süresi uzayabilir. Sugammadex de esas olarak renal yoldan elimine olduğundan ciddi böbrek yetmezliğinde kullanımı güncel ürün bilgisi ve kurum protokolü ile ayrıca değerlendirilmelidir. Mevcut ASA ve ESAIC kılavuzları böbrek yetmezliği olan hastalarda antagonizma ajanı seçimine ilişkin doğrudan bir öneri sunmamaktadır; bu nedenle klinik karar, hastanın renal fonksiyon düzeyi, kurum protokolü ve güncel ürün bilgisi birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Kosciuczuk et al., 2024; Thilen et al., 2023).

Yaşlı hasta

Yaşlı hastalarda nöromüsküler toparlanma gecikebilir ve antikolinerjik ilaçların bilişsel yan etkileri daha belirgin olabilir (Gropper et al., 2025). Geriatrik hasta grubu, yetersiz antagonizma açısından artmış risk taşıyan gruplar arasında sayılmaktadır (Kosciuczuk et al., 2024). Bu nedenle düşük ve titre edilmiş doz, kantitatif monitörizasyon ve güvenli ekstübasyon kriterlerinin doğrulanması önemlidir (Thilen et al., 2023).

Obstrüktif uyku apnesi ve obezite

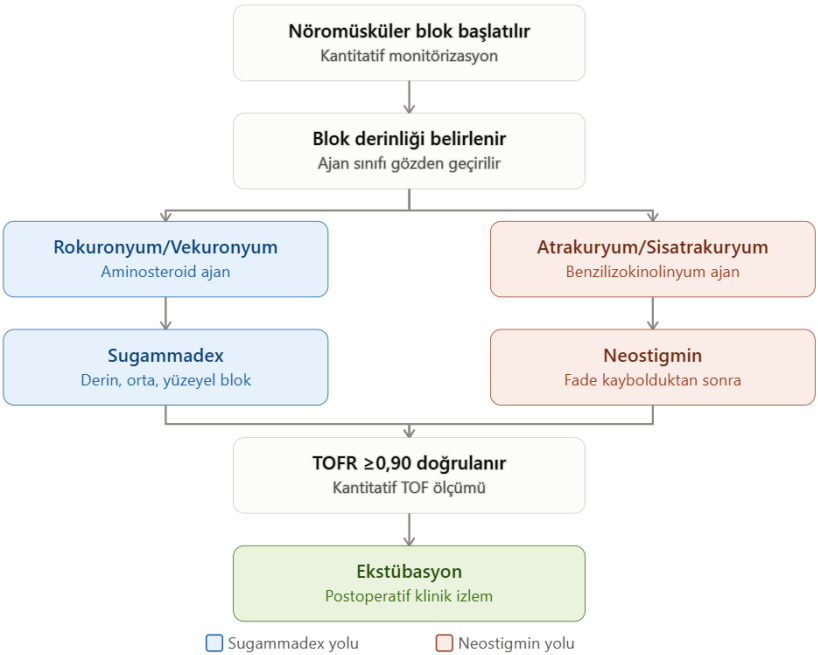
Bu hastalarda rezidüel nöromüsküler blokun solunumsal sonuçları daha ciddi olabilir; morbid obezite (VKİ >40 kg/m²) yetersiz antagonizma için ayrı bir risk faktörü olarak tanımlanmaktadır (Kosciuczuk et al., 2024). Antagonizma sonrası

TOFR ≥0,90 doğrulanması, yeterli spontan ventilasyon ve üst havayolu açıklığının değerlendirilmesi özellikle önemlidir (Blum et al., 2024; Thilen et al., 2023).

2026 Güvenli Antagonizma Algoritması

Kas gevşetici kullanıldı → kantitatif nöromüsküler monitörizasyon → blok derinliği belirlenir → kullanılan ajan sınıfı (aminosteroid mi, benzilizokinolinyum mu) gözden geçirilir → uygun antagonizma seçilir (rokuronyum/vekuronyum: sugammadex; atrakuryum/sisatrakuryum: neostigmin, fade kaybolduktan sonra) → antagonizma uygulanır → TOF tekrar ölçülür → TOFR ≥0,90 doğrulanır → spontan ventilasyon, oksijenasyon ve havayolu değerlendirilir → ekstübasyon → postoperatif klinik izlem (Thilen et al., 2023).

Bu algoritmada ilaç, monitörizasyonun yerine geçmez. En önemli güvenlik değişikliği, antagonizmanın "ilaç verildiği anda tamamlanmış" kabul edilmemesi ve objektif toparlanmanın doğrulanmasıdır (Thilen et al., 2023). Ancak monitörizasyonun klinik değeri, kullanılan yöntemin teknik güvenilirliğine bağlıdır: kantitatif yöntemler arasında en yaygın kullanılan akseleromiyografide ölçüm tutarlılığını sağlamak için elektrot yerleşimi, ön-yük ve kalibrasyon gibi unsurların standardize edilmesi gerekir; aksi halde yanlış negatif (yanıltıcı biçimde yüksek TOFR) sonuçlar alınabilir (Kosciuczuk et al., 2024). Japon Anesteziyoloji Derneği'nin 2026 tarihli güncel yaklaşımı da bu noktada ASA ve ESAIC kılavuzlarıyla büyük ölçüde örtüşmekte ve kantitatif monitörizasyonun rutin uygulamaya yerleşmesini desteklemektedir (Suzuki et al., 2026).



Klinik Anahtar Noktalar

1. Neostigmin asetilkolinesterazı inhibe ederek asetilkolini artırır; bu nedenle hem nikotinik hem muskarinik etkileri güçlendirir.
2. Neostigminin muskarinik etkilerini azaltmak için atropin veya glikopirolat kullanılabilir (Thilen et al., 2023).
3. Neostigmin derin nöromüsküler bloğu güvenilir biçimde geri çeviremez; TOF oranı 0,4–0,9 arasında (minimal blok) yeterli spontan toparlanma bulunmalıdır (Thilen et al., 2023).

4. Rokuronyum ve vekuronyum kaynaklı blokta sugammadex derin, orta ve yüzeyel blokta güncel tercih edilen antagonizma seçeneğidir; doz blok derinliğine göre 2, 4 veya 16 mg/kg olarak titre edilir (Thilen et al., 2023).
5. TOFR ≥0,90 doğrulanmadan nöromüsküler blokun tamamen çözüldüğü kabul edilmemelidir.
6. Atropin tersiyer, glikopirolat kuaterner amonyum yapısındadır; glikopirolatın santral geçişi daha sınırlıdır.
7. Atrakuryum/sisatrakuryum bloğunda neostigmin, kalitatif değerlendirmede subjektif fade kaybolmadan başlatılmamalı; kantitatif monitörizasyon yoksa antagonizmadan ekstübasyona en az 10 dakika beklenmelidir (Thilen et al., 2023).
8. Antagonizma sonrası solunum ve havayolu klinik olarak da değerlendirilmelidir.
9. Yaşlı, obez, OSA'lı, böbrek yetmezliği olan veya nöromüsküler hastalığı bulunanlarda daha dikkatli titrasyon ve monitörizasyon gerekir (Thilen et al., 2023).
10. Rezidüel nöromüsküler blok hâlâ yaygın ve yeterince tanınmayan bir perioperatif risktir; kantitatif monitörizasyon ve doğru antagonizma seçimi bu riski azaltmanın temel yoludur (Blum et al., 2024; Kosciuczuk et al., 2024).

Kaynakça

Blum, F. E., Locke, A. R., Nathan, N., Katz, J., Bissing, D., Minhaj, M., & Greenberg, S. B. (2024). Residual Neuromuscular Block Remains a Safety Concern for Perioperative Healthcare Professionals: A Comprehensive Review. *Journal of Clinical Medicine, 13*(3), 861. doi: 10.3390/jcm13030861.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Fuchs-Buder, T., Romero, C. S., Lewald, H., Lamperti, M., Afshari, A., Hristovska, A. M., Schmartz, D., Hinkelbein, J., Longrois, D., Popp, M., de Boer, H. D., Sorbello, M., Jankovic, R., & Kranke, P. (2023). Peri-operative management of neuromuscular blockade: A guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(2), 82–94. doi: 10.1097/EJA.0000000000001769.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kosciuczuk, U., Dardzinska, A., Kasperczuk, A., Dzienis, P., Tomaszuk, A., Tarnowska, K., Rynkiewicz-Szczepanska, E., Kossakowska, A., & Pryzmont, M. (2024). Practice Guidelines for Monitoring Neuromuscular Blockade-Elements to Change to Increase the Quality of Anesthesiological Procedures and How to Improve the Acceleromyographic Method. *Journal of Clinical Medicine, 13*(7), 1976. doi: 10.3390/jcm13071976.

Suzuki, T., Iwasaki, H., Takagi, S., Hara, M., Matsuki, Y., & Japanese Society of Anesthesiologists Working Group for Revision of Guidelines of Monitoring for Safe Anesthesia (2026). Monitoring of neuromuscular block for safe anesthesia: FAQs for proper understanding. *Journal of Anesthesia*, *40*(2), 173–181. doi: 10.1007/s00540-026-03698-9.

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

BÖLÜM 14

ADRENERJİK AGONİSTLER VE ANTAGONİSTLER
Vazoaktif İlaçlar, Sempatolitikler ve β-Adrenerjik Blokörlerin Anestezi Pratiğinde Kullanımı

MUSTAFA TOPBAŞ[1]

Özet

Adrenerjik ilaçlar, α- ve β-adrenerjik reseptörler üzerinden vasküler tonus, kalp hızı, miyokard kontraktilitesi ve bronş düz kası gibi çok sayıda fizyolojik sistemi etkiler. Klinik etkiler yalnızca ilacın 'α' veya 'β' agonisti olmasına değil, reseptör seçiciliğine, dozuna, hastanın dolaşım durumuna ve eşlik eden ilaçlara bağlıdır. Adrenerjik agonistler reseptörlere farklı duyarlılıkla bağlanır; epinefrin gibi ilaçlarda α1, α2, β1 ve β2 etkileri birlikte bulunur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezi pratiğinde adrenerjik agonistler en sık perioperatif hipotansiyon, düşük kardiyak debi, anafilaksi ve kardiyak arrest gibi

[1] Uzm. Dr., Konya Ereğli Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0007-1042-0016

durumlarda kullanılır. Başlıca ajanlar norepinefrin, epinefrin, fenilefrin, efedrin ve seçilmiş durumlarda dopamindir. α2-agonistler ise adrenerjik agonist olmalarına rağmen merkezi sempatolitik etki gösterir; klonidin ve deksmedetomidin bu grubun başlıca ajanlarıdır.

Adrenerjik antagonistlerin önemli bölümünü β-adrenerjik blokörler oluşturur. Esmolol, metoprolol ve propranolol perioperatif taşikardi, hipertansiyon ve seçilmiş supraventriküler ritimlerin kontrolünde kullanılabilir. Esmolol kısa etkili selektif β1 antagonisti, propranolol ise nonselektif β1/β2 antagonistidir. Labetalol (α1 + β blokajı), urapidil ve fentolamin gibi α-adrenerjik blokörler de perioperatif hipertansiyon ve feokromositoma yönetiminde önemlidir.

2026 yaklaşımında temel ilke, hipotansiyonu yalnızca kan basıncını yükselterek değil, nedenini belirleyerek tedavi etmektir. Vazopressör seçimi; vazodilatasyon, bradikardi, düşük kardiyak debi, hipovolemi ve sağ/sol ventrikül fonksiyonuna göre yapılmalıdır. Güncel çalışmalar norepinefrinin fenilefrine göre bazı hastalarda kardiyak debiyi daha iyi koruyabileceğini düşündürürken, fenilefrin özellikle saf vazodilatasyon ve bradikardi eşlik etmeyen durumlarda etkili bir seçenektir (Legrand et al., 2023).

Öğrenme Hedefleri

- Adrenerjik reseptörlerin temel fizyolojik etkilerini açıklayabilmek.
- α1, α2, β1 ve β2 reseptörlerin klinik sonuçlarını ilişkilendirebilmek.
- Norepinefrin, epinefrin, fenilefrin, efedrin ve dopamini klinik etkileri açısından karşılaştırabilmek.

- Perioperatif hipotansiyonda vazopressör seçimini hemodinamik fenotipe göre yapabilmek.
- α2 agonistlerin neden sempatolitik kabul edildiğini açıklayabilmek.
- Deksmedetomidin ve klonidinin sedasyon ve sempatolitik etkilerini değerlendirebilmek.
- Esmolol, metoprolol ve propranololün temel farklarını bilmek.
- β-blokörlerin perioperatif taşikardi ve hipertansiyondaki yerini açıklayabilmek.
- Adrenerjik ilaçların önemli yan etkilerini ve kontrendikasyonlarını tanıyabilmek.

Adrenerjik Reseptör Fizyolojisi

Adrenerjik reseptörler G proteinine bağlı reseptörlerdir. α1 reseptörler esas olarak Gq, α2 reseptörler Gi, β1 ve β2 reseptörler ise Gs proteinleri üzerinden sinyal iletir. Bu reseptörlerin doku dağılımı ve yoğunluğu, aynı ilacın farklı organlarda farklı klinik etkiler oluşturmasının temel nedenlerinden biridir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Tablo 1 Adrenerjik reseptörler ve anestezi açısından önemi

Reseptör	Temel Sinyal	Başlıca Etkiler	Anestezi Açısından Önemi
α1	Gq	Vazokonstriksiyon, ↑SVR; midriyazis; sfinkter kontraksiyonu	Kan basıncını artırır
α2	Gi	Presinaptik sempatik çıkışın azalması; sedasyon; sempatoliz	Bradikardi, hipotansiyon, sedasyon
β1	Gs	↑Kalp hızı, ↑kontraktilite, ↑AV iletim, ↑renin	Kardiyak debiyi artırır; taşiaritmi riski
β2	Gs	Bronkodilatasyon, vazodilatasyon, uterus düz kas gevşemesi	Bronkospazm tedavisi; sistemik vazodilatasyon
β3	Gs	Lipoliz ve termogenez	Anestezi pratiğinde sınırlı doğrudan kullanım

Kaynak: Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025

Adrenerjik Agonistlerin Sınıflandırılması

Adrenerjik agonistler doğrudan reseptörleri uyarabilir veya dolaylı olarak endojen katekolaminlerin sinaptik düzeyini artırabilir. Katekolaminler kısa etkili olup esas olarak monoamin oksidaz ve katekol-O-metiltransferaz aracılığıyla metabolize edilir. Kaynak materyal adrenalin, noradrenalin ve dopamini doğal katekolaminler arasında belirtmektedir.

Klinik pratikte ilaçların reseptör profili kadar doz-cevap ilişkisi de önemlidir. Aynı ilaç düşük ve yüksek dozlarda farklı reseptör etkilerinin baskın hale gelmesi nedeniyle farklı hemodinamik sonuçlar oluşturabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Norepinefrin

Norepinefrin güçlü α1/α2 ve daha sınırlı β1 agonist aktiviteye sahiptir. Periferik vazokonstriksiyonla sistemik vasküler direnci ve ortalama arter basıncını artırır; β1 etkisi ise miyokard kontraktilitesine katkıda bulunur. Refleks bradikardi ve artmış afterload nedeniyle kalp debisi hastanın ventrikül fonksiyonuna göre değişebilir.

Anestezi sırasında vazodilatasyona bağlı hipotansiyonun tedavisinde norepinefrin, özellikle düşük doz infüzyon şeklinde, günümüzde temel vazopressörlerden biridir. 2024 AHA/ACC perioperatif kardiyovasküler kılavuzu, perioperatif hemodinamik yönetimde kan basıncı ve organ perfüzyonunun korunmasını temel hedef olarak vurgulamaktadır (Thompson et al., 2024).

Norepinefrinin fenilefrine göre β1 aktivitesi nedeniyle bazı hastalarda kardiyak debiyi daha iyi koruyabileceği düşünülmektedir. Genel anestezi hipotansiyonunda norepinefrin ve fenilefrini karşılaştıran klinik çalışmalar, her iki ajanın da MAP'i etkili biçimde yükseltebildiğini; ancak hemodinamik profilin farklı olduğunu göstermektedir (Legrand et al., 2023).

Periferik damar yolundan norepinefrin uygulaması, uygun konsantrasyon, kısa süre, güvenilir damar yolu ve yakın gözlem koşullarında seçilmiş perioperatif hastalarda uygulanabilir; ekstravazasyon riski nedeniyle kurum protokolüne uyulmalıdır (Gropper et al., 2025).

Epinefrin

Epinefrin α1, α2, β1 ve β2 reseptörlerini uyarır. Düşük dozlarda β etkileri, yüksek dozlarda ise α1 aracılı vazokonstriksiyon

daha belirgin hale gelir. β1 etkisi kalp hızı ve kontraktiliteyi artırırken β2 etkisi bronkodilatasyon sağlar.

Anafilaksinin temel tedavisinde epinefrin ilk sıradadır; ayrıca kardiyak arrest algoritmalarında ve seçilmiş refrakter düşük kardiyak debi durumlarında kullanılır. Anestezi pratiğinde yanlış doz veya hızlı intravenöz bolus ciddi hipertansiyon, taşikardi, miyokard iskemi ve aritmi oluşturabileceğinden uygulama yolu ve doz konusunda özel dikkat gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezi altında, monitörize ve damar yolu açık hastada ciddi perioperatif anafilakside titre IV epinefrin bolusu (erişkinde 50 μg, çocukta 1 μg/kg) önerilir; tekrarlayan dozlar gerekirse infüzyona geçilir. İntramüsküler uygulama (erişkinde 0,5 mg) damar yolu yoksa veya anestezi dışı ortamda ilk basamaktır (Garvey et al., 2019).

Klinik uyarı: Norepinefrin ve epinefrin gibi güçlü vazopressörler, bolus ya da infüzyon olarak, yalnızca sürekli hemodinamik izlem altında ve yanıta göre titre edilerek uygulanmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Fenilefrin

Fenilefrin selektif α1 agonistidir. Arteriyel ve venöz vazokonstriksiyonla SVR'yi ve kan basıncını artırır. β1 aktivitesinin olmaması nedeniyle refleks bradikardi görülebilir. Fenilefrin kısa etkilidir; bolus sonrası etkisi genellikle 5–10 dakika, en fazla yaklaşık 15–20 dakika sürer (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Fenilefrin, özellikle vazodilatasyonun baskın olduğu ve kalp hızının yeterli olduğu perioperatif hipotansiyonda yararlıdır. Ancak düşük kardiyak debi ve belirgin bradikardi eşlik ediyorsa saf α1 agonizmi durumu kötüleştirebilir.

Norepinefrin ile fenilefrin karşılaştırıldığında, her iki ilaç da perioperatif hipotansiyonu düzeltebilir. Norepinefrinin β1 etkisi nedeniyle bazı klinik senaryolarda daha elverişli hemodinamik profil sağlayabileceği bildirilmektedir; bu nedenle modern yaklaşımda fenilefrin tek 'standart vazopressör' olarak görülmemelidir (Legrand et al., 2023).

Klinik uyarı: Fenilefrin refleks bradikardiye yol açabilir ve kardiyak debiyi azaltabilir; bradikardisi veya düşük kardiyak debisi olan hastada hipotansiyonu kötüleştirebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Efedrin

Efedrin doğrudan ve dolaylı sempatomimetik etkilere sahip bir ajandır. Norepinefrin salınımını artırmasının yanında α ve β reseptörleri de uyarır. Bu nedenle kan basıncını artırırken kalp hızı ve kardiyak debiyi de artırabilir.

Özellikle hipotansiyona bradikardinin eşlik ettiği durumlarda yararlı olabilir. Bununla birlikte tekrarlayan dozlarda taşifilaksi gelişebilir; ayrıca taşikardi, aritmi ve miyokard oksijen tüketiminde artış oluşturabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Güncel perioperatif hipotansiyon yaklaşımında efedrin, vazodilatasyonla birlikte bradikardinin bulunduğu seçilmiş hastalarda değerlidir; ancak belirgin taşikardi veya iskemik kalp hastalığında daha dikkatli kullanılmalıdır.

Dopamin

Dopamin doz bağımlı reseptör etkileri nedeniyle tarihsel olarak farklı doz aralıklarında değerlendirilmiştir. Düşük dozlarda dopaminerjik, orta düzeylerde β1 ve yüksek dozlarda α1 etkileri

belirginleşir. Ancak ‘renal doz dopamin’ yaklaşımı günümüzde renal koruma amacıyla önerilmemektedir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Dopamin taşikardi ve aritmi oluşturabileceğinden birçok perioperatif hipotansiyon senaryosunda norepinefrin lehine geri planda kalmıştır. D1 reseptörleri renal, mezenterik ve koroner vazodilatasyona aracılık eder; ancak bu farmakolojik bilgi ‘düşük doz dopamin böbreği korur’ şeklinde klinik bir öneri olarak yorumlanmamalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Adrenerjik Agonistlerin Karşılaştırılması

Tablo 2 Adrenerjik agonistlerin karşılaştırılması ve tipik erişkin dozları

Ajan	Reseptör Profili	MAP	Kalp Hızı	Başlıca Kullanım	Tipik Erişkin IV Dozu	Temel Sınırlılık
Norepinefrin	α1/α2 > β1	↑↑	↔/↓	Perioperatif vazoplejik hipotansiyon	İnfüzyon 0,02–0,1 µg/kg/dk (titre); seçilmiş durumlarda 4–10 µg bolus	İskemi/ ekstravazasyon; afterload
Epinefrin	α1/α2/β1/β2	↑	↑	Anafilaksi, arrest, ağır düşük debi	Hipotansiyon: 5–20 µg bolus; anafilaksi: 50 µg bolus; infüzyon 0,01–0,1 µg/kg/dk	Taşiaritmi, laktat artışı
Fenilefrin	α1	↑↑	↓	Saf vazodilatasyon	50–100 µg bolus; infüzyon 0,1–0,5 µg/kg/dk	Bradikardi, CO azalması
Efedrin	α/β + indirekt	↑	↑	Hipotansiyon + bradikardi	5–10 mg bolus, gerekirse tekrar	Taşifilaksi, taşikardi
Dopamin	D/β1/α1 doza bağlı	↑	↑	Seçilmiş düşük debi durumları	2–20 µg/kg/dk infüzyon	Aritmi; renal koruma amacıyla kullanılmaz

Kaynak: Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025

Dozlar başlangıç için yol göstericidir; yanıta göre titre edilmeli, kurum protokolü ve güncel ürün bilgisiyle doğrulanmalıdır.

α2-Agonistler: Klonidin ve Deksmedetomidin

α2 agonistler merkezi sempatik çıkışı azaltır. Bu nedenle farmakolojik olarak adrenerjik agonist olmalarına rağmen klinik olarak sempatolitik özellik gösterirler. Klonidin ve deksmedetomidin anestezik/analjezik gereksinimini azaltabilir, sedasyon oluşturur ve intraoperatif katekolamin yanıtını baskılar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Deksmedetomidin, klonidine göre α2 reseptörlerine daha yüksek seçiciliğe sahip, kısa etkili intravenöz bir ajandır. Sedasyon, analjeziye katkı ve sempatik yanıtın azaltılması amacıyla kullanılır. Uyanık fiberoptik entübasyon ve yoğun bakım sedasyonu gibi durumlarda özellikle yararlıdır.

Deksmedetomidin uygun dozlarda belirgin solunum depresyonu oluşturmadan sedasyon sağlayabilmesiyle öne çıkar; ancak bradikardi ve hipotansiyon önemli yan etkilerdir. Yükleme dozunun hızlı uygulanması bu etkileri belirginleştirebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Tipik doz: yükleme 0,5–1 μg/kg (10 dakikada; hemodinamik risk varsa atlanabilir), idame 0,2–0,7 μg/kg/saat.

Klonidin daha uzun etkili olup oral, transdermal ve parenteral kullanılabilir. Eliminasyon yarı ömrü yaklaşık 8–12 saattir ve böbrek yetmezliğinde belirgin olarak uzar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Uzun süreli α2 agonist tedavisinin ani kesilmesi rebound hipertansiyon ve taşikardiyle seyreden çekilme belirtilerine yol açabilir. Bu nedenle özellikle yoğun bakımda uzun süre kullanılmış deksmedetomidin veya klonidin tedavisinin kesilmesi planlı yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Adrenerjik Antagonistler: β-Blokörler

β-adrenerjik blokörler β reseptörlerini bloke ederek kalp hızını, kontraktiliteyi ve AV iletimi azaltır. β1-selektif ilaçlar ağırlıklı olarak kardiyak etkiler gösterirken, nonselektif β blokörler β2 reseptörlerini de bloke ederek bronkokonstriksiyon riskini artırabilir.

Perioperatif amaç, taşikardi ve hipertansiyonun kontrolü, miyokard oksijen tüketiminin azaltılması ve seçilmiş taşiaritmilerin hız kontrolüdür. Ancak akut hemodinamik instabilitede β-blokör kullanımı dikkat gerektirir; altta yatan neden düzeltilmeden kalp hızını baskılamak kardiyak debiyi düşürebilir (Gropper et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Kronik β-blokör tedavisi perioperatif dönemde sürdürülmelidir. Buna karşılık ameliyat günü β-blokör başlanması önerilmez; yüksek doz metoprololün ameliyat günü başlandığı POISE çalışmasında inme ve mortalite artmıştır (Thompson et al., 2024).

Esmolol

Esmolol kısa etkili, β1-selektif bir antagonisttir ve eritrosit esterazları tarafından hızlı metabolize edilir. Bu nedenle perioperatif kısa süreli taşikardi ve hipertansiyon kontrolünde özellikle kullanışlıdır. Entübasyona bağlı hipertansiyon/taşikardi ve acil perioperatif durumlarda sık kullanılır; tipik doz 0,5–1 mg/kg IV bolus, gerekirse 50–300 µg/kg/dk infüzyondur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Etkinin kısa sürmesi titrasyonu kolaylaştırır; ancak bradikardi, AV blok, hipotansiyon ve akut dekompanse kalp yetersizliğinde dikkat gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Metoprolol

Metoprolol β1-selektif bir blokördür. Daha uzun etkili olduğundan esmolol kadar hızlı titre edilemez. Perioperatif taşikardi, hipertansiyon ve seçilmiş supraventriküler ritimlerde kullanılabilir. IV 1–5 mg dozlarda, 5 dakika arayla (toplam 15 mg'a kadar) titre edilir.

β1 seçiciliği doza bağlıdır; yüksek dozlarda β2 blokajı belirginleşebilir. Bu nedenle bronkospazm riski olan hastalarda yine de dikkat gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Propranolol

Propranolol nonselektif β1/β2 antagonistidir. Kalp hızını, kontraktiliteyi ve renin salınımını azaltır. Miyokard oksijen gereksinimini azaltır, supraventriküler taşikardilerde ventrikül hızını kontrol eder ve tirotoksikoz gibi durumlarda β-adrenerjik belirtileri baskılar.

Başlıca dezavantajı β2 blokajına bağlı bronkospazm riskidir. Ayrıca bradikardi, AV blok ve kalp yetersizliğinde dikkat gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

α-Adrenerjik Blokörler ve Kombine α/β Blokörler

Labetalol, α1 ve nonselektif β reseptörlerini birlikte bloke eder (IV kullanımda α:β oranı yaklaşık 1:7). Refleks taşikardi oluşturmadan kan basıncını düşürdüğü için perioperatif hipertansiyon, preeklampsi ve aort cerrahisinde yararlıdır. Erişkinde 5–10 mg IV bolus ile başlanır ve yanıta göre titre edilir. Bronkospazm, bradikardi ve AV blok riski β-blokörlerdekine benzerdir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Urapidil periferik α1 blokajı ve santral 5-HT1A agonizmi ile etki eder; refleks taşikardi belirgin değildir. Ülkemizde perioperatif hipertansiyonda sık kullanılır; erişkinde 12,5–25 mg IV bolus ile titre edilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Fentolamin kısa etkili nonselektif α-blokördür; feokromositoma cerrahisindeki hipertansif ataklarda ve vazopressör ekstravazasyonunda (lokal infiltrasyon) kullanılır. Feokromositoma hastalarının preoperatif hazırlığında fenoksibenzamin veya doksazosin gibi α-blokörler 10–14 gün önceden başlanır; β-blokör ancak yeterli α-blokaj sağlandıktan sonra eklenmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Perioperatif Taşikardi ve Hipertansiyonda β-Blokör Seçimi

Taşikardi ve hipertansiyonun nedenleri önce değerlendirilmelidir. Yetersiz anestezi derinliği, ağrı, hipoksemi, hiperkapni, hipovolemi, mesane distansiyonu, cerrahi uyarı ve malign hipertermi gibi nedenler dışlanmadan yalnızca β-blokör verilmesi doğru değildir.

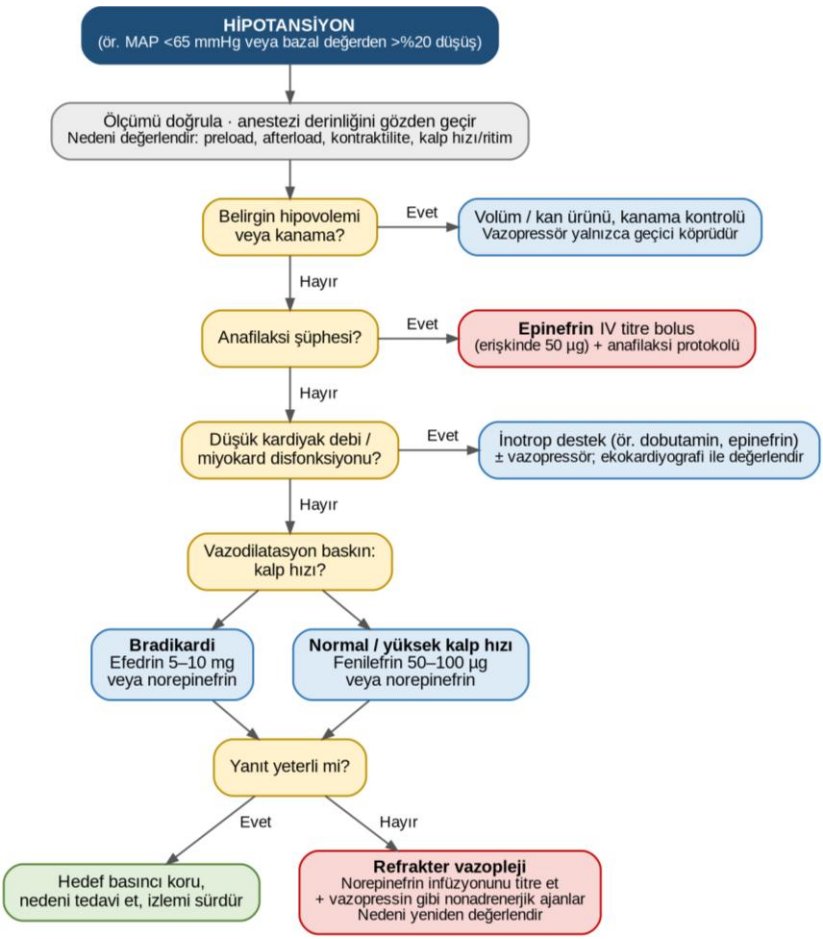
Kısa süreli ve hızlı titre edilebilir bir etki gerektiğinde esmolol avantajlıdır. Daha uzun süreli kontrol gerektiğinde metoprolol düşünülebilir. Propranolol ise seçilmiş endikasyonlarda kullanılmalıdır; özellikle bronkospazm riski nedeniyle nonselektif β blokajın sakıncalı olduğu hastalarda tercih edilmez (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klinik uyarı: Taşikardinin nedeni (hipovolemi, kanama, yetersiz anestezi/analjezi, hipoksemi, sepsis) düzeltilmeden β-blokör vermek kompansatuvar taşikardiyi baskılayarak ağır hipotansiyona yol açabilir (Gropper et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Perioperatif Hipotansiyonda İlaç Seçimi: Klinik Akış

Perioperatif hipotansiyona sistematik yaklaşım Şekil 1'de özetlenmiştir. Önce ölçüm doğrulanmalı ve neden aranmalıdır; vazopressör seçimi baskın hemodinamik soruna göre yapılır.

Şekil 1 Perioperatif hipotansiyonda vazopressör seçimi için klinik akış



Kaynak: Cullen et al., 2023; Garvey et al., 2019; Gropper et al., 2025; Thompson et al., 2024. Dozlar erişkin içindir. MAP: ortalama arter basıncı

Klinik uyarı: Nedeni belirlenmeden vazopressöre başlamak sık yapılan bir hatadır. Hipovolemik veya hemorajik hipotansiyonda vazopressörler sıvı ve kan ürünlerinin yerine geçmez; yalnızca geçici köprü olarak kullanılabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Vazodilatasyon + yeterli kalp hızı: fenilefrin veya norepinefrin düşünülebilir.
- Vazodilatasyon + bradikardi: efedrin veya β1 aktivitesi de olan norepinefrin uygun klinik bağlama göre değerlendirilebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Düşük kardiyak debi + miyokardiyal disfonksiyon: vazopressöre ek olarak inotropik destek gereksinimi değerlendirilmelidir.
- Anafilaksi: epinefrin temel tedavidir.
- Belirgin hipovolemi/kanama: vazopressör, volüm ve kanama kontrolünün yerine geçmez.
- Refrakter vazoplejide uygun vazopressör kombinasyonu ve gerekirse vazopressin gibi nonadrenerjik seçenekler değerlendirilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Güncel veriler özellikle norepinefrin ve fenilefrinin birbirinin basit ‘iyi/kötü’ alternatifi olmadığını göstermektedir. 2025 meta-analizinde postspinal hipotansiyon tedavisinde norepinefrin, fenilefrin ve efedrin genel olarak etkili bulunmuş; norepinefrin bazı alt gruplarda mütevazı avantaj göstermiştir (Babul et al., 2025).

Obstetrik Anestezide Vazopressörler

Spinal anestezi sonrası hipotansiyon sezaryende sık görülür. Fenilefrin uzun süredir temel vazopressörlerden biridir; norepinefrin ise daha az bradikardi ve daha iyi kardiyak debi profili nedeniyle giderek daha fazla kullanılmaktadır (Kang et al., 2024).

2024 meta-analizi fenilefrin ve norepinefrinin umbilikal pH ve baz fazlası açısından anlamlı farklılık göstermediğini bildirmiştir. 2025 çalışmalarında da norepinefrin ile fenilefrinin maternal ve neonatal sonuçlar açısından genel olarak benzer olduğu, norepinefrinin bazı hemodinamik ölçütlerde avantaj sağlayabileceği görülmektedir (Babul et al., 2025; Kang et al., 2024).

Bu nedenle güncel obstetrik anestezide vazopressör seçimi kurum protokolü, maternal kalp hızı ve kardiyak rezerv, preeklampsi/kalp hastalığı gibi eşlik eden durumlar ve mevcut infüzyon teknolojisine göre yapılmalıdır (Babul et al., 2025).

Uluslararası konsensus, elektif sezaryende profilaktik fenilefrin infüzyonu (başlangıç 25–50 µg/dk) ile sistolik basıncın bazal değerin ≥%90'ında tutulmasını ve %80'in altına düşmesinden kaçınılmasını önerir; norepinefrin uygun bir alternatiftir (Kinsella et al., 2018).

Bilinmesi Gerekenler

- Adrenerjik ilaçların etkisi reseptör seçiciliği, doz ve hastanın fizyolojisine göre değişir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Norepinefrin güncel perioperatif vazopressörlerin temel ajanlarından biridir.

- Fenilefrin saf α1 agonisti olup vazodilatasyona bağlı hipotansiyonda etkilidir; bradikardi ve düşük kardiyak debide dikkat gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Epinefrin anafilaksi ve kardiyak arrestte temel ilaçtır.
- Efedrin özellikle hipotansiyona bradikardinin eşlik ettiği seçilmiş hastalarda yararlıdır ancak taşifilaksi ve taşikardi yapabilir.
- 'Renal doz dopamin' renal koruma amacıyla önerilmemelidir.
- Deksmedetomidin ve klonidin α2 agonist olmalarına rağmen klinik olarak sempatolitik etki gösterir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Esmolol kısa etkili β1 blokör olarak perioperatif taşikardi kontrolünde kullanışlıdır.
- Propranolol nonselektif β1/β2 blokajı nedeniyle bronkospazm riski bulunan hastalarda daha dikkatli kullanılmalıdır.
- Perioperatif hipotansiyonda hedef yalnızca kan basıncını yükseltmek değil, organ perfüzyonunu uygun kardiyak debi ve vasküler tonusla birlikte korumaktır (Thompson et al., 2024).

Kaynakça

Babul, A., Ashraf, S., Desai, J., Free, L., Hussain, M., & Babul, N. (2025). Intraoperative Hypotension After Neuraxial Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials of Vasopressors for Cesarean Birth Stratified by Maternal Risk. *Cureus, 17*(10), e94900. doi: 10.7759/cureus.94900.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Garvey, L. H., Dewachter, P., Hepner, D. L., Mertes, P. M., Voltolini, S., Clarke, R., Cooke, P., Garcez, T., Guttormsen, A. B., Ebo, D. G., Hopkins, P. M., Khan, D. A., Kopac, P., Krøigaard, M., Laguna, J. J., Marshall, S., Platt, P., Rose, M., Sabato, V., Sadleir, P., … Kolawole, H. (2019). Management of suspected immediate perioperative allergic reactions: an international overview and consensus recommendations. *British Journal of Anaesthesia, 123*(1), e50–e64. doi: 10.1016/j.bja.2019.04.044.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kang, H., Sung, T. Y., Jee, Y. S., Kwon, W., Cho, S. A., Ahn, S., & Cho, C. K. (2024). A Comparison of Norepinephrine versus Phenylephrine to Prevent Hypotension after Spinal Anesthesia for Cesarean Section: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Personalized Medicine, 14*(8), 803. doi: 10.3390/jpm14080803.

Kinsella, S. M., Carvalho, B., Dyer, R. A., Fernando, R., McDonnell, N., Mercier, F. J., Palanisamy, A., Sia, A. T. H., Van de Velde, M.,

Vercueil, A., & Consensus Statement Collaborators (2018). International consensus statement on the management of hypotension with vasopressors during caesarean section under spinal anaesthesia. *Anaesthesia, 73*(1), 71–92. doi: 10.1111/anae.14080.

Legrand, M., Kothari, R., Fong, N., Palaniappa, N., Boldt, D., Chen, L. L., Kurien, P., Gabel, E., Sturgess-DaPrato, J., Harhay, M. O., Pirracchio, R., Bokoch, M. P., & VEGA-1 trial investigators (2023). Norepinephrine versus phenylephrine for treating hypotension during general anaesthesia in adult patients undergoing major noncardiac surgery: a multicentre, open-label, cluster-randomised, crossover, feasibility, and pilot trial. *British Journal of Anaesthesia, 130*(5), 519–527. doi: 10.1016/j.bja.2023.02.004.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. doi: 10.1161/CIR.0000000000001285.

BÖLÜM 15

HİPOTANSİF AJANLAR VE ANESTEZİYE EK İLAÇLAR
Kontrollü Hipotansiyon, Vazodilatörler, β-blokörler ve Perioperatif Yardımcı İlaçlar

MEHMET YILMAZ[1]

Kontrollü hipotansiyon, cerrahi alanda kanamayı azaltmak veya cerrahi görüşü iyileştirmek amacıyla kan basıncının seçilmiş ve izlenebilir bir hedef aralıkta tutulmasıdır. Günümüzde bu yaklaşım 'kan basıncını mümkün olduğunca düşürmek' şeklinde değil, hastanın bireysel otoregülasyon sınırları ve organ perfüzyonu korunarak uygulanması gereken hedefli bir hemodinamik strateji olarak ele alınmalıdır. Volatil anestezikler, sempatik agonist/antagonistler, kalsiyum kanal blokerleri, diüretikler ve ACE inhibitörleri gibi çok sayıda ilaç kan basıncını etkileyebilmektedir (Gropper et al., 2025).

Anestezide kontrollü hipotansiyon için başlıca farmakolojik gruplar nitrovazodilatörler (sodyum nitroprussid, nitrogliserin),

[1] Uzm. Dr., Büyükçekmece Mimar Sinan Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon, Orcid: 0000-0002-9386-4363

hidralazin, daha sınırlı kullanılan non-nitrovazodilatörler (fenoldopam, diazoksit, minoksidil), kalsiyum kanal antagonistleri ve β-blokörlerdir.

2026 yaklaşımında temel güvenlik ilkesi, ilaçtan önce hedefin belirlenmesidir; hastanın başlangıç kan basıncı, kardiyovasküler rezervi, serebral ve renal perfüzyon gereksinimi, cerrahinin kanama riski ve mevcut hipovolemi birlikte değerlendirilmelidir. Perioperatif hipotansiyonun derinliği ve süresi postoperatif organ hasarı ile ilişkilendirildiğinden, kontrollü hipotansiyon yalnızca deneyimli ekip, uygun monitörizasyon ve açık bir hemodinamik hedef ile uygulanmalıdır.

Öğrenme Hedefleri

- Kontrollü hipotansiyonun amacını ve güvenli uygulama ilkelerini açıklayabilmek.
- Sodyum nitroprussid ile nitrogliserinin etki mekanizmalarını ve klinik farklarını karşılaştırabilmek.
- Nitroprussid kullanımında siyanür toksisitesi riskini tanıyabilmek.
- β-blokörleri perioperatif hipertansiyon ve taşikardi kontrolünde uygun şekilde seçebilmek (Thompson et al., 2024).
- Fenoldopamın D1 agonizmi üzerinden oluşturduğu vazodilatasyonu açıklayabilmek.
- Hidralazinin etki mekanizmasını ve sınırlılıklarını bilmek.

- Kontrollü hipotansiyon için uygun hastayı seçebilmek ve kontrendikasyonları tanıyabilmek.
- Kan basıncı hedefini hastaya özgü belirlemek ve organ perfüzyonunu izleyebilmek.

Kontrollü Hipotansiyonun Temel İlkeleri

Kontrollü hipotansiyon, cerrahi sırasında kan basıncının bilinçli olarak azaltılmasıdır. Özellikle yüksek vaskülariteli cerrahilerde cerrahi alanın kanlanmasını ve kanamayı azaltabilir. Bununla birlikte hipotansiyonun kendisi miyokard, beyin ve böbrek gibi organlarda hipoperfüzyona neden olabileceğinden, fayda-risk dengesi her hasta için ayrı değerlendirilmelidir.

Modern uygulamada tek bir 'ideal ortalama arteriyel basınç (MAP)' değeri yoktur. Kronik hipertansiyonu, ileri yaş, serebrovasküler hastalık, renal hastalık veya koroner arter hastalığı bulunan hastalarda daha yüksek perfüzyon basıncı gerekebilir. Özellikle uzun süren veya derin hipotansiyondan kaçınılmalıdır (Thompson et al., 2024).

Kontrollü hipotansiyon; hipovolemi, ciddi anemi, kritik aort darlığı, belirgin koroner iskemi, serebrovasküler perfüzyonun kritik olduğu durumlar ve ciddi böbrek hipoperfüzyonu riski bulunan hastalarda çok dikkatli değerlendirilmelidir.

Güncel veriler, kontrollü hipotansiyon için tek bir sabit 'alt sınır' yerine bireyselleştirilmiş bir MAP aralığını desteklemektedir. Sağlıklı, düşük riskli hastalarda kısa süreli kontrollü hipotansiyon genellikle MAP 50-65 mmHg (veya sistolik kan basıncının bazal değere göre yaklaşık %30 azaltılması) aralığında tutulurken, genel anestezi altındaki çoğu hastada organ perfüzyonunun korunması için MAP'in 60-65 mmHg'nin altına inmemesi günümüzde yaygın kabul

gören eşik olarak öne çıkmaktadır. Serebral otoregülasyonun alt sınırı bireyler arasında geniş bir aralıkta değişebildiğinden (bazı çalışmalarda 43-90 mmHg gibi geniş bir dağılım bildirilmiştir), popülasyon bazlı tek bir MAP değeri her hasta için güvenli kabul edilmemeli; kronik hipertansiyon, ileri yaş, koroner arter hastalığı veya serebrovasküler/renal hastalığı olan hastalarda hedef MAP genellikle 70-80 mmHg'ye kadar yükseltilmelidir. Ayrıca MAP'in belirlenen eşiğin altında kaldığı derinlik ve sürenin, tek başına mutlak değerden bağımsız olarak akut böbrek hasarı ve miyokard hasarı riskiyle ilişkili olduğu vurgulanmakta, bu nedenle güncel yaklaşım hastaya özgü hedef belirleme ve hipotansiyon süresini sınırlama üzerine odaklanmaktadır (European Society of Anaesthesiology and Intensive Care, n.d.; Thompson et al., 2024).

Kontrollü Hipotansiyon Öncesi Klinik Değerlendirme

- Başlangıç kan basıncı ve kronik hipertansiyon öyküsü
- Kalp yetersizliği, koroner arter hastalığı ve ciddi kapak hastalığı
- Serebrovasküler hastalık ve karotis patolojisi
- Böbrek fonksiyonları ve perioperatif akut böbrek hasarı riski
- İntravasküler volüm durumu ve kanama riski
- Cerrahinin süresi, pozisyonu ve kanama potansiyeli
- Anestezi derinliği ve ventilasyonun hemodinamik etkileri
- Mevcut β-blokör, ACE inhibitörü/ARB, kalsiyum kanal blokeri ve diğer antihipertansif ilaç kullanımı (Thompson et al., 2024).

Nitrovazodilatörler

Nitrovazodilatörler nitrik oksit (NO) üzerinden guanilat siklazı aktive eder, hücre içi cGMP'yi artırır ve damar düz kasında gevşeme oluşturur. Sodyum nitroprussid hem arteriyel hem venöz damarları güçlü biçimde genişletirken nitrogliserinin venodilatör etkisi daha belirgindir (Gropper et al., 2025).

Sodyum nitroprussid

Sodyum nitroprussid çok güçlü ve kısa etkili bir arteriyel ve venöz vazodilatördür. Etkisi çok hızlı başlar ve infüzyon hızı değiştirilerek kan basıncı hassas biçimde titre edilebilir. Bu özellik, kontrollü hipotansiyonun hızlı ayarlanması gereken cerrahi girişimlerde önemli avantaj sağlar. Etki başlangıcı yaklaşık 1–2 dakika olup sürekli intravenöz infüzyonla kullanılabilmektedir (Gropper et al., 2025).

Nitroprussidin en önemli sınırlılığı toksik metabolit oluşumudur. Metabolizması sırasında siyanür açığa çıkabilir ve yüksek doz veya uzun süreli kullanımda siyanür toksisitesi gelişebilir. Erken bulgular arasında tedaviye direnç gelişmesi, metabolik asidoz ve açıklanamayan yüksek venöz oksijen içeriği bulunabilir. Yüksek infüzyon hızlarında ve yüksek kümülatif dozlarda bu risk artmaktadır (Gropper et al., 2025).

Bu nedenle nitroprussid, günümüzde her perioperatif hipertansiyon için rutin ilk seçenek olarak görülmemeli; özellikle kısa süreli, hassas titre edilebilir kan basıncı kontrolünün gerekli olduğu seçilmiş durumlarda kullanılmalıdır (Cullen et al., 2023).

Nitroprussid ışığa duyarlıdır ve uygun infüzyon sistemi ile korunmalıdır. Sürekli kan basıncı izlemi, tercihen invaziv arter

basıncı monitörizasyonu, yüksek doz veya hızlı değişen infüzyonlarda önemlidir (Thompson et al., 2024).

Nitrogliserin

Nitrogliserin de NO donörüdür ve cGMP üzerinden damar düz kasını gevşetir. Nitroprussidden farklı olarak venöz sistem üzerindeki etkisi daha belirgindir; bu nedenle venöz dönüşü ve preload'u azaltır. Nitrogliserin miyokard iskemisi, hipertansiyon ve ventrikül yetersizliğinde kullanılabilir (Cullen et al., 2023).

Nitrogliserin özellikle miyokard iskemisi veya yüksek dolum basınçlarının eşlik ettiği hipertansif durumlarda avantajlıdır. Kronik kullanımda tolerans gelişebilir. Ayrıca fosfodiesteraz-5 inhibitörleriyle birlikte kullanımı ciddi ve yaşamı tehdit eden hipotansiyona yol açabileceğinden kontrendikedir.

Nitrogliserin, nitroprusside kıyasla daha fazla venodilatasyon yaptığı için belirgin hipovolemi veya preload bağımlı hastalarda dikkatle kullanılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Nitroprussid ve nitrogliserin: klinik karşılaştırma

Özellik	Nitroprussid	Nitrogliserin	Klinik Avantaj	Temel Risk
Etki	Arter + ven	Ven > arter	Nitroprussid çok güçlü ve hızlı	Hipotansiyon
Başlangıç	Çok hızlı	Hızlı	Hassas titre edilebilirlik	Aşırı doz
Preload	↓	↓↓	Nitrogliserin preload azaltmada belirgin	Hipovolemi
İskemi	Koroner perfüzyon üzerinde dikkat	Antiiskemik	Nitrogliserin	PDE-5 etkileşimi
Toksisite	Siyanür/ tiyosiyanat	Tolerans	Kısa kullanım avantajlı	Doz/süre bağımlı

Hidralazin

Hidralazin doğrudan arterioler düz kas gevşemesi oluşturan bir vazodilatördür. Arteriyel direnç damarlarını daha belirgin etkilediği için afterload'u azaltır. Etkisinin başlangıcı nitroprussid kadar hızlı değildir ve yanıtın bireyler arasında değişken olması akut, saniye-saniye titre edilmesi gereken kontrollü hipotansiyonda dezavantaj oluşturur.

Renal kan akımı hidralazin ile korunabilir veya artabilir. Uzun süreli kullanımda lupus benzeri sendrom, hemolitik anemi, vaskülit ve glomerülonefrit gibi immünolojik yan etkiler görülebilir (Gropper et al., 2025).

Fenoldopam

Fenoldopam selektif dopamin D1 reseptör agonistidir; D1 reseptörlerini selektif olarak aktive ederek hızlı vazodilatasyon oluşturur (Gropper et al., 2025).

Renal ve mezenterik damar yatağındaki etkileri nedeniyle teorik olarak böbrek perfüzyonu açısından çekici bir ajandır. Bununla birlikte rutin perioperatif kontrollü hipotansiyonda kullanımı günümüzde sınırlıdır. Klinik seçim, mevcut kanıt, kurum deneyimi ve alternatiflerin bulunabilirliğine göre yapılmalıdır (Thompson et al., 2024).

Kalsiyum Kanal Blokerleri

Kalsiyum kanal blokerleri damar düz kasında kalsiyum girişini azaltarak vazodilatasyon oluşturur. Verapamil ve diltiazem ayrıca kardiyak iletiyi ve kalp hızını azaltırken dihidropiridin grubu ajanlar daha belirgin vazodilatasyon yapar.

Perioperatif hipertansiyonda özellikle kısa etkili intravenöz dihidropiridinler (örneğin nikardipin veya clevidipin) kontrollü ve titre edilebilir kan basıncı yönetiminde önemli seçeneklerdir. Bu ilaçlar nitrovazodilatörlerden farklı olarak NO sistemi üzerinden çalışmaz (Gropper et al., 2025).

Diltiazem veya verapamil bradikardi, AV blok ve düşük kardiyak debi bulunan hastalarda dikkatle kullanılmalıdır.

β-Blokörler

β-blokörler sempatik kardiyak yanıtı baskılayarak kalp hızını, kontraktiliteyi ve AV iletimi azaltır. Perioperatif hipertansiyon taşikardiyle birlikteyse özellikle yararlı olabilirler. β1-selektif blokörler, KOAH ve periferik vasküler hastalığı olan hastalarda nonselektif ajanlara göre tercih edilebilir (Thompson et al., 2024).

Esmolol kısa etkili ve β1-selektif olması nedeniyle entübasyon, cerrahi uyarı ve diğer kısa süreli taşikardik hipertansif yanıtların kontrolünde kullanışlıdır.

Mevcut β-blokör tedavisi perioperatif dönemde gereksiz yere kesilmemelidir. Kronik β-blokörlerin ani kesilmesi rebound hipertansiyon, taşikardi ve anjina ile sonuçlanabilir; güncel perioperatif kardiyovasküler yönetim kılavuzları bu çekilme sendromuna özellikle dikkat çekmektedir (Thompson et al., 2024).

Perioperatif Hipertansiyon

Anestezi sırasında gelişen hipertansiyonun farmakolojik olarak baskılanmasından önce neden araştırılmalıdır. Yetersiz anestezi derinliği, ağrı, hiperkapni, hipoksemi, mesane distansiyonu,

cerrahi uyarı, titreme veya daha önce kesilmiş antihipertansif ilaçlar sık nedenlerdir.

- Anestezi ve analjezi yeterli mi?
- Endotrakeal tüp, ventilasyon ve oksijenasyon uygun mu?
- Mesane distansiyonu veya cerrahi uyarı var mı?
- β-blokör veya diğer antihipertansif tedavi kesilmiş mi?
- Tiroid fırtınası, feokromositoma veya başka hiperadrenerjik durum olasılığı var mı?
- Hipertansiyon taşikardiyle mi, yoksa izole sistolik yükselme şeklinde mi?

Nedene yönelik düzeltme sonrasında hipertansiyon sürüyorsa kısa etkili ve titre edilebilir ilaç seçilir. Taşikardi baskınsa esmolol; vazodilatasyon ihtiyacı baskınsa uygun kalsiyum kanal blokeri veya nitrovasodilatör; miyokard iskemisi ve yüksek preload baskınsa nitrogliserin değerlendirilebilir (Thompson et al., 2024).

Kontrollü Hipotansiyon İçin Klinik Karar Akışı

Cerrahi sırasında kan basıncını düşürme gereksinimi → hedef kan basıncını belirle → hastanın perfüzyon rezervini değerlendir → hipovolemi/kanama dışla → anestezi derinliğini optimize et → uygun kısa etkili ajan seç → invaziv veya uygun yoğunlukta kan basıncı izle → hedefe titre et → organ perfüzyonunu yeniden değerlendir → cerrahi risk sona erdiğinde ilacı azalt/kes.

Bu yaklaşımın temel amacı ‘en düşük kan basıncı’ değil, cerrahi yarar sağlayan en düşük güvenli basınç aralığını bulmaktır (European Society of Anaesthesiology and Intensive Care, n.d.).

Anesteziye Ek İlaçlar

Anesteziye ek ilaçlar, hipnotik ve analjezik ihtiyacını azaltmak, hemodinamik yanıtları kontrol etmek, bulantı-kusmayı önlemek veya belirli perioperatif fizyolojik sorunları tedavi etmek amacıyla kullanılabilir.

- Antiemetikler: ondansetron, deksametazon ve uygun hastalarda diğer antiemetikler
- Analjezik adjuvanlar: parasetamol, NSAİİ'ler ve seçilmiş rejyonal/multimodal analjezi ajanları (Gropper et al., 2025).
- α2 agonistler: sempatik yanıt ve sedasyon kontrolünde
- β-blokörler: seçilmiş taşikardik hipertansif yanıtların kontrolünde
- Vazodilatörler: akut hipertansiyon ve miyokard iskemisinin seçilmiş tablolarında

Güvenli İlaç Kullanımı

- Kontrollü hipotansiyon yalnızca açık hemodinamik hedef ve uygun monitorizasyon ile uygulanmalıdır.
- İnfüzyonla verilen güçlü vazodilatörler infüzyon pompasıyla titre edilmelidir.
- Derin veya uzamış hipotansiyonun renal, serebral ve miyokardiyal sonuçları dikkate alınmalıdır (European Society of Anaesthesiology and Intensive Care, n.d.).

- Nitroprussid yüksek doz/uzun süre kullanıldığında siyanür toksisitesi açısından izlenmelidir (Gropper et al., 2025).
- Nitrogliserin fosfodiesteraz-5 inhibitörleriyle birlikte verilmemelidir.
- β-blokörler hipovolemi ve düşük kardiyak debide dikkatle kullanılmalıdır.
- Kronik β-blokör tedavisi gereksiz yere kesilmemelidir.
- İlaç dozu ve infüzyon konsantrasyonları uygulama öncesinde güncel ürün bilgisi ve kurum protokolüyle doğrulanmalıdır.

Klinik Anahtar Noktalar

1. Kontrollü hipotansiyon bir ‘kan basıncını düşürme’ işlemi değil, hedefe yönelik hemodinamik yönetimdir.
2. Tek bir evrensel MAP hedefi yoktur; hastanın başlangıç kan basıncı ve organ perfüzyon gereksinimi dikkate alınmalıdır (European Society of Anaesthesiology and Intensive Care, n.d.).
3. Nitroprussid hem arteriyel hem venöz güçlü vazodilatasyon yapar ve çok hızlı titre edilebilir.
4. Nitroprussidin en önemli özgül riski siyanür toksisitesidir.
5. Nitrogliserinin venodilatör etkisi daha belirgindir ve miyokard iskemisi/ventrikül dolum basıncı yüksek hastalarda avantaj sağlayabilir (Cullen et al., 2023).

6. Fenoldopam selektif D1 agonistidir; günümüzde rutin perioperatif hipotansiyon tedavisindeki yeri sınırlıdır.
7. Esmolol kısa etkili β1-selektif blokör olarak perioperatif taşikardik hipertansiyonda kullanışlıdır (Thompson et al., 2024).
8. Kronik β-blokör tedavisinin ani kesilmesi rebound hipertansiyon ve taşikardiye yol açabilir.
9. Perioperatif hipertansiyonda farmakolojik tedaviden önce ağrı, yetersiz anestezi, hiperkapni ve diğer tetikleyiciler düzeltilmelidir (Thompson et al., 2024).
10. İlaç seçimi hastanın hemodinamik fenotipine göre yapılmalıdır.

Kaynakça

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (n.d.). Perioperative haemodynamic management and prevention of perioperative organ injury: current evidence and clinical principles.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001285.

BÖLÜM 16

LOKAL ANESTEZİKLER
Farmakoloji, Klinik Kullanım, Dozlama, Rejyonal Anestezi Güvenliği ve Lokal Anestezik Sistemik Toksisitesi

AHMET DEMİRÖRS[1]

Özet

Lokal anestezikler, periferik sinirlerde aksiyon potansiyeli oluşumu ve iletimini geçici olarak bloke ederek duyusal, motor ve otonomik iletiyi geri dönüşümlü biçimde baskılayan ilaçlardır. Klinik etkileri; ilacın pKa'sı, lipid çözünürlüğü, protein bağlanması, uygulama bölgesi, doz ve doku özellikleri ile belirlenir. Günümüzde güvenli kullanım yalnızca uygun ajan ve doz seçimini değil; ultrason eşliğinde uygulama, fraksiyone enjeksiyon, aspirasyon, hastanın toplam lokal anestezik yükünün hesaplanması ve lokal anestezik sistemik toksisitesine (LAST) hazırlıklı olmayı da içerir.

[1] Uzm. Dr., Afyonkarahisar Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Afyonkarahisar, Türkiye, Orcid: 0009-0004-9912-9249

Ana Konular

- Yapı–aktivite ilişkileri ve etki mekanizması
- Lokal anesteziklerin farmakokinetiği ve klinik farmakolojisi
- Başlıca ajanların özellikleri
- Lokal ve sistemik toksisite
- Lokal anestezik sistemik toksisitesi (LAST)
- Rejyonal anestezide güvenli uygulama ve güncel antitrombotik yaklaşım

Öğrenme Hedefleri

- Lokal anesteziklerin yapı–aktivite ilişkilerini ve voltaj bağımlı sodyum kanalları üzerinden etki mekanizmasını açıklayabilmek.
- Lokal anestezik seçimini; klinik hedef, uygulama bölgesi, etki süresi ve hasta özelliklerine göre bireyselleştirebilmek.
- Sistemik emilimi ve toksisite riskini artıran faktörleri tanımlayabilmek.
- LAST'ın erken nörolojik ve kardiyovasküler bulgularını tanıyabilmek ve güncel tedavi yaklaşımını uygulayabilmek.
- Rejyonal anestezi öncesinde antitrombotik tedavi, işlem riski ve hastaya özgü kanama riskini birlikte değerlendirebilmek.

Genel Farmakolojik Özellikler

Lokal anestezikler, sinir liflerinde uyarı iletimini geçici ve geri dönüşümlü olarak bloke eden zayıf baz karakterindeki ilaçlardır. Etkinlikleri yalnızca sinir dokusuyla sınırlı değildir; yeterince yüksek sistemik konsantrasyonlarda miyokard, düz kas ve diğer uyarılabilir hücre membranlarını da etkileyebilirler (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Moleküler olarak çoğu lokal anestezik üç temel bölümden oluşur: lipofilik aromatik halka, ara ester veya amid bağı ve hidrofilik amin grubu. Ara bağın ester veya amid olması metabolizma yolunu ve bazı klinik özellikleri belirler (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Yapı–Aktivite İlişkileri

Lipid çözünürlüğü lokal anesteziğin intrinsik potensini etkileyen temel özelliklerden biridir. Lipid çözünürlüğü arttıkça sinir membranına geçiş ve sodyum kanalı üzerindeki etkinlik artabilir; ancak bu özellik tek başına klinik etki başlangıcını belirlemez (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Protein bağlanması genel olarak etki süresiyle ilişkilidir. Plazma ve doku proteinlerine yüksek bağlanma, ilacın etkili bölgeden daha yavaş uzaklaşmasına katkıda bulunabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

pKa, ilacın iyonize ve noniyonize formları arasındaki dengeyi belirler. Noniyonize form lipid membranlardan daha kolay geçerken, iyonize form sodyum kanalının sitoplazmik bölümündeki hedef bölgeye bağlanmada önemlidir. Bu nedenle doku pH'sının düşmesi, özellikle enfekte ve asidotik dokularda, klinik etkiyi azaltabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Etki Mekanizması

Lokal anesteziklerin temel etkisi voltaj bağımlı sodyum kanallarının bloke edilmesidir. İlaç, akson membranından geçerek kanalın hücre içi bölümündeki hedef bölgeye ulaşır ve sodyum girişini azaltır. Bunun sonucunda depolarizasyonun yayılması ve aksiyon potansiyelinin iletimi engellenir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kanalın açık veya inaktif durumlarına bağlanma eğilimi istirahat durumuna göre daha yüksek olduğundan, hızlı ve tekrarlayan uyarılar sırasında blok belirginleşebilir. Klinik olarak bu durum kullanım-bağımlı veya frekans-bağımlı blok özelliklerinin temelini oluşturur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sinir liflerinin duyarlılığı lif çapı, miyelinizasyon ve fizyolojik özelliklere göre değişir. Genel olarak küçük lifler daha duyarlıdır; ancak klinik blok sırasındaki otonomik, duyusal ve motor etkilerin sırası uygulama tekniği, konsantrasyon ve sinir anatomisine göre değişebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sınıflandırma

Lokal anesteziklerkimyasal bağlarına göre ester ve amid gruplarına ayrılır. Klinik olarak kullanılan başlıca amid grubu ajanlar lidokain, mepivakain, prilokain, bupivakain, levobupivakain ve ropivakaindir. Ester grubu içinde klorprokain ve tetrakain; tarihsel açıdan ise prokain ve kokain yer alır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Etki süresi açısından ajanlar kısa, orta ve uzun etkili olarak sınıflandırılabilir. Ancak klinik süre yalnızca ajanın intrinsik özelliklerine değil; konsantrasyona, toplam doza, enjeksiyon

bölgesine, vazokonstriktör kullanımına ve doku özelliklerine de bağlıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Farmakokinetik

Emilim

Lokal anesteziğin sistemik emilimi enjeksiyon bölgesinin kanlanması, uygulanan toplam doz ve konsantrasyon, doku özellikleri, enjeksiyon tekniği ve vazokonstriktör kullanımından etkilenir. İntravasküler enjeksiyon, sistemik toksisite açısından en yüksek riski oluşturur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Neal et al., 2020).

Epinefrin gibi vazokonstriktörlerin uygun hastalarda eklenmesi sistemik emilimi yavaşlatabilir ve bazı bölgelerde etki süresini uzatabilir. Bununla birlikte vazokonstriktör kullanımı her anatomik bölge ve her hasta için otomatik olarak uygun kabul edilmemelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Dağılım

Sistemik dolaşıma geçen lokal anestezikler yüksek perfüzyonlu organlar, özellikle beyin, akciğer, kalp ve böbrek tarafından hızla alınır. Protein bağlanması ve doku dağılımı serbest ilaç konsantrasyonunu ve eliminasyon kinetiğini etkiler (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Metabolizma ve atılım

Ester lokal anestezikler ağırlıklı olarak plazma kolinesterazları tarafından hidrolize edilir. Bazı ester ajanlarının metabolitleri, özellikle para-aminobenzoik asit ile ilişkili bileşikler, alerjik reaksiyonlarla ilişkilendirilmiştir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Amid lokal anestezikler esas olarak karaciğerde metabolize edilir. Bu nedenle ciddi hepatik disfonksiyon veya hepatik kan akımının belirgin azalması, özellikle yüksek doz veya tekrarlayan uygulamalarda sistemik maruziyeti artırabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Başlıca Lokal Anestezikler

Lidokain

Lidokain hızlı başlayan, orta süreli bir amid lokal anesteziktir ve infiltrasyon, periferik sinir blokları, topikal uygulamalar ve bazı intravenöz uygulamalar dahil çok sayıda klinik kullanım alanına sahiptir. Sistemik uygulamalarda doz, uygulama amacı ve hastanın kardiyovasküler/nörolojik durumu dikkatle değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

İntravenöz lidokainin perioperatif analjezi ve opioid tüketimi üzerindeki etkileri cerrahi ve hasta grubuna göre değişkenlik gösterir; bu nedenle rutin bir standart tedavi olarak değil, uygun endikasyonda ve protokole dayalı olarak değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Bupivakain, levobupivakain ve ropivakain

Bupivakain uzun etkili ve potent bir amid lokal anesteziktir. Klinik avantajı uzun süreli analjezi sağlaması olmakla birlikte kardiyotoksisite açısından özellikle dikkat gerektirir. Yanlışlıkla intravasküler enjeksiyon veya yüksek sistemik maruziyet ciddi aritmi ve kardiyovasküler kollapsa yol açabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Neal et al., 2020).

Levobupivakain ve ropivakain, uzun etkili blok sağlamak amacıyla kullanılan diğer amid ajanlardır. Ajan seçimi; istenen blok

süresi, motor blok gereksinimi, hasta özellikleri ve toplam lokal anestezik yükü dikkate alınarak yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Prilokain

Prilokainin önemli özgül yan etkisi methemoglobinemi riskidir. Risk; yüksek toplam doz, tekrarlayan uygulamalar ve methemoglobinemiye yatkın hastalarda artabilir. Klinik olarak siyanoz, oksijen satürasyonu ile uyumsuz klinik tablo ve doğrulanmış methemoglobin düzeyi tanıda yardımcıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Lokal Anesteziklerin Lokal Toksisitesi

Lokal anesteziklerin yüksek konsantrasyon ve uzun süreli doku maruziyetiyle ilişkili lokal hücresel toksisite oluşturabileceği gösterilmiştir. Klinik önem; uygulama bölgesi, konsantrasyon, süre ve uygulama tekniğine bağlıdır (Gropper et al., 2025; Nouette-Gaulain et al., 2012).

Sinir hasarı, kas toksisitesi ve özellikle intraartiküler uygulamalarda kondrotoksisite lokal toksisite başlıkları arasında değerlendirilir. Sinir hasarı geliştiğinde lokal anestezik toksisitesinin yanı sıra iğne travması, basınç, iskemi, hematom ve cerrahi nedenler de ayırıcı tanıda düşünülmelidir (Cullen et al., 2023; Nouette-Gaulain et al., 2012).

Lokal Anestezik Sistemik Toksisitesi (LAST)

LAST, lokal anesteziğin sistemik dolaşımda toksik konsantrasyonlara ulaşması sonucu ortaya çıkan, nadir fakat yaşamı tehdit eden bir komplikasyondur. En sık mekanizmalar yanlışlıkla intravasküler enjeksiyon, aşırı toplam doz, hızlı emilim ve

tekrarlayan enjeksiyonlar sırasında toplam dozun gözden kaçırılmasıdır (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Neal et al., 2020).

Klinik tablo başlangıçta perioral uyuşma, dilde parestezi, tinnitus, baş dönmesi, görme bozukluğu, ajitasyon veya konfüzyon gibi santral sinir sistemi bulgularıyla başlayabilir. İlerleyen olgularda nöbet, bilinç kaybı, solunum depresyonu ve kardiyovasküler toksisite gelişebilir (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Neal et al., 2020).

Kardiyovasküler toksisite hipotansiyon, iletim bozukluğu, bradikardi, ventriküler aritmi ve kardiyak arrest şeklinde ortaya çıkabilir. Bupivakain gibi potent ve lipofilik ajanlarda kardiyotoksisite özellikle önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Neal et al., 2020).

LAST'tan Korunma

Güvenli uygulamanın temelini işlem öncesi toplam dozun hesaplanması, uygun konsantrasyonun seçilmesi, ultrason eşliğinde doğru anatomik planın belirlenmesi, küçük ve fraksiyone dozlarla enjeksiyon, enjeksiyon sırasında klinik gözlem ve uygun aspirasyon kontrolleri oluşturur. Bununla birlikte negatif aspirasyon intravasküler enjeksiyonu kesin olarak dışlamaz (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Neal et al., 2020).

2025 ASRA önerileri, rejyonal anestezi öncesi güvenlik kontrolünde doğru tarafın doğrulanması, antikoagülasyon durumunun değerlendirilmesi, standart monitörizasyonun uygulanması ve %20 lipid emülsiyon gibi resüsitasyon olanaklarının hazır bulundurulmasını vurgulamaktadır (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025).

LAST Tedavisi

LAST şüphesinde lokal anestezik uygulaması derhal durdurulmalı, yardım çağrılmalı ve hava yolu ile oksijenasyon güvence altına alınmalıdır. Nöbet gelişirse benzodiazepinler tercih edilir; ciddi kardiyovasküler toksisitede standart ileri yaşam desteğinden farklı olarak lokal anestezik toksisitesine özgü resüsitasyon yaklaşımı uygulanır (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Neal et al., 2020).

ASRA'nın güncel olarak yayımlanan LAST kontrol listesinde %20 lipid emülsiyonun erken düşünülmesi önerilir. 70 kg'ın altındaki erişkinlerde yaklaşık 1,5 mL/kg bolus ve 0,25 mL/kg/dk infüzyon; instabilite sürerse bolusun tekrarlanması ve infüzyon hızının artırılması önerilmektedir. Maksimum toplam lipid dozu 12 mL/kg olarak belirtilmektedir. Kardiyopulmoner resüsitasyonda yüksek doz epinefrinden kaçınılması ve beta blokerler, kalsiyum kanal blokerleri ve vazopressinden kaçınılması önerilmektedir (Neal et al., 2020).

Nörolojik toksisite sonrası en az 2 saat, kardiyovasküler toksisite sonrası en az 4–6 saat gözlem; kardiyak arrest geçiren hastalarda ise klinik duruma göre daha uzun izlem gereklidir (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Neal et al., 2020).

Rejyonal Anestezide Antitrombotik Tedavi

Nöraksiyel veya derin pleksus/periferik blok planlanan hastalarda antitrombotik ilaç kullanımı, kanama riskinin yanı sıra ilacın dozu, böbrek fonksiyonu, eşlik eden hemostaz bozucu ilaçlar ve işlemin anatomik özellikleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Karar yalnızca tek bir laboratuvar değerine dayandırılmamalıdır (Kopp et al., 2025).

ASRA'nın 2025 yılında yayımlanan beşinci baskısı, antitrombotik tedavi alan hastalarda nöraksiyel ve derin pleksus/periferik blokların zamanlamasına ilişkin güncellenmiş öneriler sunmaktadır. Özellikle DOAC, heparin ve düşük molekül ağırlıklı heparin kullanan hastalarda dozun 'düşük' veya 'yüksek' olması, böbrek fonksiyonu ve gerektiğinde ilaç düzeyi/anti-Xa ölçümü dikkate alınmalıdır (Kopp et al., 2025).

Bu nedenle lokal anestezik uygulaması öncesinde antitrombotik tedavinin son dozu, sonraki doz planı, kateter varlığı ve çıkarılma zamanı birlikte planlanmalı; güncel ASRA/ESAIC-ESRA önerileri ile kurum protokolü esas alınmalıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Klinik Güvenlik İlkeleri

- Lokal anestezik uygulamasında toplam doz, konsantrasyon ve uygulama bölgesi işlem öncesinde açıkça hesaplanmalıdır (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Gropper et al., 2025; Neal et al., 2020).
- Ultrason kullanımı iğne ucunun ve anatomik yapıların görüntülenmesini kolaylaştırır; ancak ultrason kullanımı intravasküler enjeksiyon veya LAST riskini ortadan kaldırmaz (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Neal et al., 2020).
- Her rejyonal anestezi alanında %20 lipid emülsiyon ve LAST yönetim algoritmasına erişim bulunmalıdır

(American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, 2025; Neal et al., 2020).

- Antitrombotik tedavi alan hastalarda nöraksiyel veya derin blok kararı güncel kılavuzlar ve hasta-işlem risk dengesi üzerinden verilmelidir(Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Sonuç

Lokal anesteziklerin güvenli kullanımı, yalnızca farmakolojik özelliklerin bilinmesini değil; doğru ajan ve doz seçimi, uygun uygulama tekniği, toplam sistemik maruziyetin hesaplanması, antitrombotik tedavinin değerlendirilmesi ve LAST için hazırlıklı olunmasını gerektirir. Güncel rejyonal anestezi pratiğinde ultrason eşliğinde teknikler ve yapılandırılmış güvenlik kontrol listeleri önemli katkı sağlarken, hasta özellikleri ve klinik karar verme sürecinin yerini alamaz.

Kaynakça

American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine. (2025). ASRA Pain Medicine: Timeouts Before Regional Anesthesia Procedures—minimum requirements.

Bailey, J. G., Barry, G., & Volk, T. (2025). Local anesthetic dosing for fascial plane blocks to avoid systemic toxicity: a narrative review. Dosage d'anesthésiques locaux pour les blocs de plans fasciaux afin d'éviter la toxicité systémique : une revue narrative. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien d'Anesthesie*, *72*(9), 1423–1447. doi: 10.1007/s12630-025-03034-x.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology*, *39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine*,

rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Neal, J. M., Neal, E. J., & Weinberg, G. L. (2021). American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Local Anesthetic Systemic Toxicity checklist: 2020 version. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, *46*(1), 81–82. doi: 10.1136/rapm-2020-101986.

Nouette-Gaulain, K., Capdevila, X., & Rossignol, R. (2012). Local anesthetic 'in-situ' toxicity during peripheral nerve blocks: update on mechanisms and prevention. *Current Opinion in Anaesthesiology*, *25*(5), 589–595. doi: 10.1097/ACO.0b013e328357b9e2.

BÖLÜM 17

SOLUNUM SİSTEMİ FİZYOLOJİSİ VE SOLUNUM SİSTEMİ MONİTÖRİZASYONU

ZEYNEP KÖKSAL[1]

Özet

Solunum sisteminin fizyolojisinin anlaşılması; perioperatif dönemde oksijenasyonun, ventilasyonun, akciğer mekaniğinin ve gaz değişiminin doğru değerlendirilmesi için temel oluşturur. Genel anestezi ve mekanik ventilasyon; üst havayolu tonusunda azalma, fonksiyonel rezidüel kapasitede (FRK) düşme, diyafragmatik fonksiyon değişikliği, atelektazi ve ventilasyon/perfüzyon (V/Q) uyumsuzluğu gibi mekanizmalar üzerinden solunum fonksiyonunu etkileyebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Perioperatif solunum değerlendirmesi yalnızca oksijen satürasyonunun izlenmesine dayanmamalıdır. Oksijenasyon ile ventilasyon birbirinden farklı fizyolojik süreçlerdir ve pulse oksimetri oksijenasyonu değerlendirirken ventilasyonu doğrudan

[1] Uzm. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002- 3601-9630

göstermez. Bu nedenle özellikle genel anestezi, sedasyon ve mekanik ventilasyon sırasında pulse oksimetri, dalga biçimli kapnografi, ventilatör parametreleri ve klinik değerlendirme birlikte ele alınmalıdır. Güncel 2026 Canadian Anesthesiologists' Society (CAS) kılavuzu genel anestezide pulse oksimetri ve kapnografinin yanı sıra tidal volüm ve havayolu basıncı izlemini gerekli monitörizasyon bileşenleri arasında tanımlamaktadır (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümün sonunda okuyucu:

- Solunum sisteminin temel anatomik ve fizyolojik özelliklerini açıklayabilmeli,
- Ventilasyon ile oksijenasyon arasındaki farkı tanımlayabilmeli,
- Akciğer kompliyansı, elastans, havayolu direnci ve solunum işini yorumlayabilmeli,
- Akciğer hacimleri ve özellikle FRK'nın perioperatif önemini açıklayabilmeli,
- Alveoler ventilasyon, ölü boşluk ve dakika ventilasyonu arasındaki ilişkiyi kurabilmeli,
- V/Q uyumsuzluğu ve şant fizyolojisini açıklayabilmeli,
- Hipokseminin temel fizyolojik mekanizmalarını ayırt edebilmeli,
- $PaCO_2$ ve alveoler ventilasyon arasındaki ilişkiyi yorumlayabilmeli,

- Pulse oksimetri ve kapnografiyi doğru klinik bağlamda değerlendirebilmeli,
- Ventilatör basınç ve hacim parametrelerindeki değişiklikleri yorumlayabilmeli,
- Akciğer koruyucu ventilasyonun temel prensiplerini açıklayabilmeli,
- Perioperatif solunum komplikasyonlarının erken tanınmasında uygun monitörizasyon stratejilerini kullanabilmelidir.
- Üst havayolunun temel duyusal ve motor innervasyonunu perioperatif havayolu refleksleri ile ilişkilendirebilmeli,
- Akciğer volümleri ve kapasitelerini bir şema üzerinden yorumlayabilmeli,
- Şant fizyolojisinin ve tek akciğer ventilasyonunun oksijenasyon üzerindeki temel etkilerini açıklayabilmelidir.

Solunum Sisteminin Temel Anatomisi

Üst havayolu

Üst havayolu; burun ve ağız boşluğu, farinks ve larinksi içerir. Havayolunun açıklığının korunmasında özellikle farengeal dilatatör kasların tonusu önemlidir. Uyanık hastada santral ve periferik sinir sistemi tarafından sürdürülen kas tonusu üst havayolunun açık kalmasına katkıda bulunur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sedatif ve hipnotik ilaçlar, opioidler ve genel anestezi sırasında üst havayolu kas tonusunun azalması farengeal kollaps eğilimini artırabilir. Supin pozisyon, obezite, kraniofasiyal anatomik özellikler ve obstrüktif uyku apnesi bu riski daha da artırabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Bu nedenle perioperatif solunum değerlendirmesinde yalnızca akciğer parankiminin değil, üst havayolunun açıklığının da değerlendirilmesi gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Üst havayolunun duyusal ve motor innervasyonu

Üst havayolunun innervasyonu perioperatif havayolu reflekslerinin, öksürük ve öğürme yanıtlarının, laringospazmın ve uyanık havayolu girişimlerinde uygulanan lokal anestezi tekniklerinin anlaşılması açısından önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Burun boşluğunun duyusal innervasyonu başlıca trigeminal sinirin oftalmik (V1) ve maksiller (V2) dalları ile sağlanır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Ağız boşluğu ve dilin ön 2/3'ünün genel duyusu büyük ölçüde mandibular sinirin (V3) lingual dalı ile; dil kökü ve orofarinksin önemli bölümü ise glossofaringeal sinir (IX) ile taşınır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Orofarengeal öğürme refleksinin afferent kolunda temel olarak *n. glossofaringeus* (IX), efferent kolunda ise *n. vagus* (X) rol oynar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Larenkste vokal kordların üzerindeki mukozanın duyusu *n. vagusun* superior laringeal dalının internal dalı ile; vokal kordların altındaki larenks ve proksimal trakeanın duyusu ise rekürren laringeal sinir ile taşınır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Larenksin intrinsik kaslarının motor innervasyonunun büyük kısmı rekürren laringeal sinir tarafından sağlanır. Krikotiroid

kas istisnadır ve superior laringeal sinirin eksternal dalı ile innerve edilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Trakeobronşiyal ağacın parasempatik innervasyonu vagus üzerinden bronkokonstriksiyon ve sekresyon artışına katkı sağlar. Bronş düz kasındaki β_2-adrenerjik reseptörler ise bronkodilatasyonda önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunum pompası açısından diyaframın motor innervasyonu frenik sinirle (C3–C5), interkostal kasların motor innervasyonu ise torasik spinal sinirlerin interkostal dallarıyla sağlanır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Alt havayolu ve trakeobronşiyal ağaç

Trakea karinada sağ ve sol ana bronşa ayrılır. Sağ ana bronş daha vertikal ve geniş olduğundan aspirasyon ve endobronşiyal tüp ilerlemesi daha sık sağ tarafta görülür (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Bronşiyal sistem giderek daha küçük havayollarına ayrılarak terminal bronşiollere ulaşır. Respiratuvar bronşioller, alveoler kanallar ve alveoller gaz değişiminin gerçekleştiği bölgeyi oluşturur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Alveoller ve Alveolokapiller Membran

Alveoller geniş bir yüzey alanı ile gaz değişimini mümkün kılar. Alveolokapiller membranın ince olması oksijen ve karbondioksitin difüzyonunu kolaylaştırır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Tip I pnömositler alveoler yüzeyin büyük bölümünü oluştururken, Tip II pnömositler sürfaktan sentezinden sorumludur.

Sürfaktan alveoler yüzey gerilimini azaltarak alveoler stabiliteyi artırır ve özellikle düşük akciğer hacimlerinde alveoler kollaps eğilimini sınırlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunum Mekaniği

Spontan solunum

Spontan inspirasyon temel olarak diyaframın kontraksiyonu ile başlar. Diyaframın aşağı doğru hareketi toraks hacmini artırır ve intraplevral basıncı daha negatif hale getirir. Alveoler basınç atmosfer basıncının altına düştüğünde hava akciğerlere girer (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

İnspirasyon sonrasında inspiratuvar kas aktivitesi azalır ve normal ekspirasyon büyük ölçüde akciğer ve göğüs duvarının elastik geri dönüşüyle gerçekleşir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Transpulmoner basınç

Transpulmoner basınç: Ptp = Palv – Ppl şeklinde ifade edilir.

Burada Palv alveoler basıncı, Ppl ise intraplevral basıncı temsil eder. Transpulmoner basınç akciğerin distansiyonunu sağlayan temel basınç gradyanıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Pozitif basınçlı mekanik ventilasyonda ise hava akciğerlere dışarıdan uygulanan pozitif basınçla gönderilir. Bu nedenle spontan ve mekanik ventilasyonun akciğer ve dolaşım sistemi üzerindeki mekanik etkileri aynı değildir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Akciğer Hacimleri ve Fonksiyonel Rezidüel Kapasite

Akciğer hacimleri; tidal volüm, inspiratuvar rezerv volümü, ekspiratuvar rezerv volümü ve rezidüel volüm gibi bileşenlerden oluşur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRK), normal ekspirasyon sonunda akciğerlerde kalan gaz hacmidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

FRK alveollerin açık kalmasına, gaz değişiminin devamlılığına, oksijen rezervinin korunmasına ve küçük havayollarının kapanmasının geciktirilmesine katkıda bulunur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Genel anestezi sırasında FRK belirgin biçimde azalabilir. Supin pozisyon, obezite, gebelik, abdominal basınç artışı ve mevcut akciğer hastalığı bu azalmayı daha belirgin hale getirebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

FRK'nın kapanma kapasitesinin altına düşmesi özellikle dependent akciğer bölgelerinde küçük havayolu kapanmasına ve atelektazi gelişimine neden olabilir. Bu durum intrapulmoner şantı ve V/Q uyumsuzluğunu artırarak hipoksemiye katkıda bulunabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Akciğer volümleri ve kapasiteleri

Temel akciğer volümleri tidal volüm (VT), inspiratuvar rezerv volümü (IRV), ekspiratuvar rezerv volümü (ERV) ve rezidüel volümdür (RV). Bu volümlerin toplamları inspiratuvar kapasite (IC), fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC/FRK), vital kapasite (VC) ve total akciğer kapasitesini (TLC) oluşturur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

İlişkiler şu şekilde özetlenebilir: IC = VT + IRV; FRK = ERV + RV; VC = IRV + VT + ERV; TLC = VC + RV. Rezidüel volüm spirometri ile doğrudan ölçülemediği için FRK ve TLC de basit spirometriyle doğrudan hesaplanamaz; helyum dilüsyonu, azot washout veya vücut pletismografisi gibi yöntemler gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kapanma kapasitesi (closing capacity), kapanma volümü ile RV'nin toplamıdır. Genel anestezi, supin pozisyon, ileri yaş, obezite ve gebelikte FRK azalabilir. FRK kapanma kapasitesinin altına düştüğünde özellikle dependent akciğer alanlarında küçük havayolu kapanması, atelektazi, düşük V/Q alanları ve şant artışı görülebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Akciğer Mekanikleri

Kompliyans

Kompliyans, basınç değişikliğine karşı oluşan hacim değişikliğini ifade eder (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025):

$$C = \Delta V / \Delta P$$

Düşük kompliyans, belirli bir hacim değişikliği oluşturmak için daha yüksek basınç gerektiğini gösterir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kompliyansın azalabileceği durumlar; pulmoner ödem, interstisyel akciğer hastalıkları, fibrozis, atelektazi, pnömoperitoneum, obezite ve yüksek intraabdominal basınçtır.

Mekanik ventilasyonda basınçların yorumlanmasında yalnızca peak basıncın değil, plato basıncının ve mümkün olduğunda driving pressure'ın birlikte değerlendirilmesi gerekir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Elastans

Elastans kompliyansın tersidir:

$E = 1/C$

Akciğerin elastik geri çekilme eğilimini ifade eder. Kompliyans azaldıkça elastans artar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Havayolu direnci

Havayolu direnci hava yolu çapı, akım özellikleri ve bronşiyal düz kas tonusundan etkilenir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Direnci artıran başlıca durumlar; bronkospazm, sekresyon, mukozal ödem, endotrakeal tüp iç çapının küçük olması, tüpün kıvrılması veya tıkanması ve dinamik havayolu kollapsıdır.

Obstrüktif akciğer hastalıklarında ekspiratuvar akımın sınırlanması hava hapsine ve intrinsik PEEP gelişimine yol açabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunum İşi

Solunum işi; elastik dirençlerin, havayolu direncinin ve diğer mekanik yüklerin aşılabilmesi için gereken enerjiyi ifade eder (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kompliyans azaldığında elastik solunum işi artar. Havayolu direnci arttığında ise dirençli solunum işi artar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Artmış solunum işi klinikte taşipne, yardımcı solunum kaslarının kullanılması, paradoksal solunum, inspiratuvar efor artışı,

hiperkapni ve ilerleyici solunum kası yorgunluğu ile kendini gösterebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Alveoler Ventilasyon ve Ölü Boşluk

Dakika ventilasyonu:

$VE = VT \times f$ ile ifade edilir.

Burada VT tidal volüm, f ise solunum sayısıdır. Ancak dakika ventilasyonunun tamamı gaz değişimine katılmaz. Anatomik ve alveoler ölü boşluk toplamı fizyolojik ölü boşluğu oluşturur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Alveoler ventilasyon:

$VA = (VT - VD) \times f$ şeklinde ifade edilir.

Bu ilişki klinik açıdan önemlidir. Solunum sayısının artması tek başına yeterli alveoler ventilasyon anlamına gelmeyebilir. Özellikle tidal volüm küçük ve ölü boşluk oranı yüksek olduğunda dakika ventilasyonu korunmasına rağmen alveoler ventilasyon yetersiz kalabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

$PaCO_2$ ile alveoler ventilasyon arasında ters ilişki vardır. Karbondioksit üretimi sabitken alveoler ventilasyon azaldığında $PaCO_2$ yükselir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Ventilasyon/Perfüzyon İlişkisi

Akciğerin tüm bölgeleri eşit düzeyde ventile ve perfüze olmaz (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Ayakta duran kişide hem ventilasyon hem perfüzyon bazal bölgelere doğru artar. Ancak perfüzyondaki bölgesel artış ventilasyondaki artıştan daha belirgin olduğundan V/Q oranı

apekslerde daha yüksek, bazal bölgelerde daha düşüktür (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

V/Q uyuşmazlığı

V/Q uyumsuzluğu perioperatif hipokseminin en önemli mekanizmalarından biridir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

V/Q oranının azalması; hipoventilasyon, atelektazi, hava yolu obstrüksiyonu ve pulmoner ödem gibi durumlarda görülebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

V/Q oranının artması ise ventilasyonun bulunduğu ancak perfüzyonun azaldığı bölgeleri ifade eder ve ölü boşluk fizyolojisine yaklaşır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Şant

V/Q oranının sıfıra yaklaşması şant fizyolojisini temsil eder. Perfüze olan ancak yeterince ventile olmayan alveoler ünitelerden geçen kan yeterli oksijenlenmeden sistemik dolaşıma katılır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Atelektazi, alveoler kollaps ve bazı akciğer hastalıklarında şant fraksiyonu artabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Şant, ventilasyonun olmadığı ancak perfüzyonun sürdüğü akciğer ünitelerinde V/Q = 0 durumunu temsil eder. Anatomik şant, bronşiyal ve thebesian venöz dönüş gibi normal dolaşım bileşenlerini; fizyolojik şant ise bunlara ek olarak atelektazi, alveoler dolma veya kollaps nedeniyle ventile olmayan fakat perfüze edilen akciğer alanlarını içerir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Şant hipoksemisinin önemli bir özelliği, düşük V/Q uyumsuzluğuna kıyasla yüksek FiO_2'ye daha sınırlı yanıt vermesidir.

Şant fraksiyonu gerektiğinde $Qs/Qt = (Cc'O_2 - CaO_2) / (Cc'O_2 - CvO_2)$ denklemiyle ifade edilebilir. Klinik pratikte şantın büyüklüğü oksijenasyon, FiO_2, akciğer görüntülemesi, PEEP/recruitment yanıtı ve hemodinamik durumla birlikte yorumlanır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon, hipoksik alveollere giden kan akımını azaltarak kanı daha iyi ventile edilen bölgelere yönlendiren koruyucu bir mekanizmadır. Bu refleks özellikle tek akciğer ventilasyonunda arteriyel oksijenasyonun korunmasına katkı sağlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Ölü boşluk

V/Q oranının çok yükselmesi veya perfüzyonun ortadan kalkması ölü boşluk fizyolojisini temsil eder (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Pulmoner emboli, düşük kardiyak debi ve bazı vasküler akciğer hastalıklarında alveoler ölü boşluk artabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Oksijen ve Karbondioksit Değişimi

Alveoler gaz değişimi parsiyel basınç gradyanları üzerinden gerçekleşir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Oksijen alveolden kapiller kana doğru, karbondioksit ise kandan alveole doğru difüze olur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Gaz değişimini etkileyen temel faktörler

Oksijen içeriği

Arteriyel oksijen içeriği temel olarak hemoglobine bağlı oksijen tarafından belirlenir. Bu nedenle yalnızca PaO_2 veya SpO_2'ye bakmak oksijen taşınmasının tamamını değerlendirmek için yeterli değildir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Hemoglobin konsantrasyonu, hemoglobin satürasyonu ve çözünmüş oksijen arteriyel oksijen içeriğini etkiler (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Fick ilkesi ve kardiyak debi

Fick prensibine göre bir organ veya sistem tarafından bir dakikada tüketilen oksijen miktarı, kan akımı ile arteriyel ve venöz kandaki oksijen içeriği arasındaki farkın çarpımına eşittir. Klinik olarak kardiyak debi, oksijen tüketimi ve arteriyel–mixed venöz oksijen içeriği farkı kullanılarak hesaplanabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kardiyak debi (L/dk) = VO_2 / (CaO_2 − CvO_2). Burada VO_2 dakikadaki oksijen tüketimini, CaO_2 arteriyel oksijen içeriğini ve CvO_2 mixed venöz oksijen içeriğini ifade eder. Oksijen içeriği yaklaşık olarak $CaO_2 = (1{,}34 \times Hb \times SaO_2) + (0{,}003 \times PaO_2)$ ve $CvO_2 = (1.34 \times Hb \times SvO_2) + (0{,}003 \times PvO_2)$ şeklinde hesaplanabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Bu ilişki anestezi pratiğinde önemlidir çünkü SvO_2'deki değişiklikler yalnızca ventilasyon veya oksijenasyona değil, kardiyak debi ve metabolik oksijen tüketimine de bağlıdır. Örneğin SaO_2 sabitken kardiyak debinin azalması veya VO_2'nin artması

oksijen ekstraksiyonunu artırarak SvO_2'yi düşürebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Miksed venöz oksijen saturasyonu (SvO_2) ve oksijen tüketimi

Miksed venöz oksijen saturasyonu (SvO_2), sistemik dokular tarafından tüketildikten sonra pulmoner artere dönen kanın oksijen saturasyonunu ifade eder ve global oksijen sunumu ile doku oksijen ekstraksiyonu arasındaki denge hakkında bilgi verir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Normal koşullarda SvO_2 genellikle yaklaşık %60–75 arasındadır; değer tek başına doku hipoksisini kanıtlamaz ve kardiyak debi, hemoglobin düzeyi, arteriyel oksijen saturasyonu, oksijen tüketimi ve bölgesel kan akımı ile birlikte yorumlanmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

SvO_2'nin azalması; düşük kardiyak debi, anemi, hipoksemi veya artmış oksijen tüketimi gibi durumlarda dokuların kandan daha fazla oksijen çektiğini düşündürür. Buna karşılık SvO_2'nin normal veya yüksek olması her zaman yeterli doku oksijenlenmesi anlamına gelmez; sepsis gibi durumlarda mikrosirkülatuvar bozukluklar ve bozulmuş oksijen ekstraksiyonu nedeniyle SvO_2 yüksek kalabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Santral venöz oksijen saturasyonu ($ScvO_2$) ile SvO_2 aynı parametre değildir. $ScvO_2$ çoğunlukla superior vena cava üzerinden alınan kanı yansıtır; SvO_2 ise pulmoner arterden alınan ve üst/alt vücut ile koroner dolaşımdan gelen venöz kanın daha global bir karışımını temsil eder. Bu nedenle iki değer birbirinin tam eşdeğeri olarak kabul edilmemelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

CO_2 kanda üç temel formda taşınır; çözünmüş CO_2, bikarbonat ve proteinlere, özellikle hemoglobine bağlı CO_2. CO_2

eliminasyonunun temel belirleyicisi alveoler ventilasyondur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunumun Kontrolü

Solunumun kontrolü; beyin sapındaki ritim oluşturucu merkezler, pontin modülasyon, santral ve periferik kemoreseptörler, akciğer ve göğüs duvarından gelen mekanoreseptörler ile kortikal etkilerin birlikte çalışmasıyla sağlanır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Temel amaç arteriyel $PaCO_2$ ve PaO_2'yi uygun sınırlar içinde tutmak, asit-baz dengesini korumak ve metabolik gereksinime uygun alveoler ventilasyon sağlamaktır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunum ritmi başlıca medulla ve pons düzeyindeki santral sinir sistemi yapıları tarafından düzenlenir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kemoreseptörler $PaCO_2$, pH ve PaO_2 değişikliklerine yanıt vererek ventilasyonu düzenler (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Santral kemoreseptörler özellikle CO_2/pH değişikliklerine duyarlıdır. Periferik kemoreseptörler ise özellikle arteriyel oksijen basıncındaki belirgin düşüşlere yanıt verir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Opioidler ve sedatif ilaçlar ventilatuvar yanıtı baskılayabilir. Bu nedenle sedasyon ve opioid uygulaması sırasında ventilasyonun sürekli değerlendirilmesi önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Özellikle oksijen desteği verilen hastalarda SpO_2'nin normal olması hipoventilasyonu dışlamaz. Bu nedenle oksijenasyon ile

ventilasyonun ayrı ayrı izlenmesi gerekir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025;).

CO_2 narkozu, ileri hiperkapninin santral sinir sistemi depresyonuna yol açarak bilinç değişikliği, somnolans, baş ağrısı, konfüzyon ve ileri olgularda koma oluşturabilmesini ifade eder. Özellikle akut hiperkapnide $PaCO_2$'nin hızlı yükselmesi belirgin nörolojik ve kardiyovasküler etkiler oluşturabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Anestezi altında opioidler, inhalasyon anestezikleri ve diğer sedatif ilaçlar ventilatuvar CO_2 yanıtını baskılayarak hiperkapninin gelişmesini kolaylaştırabilir.

CO_2, ventilasyonun en güçlü fizyolojik uyarıcılarından biridir. $PaCO_2$ yükseldiğinde santral kemoreseptörler üzerinden ventilasyon artar. Ancak ağır ve uzun süreli hiperkapnide santral yanıt zamanla azalabilir; buna kronik CO_2 retansiyonunda gelişen renal bikarbonat kompansasyonu ve santral kemoreseptör adaptasyonu katkıda bulunur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunum merkezleri

Medulladaki ventrolateral solunum grupları inspirasyon ve ekspirasyonun temel ritmik kontrolünde rol oynar. Pre-Bötzinger kompleksi özellikle inspiratuvar ritmin oluşturulmasında kritik bir nöronal ağ olarak kabul edilir. Dorsal solunum grubu başlıca inspiratuvar nöronal aktivite ile ilişkilidir. Pons içindeki pontin solunum grupları ise inspirasyonun sonlanması ve solunum paterninin şekillendirilmesine katkıda bulunur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunum motor çıktısı spinal motor nöronlar üzerinden frenik ve interkostal sinirlere iletilir. Frenik sinir C3–C5

segmentlerinden köken alır ve diyaframın temel motor innervasyonunu sağlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Santral ve periferik kemoreseptörler

Santral kemoreseptörler esas olarak medulla çevresindeki bölgelerde bulunur ve beyin-omurilik sıvısındaki pH değişikliklerine, dolayısıyla arteriyel CO_2 değişikliklerine duyarlıdır. CO_2 kan-beyin bariyerini kolayca geçer; burada oluşan H^+ iyonları santral kemoreseptör yanıtını artırarak alveoler ventilasyonu yükseltir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Karotid cisimler, glomus hücrelerinden oluşan periferik kemoreseptör organlardır ve özellikle arteriyel PaO_2 düşüşüne duyarlıdır. Ayrıca $PaCO_2$ ve pH değişikliklerine de yanıt verirler. Karotid cisimlerden gelen afferent sinyaller n. glossofaringeus üzerinden nukleus traktus solitarius'a ulaşır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Aortik cisimlerden gelen sinyaller ise vagal afferentlerle taşınır ve periferik kemoreseptör yanıtına katkıda bulunur. Periferik kemoreseptörlerin hipoksemiye yanıtı özellikle PaO_2 yaklaşık 60 mmHg'nin altına düştüğünde belirginleşir. Bu nedenle normal koşullarda ventilasyonun dakika-dakika kontrolünde CO_2 duyarlılığı baskınken, belirgin hipoksemide periferik kemoreseptörlerin katkısı önem kazanır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

CO_2 narkozu ve hiperkapni

CO_2, ventilasyonun en güçlü fizyolojik uyarıcılarından biridir. $PaCO_2$ yükseldiğinde santral kemoreseptörler üzerinden ventilasyon artar. Ancak ağır ve uzun süreli hiperkapnide santral yanıt zamanla azalabilir; buna kronik CO_2 retansiyonunda gelişen renal bikarbonat kompansasyonu ve santral kemoreseptör

adaptasyonu katkıda bulunur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

CO_2 narkozu, ileri hiperkapninin santral sinir sistemi depresyonuna yol açarak bilinç değişikliği, somnolans, baş ağrısı, konfüzyon ve ileri olgularda koma oluşturabilmesini ifade eder. Özellikle akut hiperkapnide $PaCO_2$'nin hızlı yükselmesi belirgin nörolojik ve kardiyovasküler etkiler oluşturabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Anestezi altında opioidler, inhalasyon anestezikleri ve diğer sedatif ilaçlar ventilatuvar CO_2 yanıtını baskılayarak hiperkapninin gelişmesini kolaylaştırabilir.

Anestezinin Solunum Sistemi Üzerine Etkileri

Anestezinin solunum kontrolü üzerine etkileri

Genel anestezikler solunum kontrol sistemini birden fazla düzeyde baskılar. Volatil anestezikler ve intravenöz hipnotikler ventilatuvar yanıtı azaltabilir; opioidler özellikle CO_2'ye ventilatuvar yanıtı güçlü biçimde baskılar ve üst havayolu kas tonusunu azaltarak obstrüksiyona katkıda bulunabilir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025). Benzodiazepinler ve propofol de doz bağımlı solunum depresyonuna yol açabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezi indüksiyonu ile birlikte üst havayolu kas tonusunun azalması, fonksiyonel rezidüel kapasitenin düşmesi ve ventilasyon/perfüzyon dağılımının değişmesi hipoksemi riskini artırır. Nöromüsküler blokaj ise ventilasyonun motor bileşenini doğrudan etkiler; yeterli reversiyon sağlanmadığında hipoventilasyon ve üst havayolu obstrüksiyonu gelişebilir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Uyanma döneminde de solunum kontrolü tamamen normale dönmeyebilir. Özellikle opioid alan hastalarda hiperkapniye ventilatuvar yanıtın baskılanması, uyku ile ilişkili üst havayolu kollapsı ve rezidüel nöromüsküler blokaj birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle ekstübasyon sonrası solunum sayısı tek başına yeterli bir güvenlik göstergesi değildir; oksijenasyon, ventilasyon, bilinç düzeyi ve klinik solunum eforu birlikte izlenmelidir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025;).

Genel anestezi solunum sistemini birçok mekanizma üzerinden etkiler. Bunlar; üst havayolu kas tonusunda azalma, ventilatuvar yanıtın baskılanması, FRK'da azalma, diyaframın kraniyal yer değiştirmesi, dependent bölgelerde atelektazi, V/Q uyumsuzluğu, mukosiliyer temizliğin bozulması ve öksürük refleksinin azalmasıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kas gevşeticiler ve nöromüsküler blokaj, özellikle yetersiz reversiyon durumunda postoperatif ventilatuvar yetersizliğe katkıda bulunabilir. Güncel CAS 2026 kılavuzu, nöromüsküler blokaj kullanıldığında nöromüsküler blok monitörizasyonunu gerekli kabul etmekte ve kantitatif yöntemleri tercih etmektedir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Perioperatif Solunum Monitörizasyonu

Perioperatif solunum monitörizasyonunun amacı üç temel fizyolojik alanı değerlendirmektir: (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

1. Oksijenasyon
2. Ventilasyon

3. Solunum mekaniği

Bu üç alan birbirinin yerine geçmez (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

2026 CAS kılavuzunda genel anestezi sırasında pulse oksimetri, kapnografi, tidal volüm ve havayolu basıncı izlemi gerekli monitörizasyon bileşenleri arasında yer almaktadır. Orta veya derin prosedürel sedasyonda ventilasyonun yeterliliğini değerlendirmek için kapnografi de önerilmektedir (Dobson et al., 2026).

Pulse oksimetri

Pulse oksimetri arteriyel hemoglobinin oksijen satürasyonunu sürekli ve noninvaziv biçimde izler (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025). Avantajları; sürekli izlem, noninvaziv kullanım, hipokseminin erken saptanması, hızlı klinik geri bildirimdir. Ancak pulse oksimetri $PaCO_2$'yi ölçmez, alveoler ventilasyonu doğrudan göstermez, oksijen içeriğini doğrudan göstermez ve oksijen desteği altında hipoventilasyonu maskeleyebilir. Bu nedenle SpO_2'nin normal olması ventilasyonun yeterli olduğu anlamına gelmez (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Kapnografi

Kapnografi ekspirasyon havasındaki CO_2 değişimini zaman içinde dalga biçimi olarak gösterir. Kapnografi ile ventilasyon, apne, havayolu açıklığı, endotrakeal tüp yerleşimi, ventilasyon değişiklikleri hakkında sürekli bilgi elde edilebilir. Dalga biçimli kapnografi yalnızca $EtCO_2$ sayısının izlenmesinden daha değerlidir. Kapnogramın şekli, inspirasyon ve ekspirasyon fazları ile $EtCO_2$ trendi birlikte değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

$EtCO_2$ ve $PaCO_2$ ilişkisi

Normal koşullarda $EtCO_2$, $PaCO_2$'yi yaklaşık olarak yansıtır; ancak iki değer arasındaki fark her hastada sabit değildir. $PaCO_2$–$EtCO_2$ farkının artabileceği durumlar; artmış alveoler ölü boşluk, V/Q uyumsuzluğu, pulmoner emboli, düşük kardiyak debi ve bazı ventilasyon/perfüzyon bozukluklarıdır. Bu nedenle $EtCO_2$ tek başına arteriyel CO_2 düzeyi olarak kabul edilmemelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kapnogramın klinik yorumu

Kapnogramda ani kaybolma; apne, devre ayrılması, endotrakeal tüpün yer değiştirmesi, ciddi dolaşım değişikliği gibi durumları düşündürebilir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025). Ekspiratuvar fazın uzaması ve eğimin değişmesi bronkospazm veya ekspiratuvar akım kısıtlanması açısından uyarıcı olabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Bu nedenle kapnografi sayısal bir parametreden çok dalga biçimi + trend + klinik durum olarak değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Mekanik Ventilasyonun Monitörizasyonu

Mekanik ventilasyon sırasında tidal volüm, dakika ventilasyonu, solunum sayısı, inspiratuvar akım, ekspiratuvar akım, peak inspiratuvar basınç, plato basıncı, PEEP, driving pressure, ventilatör dalga biçimleri parametreler birlikte değerlendirilmelidir: (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Peak basınç

Peak inspiratuvar basınç havayolundaki toplam basınç yükünü yansıtır ve hem dirençli hem elastik bileşenlerden etkilenir.

Ani peak basınç artışında; tüp kıvrılması, sekresyon, bronkospazm, devre problemi gibi direnç artışına neden olan durumlar düşünülmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Plato basıncı

Plato basıncı inspiratuvar akımın olmadığı koşullarda ölçülür ve respiratuvar sistemin elastik yükü hakkında bilgi sağlar. Peak basınç ile plato basıncı arasındaki farkın artması daha çok direnç bileşenindeki artışı düşündürür. Peak ve plato basıncının birlikte değerlendirilmesi, ventilasyon sırasında ortaya çıkan basınç değişikliklerinin mekanik nedenlerini ayırt etmeye yardımcı olur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

PEEP

Pozitif ekspiratuvar sonu basınç, ekspirasyon sonunda alveollerin açık kalmasına katkıda bulunabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

PEEP'in temel amaçları; alveoler kollapsı azaltmak, FRK'yı artırmak, alveoler rekrutmanı desteklemek, oksijenasyonu iyileştirmek olabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Ancak PEEP'in aşırı artırılması alveoler aşırı distansiyona ve hemodinamik etkilenmeye yol açabilir. Bu nedenle PEEP hastanın özellikleri, akciğer mekaniği, oksijenasyon ve cerrahi koşullara göre bireyselleştirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; PROVE Network Investigators, 2014).

Arteriyel Kan Gazı

Arteriyel kan gazı özellikle ciddi veya karmaşık solunum bozukluklarında oksijenasyon, ventilasyon ve asit-baz durumunun değerlendirilmesini sağlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Temel parametreler; pH, PaO_2, $PaCO_2$, HCO_3^-, SaO_2, gerektiğinde laktat.

$PaCO_2$ yüksekliği

$PaCO_2$ yüksekliği çoğunlukla alveoler ventilasyonun yetersiz olduğunu gösterir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Ancak değerlendirme; metabolik CO_2 üretimi, ventilasyon, ölü boşluk, ventilatör ayarları, dolaşım ile birlikte yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

PaO_2 düşüklüğü

Hipokseminin başlıca mekanizmaları; düşük inspiratuvar oksijen, hipoventilasyon, V/Q uyumsuzluğu, şant, difüzyon bozukluğudur. Klinik bağlam, hipokseminin mekanizmasının belirlenmesinde temel öneme sahiptir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Akciğer Koruyucu Ventilasyon

Akciğer koruyucu ventilasyonun amacı ventilatör ilişkili akciğer hasarını ve perioperatif pulmoner komplikasyon riskini azaltmaktır (Cullen et al., 2023; Futier et al., 2013; Gropper et al., 2025; PROVE Network Investigators, 2014).

Temel prensipler; tidal volümün predicted body weight üzerinden belirlenmesi, aşırı yüksek plato basınçlarından kaçınılması, uygun PEEP kullanılması, gereksiz yüksek FiO_2 kullanımından kaçınılması, ventilasyonun hasta ve cerrahi koşullara göre bireyselleştirilmesidir.

Akciğer koruyucu ventilasyon yalnızca düşük tidal volüm uygulanmasından ibaret değildir. Tidal volüm, PEEP, plato basıncı,

driving pressure, recruitability, oksijenasyon ve hemodinamik durum birlikte değerlendirilmelidir (Futier et al., 2013; PROVE Network Investigators, 2014).

Açık abdominal cerrahi gibi durumlarda PEEP'in düzeyi ve recruitment manevralarının kullanımı rutin olarak aynı şekilde uygulanmamalı; hastanın özellikleri ve cerrahi koşullar dikkate alınmalıdır (PROVE Network Investigators, 2014).

Özel Hasta Gruplarında Solunum Monitörizasyonu

Obezite

Obezitede FRK azalabilir ve küçük havayolu kapanması daha erken ortaya çıkabilir. Genel anestezi sonrasında oksijenasyon bozukluğu ve atelektazi riski artabilir. Bu hastalarda preoksijenasyon, pozisyonlama, ventilasyon stratejisi ve ekstübasyon sonrası solunum izlemi özellikle önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Obstrüktif akciğer hastalığı

Astım ve KOAH gibi obstrüktif hastalıklarda havayolu direnci ve ekspiratuvar akım kısıtlanması ön plandadır. Ekspirasyonun tamamlanamaması hava hapsine ve intrinsik PEEP'e yol açabilir. Ventilatör dalga biçimleri, ekspiratuvar akımın sıfıra dönüp dönmediği ve basınç değişiklikleri bu açıdan değerlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Restriktif akciğer hastalığı

Düşük kompliyans nedeniyle ventilasyon sırasında daha yüksek basınçlar gerekebilir. Bu hastalarda tidal volüm, plato basıncı ve driving pressure dikkatle izlenmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sedasyon alan hastalar

Sedasyon sırasında üst havayolu obstrüksiyonu ve ventilatuvar depresyon gelişebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

SpO_2'nin yanı sıra solunum sayısı, klinik solunum paterni ve özellikle dalga biçimli kapnografi ventilasyonun değerlendirilmesinde önemlidir. Güncel CAS önerileri orta ve derin prosedürel sedasyonda kapnografiyi ventilasyon yeterliliğinin değerlendirilmesinde gerekli bir bileşen olarak tanımlamaktadır (Dobson et al., 2026).

Tek akciğer ventilasyonu

Tek akciğer ventilasyonunda (one-lung ventilation, OLV) opere edilen nondependent akciğer ventile edilmezken perfüzyonunun bir kısmı devam eder; böylece sağdan sola intrapulmoner şant artar ve hipoksemi riski ortaya çıkar. Lateral dekübit pozisyonda yerçekimi perfüzyonu dependent, ventile akciğere yöneltirken hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon nonventile akciğerdeki kan akımını azaltarak şantı sınırlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

OLV sırasında oksijenasyon; FiO_2, ventile akciğerin V/Q dağılımı, atelektazi, kardiyak debi, akciğerlerin göreceli perfüzyonu ve hipoksik pulmoner vazokonstriksiyonun etkinliğinden etkilenir. Monitörizasyonda sürekli SpO_2 ve kapnografiye ek olarak tidal volüm, havayolu basınçları ve gerektiğinde arteriyel kan gazı önemlidir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Hipoksemi geliştiğinde ilk olarak çift lümenli tüp veya bronşiyal bloker pozisyonu ve ventile akciğerin mekanikleri

değerlendirilmelidir. Akciğer koruyucu yaklaşımda genellikle düşük tidal volümün tahmini vücut ağırlığı üzerinden ayarlanması, uygun PEEP ve gerektiğinde dikkatli recruitment tercih edilir; ancak PEEP ve FiO_2 hastaya göre bireyselleştirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Perioperatif Hipoksemiye Yaklaşım

Perioperatif hipoksemi saptandığında yalnızca FiO_2 artırmak yeterli değildir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sistematik değerlendirme yapılmalıdır:

1. Havayolu açık mı?
2. Endotrakeal tüp doğru konumda mı?
3. Devre bağlantıları ve ventilatör çalışıyor mu?
4. Sekresyon veya bronkospazm var mı?
5. Atelektazi gelişmiş olabilir mi?
6. Pnömotoraks düşünülüyor mu?
7. V/Q uyumsuzluğu veya şant mevcut mu?
8. Hemodinamik durum yeterli mi?
9. Pulmoner vasküler bir problem söz konusu olabilir mi?

Pulse oksimetri hipoksemiyi saptamada önemlidir; ancak hipokseminin mekanizmasını tek başına belirleyemez (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klinik Monitörizasyon Senaryoları

Senaryo 1: SpO_2 normal, $EtCO_2$ yükseliyor

Oksijen desteği alan sedatize bir hastada SpO_2 normal kalırken $EtCO_2$'nin giderek yükselmesi ventilasyonun yetersizliğini düşündürür. Bu durumda yalnızca SpO_2'ye güvenmek gecikmiş tanıya neden olabilir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Senaryo 2: Peak basınç ani yükseliyor

Peak basınçta ani artış olduğunda önce havayolu ve ventilatör sistemi kontrol edilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sekresyon, tüp kıvrılması veya bronkospazm direnç artışına; düşük kompliyans veya pnömotoraks ise elastik yük artışına neden olabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Peak ve plato basıncının birlikte değerlendirilmesi ayırıcı tanıya yardımcı olur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Senaryo 3: $EtCO_2$ aniden kayboluyor

Kapnogramın ani kaybolması; devre ayrılması, apne, tüpün yer değiştirmesi, ciddi dolaşım bozukluğu gibi acil durumları düşündürür. Bu durumda yalnızca monitör değerinin düzeltilmesi beklenmemeli; hasta ve ventilasyon sistemi eş zamanlı değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Klinik Anahtar Noktalar

- Oksijenasyon ve ventilasyon aynı kavram değildir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Pulse oksimetri oksijenasyonu izler; ventilasyonu doğrudan göstermez (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).
- SpO_2'nin normal olması hipoventilasyonu dışlamaz (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).
- Kapnografi ventilasyonun sürekli değerlendirilmesinde temel monitörlerden biridir (Dobson et al., 2026).
- Kapnogram dalga biçimi, $EtCO_2$ değeri kadar önemlidir (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).
- $EtCO_2$ ile $PaCO_2$ arasındaki fark V/Q uyumsuzluğu ve ölü boşluk artışı gibi durumlarda genişleyebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Genel anestezi FRK'yı azaltabilir ve atelektazi/V/Q uyumsuzluğu riskini artırabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Alveoler ventilasyon, dakika ventilasyonundan ölü boşluk ventilasyonu çıkarıldıktan sonra kalan etkin ventilasyondur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- $PaCO_2$'nin temel belirleyicilerinden biri alveoler ventilasyondur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Peak basınç artışı direnç veya elastik yükteki değişikliklerden kaynaklanabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Plato basıncı respiratuvar sistemin elastik yükünün değerlendirilmesine yardımcı olur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- PEEP alveoler açıklığın korunmasına katkıda bulunabilir ancak aşırı PEEP alveoler aşırı distansiyon ve hemodinamik etkilenmeye yol açabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; PROVE Network Investigators, 2014).
- Akciğer koruyucu ventilasyon tidal volüm, PEEP ve basınçların birlikte değerlendirilmesini gerektirir (Futier et al., 2013; PROVE Network Investigators, 2014).
- Nöromüsküler blokaj uygulanan hastalarda kantitatif nöromüsküler monitörizasyon önemlidir (Dobson et al., 2026).
- Solunum monitörizasyonu monitör değerlerinin izlenmesinden ibaret değildir; trendler, dalga biçimleri ve klinik bulgular birlikte yorumlanmalıdır (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Kaynakça

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (Eds.). (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's clinical anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Dobson, G. R., Bak, A. B., Chau, A., Denomme, J., Fuda, G., McDonnell, C., Milkovich, R., Milne, A. D., Murdoch, J., Sparrow, K., Subramani, Y., & Young, C. (2026). Guidelines to the practice of anesthesia—Revised edition 2026. *Canadian Journal of Anesthesia, 73*(1), 13–60. doi: 10.1007/s12630-026-03075-w.

Futier, E., Constantin, J. M., Paugam-Burtz, C., Pascal, J., Eurin, M., Neuschwander, A., Marret, E., Beaussier, M., Gutton, C., Lefrant, J. Y., Allaouchiche, B., Verzilli, D., Leone, M., De Jong, A., Bazin, J. E., Pereira, B., & Jaber, S. (2013). A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *New England Journal of Medicine, 369*(5), 428–437. doi: 10.1056/NEJMoa1301082.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (Eds.). (2025). *Miller's anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Huang, C., Zhao, X., Geng, S., Sun, S., Mousa, N. M., Xia, H., Xu, X., Deng, J., Lu, X., Xu, D., Zhao, B., Lim, M., Li, Y., Tang, W., Chen, X., Smith, F. G., Tang, C., & Feng, X. (2026). Non-drug perioperative interventions to reduce postoperative pulmonary complications after abdominal surgery: Systematic review and meta-analysis. BMJ, 393, e089001. doi: 10.1136/bmj-2025-089001.

PROVE Network Investigators. (2014). High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): A multicentre randomised

controlled trial. *The Lancet, 384*(9942), 495–503. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60416-5

BÖLÜM 18

SOLUNUM SİSTEMİ MONİTÖRİZASYONU

ZEYNEP KÖKSAL[1]

Giriş

Solunum sistemi monitörizasyonunun amacı hipoksemi, hipoventilasyon, havayolu obstrüksiyonu, ventilatör-hasta uyumsuzluğu ve solunum mekaniğindeki bozulmaları mümkün olduğunca erken saptamak; uygulanan tedavi ve ventilasyon stratejisinin fizyolojik etkisini izlemek; anestezi ve yoğun bakım süresince gelişebilecek yaşamı tehdit eden olayları gecikmeden tanımaktır. Modern yaklaşım tek bir monitöre değil, klinik gözlem, pulse oksimetri, kapnografi, inspiryum-ekspiryum gaz analizi, arteriyel kan gazı, ventilatör basınç/volüm/akım verileri ve seçilmiş hastalarda ultrasonografi, transkutanöz gaz monitörizasyonu veya elektriksel impedans tomografisi gibi ileri yöntemlerin birlikte ve trend temelli yorumlanmasına dayanır (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

[1] Uzm. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002- 3601-9630

2026 Canadian Anesthesiologists' Society (CAS) kılavuzunda pulse oksimetri, genel anestezide kapnografi, orta-derin sedasyonda ventilasyonun kapnografi ile değerlendirilmesi, inhalasyon ajanı kullanıldığında ajan-spesifik gaz monitörizasyonu ile tidal volüm ve havayolu basıncı izlemi temel monitörizasyon bileşenleri arasında yer almaktadır (Dobson et al., 2026).

Öğrenme Hedefleri

- Oksijenasyon, ventilasyon ve solunum mekaniğinin birbirinden farklı fakat tamamlayıcı kavramlar olduğunu açıklamak.
- Pulse oksimetrenin çalışma prensibini, gecikmelerini ve başlıca hata kaynaklarını tanımak.
- Cilt pigmentasyonu, düşük perfüzyon ve dishemoglobinlerin SpO_2 doğruluğuna etkisini güncel kanıtlarla yorumlamak.
- Arteriyel kan gazını, ko-oksimetriyi, P/F oranını ve oksijen içeriğini klinik bağlam içinde değerlendirmek.
- Kapnogram fazlarını, $ETCO_2$–$PaCO_2$ ilişkisini ve karakteristik kapnogram bozukluklarını yorumlamak.
- Peak basınç, plato basıncı, PEEP, oto-PEEP, driving pressure, kompliyans ve rezistansı birlikte değerlendirmek.
- Basınç-zaman, akım-zaman ve volüm-zaman eğrileri ile basınç-volüm ve akım-volüm loop'larını temel düzeyde yorumlamak.

- Akciğer ultrasonografisi, diyafram ultrasonografisi, transkutanöz CO_2 ve elektriksel impedans tomografisinin kullanım alanlarını bilmek.
- Sedasyon, PACU/servis izlemi, kardiyopulmoner resüsitasyon ve mekanik ventilasyonda uygun monitör kombinasyonunu seçmek.

Solunum Monitörizasyonunun Temel İlkeleri

Solunum monitörizasyonu üç ana fizyolojik soruya yanıt arar: (1) hasta yeterince oksijenleniyor mu, (2) alveoler ventilasyon yeterli mi ve CO_2 eliminasyonu uygun mu, (3) akciğer-göğüs duvarı sistemi ile ventilatör arasındaki mekanik etkileşim güvenli mi? SpO_2 oksijenasyonu; $ETCO_2$ ve $PaCO_2$ ventilasyonu; havayolu basınçları, akım ve volüm dalgaları ise solunum mekaniğini temsil eder. Bu değişkenler birbirinin yerine kullanılamaz (Cullen et al., 2023; Dobson et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Monitörizasyonun en önemli ilkesi tek bir sayısal eşik yerine trend, dalga biçimi, sinyal kalitesi ve klinik muayenenin birlikte değerlendirilmesidir. Monitör alarmı bir tanı değildir; alarmın hasta, devre, sensör, örnekleme hattı veya cihaz kaynaklı olup olmadığı sistematik biçimde araştırılmalıdır. 2026 CAS kılavuzu oksimetri ve kapnografi alarmlarının sürekli olarak devre dışı bırakılmamasını özellikle vurgular (Dobson et al., 2026).

Klinik Değerlendirme ve Fizik Muayene

Elektronik monitörizasyon başlamadan önce ve monitör verilerinin her yorumunda klinik değerlendirme esastır. Solunum sayısı ve paterni, göğüs duvarı hareketi, yardımcı kas kullanımı, paradoksal hareket, havayolu sesleri, sekresyonlar, siyanoz, mental

durum ve hastanın solunum işi değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Taşipne: hipoksemi, ağrı, metabolik asidoz, ateş, anksiyete veya artmış solunum işinin erken göstergesi olabilir.
- Bradipne/apne: opioid, sedatif, santral nörolojik baskılanma veya ağır kas güçsüzlüğünü düşündürür.
- Stridor: üst havayolu obstrüksiyonunu; wheezing: bronkospazmı; tek taraflı solunum sesi azalması: endobronşiyal entübasyon, atelektazi veya pnömotoraksı düşündürebilir.
- Siyanoz geç bir bulgudur ve ciddi anemi veya dishemoglobinemilerde güvenilir olmayabilir.

Pulse Oksimetri

Çalışma prensibi: Beer–Lambert yasası ve dalga boyları

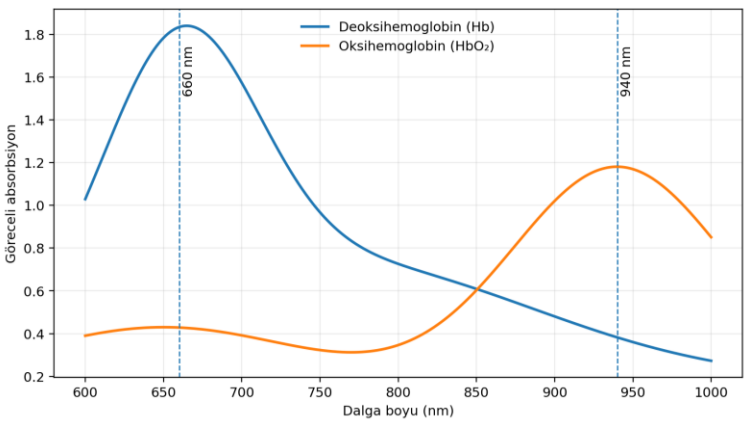
Pulse oksimetri, oksijenlenmiş ve deoksijenlenmiş hemoglobinin kırmızı ve kızılötesi dalga boylarında farklı ışık absorbsiyonundan yararlanır. Fotopletismografik sinyalin pulsatif arteriyel bileşeni üzerinden periferik arteriyel oksijen satürasyonu (SpO_2) ve nabız hızı tahmin edilir. SpO_2 gerçek arteriyel satürasyonun (SaO_2) noninvaziv bir tahminidir; PaO_2'nin doğrudan ölçümü değildir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Martin et al., 2024).

Pulse oksimetrinin optik temeli Beer–Lambert yasasıdır. Bu yasa, bir ortamdan geçen ışığın absorbansının, absorbe eden maddenin konsantrasyonu ve ışığın kat ettiği optik yol ile ilişkili olduğunu ifade eder: $A = \varepsilon \times c \times l$. Burada A absorbansı, ε belirli

dalga boyundaki molar absorbsiyon katsayısını, c konsantrasyonu ve l optik yol uzunluğunu temsil eder (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klasik pulse oksimetreler iki dalga boyunda ışık kullanır: yaklaşık 660 nm kırmızı ışık ve 940 nm kızılötesi ışık. Deoksihemoglobin 660 nm civarındaki kırmızı ışığı oksihemoglobinden daha fazla absorbe ederken, oksihemoglobin 940 nm civarında göreceli olarak daha fazla absorbsiyon gösterir. Bu spektral fark, iki hemoglobin formunun göreceli oranının tahmin edilmesini sağlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025) (Şekil 1).

Şekil 1 Oksihemoglobin ve deoksihemoglobinin 660 ve 940 nm dalga boylarındaki göreceli absorbsiyon farkı. Eğriler öğretici amaçlı şematiktir.



Dokuda arteriyel kan dışında venöz kan, deri, kemik ve diğer sabit dokular da ışığı absorbe eder. Pulse oksimetre bu nedenle kardiyak siklusla değişen pulsatif arteriyel bileşeni (AC), büyük ölçüde sabit olan doku ve venöz bileşenden (DC) ayırır. Her iki dalga boyu için AC/DC oranı hesaplandıktan sonra “ratio-of-ratios” elde

edilir: R = (AC660/DC660) / (AC940/DC940). R değeri doğrudan SaO_2 değildir; üreticiye özgü ampirik kalibrasyon eğrileri kullanılarak SpO_2 değerine dönüştürülür. Bu nedenle SpO_2 arteriyel satürasyonun noninvaziv bir tahminidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Oksihemoglobin ve deoksihemoglobinin absorbsiyon eğrilerinin kesiştiği dalga boylarına izobestik noktalar denir. Standart pulse oksimetride kullanılan 660 ve 940 nm dalga boyları ise iki hemoglobin türü arasındaki absorbsiyon farkının belirgin olduğu bölgelerden seçilmiştir. Tek dalga boyu kullanılması, hemoglobin konsantrasyonu ile oksijenlenme durumunun etkilerinin güvenilir biçimde ayrılmasına izin vermez (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Standart iki dalga boylu sistemin önemli sınırlılığı dishemoglobinlerdir. Karboksihemoglobin klasik pulse oksimetride SpO_2'nin olduğundan yüksek görünmesine, methemoglobin ise değerin yaklaşık %85 civarına yaklaşmasına neden olabilir. Bu durumlarda çok dalga boylu ko-oksimetri daha uygun değerlendirme sağlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klinik yorum

Oksihemoglobin dissosiasyon eğrisinin plato bölümünde PaO_2'de önemli değişiklikler SpO_2'de küçük değişikliklere neden olabilir. Bu nedenle SpO_2'nin %98–100 olması hiperoksiyi dışlamaz. Buna karşılık eğrinin dik bölümünde SpO_2 düşüşü PaO_2'nin hızla azalabileceğini gösterir. Supplemental oksijen alan hastada SpO_2 uzun süre normal kalabileceği için ventilasyon bozukluğu geç fark edilebilir; bu durum özellikle sedasyon ve opioid

kullanımı sırasında kapnografinin önemini artırır (Dobson et al., 2026; Khanna et al., 2024; Wollner et al., 2023).

Ölçüm hataları ve sinyal kalitesi

- Düşük periferik perfüzyon, hipotermi ve yoğun vazokonstriksiyon
- Hareket artefaktı ve titreme
- Yanlış prob yerleşimi veya venöz pulsasyon
- Yoğun ortam ışığı ve optik interferans
- Tırnak cilası, yapay tırnak, bazı boyalar veya sensör bölgesindeki doku özellikleri
- Karboksihemoglobin ve methemoglobin gibi dishemoglobinler
- Ciddi hipoksemi aralığında cihaz doğruluğunun azalması
- Sensör ve cihaz algoritmaları arasındaki üreticiye özgü farklılıklar

Pletismografik dalga formu ve varsa perfüzyon indeksi, sayısal SpO_2 değerinin güvenilirliğini değerlendirirken yardımcıdır. Klinik tablo ile SpO_2 uyumsuz olduğunda sensör yeri ve sinyal kalitesi kontrol edilmeli; gerekirse arteriyel kan gazı ve ko-oksimetri ile doğrulama yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Cilt pigmentasyonu ve gizli hipoksemi

Pulse oksimetri doğruluğunun cilt pigmentasyonundan etkilenebileceğine ilişkin kanıtlar son yıllarda güçlenmiştir. 2024 tarihli sistematik derleme, SpO_2'nin özellikle daha koyu cilt tonlarında SaO_2'yi olduğundan yüksek gösterebilme riskini ve klinik

olarak önemli gizli hipoksemi olasılığını vurgulamıştır (Martin et al., 2024). FDA, 2025 taslak kılavuzunda tıbbi pulse oksimetrelerin farklı cilt pigmentasyonlarında daha temsil edici örneklemlerle ve hem öznel hem objektif pigmentasyon ölçümleriyle test edilmesini önermiştir (U.S. Food and Drug Administration, 2025).

Pratik sonuç: SpO_2 tek başına mutlak gerçek olarak kabul edilmemeli; düşük veya sınırda satürasyon, beklenmeyen dispne, artmış solunum işi, hemodinamik bozukluk veya klinik-oksimetri uyumsuzluğunda arteriyel örnekleme eşiği düşük tutulmalıdır.

İleri pletismografik parametreler

Perfüzyon indeksi (PI) pulsatif ve non-pulsatif sinyal bileşenlerinin oranından türetilir ve periferik puls gücü hakkında bilgi verir. Pleth Variability Index (PVI) solunumsal pletismografik değişkenlikten türetilir; ancak sıvı yanıtlılığını değerlendirmede spontan solunum, aritmi, düşük tidal volüm ve düşük perfüzyon gibi durumlarda güvenilirliği azalır. Bu değişkenler standart klinik değerlendirmenin yerine geçmez.

Oksijen rezerv indeksi (ORi)

ORi, çok dalga boylu pletismografi tabanlı, özellikle PaO_2'nin yaklaşık 100–200 mmHg olduğu orta hiperoksi aralığında oksijen rezervindeki değişimi yansıtmaya yönelik boyutsuz bir indekstir. SpO_2 henüz %100 iken oksijen rezervindeki azalmayı daha erken gösterebilme potansiyeli vardır. Bununla birlikte ORi, PaO_2'nin doğrudan yerine geçmez ve günümüzde yardımcı/ileri bir monitör olarak değerlendirilmelidir (Massari et al., 2023).

Arteriyel Kan Gazı ve Ko-Oksimetri

Arteriyel kan gazı (AKG) pH, $PaCO_2$, PaO_2, HCO_3^- ve baz fazlası üzerinden ventilasyon, oksijenasyon ve asit-baz durumunu doğrudan değerlendirir. Hemodinamik instabilite, ciddi hipoksemi, şüpheli V/Q bozukluğu, yüksek FiO_2 gereksinimi, ciddi metabolik bozukluk veya noninvaziv ölçümler ile klinik tablo arasında uyumsuzluk olduğunda önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Oksijen içeriği ve oksijen sunumu

$$CaO_2 \approx (1{,}34 \times Hb \times SaO_2) + (0{,}003 \times PaO_2)$$

Bu denklem, arteriyel oksijen içeriğinin büyük bölümünün hemoglobine bağlı oksijenden oluştuğunu gösterir. Dolayısıyla normal SpO_2, ağır anemide yeterli oksijen sunumunu garanti etmez. Oksijen sunumu (DO_2), kardiyak debi ile CaO_2'nin çarpımına bağlıdır; solunum monitörizasyonu bu nedenle dolaşım değerlendirmesinden tamamen ayrı düşünülemez.

P/F oranı ve A–a gradyanı

$$P/F \text{ oranı} = PaO_2 / FiO_2$$

P/F oranı oksijenasyon bozukluğunun kaba ve yaygın kullanılan bir göstergesidir. FiO_2, PEEP, ventilasyon modu ve hemodinamik durumdan etkilenir; bu nedenle tek başına hastalık şiddeti veya tedavi başarısı olarak yorumlanmamalıdır.

Alveoler-arteriyel oksijen gradyanı; hipoventilasyon ile V/Q uyumsuzluğu, şant veya difüzyon bozukluğunu ayırmada yardımcı olabilir. Ancak günlük perioperatif pratikte klinik bağlam, FiO_2 ve ventilasyon parametreleriyle birlikte değerlendirilmelidir.

Ko-oksimetri

Standart iki dalga boylu pulse oksimetri karboksihemoglobin ve methemoglobini güvenilir şekilde ayıramaz. Ko-oksimetri çoklu dalga boylarıyla oksihemoglobin, deoksihemoglobin, karboksihemoglobin ve methemoglobin fraksiyonlarını ölçer. Duman inhalasyonu, karbon monoksit maruziyeti, lokal anestezik/oksidan ilaçlara bağlı methemoglobinemi veya açıklanamayan SpO_2–PaO_2 uyumsuzluğunda ko-oksimetri düşünülmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Transkutanöz Oksijen ve Karbondioksit Monitörizasyonu

Transkutanöz CO_2 ($PtcCO_2$) ve O_2 monitörizasyonu, ısıtılmış cilt sensörü üzerinden difüze olan gazların sürekli ve noninvaziv izlenmesini sağlar. Özellikle seri arteriyel örneklemenin zor olduğu yenidoğan/pediatrik hastalar, noninvaziv ventilasyon, uyku-solunum bozuklukları ve bazı yoğun bakım hastalarında yararlı olabilir (Bernasconi et al., 2024).

$PtcCO_2$ trend izlemi için değerlidir ancak hemodinamik şok, belirgin vazokonstriksiyon, ödem, sensör ısısı ve cilt özellikleri ölçümü etkileyebilir. Bu nedenle ani klinik değişikliklerde veya mutlak $PaCO_2$ değerinin kritik olduğu durumlarda AKG ile doğrulama gerekir.

Mikst ve Santral Venöz Oksijen Satürasyonu

Mikst venöz oksijen satürasyonu (SvO_2), pulmoner arter kateterinden alınan kanda ölçülür ve sistemik oksijen sunumu ile tüketimi arasındaki dengeyi yansıtır. Santral venöz oksijen satürasyonu ($ScvO_2$) santral venöz kandan ölçülür ve SvO_2 ile aynı değildir. Düşük değerler düşük kardiyak debi, anemi, hipoksemi veya artmış oksijen tüketimini düşündürebilir; yüksek değerler ise

her zaman yeterli doku oksijenasyonunu göstermez. Sepsis ve mikrosirkülatuvar bozukluklarda ekstraksiyon azalabilir (Gropper et al., 2025).

Kapnometri ve Kapnografi

Tanım ve önemi

Kapnometri ekshale CO_2'nin sayısal değerini, kapnografi ise solunum döngüsü boyunca CO_2'nin zamana veya ekshale volüme göre değişimini dalga biçiminde gösterir. Kapnografi yalnızca ventilasyonu değil; havayolu açıklığı, trakeal tüp yerleşimi, pulmoner perfüzyon ve metabolik CO_2 üretimi hakkında da anlık bilgi sağlayabilir (Dobson et al., 2026; Wollner et al., 2023).

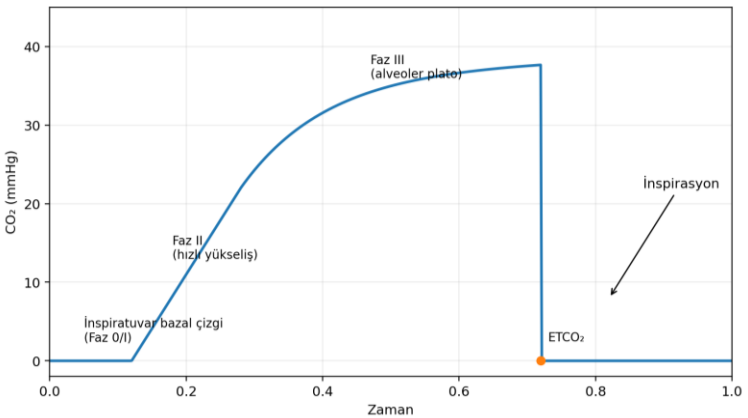
2026 CAS kılavuzuna göre kapnografi genel anestezide zorunlu monitörlerdendir ve orta/derin prosedürel sedasyonda ventilasyonun yeterliliğini değerlendirmek için kullanılmalıdır (Dobson et al., 2026).

Kapnogram fazları

- Faz I: Anatomik ölü boşluktan gelen CO_2 içeriği düşük gaz
- Faz II: Ölü boşluk ve alveoler gazın karışması; CO_2 hızla yükselir.
- Faz III: Alveoler plato; alveoler gaz baskındır.
- Ekspirasyon sonu: Ekspirasyonun sonunda ölçülen en yüksek CO_2 değeri $ETCO_2$'dir.
- İnspirasyon başlangıcı: CO_2 hızla sıfıra veya sıfıra yakın bazal çizgiye döner.

Normal kapnogramın fazları Şekil 2'de görsel olarak özetlenmiştir. Faz I anatomik ölü boşluk gazını, Faz II ölü boşluk ile alveoler gazın karıştığı hızlı yükselişi, Faz III alveoler platoyu temsil eder. Ekspirasyon sonundaki en yüksek CO_2 değeri $ETCO_2$'dir; inspirasyonla birlikte CO_2 hızla bazal çizgiye döner (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Wollner et al., 2023).

Şekil 2 Normal zaman-kapnogramında Faz I, Faz II, Faz III (alveoler plato), $ETCO_2$ ve inspiratuvar iniş



$ETCO_2$–$PaCO_2$ ilişkisi

Normal koşullarda $PaCO_2$ genellikle $ETCO_2$'den birkaç mmHg daha yüksektir. Aradaki fark alveoler ölü boşluğun artması, pulmoner perfüzyon azalması, ciddi V/Q uyumsuzluğu veya örnekleme problemleriyle genişleyebilir. Pulmoner emboli, düşük kardiyak debi ve kardiyak arrestte $ETCO_2$ hızla düşebilir. Bu nedenle $ETCO_2$'nin $PaCO_2$'nin sabit bir vekili olduğu varsayılmamalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Wollner et al., 2023).

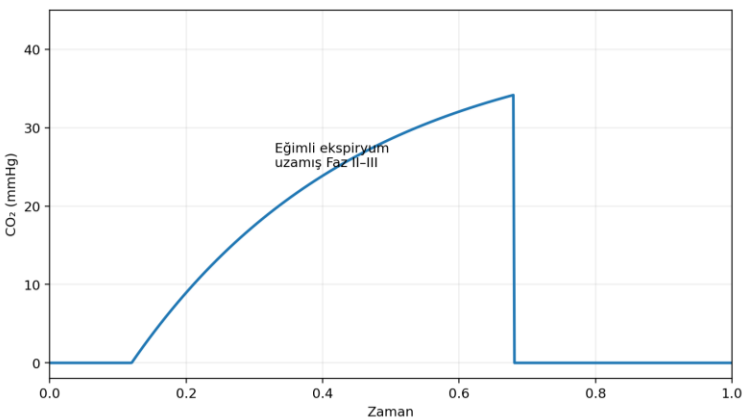
Mainstream ve sidestream kapnografi

Mainstream kapnografide sensör doğrudan havayolu üzerinde bulunur; örnekleme gecikmesi düşüktür ve küçük tidal volümlerde avantajlı olabilir. Sidestream sistemlerde gaz örneği ince bir hatla analizöre taşınır; entübe olmayan hastalarda nazal kanül ile kullanılabilir. Ancak örnekleme hattı tıkanması, su buharı, yüksek taze gaz akımı, ağızdan soluma ve örnekleme gecikmesi ölçümü etkileyebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

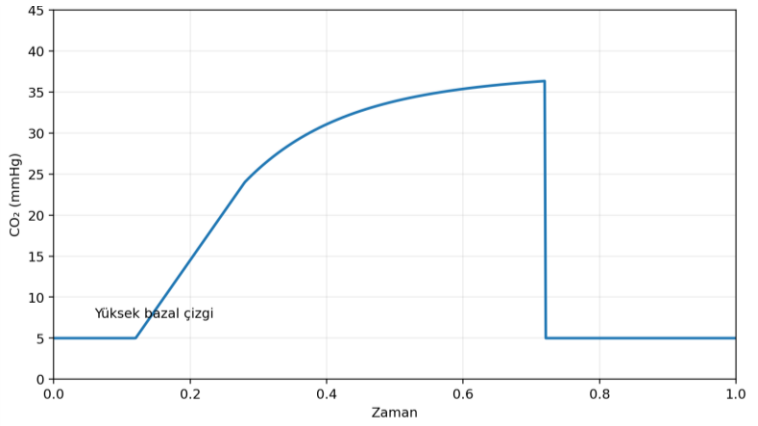
Karakteristik kapnogram bozuklukları

Kapnogramın dalga biçimi çoğu zaman tek bir $ETCO_2$ sayısından daha fazla bilgi verir. Bronkospazm ve ekspiratuvar hava yolu obstrüksiyonunda Faz II uzar, Faz III belirgin eğim kazanır ve klasik "shark-fin" görünümü oluşur (Şekil 3). Rebreathing'de ise inspiratuvar bazal çizgi sıfıra dönemeyerek inspiryumda CO_2 varlığını gösterir (Şekil 4) (Gropper et al., 2025; Cullen et al., 2023; Wollner et al., 2023) (Tablo 1).

Şekil 3 Bronkospazm/ekspiratuvar obstrüksiyonda "shark-fin" kapnogram: Faz II–III uzar ve alveoler plato eğimli hale gelir.



Şekil 4 Rebreathing paterninde inspiratuvar bazal çizginin sıfıra dönememesi



Tablo 1 Kapnogram bulgularının yorumlanması

Kapnogram Bulgusu	**Olası Neden**	**Klinik Yaklaşım**
Eğimli Faz III / 'shark-fin'	Bronkospazm, hava yolu obstrüksiyonu	Devre/tüp, oskültasyon, bronkodilatasyon ve basınçları değerlendir.
Bazal çizgi sıfıra dönmüyor	Rebreathing, yetersiz taze gaz akımı, valf sorunu, CO_2 absorbent problemi	Devre ve absorbanı kontrol et.
$ETCO_2$ aniden kayboluyor	Devre ayrılması, ekstübasyon, apne, özofageal entübasyon, tam örnekleme hattı tıkanması	Hastayı ve havayolunu hemen değerlendir.
$ETCO_2$ aniden düşüyor	Pulmoner emboli, ciddi hipotansiyon/düşük debi, kardiyak arrest, ventilasyon artışı	Hemodinami ve devreyi eşzamanlı değerlendir.
$ETCO_2$ progresif yükseliyor	Hipoventilasyon, artmış CO_2 üretimi, malign hipertermi, rebreathing	Dakika ventilasyonu, ısı, metabolizma ve devreyi değerlendir.
Kürar çentiği	Spontan solunum çabası / yetersiz nöromüsküler blok	NMB düzeyi ve ventilatör senkronisini değerlendir.

Volümetrik kapnografi ve ölü boşluk

Volümetrik kapnografi CO_2'yi zamana değil ekshale volüme karşı gösterir ve CO_2 eliminasyonu ile fizyolojik ölü boşluğun değerlendirilmesine olanak verir. Mekanik ventilasyonda seri VD/VT trendleri pulmoner perfüzyon, V/Q uyumu ve hastalık şiddeti hakkında ek bilgi sağlayabilir. Enghoff yaklaşımı $PaCO_2$'yi kullandığı için yalnızca anatomik/alveoler ölü boşluğu değil, şant ve V/Q bozukluğunun etkisini de içerir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kardiyopulmoner resüsitasyonda kapnografi

KPR sırasında dalga biçimli kapnografi trakeal tüp yerleşiminin doğrulanması, göğüs kompresyonlarının oluşturduğu pulmoner kan akımı hakkında dolaylı bilgi ve spontan dolaşımın geri dönüşünün (ROSC) erken fark edilmesi için değerlidir. $ETCO_2$'de ani ve kalıcı yükseliş ROSC'yi düşündürebilir; ancak tek bir $ETCO_2$ değeri tek başına resüsitasyonu sonlandırma kararı için kullanılmamalıdır (Gropper et al., 2025; Wollner et al., 2023).

İnspire ve Ekspire Gazların Monitörizasyonu

Anestezi cihazında solunum gazlarının izlenmesi yalnızca hastayı değil, gaz kaynağı ve devre güvenliğini de değerlendirir. FiO_2'nin ölçümü hipoksik gaz karışımını saptamada kritik önemdedir. İnhalasyon anesteziği kullanıldığında inspiryum ve ekspiryum ajan konsantrasyonlarının ajan-spesifik analizörle izlenmesi 2026 CAS kılavuzunda gerekli monitörizasyon arasında yer alır (Dobson et al., 2026).

- FiO_2: taze gaz akımı, devre kompozisyonu, düşük akım anestezi ve gaz kaynağı sorunlarını değerlendirmede önemlidir.
- ET ajan konsantrasyonu: alveoler ajan düzeyinin yaklaşık göstergesidir; MAC yorumunda yaş ve diğer ilaçlar dikkate alınmalıdır.
- N_2O/volatile agent ölçümü: yanlış ajan, yanlış vaporizatör veya devre kontaminasyonunu fark etmeye yardımcı olur.

Havayolu Basınçları ve Solunum Mekaniği

Peak ve plato basıncı

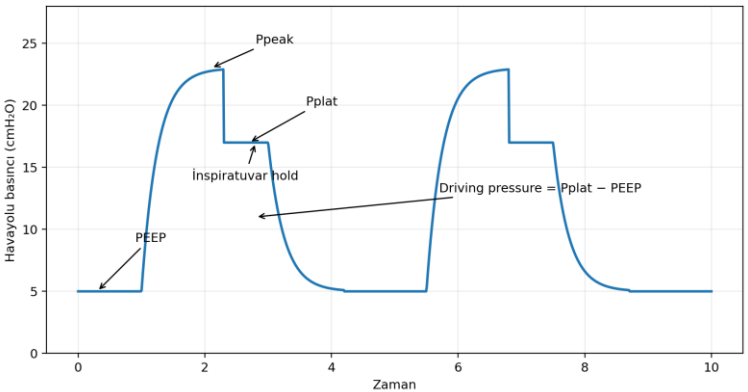
Peak inspiratuvar basınç (Ppeak), elastik yük ile rezistif yükün toplam etkisini içerir. Plato basıncı (Pplat), inspiratuvar akım sıfırlandığında inspiratuvar hold ile ölçülür ve pasif koşullarda alveoler/respiratuvar sistem elastik yükünü daha iyi yansıtır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Ppeak artmış, Pplat normal: havayolu rezistansı artışı düşünülür (bronkospazm, sekresyon, tüp kıvrılması/ darlığı, yüksek akım).
- Ppeak ve Pplat birlikte artmış: kompliyans azalması düşünülür (atelektazi, ödem, pnömotoraks, pnömoperitoneum, obezite, Trendelenburg vb.).

Basınç-zaman eğrisinin temel bileşenleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Ppeak inspirasyon sırasında ulaşılan en yüksek havayolu basıncıdır ve hem rezistif hem elastik yükü içerir. İnspiratuvar hold ile akım sıfırlandığında ölçülen Pplat, pasif koşullarda respiratuvar sistemin elastik yükünü daha iyi yansıtır.

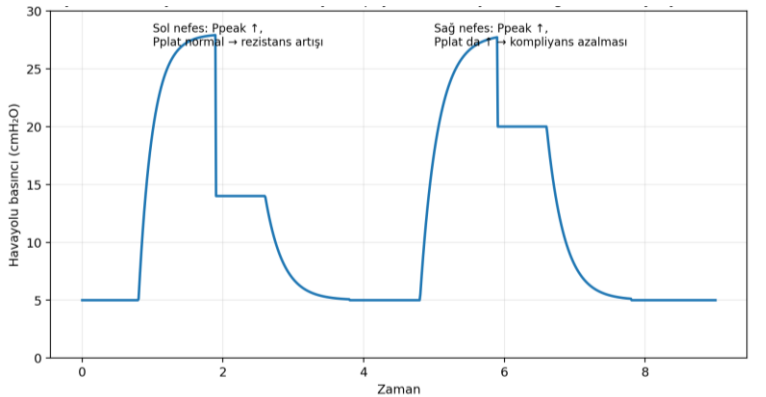
PEEP ekspirasyon sonu basınç düzeyidir; driving pressure ise Pplat − PEEPtotal olarak hesaplanır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Şekil 5 Basınç-zaman eğrisinde Ppeak, Pplat, PEEP, inspiratuvar hold ve driving pressure'ın şematik gösterimi



Ppeak ve Pplat'ın birlikte değerlendirilmesi direnç ve kompliyans sorunlarını ayırmada pratiktir. Ppeak artarken Pplat normal kalıyorsa havayolu rezistansı artışı; Ppeak ve Pplat birlikte yükseliyorsa respiratuvar sistem kompliyansında azalma düşünülür. Bu karşılaştırma Şekil 6'da özetlenmiştir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Şekil 6 Artmış havayolu rezistansı ile azalmış kompliyansın Ppeak–Pplat ilişkisi üzerinden karşılaştırılması



Kompliyans, rezistans ve driving pressure

$C_{stat} = VT / (P_{plat} - PEEP_{total})$

$C_{dyn} \approx VT / (P_{peak} - PEEP)$

Havayolu rezistansı ≈ (Ppeak − Pplat) / inspiratuvar akım

Driving pressure (ΔP) = Pplat − PEEPtotal

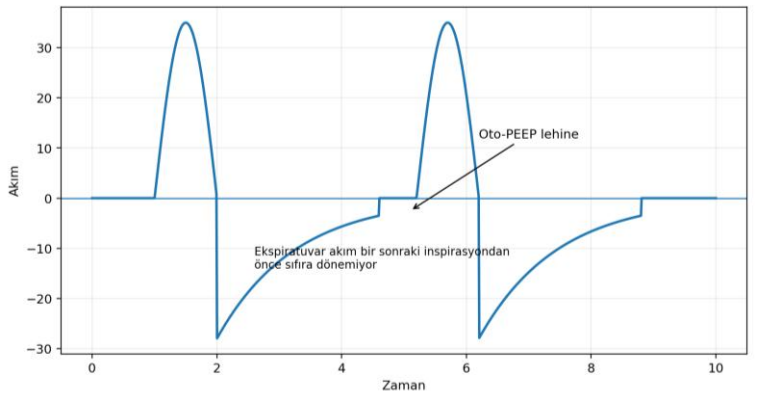
Driving pressure akciğerin fonksiyonel olarak ventilasyona katılan bölümüne uygulanan dinamik yük hakkında yararlı bir özet parametredir. Ancak tek bir evrensel intraoperatif hedef olarak kullanılmamalı; tidal volüm, PEEP, kompliyans, pozisyon ve hastanın akciğer patolojisiyle birlikte yorumlanmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Oto-PEEP (intrinsik PEEP)

Ekspirasyon tamamlanmadan yeni inspirasyon başlarsa dinamik hiperinflasyon ve oto-PEEP gelişebilir. Obstrüktif akciğer hastalığı, yüksek solunum sayısı, uzun inspirasyon süresi veya

yetersiz ekspiratuvar zaman başlıca nedenlerdir. Akım-zaman eğrisinde ekspiratuvar akımın bir sonraki inspirasyondan önce sıfıra dönmemesi önemli bir ipucudur. Ekspiratuvar hold ile total PEEP ölçülerek intrinsik PEEP tahmin edilebilir (Şekil 7).

Şekil 7 Akım-zaman eğrisinde ekspiratuvar akımın bir sonraki inspirasyon başlamadan önce sıfıra dönememesi; dinamik hiperinflasyon/oto-PEEP için tipik ipucu



Ventilatör Dalga Formları ve Loop'lar

Modern anestezi ventilatörleri basınç-zaman, akım-zaman ve volüm-zaman eğrileri ile basınç-volüm ve akım-volüm loop'ları sağlar. Bu grafikler sayısal değerlerden önce değişen mekanikleri ve hasta-ventilatör uyumsuzluğunu gösterebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Basınç-zaman eğrisi: hedef basınç, PEEP, inspiratuvar efor ve basınç kontrol stratejisini izlemeye yardımcı olur.
- Akım-zaman eğrisi: oto-PEEP, sekresyon/obstrüksiyon, yetersiz ekspirasyon ve bazı asenkronileri gösterebilir.

- Volüm-zaman eğrisi: kaçak ve ekshale VT değişikliklerini gösterebilir.
- Basınç-volüm loop'u: kompliyans değişikliği, overdistansiyon ve bazı kaçak paternleri hakkında bilgi verir.
- Akım-volüm loop'u: ekspiratuvar akım kısıtlanması ve obstrüksiyon için yararlı olabilir.

Hasta-ventilatör asenkronisi

Yoğun bakımda spontan eforu bulunan hastalarda ineffective triggering, double triggering, flow starvation, auto-triggering ve prematür/geç cycling gibi asenkroniler solunum işini artırabilir ve diyafram yükünü etkileyebilir. Dalga formlarının düzenli incelenmesi ventilatör ayarlarının bireyselleştirilmesinde önemlidir (Santana et al., 2023).

Solunum Kasları ve Diyafram Monitörizasyonu

Klinik ve fizyolojik ölçümler

Spontan soluyan veya weaning sürecindeki hastada vital kapasite, negatif inspiratuvar kuvvet/maksimal inspiratuvar basınç, P0.1 ve solunum paterni solunum kas yükü hakkında bilgi sağlayabilir. Bu ölçümler hastanın kooperasyonu, sedasyon düzeyi ve ventilatör koşullarından etkilenir.

Diyafram ultrasonografisi

Diyafram ultrasonografisi noninvaziv olarak diyafram ekskursiyonu ve kalınlaşma fraksiyonunu değerlendirebilir. Yoğun bakımda ventilatör ilişkili diyafram disfonksiyonu, inspiratuvar efor ve weaning değerlendirmesinde; perioperatif alanda ise anestezi,

pozisyon ve cerrahi girişimlerin diyafram fonksiyonu üzerindeki etkilerini izlemek amacıyla giderek daha fazla kullanılmaktadır (Formenti et al., 2024; Santana et al., 2023).

Diyafram kalınlaşma fraksiyonu (%) = (Tinsp − Texp) / Texp × 100

Tek bir eşik değerin tüm hasta gruplarında ekstübasyon başarısını güvenilir biçimde öngördüğü kabul edilmemelidir. Sonuçlar solunum yükü, akciğer ultrasonu, gaz değişimi ve klinik değerlendirmeyle birleştirilmelidir.

Görüntüleme ile Solunum Monitörizasyonu

Akciğer ultrasonografisi (LUS)

Akciğer ultrasonografisi yatak başında plevral kayma, B-line paterni, konsolidasyon, plevral efüzyon ve pnömotoraks bulgularını değerlendirebilir. Perioperatif dönemde atelektazinin saptanması ve recruitment manevralarının yönlendirilmesi için kullanımına ilişkin kanıtlar artmaktadır; 2024 meta-analizi ultrason eşliğinde recruitment stratejilerinin postoperatif atelektazi üzerine etkisini incelemiştir (Liao et al., 2024). LUS, klinik soruya yönelik ve seri değerlendirmeye uygun bir araçtır; standart monitörlerin yerine geçmez.

Elektriksel impedans tomografisi (EIT)

EIT, toraks çevresine yerleştirilen elektrotlarla bölgesel elektriksel impedans değişikliklerinden gerçek zamanlı ventilasyon dağılımını gösteren, radyasyon içermeyen fonksiyonel bir görüntüleme yöntemidir. PEEP titrasyonu, dependent/nondependent ventilasyon, recruitment ve overdistansiyonun yatak başı değerlendirilmesinde kullanılabilir (Gao et al., 2024).

2024 sistematik derleme ve meta-analizinde EIT rehberli PEEP ayarının bazı fizyolojik parametreleri iyileştirebileceği bildirilmiş, ancak cerrahi hastalarda postoperatif pulmoner komplikasyonları azalttığına ilişkin kanıtın henüz kesin olmadığı vurgulanmıştır (Gao et al., 2024). Bu nedenle EIT günümüzde seçilmiş hastalarda ileri monitörizasyon aracıdır.

Özel Klinik Durumlarda Solunum Monitörizasyonu

Prosedürel sedasyon

Supplemental oksijen, hipoventilasyona rağmen SpO_2'nin bir süre normal kalmasına neden olabilir. Bu nedenle orta ve derin sedasyonda solunum sayısı, havayolu açıklığı ve bilinç düzeyinin klinik değerlendirmesine ek olarak kapnografi ventilasyon bozukluğunu daha erken saptayabilir. CAS 2026 ve 2025 ENA önerileri bu kullanım alanını desteklemektedir (Camarda et al., 2025; Dobson et al., 2026).

PACU ve cerrahi serviste opioid alan hastalar

Postoperatif opioid ilişkili solunum depresyonu aralıklı vital bulgu ölçümleri arasında gelişebilir. 2024 sistematik derleme ve meta-analizi sürekli pulse oksimetri ve/veya kapnografinin servis hastalarında solunum bozulmasını daha erken tanımadaki rolünü değerlendirmiştir (Khanna et al., 2024). Yüksek riskli hastalarda monitörizasyon düzeyi OSA, obezite, opioid dozu, sedatif eş kullanımı, yaş ve klinik duruma göre bireyselleştirilmelidir.

Kardiyak arrest ve şok

Kardiyak debi ve pulmoner kan akımı azaldığında $ETCO_2$ düşebilir. KPR sırasında dalga biçimli kapnografi devamlı kullanılmalı; oksijenasyon, ventilasyon ve dolaşım birlikte

değerlendirilmelidir. Şokta periferik pulse oksimetri sinyali de zayıflayabileceğinden sinyal kalitesi ve gerektiğinde arteriyel örnekleme önem kazanır.

Obezite, Trendelenburg ve pnömoperitoneum

Obezite, Trendelenburg ve pnömoperitoneum göğüs duvarı/respiratuvar sistem kompliyansını azaltabilir, Ppeak ve Pplat'ı artırabilir ve atelektazi riskini yükseltebilir. Bu hastalarda tek başına basınç artışı barotravma göstergesi değildir; Pplat, driving pressure, ekshale VT, SpO_2, $ETCO_2$ ve gerektiğinde LUS/EIT ile birlikte yorumlanmalıdır.

Pediatrik hastalar

Pediatrik hastalarda düşük tidal volüm ve yüksek solunum sayısı sidestream örnekleme sistemlerinde dilüsyon ve gecikme sorunlarına neden olabilir. Uygun düşük ölü boşluklu sensör/devre seçimi önemlidir. Yenidoğanlarda transkutanöz CO_2/O_2 monitörizasyonu seri gaz örnekleme gereksinimini azaltabilen yararlı bir yardımcı yöntem olabilir (Bernasconi et al., 2024).

Monitörizasyon Verilerinin Birlikte Yorumlanması: Pratik Yaklaşım

Solunum bozulmasına yaklaşımda 'önce hasta, sonra monitör' ilkesi kullanılmalıdır. Aşağıdaki sıra pratik bir çerçeve sağlar:

1. Hastayı değerlendir: bilinç, göğüs hareketi, havayolu açıklığı, oskültasyon, siyanoz ve hemodinami
2. Oksijenasyonu doğrula: SpO_2, pleth sinyali, FiO_2 ve gerektiğinde PaO_2/ko-oksimetri

3. Ventilasyonu değerlendir: $ETCO_2$ değeri ve kapnogram, solunum sayısı, dakika ventilasyonu; gerektiğinde $PaCO_2$/$PtcCO_2$
4. Devre ve havayolunu kontrol et: tüp derinliği, kink/ sekresyon, filtre, valf, ayrılma, kaçak ve örnekleme hattı
5. Mekanikleri değerlendir: VT, Ppeak, Pplat, PEEPtotal, akım eğrisi, kompliyans ve driving pressure
6. Persistan açıklanamayan bozuklukta görüntüleme/ ileri monitörizasyon kullan: LUS, diyafram US, EIT veya radyolojik görüntüleme
7. Değişiklik sonrası trendi yeniden değerlendir; tek bir 'normalleşmiş' değeri tedavi başarısı olarak kabul etme

Klinik Senaryo Tabloları

Oluşabilecek sorunlar, hangi parametrelerde değişiklik olabileceği ve öncelikle çözüme yönelik neleri düşünmemiz gerektiği Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2 Klinik senaryolar

Durum	**SpO_2**	**$ETCO_2$**	**Basınç/ Akım**	**Öncelikli Düşünce**
Özofageal entübasyon	Düşebilir (gecikmeli)	Kalıcı kapnogram yok/çok kısa	Değişken	Tüp yerleşimini derhal doğrula
Devre ayrılması	Düşebilir	Ani kayıp	Basınç ve VT düşer	Devre bağlantısını kontrol et
Bronkospazm	Düşebilir	Shark-fin, $ETCO_2$ artabilir	Ppeak ↑; Pplat çoğu kez daha az etkilenir	Rezistans artışı
Pnömotoraks	Düşer	Düşebilir	Ppeak ve Pplat ↑, kompliyans ↓	Klinik + LUS ile hızla değerlendir
Pulmoner emboli / ciddi düşük debi	Düşebilir	Ani $ETCO_2$ ↓; $PaCO_2$–$ETCO_2$ farkı ↑	Değişken	Perfüzyon problemi
Hipoventilasyon	O_2 veriliyorsa geç düşebilir	$ETCO_2$ ↑	Dakika ventilasyonu ↓	Ventilasyon yetersizliği
Rebreathing	Başlangıçta normal olabilir	Bazal çizgi ↑	Değişken	Devre/ valf/ absorban/ taze gaz

Klinik Anahtar Noktalar

- Pulse oksimetrinin temel optik prensibi Beer–Lambert yasasıdır; klasik cihazlar yaklaşık 660 ve 940 nm dalga boylarını ve pulsatif AC/DC sinyal ayrımını kullanır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Kapnogram fazları ve karakteristik bozukluklar dalga biçimi üzerinden değerlendirilmelidir (Şekil 2–4).

- Ppeak–Pplat–PEEP ilişkisi ve akım-zaman eğrisi mekanik sorunların hızlı ayrımında temel görsel araçlardır (Şekil 5–7).
- Pulse oksimetri oksijenasyonu tahmin eder; ventilasyonu ölçmez.
- Supplemental oksijen alan hastada normal SpO_2 ciddi hipoventilasyonu maskeleyebilir.
- SpO_2 doğruluğu düşük perfüzyon, hareket, dishemoglobinler ve cilt pigmentasyonundan etkilenebilir.
- Klinik ile SpO_2 uyumsuzsa arteriyel kan gazı/ko-oksimetri ile doğrulama düşünülmelidir.
- Kapnografi yalnızca CO_2 sayısı değil, dalga biçimi olarak yorumlanmalıdır.
- $ETCO_2$–$PaCO_2$ farkı pulmoner ölü boşluk ve perfüzyon değişikliklerinden etkilenir.
- Ppeak artışı tek başına alveoler basınç artışı anlamına gelmez; Pplat ile birlikte değerlendirilmelidir.
- Akım-zaman eğrisinde ekspiratuvar akımın sıfıra dönmemesi oto-PEEP için önemli ipucudur.
- Driving pressure yararlı bir fizyolojik trenddir ancak tek başına ventilasyon hedefi değildir.
- LUS ve diyafram US yatak başı, tekrarlanabilir yardımcı yöntemlerdir; EIT daha ileri ve seçilmiş kullanım alanına sahiptir.

- Modern solunum monitörizasyonunun temel yaklaşımı multimodal, trend-temelli ve klinik bağlamla bütünleşik yorumlamadır.

Sonuç

2026 itibarıyla solunum sistemi monitörizasyonu, pulse oksimetri ve kapnografinin ötesine geçen, oksijenasyon, ventilasyon, solunum mekaniği ve bölgesel akciğer fonksiyonunun birlikte değerlendirilmesini hedefleyen multimodal bir yaklaşım haline gelmiştir. Standart monitörler hasta güvenliğinin temelidir; ancak doğru klinik karar için sinyal kalitesi, fizyolojik sınırlılıklar, trendler ve hasta özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Cilt pigmentasyonuna bağlı pulse oksimetri yanlılığı, sürekli postoperatif solunum monitörizasyonu, diyafram ultrasonografisi, akciğer ultrasonografisi ve EIT gibi alanlardaki güncel gelişmeler, solunum monitörizasyonunun giderek daha kişiselleştirilmiş ve fizyoloji odaklı bir yapıya evrildiğini göstermektedir (Formenti et al., 2024; Gao et al., 2024; Khanna et al., 2024; Liao et al., 2024; Martin et al., 2024; Santana et al., 2023; U.S. Food and Drug Administration, 2025).

Kaynakça

Bernasconi, S., Angelucci, A., De Cesari, A., Masotti, A., Pandocchi, M., Vacca, F., Zhao, X., & Aliverti, A. (2024). Recent technologies for transcutaneous oxygen and carbon dioxide monitoring. *Diagnostics, 14*(8), 785. doi: 10.3390/diagnostics14080785.

Camarda, A., Gibson, J., Coffey, S., Slivinski, A., Dixon, C., Kaiser, J., Perry, A., Slifko, A., Tucker, A., Vanhoy, M. A., Wachtel, S., Bishop-Royse, J., & Delao, A. M. (2025). ENA clinical practice guideline synopsis: The use of capnography during procedural sedation/analgesia. *Journal of Emergency Nursing, 51*(2), 211–214. doi: 10.1016/j.jen.2024.10.014.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (Eds.). (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's clinical anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Dobson, G. R., Bak, A. B., Chau, A., Denomme, J., Fuda, G., Mc Donnell, C., Milkovich, R., Milne, A. D., Murdoch, J., Sparrow, K., Subramani, Y., & Young, C. (2026). Guidelines to the practice of anesthesia—Revised edition 2026. *Canadian Journal of Anaesthesia, 73*(1), 13–60. doi: 10.1007/s12630-026-03075-w.

Formenti, P., Ruzza, F., Pederzolli Giovanazzi, G., et al. (2024). Exploring ultrasonographic diaphragmatic function in perioperative anesthesia setting: A comprehensive narrative review. *Journal of Clinical Anesthesia, 97*, 111530. doi: 10.1016/j.jclinane.2024.111530.

Gao, Y., He, H., Chi, Y., Frerichs, I., Long, Y., & Zhao, Z. (2024). Electrical impedance tomography guided positive end-expiratory pressure titration in critically ill and surgical adult patients: A

systematic review and meta-analysis. *BMC Pulmonary Medicine, 24*(1), 582. doi: 10.1186/s12890-024-03394-y

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (Eds.). (2025). *Miller's anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Khanna, A. K., Banga, A., Rigdon, J., White, B. N., Cuvillier, C., Ferraz, J., Olsen, F., Hackett, L., Bansal, V., & Kaw, R. (2024). Role of continuous pulse oximetry and capnography monitoring in the prevention of postoperative respiratory failure, postoperative opioid-induced respiratory depression and adverse outcomes on hospital wards: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Anesthesia, 94*, 111374. doi: 10.1016/j.jclinane.2024.111374.

Liao, B., Liao, W., Yin, S., Liu, S., Wu, X. (2024). Effect of ultrasound-guided lung recruitment to reduce pulmonary atelectasis after non-cardiac surgery under general anesthesia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Perioperative Medicine, 13*(1), 23. doi: 10.1186/s13741-024-00379-7.

Martin, D., Johns, C., Sorrell, L., Healy, E., Phull, M., Olusanya, S., Peters, M., & Fabes, J. (2024). Effect of skin tone on the accuracy of the estimation of arterial oxygen saturation by pulse oximetry: A systematic review. *British Journal of Anaesthesia, 132*(5), 945–956. doi: 10.1016/j.bja.2024.01.023

Massari, D., de Keijzer, I. N., & Vos, J. J. (2023). Perioperative monitoring of the oxygen reserve: Where do we stand? *Journal of Clinical Monitoring and Computing, 37*(6), 1431–1433. doi: 10.1007/s10877-023-01085-3.

Santana, P. V., Cardenas, L. Z., & Albuquerque, A. L. P. (2023). Diaphragm ultrasound in critically ill patients on mechanical ventilation—Evolving concepts. *Diagnostics, 13*(6), 1116. doi: 10.3390/diagnostics13061116.

U.S. Food and Drug Administration. (2025). Pulse oximeters for medical purposes—Non-clinical and clinical performance testing, labeling, and premarket submission recommendations [Draft Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff]. https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/pulse-oximeters-medical-purposes-non-clinical-and-clinical-performance-testing-labeling-and

Wollner, E. A., Nourian, M. M., Bertille, K. K., Wake, P. B., Lipnick, M. S., & Whitaker, D. K. (2023). Capnography—An essential monitor, everywhere: A narrative review. *Anesthesia & Analgesia, 137*(5), 934–942. doi: 10.1213/ANE.0000000000006689.

BÖLÜM 19

SOLUNUM SİSTEMİ HASTALIKLARINDA ANESTEZİ

CİHAN DÖĞER[1]

Özet

Bu bölüm; genel anestezinin solunum fizyolojisi üzerine etkilerini, perioperatif pulmoner riskin değerlendirilmesini ve astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), bronşektazi ve kistik fibrozis, restriktif akciğer hastalıkları, ön mediastinal kitleler, pulmoner hipertansiyon ve pulmoner embolide anestezi yaklaşımını ele alır. Temel yaklaşım; hastalığın kontrol düzeyinin belirlenmesi, geri dönüşebilir risklerin optimize edilmesi, intraoperatif ventilasyon ve havayolu yönetiminin hastaya göre uyarlanması ve postoperatif solunum komplikasyonlarının erken tanınmasıdır (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025; Smetana et al., 2006).

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-3071-5181

Öğrenme Hedefleri

- Genel anestezi ve cerrahinin akciğer hacimleri, gaz değişimi ve solunum kontrolü üzerindeki etkilerini açıklayabilmek.
- Perioperatif pulmoner komplikasyon riskini hasta ve cerrahi özelliklerine göre, risk skorlarından yararlanarak değerlendirebilmek.
- Astım ve KOAH'ta hastalık kontrolünü ve perioperatif risk belirleyicilerini tanımlayabilmek; idame ilaçlarının perioperatif yönetimini planlayabilmek.
- Obstrüktif akciğer hastalarında bronkospazm, hava hapsi ve dinamik hiperinflasyonu önleyebilmek; intraoperatif bronkospazmın ayırıcı tanısını yapıp tedavi edebilmek.
- Restriktif akciğer hastalıklarında düşük kompliyans ve gaz değişimi bozukluklarına uygun ventilasyon stratejisi oluşturabilmek.
- Pulmoner emboliyi perioperatif dönemde tanıyabilmek ve akut hemodinamik etkilerini yönetebilmek.

Anestezi ve Cerrahinin Solunum Fizyolojisi Üzerine Etkileri

Sırtüstü pozisyon fonksiyonel rezidüel kapasiteyi (FRK) yaklaşık 0,8–1 L azaltır; genel anestezi indüksiyonu ile FRK %15–20 daha düşer. FRK'nın kapanma kapasitesinin altına inmesiyle küçük hava yolları tidal solunum sırasında kapanır ve ventilasyon/perfüzyon (V/Q) uyumsuzluğu gelişir. Kapanma kapasitesi yaş, sigara ve obstrüktif hastalıkla arttığından bu hastalarda etki daha belirgindir. Genel anestezi indüksiyonundan sonra bağımlı akciğer bölgelerinde kompresyon ve yüksek inspire

edilen oksijen fraksiyonuna (FiO_2) bağlı emilim (absorpsiyon) atelektazisi gelişir; bu nedenle indüksiyondan sonra FiO_2'nin gereksinime göre düşürülmesi ve pozitif ekspirasyon sonu basıncı (PEEP) uygulanması önerilir (Gropper et al., 2025; Hedenstierna & Edmark, 2010; Young et al., 2019).

İnhalasyon ajanları hipoksik pulmoner vazokonstriksiyonu (HPV) doza bağımlı olarak baskılar. Volatil ajanlar, opioidler, benzodiazepinler ve propofol hiperkapni ve hipoksiye ventilatuvar yanıtı azaltır; bu etki kronik hiperkapnik KOAH ve obstrüktif uyku apnesinde (OUA) daha belirgindir. Kuru-soğuk gazlar ve endotrakeal tüp mukosiliyer klerensi bozar (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025). Üst abdominal ve torasik cerrahi sonrası vital kapasite %50–60, FRK yaklaşık %30 azalabilir ve bu değişiklik bir haftaya kadar sürebilir. Bunda ağrının yanı sıra visseral uyarılara bağlı refleks diyafragma disfonksiyonu da rol oynar; sonuçta yüzeyel solunum, etkisiz öksürük ve sekresyon retansiyonu atelektazi ve pnömoniye zemin hazırlar (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Perioperatif Pulmoner Risk ve Postoperatif Pulmoner Komplikasyonlar

Postoperatif pulmoner komplikasyonlar (PPK); atelektazi, pnömoni, bronkospazm, solunum yetmezliği, uzamış mekanik ventilasyon ve mevcut akciğer hastalığının alevlenmesini içerir. PPK, kardiyak komplikasyonlar kadar sık görülür ve hastanede kalış süresini ve mortaliteyi artırır. Risk; hastaya ait özellikler, cerrahinin tipi ve süresi, anestezi yöntemi ve perioperatif bakım ile birlikte değerlendirilmelidir (Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie, 2025; Smetana et al., 2006).

Risk değerlendirmesinde özellikle dispne, mevcut akciğer hastalığının şiddeti, sigara öyküsü, yakın zamanda geçirilmiş solunum yolu enfeksiyonu ve cerrahinin anatomik bölgesi öne çıkmaktadır (Smetana et al., 2006). Güncel yaklaşımda risk değerlendirmesinin yalnızca tek bir solunum fonksiyon testine değil, klinik durum ve cerrahi riskin bütününe dayanması önemlidir (Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie, 2025; Smetana et al., 2006).

Tablo1 Postoperatif pulmoner komplikasyonlar için risk faktörleri

Hastaya Ait Faktörler	**Cerrahi ve Anesteziye Ait Faktörler**
İleri yaş (>60–65 yaş)	Torasik, üst abdominal, aort ve baş-boyun cerrahisi; nöroşirürji
Amerikan Anestezistler Derneği (American Society of Anesthesiologists, ASA) fiziksel durum ≥II, fonksiyonel bağımlılık	Uzun cerrahi süre (>2–3 saat)
KOAH, kontrolsüz astım, konjestif kalp yetmezliği	Acil cerrahi
Preoperatif düşük periferik oksijen satürasyonu (SpO_2)	Genel anestezi (bölgesel tekniklere göre)
Son 1 ay içinde solunum yolu enfeksiyonu	Rezidüel nöromüsküler blok, uzun etkili kas gevşeticiler
Sigara kullanımı	Nazogastrik tüpün rutin kullanımı
Obstrüktif uyku apnesi, pulmoner hipertansiyon	Yetersiz analjezi, immobilizasyon
Hipoalbüminemi, anemi	Yüksek tidal volüm, PEEP'siz ventilasyon

Kaynak: Barash et al., 2024; Canet et al., 2010; Smetana et al., 2006

Risk skorları

ARISCAT skoru

ARISCAT (Assess Respiratory Risk in Surgical Patients in Catalonia) skoru, İspanya'nın Katalonya bölgesinde yaklaşık 2.500 cerrahi hastadan oluşan bir kohortta geliştirilmiş ve yaklaşık 5.000

hastanın yer aldığı çok merkezli Avrupa çalışmasında (Prospective Evaluation of a Risk Score for Postoperative Pulmonary Complications in Europe, PERISCOPE) dış doğrulaması yapılmıştır. Ek test gerektirmeyen yedi klinik değişkenden oluşur ve preoperatif vizitte kolayca hesaplanabilir. ARISCAT, hastaya ait faktörlerden çok cerrahinin özelliklerine duyarlıdır.

Skorun kullanımı basittir: Tablo 2'deki yedi değişkenin her biri için hastanın girdiği tek bir kategori seçilir ve o kategorinin puanı alınır; yedi puan toplanarak 0–123 arasında bir toplam puan elde edilir (Canet et al., 2010; Mazo et al., 2014).

Tablo 2 ARISCAT skorunun değişkenleri, kategorileri ve risk sınıfları

Değişken	**Kategori**	**Puan**
Yaş	≤50 yıl	0
	51–80 yıl	3
	>80 yıl	16
Preoperatif SpO_2 (oda havası)	≥%96	0
	%91–95	8
	≤%90	24
Son 1 ay içinde solunum yolu enfeksiyonu	Yok	0
	Var	17
Preoperatif anemi (hemoglobin [Hb] ≤10 g/dL)	Yok	0
	Var	11
Cerrahi insizyonun yeri	Periferik (abdomen ve toraks dışı)	0
	Üst abdominal	15
	İntratorasik	24
Cerrahinin süresi	<2 saat	0
	2–3 saat	16
	>3 saat	23
Acil cerrahi	Hayır	0
	Evet	8
Toplam puan	Risk sınıfı	PPK sıklığı*
<26	Düşük risk	~%1,6
26–44	Orta risk	~%13
≥45	Yüksek risk	~%42

Kaynak: Canet et al., 2010; Mazo et al., 2014

**Geliştirme kohortunda gözlenen postoperatif pulmoner komplikasyon sıklığı.*

Örnek hesaplama: 82 yaşında (16 puan), oda havasında SpO_2 değeri %94 olan (8 puan), son bir ayda enfeksiyon geçirmemiş (0 puan), Hb düzeyi 12 g/dL olan (0 puan) ve elektif (0 puan) üst abdominal cerrahi (15 puan) planlanan, ameliyatının yaklaşık 3,5 saat sürmesi beklenen (23 puan) bir hastanın toplam puanı 62'dir ve hasta yüksek risk grubundadır. Aynı hasta Cerrahi laparoskopik yaklaşımla 2 saatin altında tamamlanabilecek olsaydı (cerrahi ve süre için 0 puan, yaş için 3 puan) 79 yaşındaki hastanın toplamı 26 puana, yani orta risk düzeyine inecekti.

Diğer Risk Araçları

- **Gupta postoperatif solunum yetmezliği hesaplayıcısı:** Amerikan Cerrahlar Koleji Ulusal Cerrahi Kalite İyileştirme Programı (American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program, ACS NSQIP) verilerinden geliştirilmiştir; cerrahi türü, acil cerrahi, ASA sınıfı, preoperatif sepsis ve fonksiyonel bağımlılık durumunu kullanarak 48 saatten uzun mekanik ventilasyon veya plansız reentübasyon olasılığını çevrimiçi olarak hesaplar (Gupta et al., 2011).
- **Gupta postoperatif pnömoni hesaplayıcısı:** Aynı veri tabanından geliştirilmiş olup yaş, ASA sınıfı, KOAH varlığı, fonksiyonel durum, preoperatif sepsis, sigara kullanımı ve cerrahi türüne göre postoperatif pnömoni olasılığını verir (Gupta et al., 2013).
- **STOP-Bang anketi:** Horlama (Snoring), gündüz yorgunluğu (Tired), gözlenen apne (Observed), hipertansiyon (Pressure), beden kitle indeksi >35 kg/m² (BMI), yaş >50 (Age), boyun çevresi >40 cm (Neck) ve

erkek cinsiyet (Gender) olmak üzere sekiz evet/hayır sorusundan oluşur; 0–2 puan düşük, 3–4 orta, 5–8 yüksek obstrüktif uyku apnesi olasılığını gösterir (Chung et al., 2016).

Preoperatif değerlendirme

- Dispnenin istirahatte veya eforla olup olmadığı ve fonksiyonel kapasite
- Öksürük, balgam ve balgam karakteri
- Son dönemde geçirilmiş üst veya alt solunum yolu enfeksiyonu
- Astım/KOAH alevlenmesi, hastaneye yatış, entübasyon ve yoğun bakım öyküsü
- Sigara ve diğer inhalasyon maruziyetleri
- Evde oksijen veya noninvaziv ventilasyon kullanımı
- Obstrüktif uyku apnesi ve diğer uyku ilişkili solunum bozuklukları
- İlaçların düzenli kullanımı ve tedaviye yanıt; son 6 ay içinde sistemik kortikosteroid kullanımı
- Aspirin veya nonsteroid antiinflamatuvar ilaç (NSAİİ) ile tetiklenen bronkospazm ve ilaç alerjileri
- Planlanan cerrahinin yeri, süresi ve beklenen kan kaybı

Fizik muayenede solunum sayısı, yardımcı solunum kasları, uzamış ekspiryum, wheezing, raller, siyanoz ve sağ kalp yetmezliği bulguları (juguler venöz dolgunluk, periferik ödem) değerlendirilmelidir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Akciğer grafisi, spirometri, karbonmonoksit difüzyon kapasitesi (DLCO), arteriyel kan gazı veya ileri görüntüleme rutin olarak her hastaya uygulanmamalı; klinik bulgular ve cerrahi risk temelinde seçilmelidir (Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie, 2025; Smetana et al., 2006). Akciğer rezeksiyonu dışındaki cerrahilerde solunum fonksiyon testi (SFT) değerleri tek başına cerrahiyi engelleyen bir eşik olarak kullanılmamalıdır. Ağır KOAH, evde oksijen kullanımı veya hiperkapni şüphesinde arteriyel kan gazı ile bazal değerler bilinmelidir; bazal arteriyel karbondioksit parsiyel basıncı ($PaCO_2$) >45 mmHg postoperatif solunum yetmezliği riskini gösterir. Pulmoner hipertansiyon şüphesinde ekokardiyografi istenmelidir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Tablo 3 Obstrüktif ve restriktif paternde solunum fonksiyon testi bulguları

Parametre	**Obstrüktif Hastalık**	**Restriktif Hastalık**
Birinci saniyedeki zorlu ekspiratuvar volüm (FEV_1)	Azalmış	Azalmış (orantılı)
Zorlu vital kapasite (FVC)	Normal veya azalmış	Azalmış
FEV_1/FVC	<0,70	Normal veya artmış
Total akciğer kapasitesi (TLC)	Normal veya artmış	Azalmış (tanı için gerekli)
Rezidüel volüm (RV), FRK	Artmış (hava hapsi)	Azalmış
DLCO	Amfizemde azalmış, astımda normal	İntrensek hastalıkta azalmış, ekstrensekte genellikle normal
Akım-volüm eğrisi	Ekspiratuvar kolda içbükey görünüm	Dar ve küçük eğri
Bronkodilatör yanıt	Astımda belirgin (FEV_1'de >%12 ve >200 mL)	Yok

Kaynak: Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025

Sigara, yakın zamanda geçirilmiş enfeksiyon ve uyku apnesi

Sigaradaki karbonmonoksit (CO) oksihemoglobin eğrisini sola kaydırır ve oksijen taşıma kapasitesini azaltır; karboksihemoglobin varlığında pulse oksimetre satürasyonu olduğundan yüksek gösterir. CO'nun yarılanma ömrü oda havasında 4–6 saat olduğundan 12–24 saatlik sigarasızlık bile oksijen sunumunu iyileştirir. Mukosiliyer fonksiyonun düzelmesi ve PPK'de anlamlı azalma için ise en az 4, ideal olarak 6–8 hafta gerekir. Ameliyata kısa süre kala bırakmanın zararlı olduğuna dair kanıt yoktur; sigarayı bırakma her aşamada önerilmelidir (Barash et al., 2024; Wong et al., 2012).

Viral üst solunum yolu enfeksiyonları 4–6 hafta sürebilen bronşiyal hiperreaktiviteye neden olur ve özellikle çocuklarda laringospazm, bronkospazm ve desatürasyon riskini artırır. Ateş, pürülan sekresyon veya alt solunum yolu bulguları varsa elektif cerrahi genellikle 2–4 hafta ertelenmelidir; hafif semptomlu ve afebril hastada supraglottik havayolu tercihiyle cerrahi sürdürülebilir (Barash et al., 2024; Tait & Malviya, 2005). Şiddetli akut solunum sendromu koronavirüsü 2 (SARS-CoV-2) enfeksiyonundan sonraki ilk 2 hafta içinde elektif cerrahiden kaçınılmalı, sonraki 7 hafta içinde ise bireysel risk değerlendirmesi yapılmalıdır (El-Boghdadly et al., 2023).

OUA; zor maske ventilasyonu, zor entübasyon, opioid ve sedatiflere duyarlılık ve postoperatif hipoksemi riski taşır. STOP-Bang skoru 5–8 olan hastalarda OUA olasılığı yüksektir. Evde sürekli pozitif havayolu basıncı (continuous positive airway pressure, CPAP) cihazı kullanılıyorsa postoperatif dönemde sürdürülmeli; opioid koruyucu analjezi, tam antagonizasyon, yarı

oturur pozisyonda tam uyanık ekstübasyon ve sürekli oksimetri uygulanmalıdır (Chung et al., 2016; Gropper et al., 2025).

Pulmoner komplikasyonları azaltma

- Mevcut akciğer hastalığının farmakolojik tedavisini optimize etmek
- Sigaranın mümkün olan en erken dönemde bırakılmasını sağlamak
- Akut solunum yolu enfeksiyonu veya kontrolsüz bronkospazm varsa elektif cerrahinin zamanlamasını yeniden değerlendirmek
- Uygun hastalarda preoperatif solunum egzersizleri ve pulmoner rehabilitasyon
- Uygun olgularda bölgesel anestezi ve daha az invaziv cerrahi teknik
- İntraoperatif akciğer koruyucu ventilasyon
- Kantitatif nöromüsküler izlem ve tam antagonizasyon (dörtlü uyarı [train-of-four, TOF] oranı ≥0,9)
- Yeterli analjezi, erken mobilizasyon ve sekresyonların etkin temizlenmesi
- Uygun hastalarda postoperatif CPAP/noninvaziv ventilasyon (NIV) ve yakın solunum izlemi

2025 tarihli Hollanda ulusal kılavuzunda pulmoner riskli hastalarda tarama, ek tanısal değerlendirme, sigarayı bırakma ve astım/KOAH ilaçlarının perioperatif yönetimi ayrı başlıklar altında

ele alınmaktadır (Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie, 2025).

İntraoperatif akciğer koruyucu ventilasyon

Bölüm boyunca sık başvurulan akciğer koruyucu ventilasyon, akut akciğer hasarı olmayan cerrahi hastada da ventilatör ilişkili akciğer hasarını ve postoperatif atelektaziyi azaltmayı amaçlar. Temel bileşenleri aşağıda özetlenmiştir (Gropper et al., 2025; Young et al., 2019):

- Tidal volüm 6–8 mL/kg ideal (tahmini) vücut ağırlığı olarak ayarlanır. İdeal vücut ağırlığı erkekte 50 + 0,91 × (boy [cm] − 152,4), kadında 45,5 + 0,91 × (boy [cm] − 152,4) formülüyle hesaplanır; gerçek vücut ağırlığı kullanılmamalıdır.
- Başlangıçta yaklaşık 5 cmH_2O PEEP uygulanır; obezite, laparoskopi ve Trendelenburg pozisyonu gibi durumlarda kompliyans ve oksijenizasyona göre bireyselleştirilir. Rutin yüksek PEEP stratejisinin üstünlüğü gösterilmemiştir.
- Sürücü basınç (driving pressure; plato basıncı ile PEEP arasındaki fark) mümkün olan en düşük düzeyde tutulur; yüksek sürücü basınç PPK ile ilişkilidir.
- Atelektazi şüphesinde ve hemodinamik durum uygun olduğunda alveoler alım (recruitment) manevraları uygulanabilir; obstrüktif hastalıkta ve hipovolemide dikkatli olunmalıdır.
- FiO_2, yeterli oksijenizasyonu sağlayan en düşük düzeyde tutulur; gereksiz hiperoksi emilim atelektazisini artırır.

- Obstrüktif hastalıkta solunum sayısı ve I:E (inspirasyon:ekspirasyon) oranı, ekspirasyonun tamamlanmasına izin verecek şekilde ayarlanır.

Obstrüktif Akciğer Hastalıkları

Obstrüktif hastalıklarda temel fizyopatoloji ekspiratuvar hava akımının sınırlanmasıdır. Astımda hava yolu obstrüksiyonu değişken ve çoğu zaman geri dönüşümlüdür; KOAH'ta ise kalıcı hava akımı kısıtlanması ve küçük hava yolları/parankim hasarı ön plandadır (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD), 2025; Gropper et al., 2025). Kapnogramda III. faz eğiminin artması ("köpekbalığı yüzgeci" görünümü) obstrüksiyonu gösterir. Bu hastalarda arteriyel ile ekspiryum sonu (end-tidal) karbondioksit (CO_2) arasındaki fark artabileceğinden uzun ve büyük cerrahilerde $PaCO_2$ kan gazı ile doğrulanmalıdır (Barash et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Astım

Patofizyoloji

Astım; kronik hava yolu inflamasyonu, bronşiyal hiperreaktivite ve değişken hava akımı kısıtlanması ile karakterizedir. Bronkokonstriksiyon, mukozal ödem ve artmış sekresyonlar hava yolu direncini artırır. Perioperatif açıdan özellikle hava yolu enstrümantasyonu, yetersiz anestezi derinliği, irritanlar ve akut hastalık kontrolsüzlüğü bronkospazm riskini artırabilir (Gropper et al., 2025; Kamassai et al., 2025). Havayolu uyarısı vagal refleks yoluyla bronkokonstriksiyonu tetikler (Butterworth et al., 2022).

Temel klinik bulgular epizodik dispne, öksürük ve hışıltılı solunumdur; tetikleyiciler arasında alerjenler, viral enfeksiyonlar, egzersiz, soğuk hava ve bazı ilaçlar yer almaktadır (Smetana et al., 2006). Aspirinle alevlenen solunum yolu hastalığı (astım, nazal polipozis ve NSAİİ duyarlılığı) bulunan hastalarda nonselektif NSAİİ'lerden kaçınılmalıdır; parasetamol ve selektif siklooksijenaz-2 (COX-2) inhibitörleri genellikle güvenlidir (Barash et al., 2024; Global Initiative for Asthma (GINA), 2025).

Preoperatif değerlendirme ve optimizasyon

En önemli belirleyici astımın güncel kontrol düzeyidir. İyi kontrollü hastada perioperatif risk belirgin şekilde azalırken, aktif wheezing, yakın zamanda alevlenme veya kötü kontrol bronkospazm ve postoperatif solunum komplikasyonu riskini artırır (Gropper et al., 2025; Kamassai et al., 2025). Global Initiative for Asthma (GINA) kılavuzu kontrol düzeyini son 4 haftaya ait dört soruyla değerlendirir: haftada ikiden fazla gündüz semptomu, astım nedeniyle gece uyanma, haftada ikiden fazla kurtarıcı ilaç gereksinimi ve astıma bağlı aktivite kısıtlılığı. Bunların hiçbiri yoksa iyi kontrollü, 1–2'si varsa kısmen kontrollü, 3–4'ü varsa kontrolsüz astım söz konusudur (GINA, 2025).

- Son alevlenme, acil başvurusu ve hastaneye yatış öyküsünü sorgulamak
- Son dönemde sistemik kortikosteroid kullanımı ve kontrol düzeyini değerlendirmek
- Mevcut inhaler tedaviyi kesmemek ve gerektiğinde optimize etmek

- Aktif wheezing veya kontrolsüz semptom varsa elektif cerrahinin ertelenmesini değerlendirmek
- Solunum yolu enfeksiyonu ve aktif bronkospazmı tedavi etmek
- Pulmoner fonksiyon testlerini yalnızca klinik gereklilik olduğunda kullanmak
- Ameliyat sabahı inhaler ilaçları uygulatmak ve kısa etkili beta-2 agonisti ameliyathaneye getirmek

Kontrolü yetersiz hastada entübasyon planlanıyorsa kısa süreli (3–5 gün) oral kortikosteroid ve beta-2 agonist tedavisi entübasyon sonrası bronkospazmı azaltabilir; bu kısa kürün yara iyileşmesi veya enfeksiyon riskini artırdığı gösterilmemiştir. Son aylarda belirgin dozda sistemik kortikosteroid kullananlarda adrenal baskılanma olasılığı nedeniyle stres dozu planlanmalıdır (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025).

İdame ilaçlarının perioperatif yönetimi

Astım ve KOAH ilaçlarının büyük çoğunluğu ameliyat günü dahil sürdürülmelidir; tedavinin kesilmesi rebound bronkospazm ve alevlenme riskini artırır (GINA, 2025; GOLD, 2025; Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie, 2025).

Tablo 4 Obstrüktif akciğer hastalığında kullanılan ilaçlar ve perioperatif öneriler

İlaç Grubu	Örnekler	Perioperatif Öneri
Kısa etkili beta-2 agonistler	Salbutamol, terbutalin	Sürdürülür; indüksiyondan 15–30 dakika önce uygulanabilir.
Uzun etkili beta-2 agonistler	Salmeterol, formoterol	Ameliyat sabahı dahil sürdürülür.
Antikolinerjikler (kısa/uzun etkili muskarinik antagonistler; SAMA/LAMA)	İpratropium, tiotropyum	Sürdürülür; KOAH'ta temel tedavidir.
İnhale kortikosteroidler	Budesonid, flutikazon	Kesilmez; kontrolsüz astımda doz artırımı değerlendirilir.
Sistemik kortikosteroidler	Prednizolon, metilprednizolon	Sürdürülür; gerekirse stres dozu planlanır.
Lökotrien reseptör antagonistleri	Montelukast	Sürdürülür.
Metilksantinler	Teofilin	Dar terapötik aralık, aritmi ve ilaç etkileşimi açısından gözden geçirilir.
Biyolojik ajanlar	Omalizumab, mepolizumab, dupilumab	Uygulama takvimi bozulmadan sürdürülür.

Kaynak: Barash et al., 2024; GINA, 2025; GOLD, 2025; Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie, 2025

Anestezi tekniği, indüksiyon ve idame

Astımlı hastada en kritik dönem havayolunun manipülasyonudur. Gereksiz havayolu irritasyonundan kaçınılmalı, yeterli anestezi derinliği sağlanmalı ve bronkospazmı tetikleyebilecek durumlar hızla düzeltilmelidir (Gropper et al., 2025; Kamassai et al., 2025). Uygun cerrahilerde bölgesel anestezi havayolu enstrümantasyonunu ortadan kaldırır; genel anestezi gerektiğinde supraglottik havayolu cihazı, endotrakeal entübasyona

göre daha az bronkospazmla ilişkilidir (Barash et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Propofol havayolu reflekslerini baskılar ve stabil hastada tercih edilen indüksiyon ajanıdır. Ketamin sempatomimetik etkisiyle bronkodilatasyon sağlar; hemodinamik olarak instabil veya aktif bronkospazmı olan hastada iyi bir seçenektir, ancak sekresyonları artırabilir. Entübasyondan 1–3 dakika önce intravenöz lidokain (1–1,5 mg/kg) veya yeterli dozda opioid havayolu refleks yanıtını azaltır. Histamin salınımına yol açan morfin gibi ajanlar dikkatle kullanılmalıdır (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Bronkodilatör özellikleri nedeniyle sevofluran ve intravenöz propofol/ketamin gibi ajanlar klinik bağlama göre tercih edilebilir. Desfluranın hava yolu irritasyonu ve bronkokonstrüksiyon potansiyeli nedeniyle astımda genellikle tercih edilmemesi önerilir (Kamassai et al., 2025). 2025 yılında yayımlanan geniş retrospektif çalışmada KOAH/astımlı hastalarda desfluran ile sevofluran arasında postoperatif pulmoner komplikasyon açısından anlamlı fark bulunmamış olsa da bu bulgu, desfluranın hava yolu irritasyonu konusundaki farmakolojik özelliklerini ortadan kaldırmaz ve ajan seçimi bireyselleştirilmelidir (Makito et al., 2026).

Atrakuryum ve mivakuryum histamin salınımına yol açabilir; rokuronyum, veküronyum ve sisatrakuryum bu açıdan daha güvenlidir. Neostigmin bronkokonstriksiyon ve sekresyon artışını önlemek için mutlaka antikolinerjik ile birlikte verilmelidir. Sugammadeks muskarinik etki oluşturmaz; ancak nadir bronkospazm ve anafilaksi olguları bildirilmiştir (Barash et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Mekanik ventilasyon

Bronkospazm ve hava yolu obstrüksiyonunda ekspirasyon süresini uzatmak dinamik hiperinflasyonu azaltabilir. Solunum sayısının gereksiz artırılmasından kaçınılması ve ekspiratuvar akımın bir sonraki inspirasyondan önce mümkün olduğunca sıfıra yaklaşmasının sağlanması önemlidir (Gropper et al., 2025).

Güncel uygulamada tidal volüm ideal vücut ağırlığına ve akciğer mekaniğine göre bireyselleştirilmeli; plato basıncı ve driving pressure ile birlikte değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025). Ağır obstrüksiyonda pH ≥7,20–7,25 olacak şekilde permisif hiperkapni kabul edilebilir. Yüksek tepe basıncı çoğunlukla hava yolu direncini yansıttığından barotravma riski plato basıncı ile değerlendirilmelidir (Barash et al., 2024).

İntraoperatif bronkospazm: ayırıcı tanı ve tedavi

Bronkospazm; tepe hava yolu basıncında artış, tidal volümde azalma, wheezing (ağır olguda "sessiz akciğer"), kapnogramda yüzgeç paterni ve desatürasyon ile kendini gösterir. Eşlik eden hipotansiyon dinamik hiperinflasyon veya anafilaksiyi düşündürmelidir (Barash et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Bronkospazm gelişirse nedenler sistematik olarak araştırılmalı; devre/tüp problemi dışlanmalı, FiO_2 ve ventilasyon gözden geçirilmeli, inhaler bronkodilatörler uygulanmalı ve gerekli durumlarda sistemik kortikosteroid/epinefrin tedavisi düşünülmelidir (Gropper et al., 2025; Kamassai et al., 2025).

Tablo 5 İntraoperatif wheezing ve yüksek hava yolu basıncının ayırıcı tanısı

Grup	Olası Nedenler
Mekanik obstrüksiyon	Tüpün bükülmesi veya ısırılması, sekresyon/pıhtı, kaf herniasyonu, devre sorunu
Tüp pozisyonu	Endobronşiyal entübasyon, karina uyarısı
Yetersiz anestezi	Öksürük, ıkınma, hasta-ventilatör uyumsuzluğu, opioid ilişkili göğüs duvarı rijiditesi
Pulmoner nedenler	Aspirasyon, pnömotoraks, pulmoner ödem, pulmoner emboli
Sistemik nedenler	Anafilaksi, ilaç ilişkili histamin salınımı
Gerçek bronkospazm	Astım/KOAH alevlenmesi, havayolu irritasyonu, beta-bloker kullanımı

Kaynak: Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025

Bronkospazm geliştiği durumda;

- FiO_2 %100'e çıkarılır, yardım çağırılır; hasta elle ventile edilerek tüp, devre ve pozisyon kontrol edilir.
- Anestezi derinleştirilir (volatil ajan, propofol veya ketamin).
- Kısa etkili beta-2 agonist ölçülü doz inhaler adaptörü ile uygulanır; tüpte kayıp olduğundan doz artırılarak (ör. 4–10 puf) tekrarlanabilir; ipratropium eklenebilir.
- Yanıtsız veya ağır olguda intravenöz epinefrin titre edilir (ör. 10–100 μg bolus); anafilaksi düşünülüyorsa ilgili algoritma uygulanır.
- Sistemik kortikosteroid (ör. metilprednizolon 1–2 mg/kg veya hidrokortizon 100–200 mg intravenöz) verilir; etkisi saatler içinde başlar.
- Dirençli olguda magnezyum sülfat (yetişkinde 2 g [40–50 mg/kg] 15–20 dk IV infüzyon) ve ketamin infüzyonu

düşünülür; en ağır olgularda ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO) değerlendirilebilir.

Ekstübasyon ve postoperatif dönem

Ekstübasyon sırasında öksürük ve tüp uyarısı bronkospazmı tetikleyebilir. Zor havayolu ve aspirasyon riski olmayan hastalarda derin anestezi altında ekstübasyon, diğerlerinde intravenöz lidokain veya düşük doz remifentanil ile öksürük refleksinin azaltılması uygulanabilir. Postoperatif dönemde bronkodilatörler kesintisiz sürdürülmeli ve analjezide parasetamol ile bölgesel teknikler öncelikli olmalıdır (Barash et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH)

Patofizyoloji

KOAH; persistan hava akımı kısıtlanması, küçük hava yolu hastalığı ve/veya amfizemle ilişkili kronik bir solunum hastalığıdır. Sigara önemli bir risk faktörü olmakla birlikte biyokütle yakıtları ve diğer çevresel/mesleki maruziyetler de rol oynar (GOLD, 2025).

Kronik bronşitte mukus hipersekresyonu ve hava yolu inflamasyonu; amfizemde ise elastik geri çekimin kaybı, küçük hava yollarının erken kapanması ve hava hapsi ön plandadır. Sonuçta V/Q uyumsuzluğu, hipoksemi ve ileri hastalıkta hiperkapni gelişebilir (GOLD, 2025; Gropper et al., 2025). Kronik hipoksemi pulmoner hipertansiyon, sağ ventrikül yetmezliği (kor pulmonale) ve sekonder polisitemiye yol açabilir. İleri amfizemde oluşan büller pozitif basınçlı ventilasyon sırasında rüptüre olarak tansiyon pnömotoraksına neden olabilir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Kronik hiperkapnik hastada yüksek konsantrasyonda oksijen; HPV'nin ortadan kalkması, Haldane etkisi ve kısmen solunum dürtüsünün azalması yoluyla $PaCO_2$'yi yükseltebilir. Bu hastalarda oksijen SpO_2 %88–92 hedefiyle titre edilmeli, ancak hipoksemiyi düzeltmek için asla esirgenmemelidir (Butterworth et al., 2022; GOLD, 2025).

Preoperatif değerlendirme

Dispne düzeyi, egzersiz kapasitesi, balgam miktarı, son alevlenme, hastane yatışı, evde oksijen/NIV kullanımı, sigara öyküsü ve kardiyopulmoner eşlik eden hastalıklar değerlendirilmelidir (GOLD, 2025; Gropper et al., 2025). Koroner arter hastalığı ve kalp yetmezliği sık eşlik ettiğinden kardiyak risk birlikte değerlendirilmelidir.

Spirometri, özellikle tanının doğrulanması veya hastalığın şiddetinin belirlenmesi gerektiğinde değerlidir; ancak tek başına perioperatif riskin tümünü belirlemez. Güncel Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) 2025 yaklaşımı KOAH değerlendirmesi ve tedavisini semptomlar, alevlenme riski ve hava akımı kısıtlanmasının bütüncül değerlendirilmesine dayandırmaktadır (GOLD, 2025). Hava akımı kısıtlanması GOLD 1–4 (FEV_1 ≥%80, %50–79, %30–49, <%30), semptom ve alevlenme riski ise A, B ve E grupları olarak sınıflanır. A grubu az semptomlu ve son bir yılda hastaneye yatış gerektirmeyen en fazla bir orta alevlenme geçiren; B grubu semptomları belirgin (modifiye Medical Research Council [mMRC] dispne skoru ≥2 veya KOAH Değerlendirme Testi [COPD Assessment Test, CAT] puanı ≥10) ancak alevlenme riski düşük; E grubu ise son bir yılda ≥2 orta veya ≥1 hastaneye yatış gerektiren alevlenme geçiren hastaları kapsar (GOLD, 2025).

Preoperatif optimizasyon

KOAH'lı hastada preoperatif optimizasyon aşağıdaki başlıkları kapsar (GOLD, 2025).

- Sigaranın bırakılması
- İnhale bronkodilatörlerin sürdürülmesi
- Endike hastalarda inhale kortikosteroid ve diğer idame tedavilerinin sürdürülmesi
- Akut alevlenme ve aktif enfeksiyonun tedavisi; hasta bazal durumuna dönene kadar elektif cerrahinin ertelenmesi
- Bronş sekresyonlarının mobilizasyonu
- Uygun hastalarda solunum rehabilitasyonu ve egzersiz eğitimi
- Hipokseminin ve gerektiğinde kronik ventilasyon yetersizliğinin değerlendirilmesi

Anestezi tekniğinin seçimi

Bölgesel anestezi havayolu enstrümantasyonundan kaçınılmasını ve iyi postoperatif analjeziyi sağlar; ancak bazı sınırlılıkları vardır (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

- Ağır KOAH'ta aktif ekspirasyon ve öksürük abdominal kaslara bağımlıdır; yüksek torasik düzeye ulaşan nöroaksiyal blok sekresyon atılımını güçleştirebilir.
- İnterskalen blok neredeyse her zaman ipsilateral frenik sinir bloğu ve hemidiyafragmatik parezi oluşturur; ağır

KOAH'ta düşük volüm veya diyafragma koruyucu alternatif bloklar tercih edilmelidir.

- Ortopneik hasta uzun süre supin pozisyonu tolere edemeyebilir; hiperkapnik hastada sedasyon solunum depresyonunu kolayca derinleştirir.

Azot protoksit, büller ve pnömotoraks varlığında kapalı gaz boşluklarını genişleteceğinden kullanılmamalıdır; pulmoner vasküler direnci de artırabilir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

İntraoperatif yaklaşım

KOAH'ta temel ventilasyon hedeflerinden biri dinamik hiperinflasyonu önlemektir. Bunun için düşük-orta tidal volüm, uygun inspiratuvar akım, daha düşük solunum frekansı ve yeterli ekspirasyon süresi kullanılabilir (Gropper et al., 2025).

- Preoksijenizasyon
- Bronkodilatör tedavinin sürdürülmesi
- Ekspiratuvar akımın tamamlanmasına izin verecek ventilasyon
- İntrensek PEEP'in izlenmesi
- Uygun hastada düşük düzeyde eksternal PEEP
- Bronkospazm ve sekresyonların aktif tedavisi
- Hemodinamik bozulmada dinamik hiperinflasyon, pnömotoraks ve sağ kalp yüklenmesinin düşünülmesi

İntrensek PEEP, akım-zaman eğrisinde ekspiratuvar akımın sıfıra ulaşmadan kesilmesiyle anlaşılır ve ekspiryum sonu tutma

manevrası ile ölçülür. İntrensek PEEP'in yaklaşık %80'ini aşmayan eksternal PEEP küçük hava yollarının erken kapanmasını azaltabilir; aşırı PEEP ise hiperinflasyonu artırır (Barash et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Pozitif basınçlı ventilasyon sırasında hava hapsi, intrensek PEEP ve dinamik hiperinflasyon venöz dönüşü azaltarak hipotansiyona neden olabilir. Bu durumda ventilatör devresi, bronkospazm, tüp tıkanıklığı ve pnömotoraks birlikte değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025). Hastanın ventilatörden kısa süre (20–30 saniye) ayrılmasıyla kan basıncının hızla düzelmesi tanıyı destekler. Kronik hiperkapnik hastada hedef, normokapni değil hastanın bazal $PaCO_2$ değeridir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Ekstübasyon ve postoperatif dönem

KOAH'lı hastada ekstübasyon kararı; uyanıklık, nöromüsküler blokun tam antagonizasyonu, yeterli ventilasyon, sekresyon kontrolü ve hemodinamik stabilite ile birlikte değerlendirilmelidir. Yüksek riskli hastalarda ekstübasyon sonrası NIV/CPAP planlanması ve yakın izlem düşünülebilir (GOLD, 2025; Gropper et al., 2025). FEV_1 <%50, bazal hiperkapni ve uzun üst abdominal/torasik cerrahi postoperatif ventilasyon gereksinimini artırdığından yoğun bakım planlaması önceden yapılmalıdır. Yarı oturur pozisyon, kontrollü oksijen, akciğer ekspansiyon manevraları ve epidural analjezi veya uygun fasiyal plan blokları (erektör spina, paravertebral, transversus abdominis plan [TAP]) pulmoner fonksiyonun korunmasına yardımcı olur (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Bronşektazi ve Kistik Fibrozis

Bronşektazi bronşların kalıcı dilatasyonu, kronik enfeksiyon, bol pürülan balgam ve hemoptizi ile seyreder. Preoperatif dönemde göğüs fizyoterapisi, postural drenaj ve gerekirse kültüre yönelik antibiyotikle sekresyon yükü azaltılmalı, intraoperatif dönemde sık aspirasyon yapılmalıdır. Masif hemoptizi veya sekresyonların sağlam akciğere geçme riski varsa çift lümenli tüp veya bronş blokeri ile akciğer izolasyonu gerekir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Kistik fibrozis; kistik fibrozis transmembran iletkenlik düzenleyicisi (CFTR) geninin mutasyonuna bağlı, koyu sekresyonlar, bronşektazi ve ilerleyici obstrüksiyonun yanı sıra pankreas yetmezliği, K vitamini eksikliğine bağlı koagülopati, karaciğer hastalığı ve diyabetle seyreden multisistemik bir hastalıktır. CFTR modülatör tedavilerle bu hastaların erişkin cerrahiye başvuruları artmıştır. Nemlendirilmiş gazlar, sık aspirasyon, bronkodilatörlerin sürdürülmesi ve erken fizyoterapi temel önlemlerdir; antikolinerjikler sekresyonları koyulaştırır (Butterworth et al., 2022). Viral enfeksiyon, toksik inhalasyon veya kemik iliği/akciğer transplantasyonu sonrası gelişen bronşiolitis obliteranste sabit küçük hava yolu obstrüksiyonu bulunur ve anestezi yaklaşımı ağır KOAH'takine benzer şekilde hava hapsini önlemeye yönelik yapılmalıdır (Barash et al., 2024).

Restriktif Akciğer Hastalıkları

Restriktif hastalıklarda akciğer hacimleri ve kompliyans azalır; spirometride FEV_1 ve FVC birlikte azalırken FEV_1/FVC oranı normal veya artmış olabilir. İnterstisyel akciğer hastalıkları, plevral hastalıklar, göğüs duvarı deformiteleri, obezite ve

nöromüsküler hastalıklar farklı mekanizmalarla restriktif patern oluşturabilir (Gropper et al., 2025). FRK'nın azalması nedeniyle apne sırasında desatürasyon hızlı gelişir (Butterworth et al., 2022).

Akut intrensek pulmoner hastalıklar

Akut solunum sıkıntısı sendromu (ARDS), pnömoni, aspirasyon ve akut pulmoner ödem akut restriktif fizyoloji oluşturabilir. Elektif cerrahi, mümkün olduğunda akut pulmoner durum düzelene kadar ertelenmelidir. Acil cerrahide anestezi, hastanın mevcut yoğun bakım tedavisinin devamı niteliğinde planlanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Mekanik ventilasyonda düşük tidal volüm, uygun PEEP ve basınçların sınırlandırılması akciğer koruyucu yaklaşımın temelidir. Bu hedefler hastaya özgü mekaniklerle birlikte değerlendirilmelidir; modern yaklaşım ARDS'de ideal vücut ağırlığına göre yaklaşık 4–8 mL/kg tidal volüm aralığı ve plato basıncının 30 cmH_2O'nun altında tutulması üzerine kuruludur (Gropper et al., 2025). Transport sırasında PEEP kaybı derecruitment ve ağır hipoksemiye yol açabileceğinden PEEP korunmalı; anestezi makinesinin ventilatörü yetersiz kalırsa yoğun bakım ventilatörü kullanılmalıdır (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Kronik interstisyel akciğer hastalıkları

İnterstisyel akciğer hastalıklarında ilerleyici fibrozis, düşük kompliyans ve gaz değişimi bozukluğu gelişebilir. Preoperatif değerlendirmede dispne, egzersiz kapasitesi, oksijen gereksinimi, pulmoner hipertansiyon ve sağ kalp fonksiyonu dikkate alınmalıdır (Gropper et al., 2025). DLCO, hastalık şiddeti ve gaz değişim kapasitesinin iyi bir göstergesidir (Butterworth et al., 2022).

Ventilasyon sırasında aşırı yüksek tidal volüm ve basınçlardan kaçınılmalı, oksijenizasyon hastanın gereksinimine göre sağlanmalı ve gereksiz hiperoksiden kaçınılmalıdır. Akciğer fibrozisinde postoperatif akut alevlenme ve solunum yetmezliği açısından yakın izlem önemlidir (Gropper et al., 2025). Bazı özel durumlar dikkat gerektirir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022):

- Sarkoidozda larinks tutulumu, kardiyak iletim bozuklukları ve hiperkalsemi bulunabilir.
- Bleomisin almış hastada yüksek FiO_2 pulmoner toksisiteyi artırabilir; FiO_2 yeterli oksijenizasyonu sağlayan en düşük düzeyde tutulmalı, aşırı sıvıdan kaçınılmalıdır.
- Amiodaron pulmoner toksisitesi postoperatif ARDS benzeri tabloyla ilişkili olabilir.
- Pulmoner alveoler proteinozisteki tüm akciğer lavajı çift lümenli tüp ve tek akciğer ventilasyonu gerektirir.

Ekstrensek restriktif hastalıklar

Plevral efüzyon, pnömotoraks, mediastinal kitleler, kifoskolyoz, nöromüsküler hastalıklar ve intraabdominal basınç artışı akciğer ekspansiyonunu kısıtlayabilir. Anestezi planı, restriksiyonun mekanizmasına ve kardiyopulmoner rezervine göre bireyselleştirilmelidir (Gropper et al., 2025).

- Kifoskolyozda omurga eğriliğinin derecesini gösteren Cobb açısı 60°'yi aştığında solunum kapasitesi belirgin şekilde kısıtlanır. Açının 100°'nin üzerine çıkması

durumunda ise hipoksemi, hiperkapni ve pulmoner hipertansiyon gibi ağır kronik tablolar gelişebilir.

- Nöromüsküler hastalıklarda zayıf öksürük, aspirasyon riski, kas gevşeticilere değişmiş yanıt ve postoperatif solunum yetmezliği söz konusudur; bazı hastalarda süksinilkolin kontrendikedir. Vital kapasite riskin belirlenmesinde yararlıdır.
- Obezitede FRK azalır, OUA ve obezite hipoventilasyon sendromu eşlik edebilir; baş yukarı preoksijenizasyon, PEEP ve postoperatif CPAP önerilir.
- Büyük plevral efüzyon veya asitte indüksiyon öncesi drenaj ya da parasentez gaz değişimini iyileştirebilir; travmaya bağlı yelken göğüs ve pnömotoraks şüphesinde pozitif basınçlı ventilasyon öncesinde göğüs tüpü gereksinimi değerlendirilmelidir.

Ön mediastinal kitleler

Ön mediastinal kitleler (lenfoma, timoma, germ hücreli tümör, retrosternal guatr) anestezi indüksiyonu, kas gevşetici uygulaması ve pozitif basınçlı ventilasyonla birlikte trakea, bronşlar, pulmoner arter veya vena kava superiorun ani ve hayatı tehdit eden kompresyonuna yol açabilir. Ortopne, supin pozisyonda dispne, stridor, vena kava superior sendromu ve bilgisayarlı tomografide (BT) trakeal kesit alanının %50'den fazla daralması yüksek risk göstergeleridir (Barash et al., 2024; Erdös & Tzanova, 2009).

- Tanısal biyopsi mümkünse lokal anestezi ile yapılmalıdır.
- Genel anestezi gerekiyorsa spontan solunum korunmalı (inhalasyon indüksiyonu veya uyanık fiberoptik

entübasyon), kas gevşeticiden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

- Rijit bronkoskop hazır olmalı; pozisyon değişikliği (lateral, yarı oturur, prone) kompresyonu azaltabilir.
- Yüksek riskli hastada indüksiyondan önce femoral yoldan ECMO/kardiyopulmoner bypass hazırlığı yapılmalıdır.

Pulmoner Hipertansiyon ve Kor Pulmonale

Pulmoner hipertansiyon, istirahatte ortalama pulmoner arter basıncının 20 mmHg'nın üzerinde olması olarak tanımlanır. Akciğer hastalığı ve hipoksiye bağlı pulmoner hipertansiyon (grup 3) KOAH ve interstisyel akciğer hastalıklarında sıktır. Temel perioperatif sorun, artmış afterload karşısında sağ ventrikülün dekompansasyonudur; sistemik hipotansiyon sağ koroner perfüzyonu azaltarak kısır döngü oluşturur (Gropper et al., 2025; Humbert et al., 2022).

- Pulmoner vasküler direnci artıran hipoksemi, hiperkapni, asidoz, hipotermi ve ağrıdan kaçınılmalıdır.
- Sistemik basınç ve sağ koroner perfüzyon norepinefrin veya vazopressin ile korunmalı; sağ ventrikül ön yükü optimal tutulmalıdır.
- Sinüs ritmi korunmalı, yüksek ortalama havayolu basıncı ve aşırı PEEP'ten kaçınılmalıdır.
- Gerekirse inhale nitrik oksit, inhale prostasiklin ve milrinon/dobutamin ile sağ ventrikül desteklenmelidir.

- Hastanın pulmoner vazodilatör tedavisi kesintisiz sürdürülmelidir.

Pulmoner Emboli

Patofizyoloji ve klinik bulgular

Pulmoner embolide (PE) pulmoner vasküler yatağın tıkanması alveoler ölü boşluğu artırır ve sağ ventrikül afterload'ını yükseltebilir. Klinik tablo asemptomatik olabileceği gibi ani dispne, takipne, göğüs ağrısı, hipoksemi, hipotansiyon ve obstrüktif şoka kadar ilerleyebilir (Konstantinides et al., 2020). Ortopedik, pelvik ve onkolojik cerrahi, immobilizasyon, malignite, obezite ve geçirilmiş venöz tromboemboli önemli risk faktörleridir (Butterworth et al., 2022).

Perioperatif hastada ani açıklanamayan hipotansiyon, ekspiryum sonu karbondioksit ($ETCO_2$) düşüşü, hipoksemi ve sağ ventrikül yüklenmesi pulmoner emboliyi düşündürmelidir; $ETCO_2$ düşüşü tek başına özgül değildir. Genel anestezi altındaki hastada bu bulgular çoğu zaman tek ipucudur (Barash et al., 2024).

Risk sınıflaması ve tanı

Sürekli hipotansiyon (sistolik kan basıncı <90 mmHg ≥15 dakika), obstrüktif şok veya kardiyak arrest yüksek riskli PE'yi gösterir. Hemodinamik olarak stabil hastalar sağ ventrikül disfonksiyonu, troponin ve basitleştirilmiş Pulmoner Emboli Ciddiyet İndeksi'ne (simplified Pulmonary Embolism Severity Index, sPESI) göre orta-yüksek, orta-düşük ve düşük risk gruplarına ayrılır. sPESI'de yaş >80, kanser, kronik kalp veya akciğer hastalığı, kalp hızı ≥110/dakika, sistolik kan basıncı <100 mmHg ve SpO_2

<%90 kriterlerinin her biri 1 puan alır; 0 puan düşük 30 günlük mortalite riskini gösterir (Konstantinides et al., 2020).

- Klinik olasılık değerlendirmesi (Wells veya revize Cenevre skoru)
- Uygun hastada D-dimer
- Kompressiyon ultrasonografisi ile derin ven trombozu araştırılması
- Kontrastlı BT pulmoner anjiyografi
- Yatak başı ekokardiyografi ile özellikle hemodinamik instabil hastada sağ ventrikül değerlendirmesi

Wells skoru; derin ven trombozu bulguları, PE'nin alternatif tanılardan daha olası olması, taşikardi, son 4 haftada immobilizasyon veya cerrahi, önceki tromboemboli, hemoptizi ve aktif kanser kriterlerini puanlayarak klinik olasılığı belirler; postoperatif hastada cerrahi kriteri nedeniyle puan baştan yükselir. Revize Cenevre skoru ise yaş, önceki tromboemboli, yakın zamanda cerrahi/kırık, aktif kanser, tek taraflı bacak ağrısı ve ödemi, hemoptizi ve kalp hızı gibi yalnızca objektif değişkenlere dayanır (Konstantinides et al., 2020). D-dimer postoperatif dönemde çoğu hastada yüksek olduğundan bu dönemde dışlama değeri sınırlıdır.

Hemodinamik olarak stabil hastada BT pulmoner anjiyografi temel görüntüleme yöntemidir. Şok veya yüksek riskli PE'de yatak başı ekokardiyografi tedavi kararını hızlandırabilir (Konstantinides et al., 2020). İntraoperatif dönemde transözofageal ekokardiyografi sağ ventrikül dilatasyonunu ve bazen trombüsün kendisini gösterebilir (Barash et al., 2024).

Tedavi ve anestezi yaklaşımı

Tedavi; hemodinamik durum ve kanama riskine göre antikoagülasyon, seçilmiş yüksek riskli hastalarda sistemik tromboliz, kateter bazlı tedavi veya cerrahi embolektomiyi içerebilir (Konstantinides et al., 2020). Tedavi seçimi, güncel uygulamada hastaya, kullanılan antikoagülana ve güncel PE kılavuzuna göre belirlenmelidir. Yakın zamanda geçirilmiş cerrahi sistemik tromboliz için göreceli kontrendikasyon olduğundan bu hastalarda kateter bazlı tedavi veya embolektomi öne çıkar (Konstantinides et al., 2020).

Masif veya yüksek riskli PE'de sağ ventrikül yetmezliği ve sistemik hipotansiyon temel sorunlardır. Anestezi indüksiyonu sırasında venöz dönüşün azalması ve pozitif basınçlı ventilasyon sağ ventrikül yetmezliğini ağırlaştırabileceğinden hemodinamik hazırlık ve uygun vazopressör/inotrop desteği önemlidir (Konstantinides et al., 2020). İndüksiyon öncesinde invaziv arteriyel izlem kurulmalı ve norepinefrin hazır olmalı; ketamin veya etomidat titre edilmelidir. Embolektomide indüksiyon, hasta örtülüp cerrahi ekip ve kardiyopulmoner bypass/ECMO hazır olduktan sonra yapılmalıdır. Dilate sağ ventrikülü daha da genişleteceğinden agresif sıvı yüklemesinden kaçınılmalıdır (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022).

Tromboprofilaksi ve nöroaksiyal anestezi

Venöz tromboemboli profilaksisi hastanın tromboz ve kanama riskine göre mekanik ve farmakolojik yöntemlerle uygulanır. Tromboz riskinin belirlenmesinde sık kullanılan Caprini skoru; yaş, cerrahinin tipi ve süresi, malignite, önceki venöz tromboemboli ve trombofili gibi çok sayıda risk faktörünü 1–5 puan arasında ağırlıklandırır ve toplam ≥5 puan yüksek riski gösterir

(Caprini, 2005). Nöroaksiyal girişim ve kateter çekilmesinin antikoagülan zamanlamasıyla uyumu spinal-epidural hematomu önlemede kritiktir (Horlocker et al., 2018).

Tablo 6 Antikoagülanlar ve nöroaksiyal girişim için önerilen bekleme süreleri (ASRA önerilerinin özeti)

Ajan	**Son Dozdan Girişime / Kateter Çekimine Kadar**	**Kateter Çekildikten Sonra Sonraki Doza Kadar**
Subkutan FOH (Profilaktik: günde 2–3 kez 5000 IU)	4–6 saat	≥ 1 saat
İntravenöz UFH / FOH (Terapötik)	4–6 saat (normal aPTT teyidi)	≥ 1 saat
DMAH (Profilaktik doz)	≥ 12 saat	≥ 4 saat
DMAH (Terapötik doz)	≥ 24 saat	≥ 4 saat
Rivaroksaban / Apiksaban / Edoksaban	72 saat (3 gün)	≥ 6 saat
Dabigatran	72 saat (CrCl ≥ 50 mL/dk) 96–120 saat (CrCl < 50 mL/dk)	≥ 6 saat
Varfarin	5 gün (ve INR ≤ 1,4 teyidi)	Hemen (kateter çekildikten sonra)
Fondaparinuks (Profilaktik)	36–42 saat	Kateter önerilmez / ≥ 6–12 saat
Klopidogrel	5–7 gün	Hemen (yükleme dozu yoksa)
Tikagrelor	3–5 gün	Hemen
Prasugrel	7–10 gün	Hemen
Aspirin (Monoterapi)	Kesilmesine gerek yok (0 gün)	Hemen

Kaynak: Horlocker et al., 2018

ASRA: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine (Amerikan Rejyonal Anestezi ve Ağrı Tıbbı Derneği), CrCl: Kreatinin klirensi, DMAH: Düşük molekül ağırlıklı Heparin, DOAK: Doğrudan etkili oral antikoagülan, FOH: Fraksiyone olmayan heparin

Kalıcı kateter kuralı: Kateter çekilirken de girişim öncesi bekleme süreleri (özellikle DOAK'lar ve terapötik DMAH için) aynen geçerlidir; kateter takılıyken DOAK veya terapötik DMAH verilmesi önerilmez.

Kanlı / travmatik girişim: Ponksiyon kanlı gerçekleştiyse postoperatif antikoagülasyonun ilk dozu geciktirilmelidir (ör. profilaktik DMAH için en az 24 saat).

Venöz hava embolisi (oturur pozisyonda kraniyotomi, santral kateter işlemleri, laparoskopi) da ani $ETCO_2$ düşüşü, hipoksemi ve hipotansiyonla kendini gösterir. Cerrahi alan sıvıyla doldurulur, azot protoksit kesilir, FiO_2 %100'e çıkarılır, mümkünse sol lateral-Trendelenburg pozisyon verilir ve santral kateterden hava aspire edilir. Transözofageal ekokardiyografi ve prekordiyal Doppler en duyarlı izlem yöntemleridir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022). Yağ embolisi uzun kemik ve pelvis kırıkları, intramedüller çivileme ve sementli artroplasti sonrası gelişebilir; hipoksemi, nörolojik bozukluk ve peteşiyal döküntü klasik triadı oluşturur ve tedavi destekleyicidir (Butterworth et al., 2022).

Postoperatif Dönem

Pulmoner komplikasyonların önemli bölümü ilk postoperatif günlerde gelişir. Derin solunum egzersizleri ve insentif spirometri, erken mobilizasyon, yarı oturur pozisyon, opioid koruyucu multimodal analjezi, rezidüel bloğun dışlanması, hedefe yönelik oksijen tedavisi ve bronkodilatörlerin kesintisiz sürdürülmesi temel önlemlerdir. Ağır KOAH, OUA, obezite hipoventilasyon sendromu ve nöromüsküler hastalığı olanlar sürekli oksimetri ile izlenmelidir. Postoperatif hipoksemide atelektazi, sekresyon retansiyonu, bronkospazm, pnömoni, aspirasyon, pulmoner ödem, pnömotoraks,

pulmoner emboli ve hipoventilasyon sistematik olarak değerlendirilmelidir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022; Young et al., 2019).

Perioperatif Pulmoner Riskte Güncel Klinik Yaklaşım

- Akut ve kontrolsüz solunum hastalığı elektif cerrahiden önce mümkün olduğunca stabilize edilmelidir.
- Astımda hedef iyi hastalık kontrolü ve bronkospazm riskinin azaltılmasıdır.
- KOAH'ta bronkodilatör tedavinin sürdürülmesi, alevlenmenin tedavisi ve dinamik hiperinflasyonun önlenmesi esastır.
- Restriktif hastalıkta düşük kompliyans ve gaz değişimi bozukluğu nedeniyle akciğer koruyucu ventilasyon uygulanmalıdır.
- Sigaranın bırakılması perioperatif risk azaltma stratejisinin önemli parçasıdır.
- Kapnografi, pulse oksimetri ve ventilatör basınç/volüm verileri birlikte yorumlanmalıdır.
- Yüksek riskli hastalarda postoperatif NIV/CPAP ve yakın solunum izlemi önceden planlanabilir.

Klinik Anahtar Noktalar

- Pulmoner risk değerlendirmesi yalnızca SFT sonuçlarına indirgenmemelidir.
- Astımda aktif wheezing ve kontrolsüz hastalık önemli perioperatif risk göstergeleridir.

- İnhaler tedaviler ameliyat günü dahil sürdürülmeli; sistemik steroid kullananlarda stres dozu değerlendirilmelidir.
- Sigarayı bırakma her aşamada önerilmelidir; anlamlı pulmoner yarar için en az 4–8 haftalık sigarasızlık gerekir.
- Desfluranın hava yolu irritasyonu nedeniyle astım ve belirgin hava yolu hiperreaktivitesinde kullanımı dikkatle değerlendirilmelidir.
- İntraoperatif wheezing'de önce mekanik nedenler, yetersiz anestezi derinliği ve anafilaksi dışlanmalıdır.
- KOAH'ta en önemli intraoperatif sorunlardan biri dinamik hiperinflasyondur.
- Ekspirasyon süresini uzatmak ve gereksiz yüksek solunum frekansından kaçınmak hava hapsini azaltabilir.
- Restriktif akciğer hastalıklarında düşük tidal volüm ve basınç kontrollü/akciğer koruyucu stratejiler önemlidir.
- Büller ve pnömotoraks varlığında azot protoksit kullanılmamalı; ağır KOAH'ta interskalen bloğun frenik sinir paralizisi yapabileceği unutulmamalıdır.
- Ön mediastinal kitlede spontan solunumun korunması ve ekstrakorporeal destek hazırlığı esastır.
- Akut pulmoner embolide ani hipotansiyon + hipoksemi + $ETCO_2$ düşüşü birlikte değerlendirilmelidir.

- Perioperatif ilaç ve antitrombotik kararları güncel kılavuz, ürün bilgisi ve kurum protokolü ile doğrulanmalıdır.

Sonuç

Solunum sistemi hastalığı olan hastada güvenli anestezi; hastalığın kontrol düzeyinin belirlenmesi, perioperatif riskin cerrahi ile birlikte değerlendirilmesi, tedavinin optimize edilmesi ve intraoperatif fizyolojinin hastaya göre yönetilmesine dayanır. Astımda bronkospazmın önlenmesi, KOAH'ta hava hapsi ve dinamik hiperinflasyonun azaltılması, restriktif hastalıklarda akciğer koruyucu ventilasyon, ön mediastinal kitlede havayolunun korunması, pulmoner hipertansiyon ve pulmoner embolide ise sağ ventrikül yüklenmesinin erken tanınması temel hedeflerdir (Barash et al., 2024; Butterworth et al., 2022; GOLD, 2025; Gropper et al., 2025; Kamassai et al., 2025; Konstantinides et al., 2020).

Kaynakça

Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K., Cahalan, M. K., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., & Holt, N. F. (Eds.). (2024). *Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Butterworth, J. F., Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (Eds.). (2022). *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology* (7th ed.). McGraw Hill.

Canet, J., Gallart, L., Gomar, C., Paluzie, G., Vallès, J., Castillo, J., Sabaté, S., Mazo, V., Briones, Z., Sanchis, J., & ARISCAT Group (2010). Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort. *Anesthesiology, 113*(6), 1338–1350. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181fc6e0a.

Caprini J. A. (2005). Thrombosis risk assessment as a guide to quality patient care. *Disease-a-month : DM, 51*(2-3), 70–78. doi: 10.1016/j.disamonth.2005.02.003.

Chung, F., Abdullah, H. R., & Liao, P. (2016). STOP-Bang Questionnaire: A Practical Approach to Screen for Obstructive Sleep Apnea. *Chest, 149*(3), 631–638. doi: 10.1378/chest.15-0903.

El-Boghdadly, K., Cook, T. M., Goodacre, T., Kua, J., Denmark, S., Mercer, N., Moonesinghe, S. R., & Summerton, D. J. (2023). Timing of elective surgery and risk assessment after SARS-CoV-2 infection: 2023 update: A multidisciplinary consensus statement on behalf of the Association of Anaesthetists, Federation of Surgical Specialty Associations, Royal College of Anaesthetists and Royal College of Surgeons of England. *Anaesthesia, 78*(9), 1147–1152. doi: 10.1111/anae.16061.

Erdös, G., & Tzanova, I. (2009). Perioperative anaesthetic management of mediastinal mass in adults. *European Journal of Anaesthesiology, 26*(8), 627–632. doi: 10.1097/EJA.0b013e328324b7f8.

Global Initiative for Asthma (GINA) (2025). Global Strategy for Asthma Management and Prevention. ginasthma.org

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) (2025). Global Strategy for Prevention, Diagnosis and Management of COPD: 2025 Report. goldcopd.org

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (Eds.). (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Gupta H, Gupta PK, Fang X, et al. Development and validation of a risk calculator predicting postoperative respiratory failure. Chest. 2011;140:1207–1215. doi: 10.1378/chest.11-0466.

Gupta, H., Gupta, P. K., Fang, X., Miller, W. J., Cemaj, S., Forse, R. A., & Morrow, L. E. (2011). Development and validation of a risk calculator predicting postoperative respiratory failure. *Chest, 140*(5), 1207–1215. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.06.027

Hedenstierna, G., & Edmark, L. (2010). Mechanisms of atelectasis in the perioperative period. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology, 24*(2), 157–169. doi: 10.1016/j.bpa.2009.12.002.

Horlocker, T. T., Vandermeuelen, E., Kopp, S. L., Gogarten, W., Leffert, L. R., & Benzon, H. T. (2018). Regional Anesthesia in the Patient Receiving Antithrombotic or Thrombolytic Therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (Fourth Edition). *Regional Anesthesia*

and Pain Medicine, 43(3), 263–309. doi: 10.1097/AAP.0000000000000763.

Humbert, M., Kovacs, G., Hoeper, M. M., Badagliacca, R., Berger, R. M. F., Brida, M., Carlsen, J., Coats, A. J. S., Escribano-Subias, P., Ferrari, P., Ferreira, D. S., Ghofrani, H. A., Giannakoulas, G., Kiely, D. G., Mayer, E., Meszaros, G., Nagavci, B., Olsson, K. M., Pepke-Zaba, J., Quint, J. K., … ESC/ERS Scientific Document Group (2022). 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *European Heart Journal, 43*(38), 3618–3731. doi: 10.1093/eurheartj/ehac237.

Kamassai, J. D., Aina-Jones, T., & Hendrix, J. M. (2025). Anesthesia Management in Patients with Asthma. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.

Konstantinides, S. V., Meyer, G., Becattini, C., Bueno, H., Geersing, G. J., Harjola, V. P., Huisman, M. V., Humbert, M., Jennings, C. S., Jiménez, D., Kucher, N., Lang, I. M., Lankeit, M., Lorusso, R., Mazzolai, L., Meneveau, N., Ní Áinle, F., Prandoni, P., Pruszczyk, P., Righini, M., … ESC Scientific Document Group (2020). 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *European Heart Journal, 41*(4), 543–603. doi: 10.1093/eurheartj/ehz405.

Makito, K., Matsuo, Y., Matsui, H., Fushimi, K., & Yasunaga, H. (2026). Postoperative pulmonary complications of desflurane- versus sevoflurane-based general anesthesia in patients with chronic obstructive pulmonary disease or asthma undergoing gastrointestinal cancer surgery: a nationwide retrospective cohort study. *Journal of Anesthesia, 40*(1), 59–68. doi: 10.1007/s00540-025-03548-0.

Mazo, V., Sabaté, S., Canet, J., Gallart, L., de Abreu, M. G., Belda, J., Langeron, O., Hoeft, A., & Pelosi, P. (2014). Prospective external validation of a predictive score for postoperative pulmonary complications. *Anesthesiology, 121*(2), 219–231. doi: 10.1097/ALN.0000000000000334.

Nederlandse Vereniging voor Anesthesiologie (2025). Preventie van postoperatieve pulmonale complicaties bij pulmonaal belaste patiënten. Richtlijnendatabase. https://richtlijnendatabase.nl/richtlijn/preventie_van_postoperatieve_pulmonale_complicaties_bij_pulmonaal_belaste_pati_nten/startpagina_-_preventie_van_postoperatieve_pulmonale_complicaties_bij_pulmonaal_belaste_pati_nten.html

Smetana, G. W., Lawrence, V. A., Cornell, J. E., & American College of Physicians (2006). Preoperative pulmonary risk stratification for noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine, 144*(8), 581–595. doi: 10.7326/0003-4819-144-8-200604180-00009.

Tait, A. R., & Malviya, S. (2005). Anesthesia for the child with an upper respiratory tract infection: still a dilemma?. *Anesthesia and Analgesia, 100*(1), 59–65. doi: 10.1213/01.ANE.0000139653.53618.91.

Wong, J., Lam, D. P., Abrishami, A., Chan, M. T., & Chung, F. (2012). Short-term preoperative smoking cessation and postoperative complications: a systematic review and meta-analysis. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien d'Anesthesie, 59*(3), 268–279. doi: 10.1007/s12630-011-9652-x.

Young, C. C., Harris, E. M., Vacchiano, C., Bodnar, S., Bukowy, B., Elliott, R. R. D., Migliarese, J., Ragains, C., Trethewey, B.,

Woodward, A., Gama de Abreu, M., Girard, M., Futier, E., Mulier, J. P., Pelosi, P., & Sprung, J. (2019). Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations. *British Journal of Anaesthesia, 123*(6), 898–913. doi: 10.1016/j.bja.2019.08.017.

BÖLÜM 20

GÖĞÜS CERRAHİSİNDE ANESTEZİ

MUSTAFA BİNDAL[1]

Özet

Göğüs cerrahisinde anestezi; lateral dekübit pozisyonunun fizyolojik etkileri, akciğer izolasyonu ve tek akciğer ventilasyonu (TAV), hipoksemi yönetimi, akciğer koruyucu ventilasyon, akciğer rezeksiyonlarında perioperatif değerlendirme, postoperatif komplikasyonlar ve analjeziyi kapsar. Temel amaç; cerrahi koşulları sağlarken ventilasyon yapılan akciğeri ventilatör ilişkili hasardan korumak, yeterli oksijenasyonu sürdürmek ve erken derlenmeyi sağlamaktır (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

Öğrenme Hedefleri

- Toraks cerrahisinin lateral pozisyon ve açık toraks nedeniyle oluşturduğu fizyolojik değişiklikleri açıklayabilmek.

[1] Uzm. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-6708-0573

- Tek akciğer ventilasyonunun endikasyonlarını ve temel fizyolojisini değerlendirebilmek.
- Çift lümenli tüp ve bronşiyal bloker seçimini hasta özelliklerine göre yapabilmek.
- TAV sırasında hipokseminin nedenlerini sistematik olarak araştırabilmek.
- Akciğer rezeksiyonu öncesinde pulmoner rezervi değerlendirebilmek.
- Akciğer koruyucu ventilasyon ve perioperatif sıvı yönetimini uygulayabilmek.
- Toraks cerrahisi sonrası analjezi ve pulmoner komplikasyonların önlenmesine yönelik multimodal yaklaşımı planlayabilmek.

Toraks Cerrahisinde Fizyolojik Özellikler

Toraks cerrahisi; akciğer ve göğüs duvarı anatomisinin doğrudan değiştirilmesi, lateral dekübit pozisyonu, genel anestezi, nöromüsküler blokaj, pozitif basınçlı ventilasyon ve çoğu girişimde akciğer izolasyonu nedeniyle belirgin fizyolojik değişiklikler oluşturur (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

Kaynak metinde toraks cerrahisinin temel özellikleri olarak lateral pozisyon, açık pnömotoraks, mediastinal yer değiştirme ve paradoksal solunum vurgulanmıştır (Demiralp & Meço, 2013). Bu etkiler güncel uygulamada özellikle V/Q uyumsuzluğu ve ventilasyon yapılan akciğerin korunması bağlamında değerlendirilmelidir.

Lateral dekübit pozisyonu

Uyanık ve spontan soluyan hastada yerçekimi, dependent akciğere daha fazla perfüzyon sağlar ve diyafragmanın dependent taraf hareketleri ventilasyonun dağılımını destekler. Genel anestezi ve nöromüsküler blokaj sonrasında fonksiyonel rezidüel kapasitenin azalması, göğüs duvarı mekaniğinin değişmesi ve dependent hemidiyaframın yukarı doğru yer değiştirmesi V/Q uyumunu bozabilir (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

Toraks açıldığında ameliyat edilen akciğer kollabe olur ve şant fraksiyonu artar. Hipoksik pulmoner vazokonstriksiyon (HPV), ventile olmayan akciğere kan akımını azaltarak hipoksemiyi sınırlayan temel fizyolojik mekanizmadır (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

Açık toraks ve mediastinal şift

Plevral boşluğun açılması intraplevral negatif basıncın kaybına ve cerrahi taraftaki akciğerin kollapsına yol açar. Spontan solunumda mediastinal hareket ve paradoksal solunum ventilasyonu daha da bozabilir. Pozitif basınçlı ventilasyon ve kontrollü akciğer izolasyonu bu fizyolojik değişikliklerin yönetilmesini sağlar (Demiralp & Meço, 2013).

Tek Akciğer Ventilasyonu

Amaç ve fizyoloji

TAV, cerrahi alana erişim sağlamak amacıyla bir akciğerin ventilasyonunun kesilmesi ve diğer akciğerin ventilasyonunun sürdürülmesidir. Ventilasyon yapılmayan akciğer başlangıçta perfüze olmaya devam ettiği için sağdan sola şant oluşturur. HPV ve

cerrahi kompresyon bu akciğere kan akımını azaltarak şantı sınırlar (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

TAV'ın iki temel riski hipoksemi ve ventilasyon yapılan akciğerde ventilatör ilişkili akciğer hasarıdır. Güncel yaklaşımda ikinci hedef giderek daha fazla önem kazanmış; düşük tidal volüm, uygun PEEP ve basınçların bireyselleştirilmesi ön plana çıkmıştır (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025). 2025 derlemesi TAV sırasında 4–6 mL/kg ideal vücut ağırlığı tidal volüm, bireyselleştirilmiş PEEP ve seçilmiş olgularda rekruitment manevralarını akciğer koruyucu yaklaşımın temel unsurları olarak değerlendirmektedir (Canbaz et al., 2025).

HPV'yi etkileyen faktörler

HPV'nin inhibisyonu veya ventile akciğerde aşırı basınç uygulanması şantı artırabilir. Hipokapni, aşırı yüksek veya düşük pulmoner arter basınçları, vazodilatörler ve bazı anestezik koşullar HPV'yi etkileyebilir (Gropper et al., 2025).

Bununla birlikte, modern klinik yaklaşımda volatil anesteziklerin düşük-orta klinik konsantrasyonlarda HPV üzerindeki etkisi tek başına TIVA lehine kesin bir sonuç doğurmaz; anestezik teknik hastanın hemodinamik ve cerrahi gereksinimlerine göre seçilmelidir (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

VATS'ta TAV'ın klinik önemi

Video yardımlı torakoskopik cerrahi (VATS), açık torakotomiye göre daha küçük cerrahi girişimler sağlasa da anestezi açısından akciğer izolasyonu ve TAV gereksinimini ortadan kaldırmaz. Aksine, cerrahi alanın küçük ve derin olması, akciğer kollapsının yeterli düzeyde sağlanmasını ve cerrahi ekibin görüşünün korunmasını önemli hale getirir. Bu nedenle VATS

sırasında TAV, yalnızca oksijenasyonu sürdürmek için değil, aynı zamanda cerrahi görüş ve güvenli çalışma alanını sağlamak için de optimize edilmelidir.

VATS sırasında cerrahi taraftaki akciğerin hızlı ve yeterli kollapsı özellikle önemlidir. Yetersiz kollaps; cerrahi görüşün bozulmasına, işlem süresinin uzamasına ve gerektiğinde açık cerrahiye geçiş olasılığının artmasına neden olabilir. Buna karşılık ventile edilen akciğerde yüksek basınç veya aşırı PEEP uygulanması, alveoler aşırı distansiyon ve pulmoner vasküler direnç artışı üzerinden oksijenasyonu ve hemodinamiyi olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle VATS'ta ventilatör ayarları cerrahi gereksinim ile akciğer koruyucu ventilasyon arasında sürekli olarak dengelenmelidir.

VATS'ın minimal invaziv olması postoperatif iyileşmeyi desteklese de TAV'a bağlı oksidatif stres, alveoler epitel hasarı, inflamatuvar yanıt ve atelektazi riski tamamen ortadan kalkmaz. Bu nedenle düşük tidal volüm, uygun ve bireyselleştirilmiş PEEP, gereksiz yüksek hava yolu basınçlarından kaçınma ve mümkün olan en kısa süreyle TAV uygulanması temel prensiplerdir. Özellikle kronik akciğer hastalığı, düşük pulmoner rezerv veya pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda ventilasyon stratejisi hemodinamik yanıtla birlikte değerlendirilmelidir.

VATS sırasında TAV yönetiminde pratik yaklaşım

TAV başlamadan önce çift lümenli tüpün veya bronşiyal blokerin fiberoptik bronkoskopi ile doğrulanması; lateral pozisyon verildikten sonra ise yeniden kontrol edilmesi önerilir. TAV başlatıldığında başlangıç ventilasyonu ideal vücut ağırlığına göre düşük tidal volümle sürdürülmeli, PEEP oksijenasyon ve solunum

mekaniğine göre titrasyonla belirlenmeli ve plato/driving pressure mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. FiO_2, oksijenasyonu sağlayacak en düşük uygun düzeye doğru klinik koşullara göre azaltılabilir.

VATS sırasında ani desatürasyon gelişirse önce bronşiyal izolasyon sisteminin yer değiştirmesi, sekresyon veya tüp obstrüksiyonu, devre sorunları ve ventile edilen akciğerde atelektazi araştırılmalıdır. Sorun mekanik değilse FiO_2 artırılır, ventilasyon yapılan akciğerde PEEP yeniden değerlendirilir ve uygun hastada rekruitment uygulanabilir. Hipoksemi devam ederse kısa süreli iki akciğer ventilasyonu cerrahi ekiple birlikte değerlendirilmelidir. Refrakter olgularda cerrahi koşullar izin veriyorsa cerrahi akciğere düşük düzeyde CPAP/oksijen uygulanması düşünülebilir.

VATS'ın avantajlarından biri erken ekstübasyon ve hızlı mobilizasyon için uygun bir zemin oluşturmasıdır. Bu nedenle TAV'ın sonlandırılması sonrasında iki akciğer ventilasyonuna kontrollü geçiş, yeterli alveoler ventilasyon ve oksijenasyonun doğrulanması, nöromüsküler bloğun tam antagonizasyonu ve uygun hastada erken ekstübasyon hedeflenmelidir. Etkin multimodal analjezi ile öksürük ve derin solunumun korunması, VATS'ın minimal invaziv avantajının postoperatif döneme taşınmasına yardımcı olur.

Akciğer İzolasyonu

Çift lümenli tüpler

Çift lümenli tüpler (ÇLT) TAV için en sık kullanılan akciğer izolasyon yöntemidir. Sağ ve sol bronş için ayrı tasarımları vardır. Sol taraflı ÇLT, anatomik olarak çoğu torasik girişimde tercih edilebilir; sağ ÇLT ise sol ana bronşun cerrahi veya anatomik

nedenlerle kullanılamadığı seçilmiş durumlarda gerekebilir (Demiralp & Meço, 2013; Gropper et al., 2025).

Kaynak metinde sağ üst lob bronşunun karinaya yakınlığı nedeniyle sağ ÇLT'nin doğru yerleştirilmesinin daha zor olabileceği vurgulanmıştır (Demiralp & Meço, 2013). Güncel uygulamada ÇLT yerleşiminin fiberoptik bronkoskopi ile doğrulanması önerilir; hasta lateral pozisyona alındıktan sonra pozisyonun yeniden kontrol edilmesi özellikle önemlidir (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025).

Bronşiyal blokerler

Bronşiyal blokerler, tek lümenli trakeal tüp içinden veya yanından ilerletilerek seçici bronş izolasyonu sağlar. Zor havayolu, önceden trakeostomisi olan ve postoperatif mekanik ventilasyon gereksinimi beklenen hastalarda avantaj sağlayabilir (Demiralp & Meço, 2013; Gropper et al., 2025).

ÇLT'ye göre başlıca dezavantajları daha kolay yer değiştirebilmesi, daha küçük kanal nedeniyle aspirasyonun sınırlı olması ve cerrahi akciğerin daha yavaş kollabe olabilmesidir (Demiralp & Meço, 2013). Fiberoptik bronkoskopi ile yerleştirme ve doğrulama önemlidir (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025).

Akciğer izolasyonunun doğrulanması

Klinik olarak ani oksijen desatürasyonu, ventilasyon basınçlarında değişiklik, beklenmeyen tidal volüm kaybı veya cerrahi akciğerin yeterince kollabe olmaması tüp malpozisyonunu düşündürmelidir. Fiberoptik bronkoskopi, ÇLT veya bronşiyal bloker pozisyonunu doğrulamada temel yöntemdir (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025).

TAV Sırasında Ventilasyon

Akciğer koruyucu ventilasyon

TAV sırasında geleneksel yüksek tidal volümlerin yerini düşük tidal volüm ve uygun PEEP içeren akciğer koruyucu yaklaşım almıştır. 2025 derlemesi 4–6 mL/kg ideal vücut ağırlığı tidal volüm, bireyselleştirilmiş PEEP ve seçilmiş rekruitment manevralarını desteklemektedir (Canbaz et al., 2025).

2026'da yayımlanan meta-analiz, toraks cerrahisinde intraoperatif ventilasyon stratejilerinin postoperatif pulmoner komplikasyonlarla ilişkisini yeniden değerlendirmiştir. Güncel kanıt, tek bir sabit ventilatör ayarından çok hasta ve cerrahi koşullara göre akciğer koruyucu ventilasyonun önemini desteklemektedir (Wang et al., 2026).

PEEP

PEEP, dependent akciğerde atelektaziyi azaltabilir; ancak aşırı PEEP alveoler aşırı distansiyona ve pulmoner vasküler direncin artmasına neden olarak hemodinami ve oksijenasyonu kötüleştirebilir Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

2025'te yayımlanan sistematik derleme ve meta-analiz, TAV sırasında bireyselleştirilmiş PEEP'in sabit PEEP'e göre oksijenasyon ve solunum mekaniği üzerinde yararlı olabileceğini değerlendirmiştir. Bu nedenle PEEP'in tek bir sabit değerden ziyade hastanın mekanik özellikleri ve oksijenasyonu dikkate alınarak titrasyonu rasyoneldir (Sun et al., 2026).

Driving pressure

Driving pressure, plato basıncı ile total PEEP arasındaki farktır ve ventilasyon sırasında fonksiyonel akciğer dokusuna

uygulanan stres hakkında bilgi sağlar. TAV sırasında driving pressure'ın mümkün olduğunca düşük tutulması akciğer koruyucu stratejinin bir parçası olarak değerlendirilmektedir (Canbaz et al., 2025).

2026 sistematik derleme ve meta-analizinde driving pressure-guided ventilasyonun TAV sırasında postoperatif sonuçlara etkisi incelenmiş, mevcut kanıtın umut verici olmakla birlikte daha büyük ve standartlaştırılmış randomize çalışmalara gereksinim duyduğu belirtilmiştir (Yin & Du, 2026).

TAV Sırasında Hipoksemi

TAV sırasında hipokseminin ilk nedeni ventile olmayan akciğerden kaynaklanan şanttır. Ancak ani veya beklenmeyen hipoksemide önce mekanik nedenler araştırılmalıdır (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

- ÇLT veya bronşiyal bloker pozisyonunu fiberoptik bronkoskopi ile kontrol etmek
- Ventile edilen akciğerde tüp obstrüksiyonu veya sekresyonu dışlamak
- FiO_2'yi artırmak
- Ventile edilen akciğerde PEEP'i bireyselleştirmek
- Uygun olguda rekruitment manevrası uygulamak
- Ventilasyon yapılan akciğerde aşırı basınç ve hiperinflasyonu dışlamak
- Gerekirse kısa süreli iki akciğer ventilasyonuna dönmek

- Refrakter hipoksemide cerrahi ekip ile birlikte ventile edilmeyen akciğere CPAP/oksijen uygulamasını değerlendirmek

Hipoksemi yönetimi algoritmik olmalı; cerrahi koşullar ile hasta güvenliği arasındaki denge korunmalıdır (Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025).

Apneik Oksijenizasyon ve Alternatif TAV Teknikleri

Apneik oksijenizasyon, ventile edilmeyen akciğere veya trakeal tüpe uygun koşullarda oksijen verilmesiyle kısa süreli oksijenlenme desteği sağlayabilir. Ancak CO_2 eliminasyonu sürdürülemediği için kullanım süresi sınırlıdır (Demiralp & Meço, 2013).

Yüksek frekanslı ventilasyon ve jet ventilasyon seçilmiş durumlarda kullanılabilir; ancak barotravma, dinamik hiperinflasyon ve cerrahi görüşün bozulması gibi riskleri vardır (Demiralp & Meço, 2013).

Akciğer Rezeksiyonu

Preoperatif değerlendirme

Akciğer rezeksiyonu öncesinde amaç, rezeksiyon sonrası kalan akciğer dokusunun yeterli gaz değişimini sürdürebileceğini öngörmektir. Spirometri, özellikle FEV_1, DLCO ve gerektiğinde perfüzyon sintigrafisi veya diğer fonksiyonel testler değerlendirmede kullanılır (Brunelli et al., 2013; Gropper et al., 2025).

Kaynak metinde beklenen postoperatif FEV_1 ve DLCO'nun düşük olmasının artmış postoperatif morbidite ve mortalite ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Demiralp & Meço, 2013). Güncel

yaklaşımda tek bir eşik yerine multidisipliner risk değerlendirmesi ve gerektiğinde kardiyopulmoner egzersiz testi kullanılmalıdır (Demiralp & Meço, 2013; Brunelli et al., 2013).

Pulmoner fonksiyon ve cerrahi kapsam

Rezeksiyonun büyüklüğü arttıkça postoperatif solunum rezervi azalır. Pnömonektomi, lobektomi ve sublobar rezeksiyon arasında risk farklıdır. VATS gibi minimal invaziv yaklaşımlar, uygun hastalarda açık torakotomiye göre postoperatif iyileşmeyi ve pulmoner morbiditeyi olumlu etkileyebilir (Demiralp & Meço, 2013; Gropper et al., 2025).

İntraoperatif Hazırlık ve Monitörizasyon

- Standart ASA monitörizasyonuna ek olarak cerrahinin kapsamına göre arteriyel kateterizasyon
- Kan kaybı bekleniyorsa geniş damar yolu ve hızlı infüzyon hazırlığı
- Seçilmiş hastalarda santral venöz erişim
- Pulmoner hipertansiyon veya ciddi kardiyovasküler hastalıkta ileri hemodinamik monitörizasyon
- Seçilmiş hastalarda TEE
- Fiberoptik bronkoskopinin hazır bulundurulması

İleri monitörizasyon cerrahi büyüklüğü, kardiyopulmoner rezerv ve beklenen hemodinamik değişikliklere göre bireyselleştirilmelidir (Demiralp & Meço, 2013; Gropper et al., 2025).

Anestezi İndüksiyonu ve İdamesi

İndüksiyon yöntemi hastanın kardiyopulmoner rezervine göre seçilmelidir. ÇLT yerleştirilmesinden sonra bronkoskopik doğrulama yapılmalı ve lateral pozisyon sonrasında tekrar kontrol edilmelidir (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025).

Anestezi idamesinde kısa etkili volatil veya intravenöz ajanlar ya da kombinasyonları kullanılabilir. ERAS/ESTS yaklaşımında hızlı derlenme ve erken ekstübasyonu destekleyen kısa etkili teknikler tercih edilmektedir (Batchelor et al., 2019)

Nöromüsküler blokaj, cerrahi koşullar ve ventilasyon gereksinimine göre titrasyonla sürdürülmeli ve cerrahi sonunda tam antagonizasyon doğrulanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Sıvı Yönetimi

Akciğer rezeksiyonu ve TAV sırasında aşırı sıvı yüklenmesi pulmoner ödem ve postoperatif pulmoner komplikasyon riskini artırabilir. Bu nedenle sıvı yönetimi hedefe yönelik ve hastanın hemodinamik gereksinimine göre yapılmalıdır (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025).

Kaynak metindeki ‘üçüncü boşluğa kaçış’ yaklaşımı tarihsel bir kavramdır; güncel yaklaşım sıvı gereksiniminin fizyolojik hedefler, kan kaybı ve dinamik hemodinamik yanıt üzerinden değerlendirilmesini tercih eder (Demiralp & Meço, 2013).

Postoperatif Yaklaşım

Toraks cerrahisi sonrası atelektazi, hipoksemi, solunum yetmezliği, hava kaçağı, bronkoplevral fistül, kanama ve kardiyak aritmiler önemli komplikasyonlardır (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025).

- Uygun hastada erken ekstübasyon
- Baş yükseltilmiş/yarı oturur pozisyon
- Yeterli oksijenasyon ve yakın solunum izlemi
- Etkin analjezi
- Erken mobilizasyon
- Derin solunum ve öksürük egzersizleri
- Uygun hastada NIV/CPAP
- Kanama ve hava kaçağı açısından göğüs drenlerinin izlenmesi

Postoperatif Analjezi

Yetersiz analjezi yüzeyel solunum, öksürük gücünde azalma ve sekresyon retansiyonuna yol açarak atelektazi ve hipoksemiyi artırabilir. Buna karşılık yüksek doz sistemik opioidler solunum depresyonuna neden olabilir. Bu nedenle multimodal analjezi toraks cerrahisinin temel bileşenidir (Batchelor et al., 2019).

Torasik epidural analjezi etkili bir yöntem olmakla birlikte, günümüzde paravertebral bloklar, erector spinae plane blokları ve diğer bölgesel teknikler ile sistemik non-opioid analjeziklerin kombinasyonu da hastaya göre kullanılmaktadır. ERAS/ESTS yaklaşımı erken mobilizasyonu ve opioid tüketiminin azaltılmasını hedefleyen multimodal analjeziyi desteklemektedir (Batchelor et al., 2019).

Özel Durumlar

Masif pulmoner kanama

Masif hemoptizide temel sorun kan kaybından önce sağlam akciğerin kana boğulması ve asfiksidir. Havayolunun korunması, kanayan ve sağlam akciğerin izolasyonu ve etkili aspirasyon kritik önemdedir. ÇLT seçilmiş olgularda akciğer izolasyonuna olanak sağlayabilir (Demiralp & Meço, 2013).

Akciğer kistleri ve büller

Büllöz akciğer hastalığında pozitif basınçlı ventilasyon sırasında bül rüptürü ve tansiyon pnömotoraks riski dikkate alınmalıdır. Nitröz oksit, kapalı hava boşluklarının genişlemesine yol açabileceği için kullanılmamalıdır (Demiralp & Meço, 2013).

Trakea rezeksiyonu

Trakea cerrahisinde havayolu ile cerrahi alanın aynı anatomik bölgede bulunması özel bir ventilasyon planı gerektirir. Arteriyel basınç izlemi, düşük doz premedikasyon ve gerektiğinde spontan solunumun korunması kaynak metinde vurgulanmıştır (Demiralp & Meço, 2013). Güncel uygulamada cerrah, anestezist ve bronkoskopi ekibi arasında önceden belirlenmiş havayolu planı kritik önem taşır.

Klinik Anahtar Noktalar

- TAV sırasında hipoksemi ve ventilatör ilişkili akciğer hasarı iki temel risktir.
- ÇLT veya bronşiyal bloker pozisyonu fiberoptik bronkoskopi ile doğrulanmalıdır.

- TAV sırasında düşük tidal volüm, uygun PEEP ve basınçların bireyselleştirilmesi akciğer koruyucu yaklaşımın temelidir.
- 2025 literatürü TAV'da 4–6 mL/kg ideal vücut ağırlığı tidal volüm ve bireyselleştirilmiş PEEP yaklaşımını desteklemektedir.
- 2026 meta-analizleri, bireyselleştirilmiş PEEP ve driving pressure-guided ventilasyonun potansiyel yararlarını araştırmaya devam etmektedir; kanıt henüz tek bir evrensel ayar önermemektedir.
- Akut hipoksemide ilk olarak tüp/bronşiyal bloker malpozisyonu ve ventilasyon problemleri dışlanmalıdır.
- Akciğer rezeksiyonundan önce FEV_1, DLCO ve gerektiğinde egzersiz kapasitesi birlikte değerlendirilmelidir.
- Postoperatif erken ekstübasyon, multimodal analjezi, erken mobilizasyon ve uygun hastada NIV/CPAP pulmoner iyileşmeyi destekler.

Sonuç

Göğüs cerrahisinde modern anestezi yaklaşımı, yalnızca cerrahi görüşü sağlamak için akciğeri izole etmekten öte, ventilasyon yapılan akciğerin korunmasını ve hastanın hızlı, güvenli derlenmesini hedefler. TAV sırasında bronkoskopik olarak doğrulanmış akciğer izolasyonu, düşük tidal volüm, bireyselleştirilmiş PEEP ve uygun basınç yönetimi temel bileşenlerdir. Hipoksemi sistematik olarak değerlendirilirken postoperatif dönemde multimodal analjezi, erken mobilizasyon ve

seçilmiş hastalarda noninvaziv solunum desteği pulmoner komplikasyonların azaltılmasına katkı sağlar (Batchelor et al., 2019; Gropper et al., 2025; Canbaz et al., 2025; Wang et al., 2026 Sun et al., 2026; Yin & Du, 2026).

Kaynakça

Batchelor, T. J. P., Rasburn, N. J., Abdelnour-Berchtold, E., Brunelli, A., Cerfolio, R. J., Gonzalez, M., Ljungqvist, O., Petersen, R. H., Popescu, W. M., Slinger, P. D., & Naidu, B. (2019). Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*, *55*(1), 91-115. doi: 10.1093/ejcts/ezy301.

Brunelli, A., Kim, A. W., Berger, K. I., & Addrizzo-Harris, D. J. (2013). Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*, *143*(5 Suppl), e166S-e190S. doi: 10.1378/chest.12-2395.

Canbaz, M., Şentürk, E., & Şentürk, M. (2025). Mechanical Protective Ventilation: New Paradigms in Thoracic Surgery. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(5), 1674. doi: 10.3390/jcm14051674.

Demiralp, S., & Meço B. C. (2013). Göğüs Cerrahisinde Anestezi. In: Y. Keçik, N. Alkış, D. Yörükoğlu, Z. Alanoğlu (Ed.), *Temel Anestezi* (ss. 271-284) içinde. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia.* 10th ed. Elsevier.

Sun, X., Gao, Y., Jin, X., & Lin, W. (2026). Effects of Individualized Positive End-Expiratory Pressure on Patients Undergoing One-Lung

Ventilation During Thoracic Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *40*(1), 364–371. doi: 10.1053/j.jvca.2025.06.019.

Wang, Y., Ouyang, F., Ding, Z., Xu, L., Wang, J., Chen, Z., & Zhang, L. (2026). Effect of intraoperative ventilation strategy on postoperative pulmonary complications in thoracic surgery under general anesthesia: a meta-analysis. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, *21*(1), 66. doi: 10.1186/s13019-025-03787-y.

Yin, X., & Du, S. (2026). Driving pressure-guided ventilation during one-lung ventilation for thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine*, *13*, 1837064. doi: 10.3389/fmed.2026.1837064.

BÖLÜM 21

PULMONER HİPERTANSİYON

AHMET ERTÜRK[1], HANDAN GÜLEÇ[2]

Akciğer damar sistemi düşük basınçlı, düşük dirençli bir sistem olup, değişen kalp debilerini önemli basınç artışlarına uyum sağlamaktadır. Pulmoner hipertansiyon, akciğer damar basınçlarında ve direncinde patolojik bir artışı temsil eder ve anestezi ve ameliyat geçiren hastalar için perioperatif riski önemli ölçüde artırır (McGlothlin et al., 2022). Pulmoner hipertansiyon, sağ kalp kateterizasyonu ile ölçülen ve tanı için altın standart olmaya devam eden, istirahat halinde ortalama pulmoner arter basıncının 20 mmHg'den yüksek olmasıyla karakterize edilen hemodinamik bir durum olarak tanımlamaktadır.(Kovacs et al., 2024).

geçiren hastalar için perioperatif riski önemli ölçüde artırır(1). Pulmoner hipertansiyon, sağ kalp kateterizasyonu ile

[1] Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0005-1738-2097

[2] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-3547-9336

ölçülen ve tanı için altın standart olmaya devam eden, istirahat halinde ortalama pulmoner arter basıncının 20 mm Hg'den yüksek

Pulmoner hipertansiyon, altta yatan nedene bağlı olarak, pulmoner arteriyol vazokonstriksiyonu, vasküler yeniden şekillenme, trombotik tıkanıklık ve yüksek sol kalp dolum basınçları dahil olmak üzere birden fazla patofizyolojik mekanizmadan kaynaklanabilir (Pritts & Pearl, 2010). KOAH gibi obstruktif akciğer hastalıklarında, pulmoner kapiller yatağın genişlemesi ve kan akışındaki artışı tolere etme yeteneğinin azalması (azalmış uyumluluk) söz konusudur. Bu hastalarda, pulmoner kan akışındaki artışı telafi etme yeteneğinin azalması nedeniyle kalp debisi arttığında PVR'de artış görülür (Cullen et al., 2023). Pulmoner basınçlardaki kalıcı yükselme, sağ ventrikül üzerinde kronik bir basınç yükü oluşturarak başlangıçta hipertrofiye ve sonunda sağ ventrikül dilatasyonuna, disfonksiyonuna ve yetmezliğine yol açar.

Pulmoner hipertansiyonu olan hastalar, özellikle pulmoner arteriyel hipertansiyonu ve kronik tromboembolik pulmoner hipertansiyonu olanlar, perioperatif morbidite ve mortalite açısından yüksek risk altındadır (McGlothlin et al., 2022; Price et al., 2021). Ameliyat veya sedasyon sırasında meydana gelen hafif fizyolojik bozukluklar bile, örneğin taşikardi, hipotansiyon, pulmoner vasküler dirençteki artışlar, akut sağ ventrikül dekompansasyonuna ve ölüme yol açan bir pulmoner hipertansiyon krizine neden olabilir (Green et al., 2017; McGlothlin et al., 2022). Sağ kalp yetmezliği olsun veya olmasın pulmoner hipertansiyonun varlığı, perioperatif dönemde aritmiler, miyokardiyal iskemi, sağ veya sol kalp yetmezliği, postoperatif solunum yetmezliği, gecikmiş ekstübasyon ve uzamış yoğun bakım veya hastane yatışı dahil olmak üzere çok sayıda

komplikasyon riskini artırır (McGlothlin et al., 2012). Genel anestezi olmaksızın bile, sadece sedasyon bile önemli hemodinamik risk oluşturabilir (McGlothlin et al., 2022). Etkin yönetim, pulmoner hipertansiyon ve sağ ventrikül patofizyolojisinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektirir. Anestezist, hemodinamik stabiliteyi koruyarak, oksijenasyon ve ventilasyonu optimize ederek, pulmoner vasküler dirençte (PVR) artışları önleyerek ve etkili analjezi sağlayarak perioperatif riski en aza indirmede merkezi bir rol oynar. Sistemik ve pulmoner dolaşımları dengelemek için vazopresörler veya vazodilatörlerle farmakolojik destek gerekebilir (Minai et al., 2013).

Ameliyat öncesi detaylı değerlendirme, bilinen veya şüphelenilen pulmoner hipertansiyonu olan hastaların yönetiminde, risk sınıflandırmasında, anestezi planlamasında ve ameliyat öncesi ve sonrası optimizasyonda çok önemli bir rol oynar. Ameliyat sırasında pulmoner hipertansiyonla ilişkili yüksek morbidite ve mortalite göz önüne alındığında, kapsamlı değerlendirme, klinisyenlerin komplikasyonları en aza indirmelerini ve işlemin zamanlaması, ortamı ve yürütülmesiyle ilgili bilinçli kararlar almalarını sağlar. Sonuç olarak, pulmoner hipertansiyonun etkili yönetimi, sonuçları optimize etmek ve ameliyat öncesi ve sonrası riski en aza indirmek için bireyselleştirilmiş, disiplinler arası işbirliği gerektirir.

Pulmoner Hipertansiyonun Klinik Özellikleri

Pulmoner hipertansiyon sıklıkla yetersiz teşhis edilir ve bazı hastalar kesin bir tanı konulmadan ameliyata başvururlar. Bu durum, dünya nüfusunun %1'ine kadarını ve 65 yaş üstü bireylerin yaklaşık %10'unu etkiler (Ley et al., 2023). Tanı gecikmeleri yaygındır ve semptom başlangıcından itibaren ortalama 1 yıldan fazla, vakaların

yaklaşık %20'sinde ise 3 yılı aşmaktadır. Ayrıca, hastaların yaklaşık %40'ı tanı konulmadan önce 4 veya daha fazla sağlık uzmanına başvurmaktadır (Ley et al., 2023). Semptomlar hastalığın şiddetine bağlıdır. Hafif vakalar genellikle yorgunluk veya egzersiz intoleransı ile kendini gösterirken, ilerlemiş hastalık efor dispnesi, göğüs ağrısı, presenkop veya senkopa neden olabilir (Kim & George, 2019).

Sağ ventrikül disfonksiyonunu düşündüren fizik muayene bulguları arasında yüksek juguler venöz basınç, hepatomegali, asit, periferik ödem, triküspit yetmezliği üfürümü ve sağ taraflı S3 galopu bulunur (Kim & George, 2019). Ameliyat günü, istirahat dispnesi, senkop veya hipoksemi gibi yeni veya kötüleşen semptomlar, acil durumlar dışında, planlı işlemlerin ertelenmesini gerektirir. Bu bulgular, dekompanse sağ kalp yetmezliğine veya gelişmekte olan pulmoner hipertansiyon krizine işaret edebilir ve daha ileri tanısal incelemeyi gerektirebilir (McGlothlin et al., 2012).

Sağ ventrikül, art yükteki artışlara karşı son derece hassastır. Bu nedenle, akut pulmoner hipertansiyon, ciddi dolaşım bozukluğuna ve kardiyak arreste yol açabilir. Pulmoner hipertansiyon krizi, pulmoner arter basıncında (sistemik arter basıncını aşan) hızlı bir artışla karakterizedir ve bu durum $EtCO_2$'de ani bir düşüş, hipoksemi, hipotansiyon ve artmış santral venöz basınç (CVP) ve bronkospazm ile kendini gösterir. Yakın takip, yüksek riskli hastalarda erken tanı ve zamanında müdahale, kardiyak disfonksiyon, düşük kardiyak debi sendromu (LCOS) ve hemodinamik çökmenin önlenmesinde hayati öneme sahiptir. Hastalar %100 oksijen, orta derecede hiperventilasyon, epinefrin ve kalsiyum ve inotropik ilaçlar, inhalasyon yoluyla pulmoner vazodilatörler ve metabolik ve solunum asidozunun düzeltilmesi ile tedavi edilmelidir (Ashes & Roscoe, 2015; Cullen et al., 2023)

Ameliyat Öncesi Değerlendirme

Ameliyat öncesi ve sonrası kardiyovasküler riski değerlendirmede ilk adım, odaklanmış bir anamnez ve kardiyovasküler fizik muayenedir. Majör kardiyovasküler olaylarla ilişkili eşlik eden hastalıklar (pulmoner hipertansiyon gibi) belirlenmelidir (Cullen et al., 2023).

Kapsamlı bir ameliyat öncesi değerlendirme, biventriküler fonksiyonu değerlendirmek için önceki ekokardiyogramların incelenmesini ve hemodinamik sınıflandırmayı ve şiddeti belirlemek için yakın tarihli sağ kalp kateterizasyon verilerini (özellikle ortalama pulmoner arter basıncı, pulmoner vasküler direnç (PVR) ve pulmoner arter kama basıncı (PAWP)) içermelidir. Fonksiyonel değerlendirmeler, 6 dakikalık yürüme testi, hastalık yükü ve egzersiz toleransı hakkında ek bilgi sağlar. Sol kalp hastalığı, kronik akciğer hastalığı veya kronik tromboembolik pulmoner hipertansiyon dahil olmak üzere ikincil nedenlerin taranması, yönetimi daha da iyileştirir. Anesteziyoloji, kardiyoloji uzmanlarının yanı sıra cerrahi ekibi de içeren disiplinler arası bir yaklaşım, koordineli ve bireyselleştirilmiş bir perioperatif risk azaltma stratejisi sağlar (Cullen et al., 2023). Ameliyat öncesi laboratuvar testleri ve görüntüleme de optimal planlamaya katkıda bulunur. Temel çalışmalar arasında böbrek ve karaciğer fonksiyonlarını değerlendirmek için hemoglobin ve hematokrit gibi laboratuvar değerlendirmeleri ve tam metabolik panel ile 12 derivasyonlu elektrokardiogram (EKG), ekokardiyogram ve göğüs röntgeni gibi ek tanı testleri yer alır (Green et al., 2017). Hastalığı belirsiz veya yeni şüphelenilen hastalarda, solunum rezervini ve gaz değişimini değerlendirmek için akciğer fonksiyon testleri ve arteriyel kan gazı (ABG) analizi yardımcı olabilir. Pulmoner vazodilatör tedavisi,

intravenöz formülasyonlara geçiş veya inhalasyon yoluyla prostanoid eklenmesi gibi doz artırımı veya ayarlama gerektirebilir ve ameliyat öncesi ve sonrası dönem boyunca kesintisiz olarak devam etmelidir (Price et al., 2021).

OSAS, uyku sırasında üst solunum yolunun periyodik olarak tıkanmasıyla tanımlanan, epizodik oksijen doygunluğunda azalmaya ve hiperkarbiye yol açan bir sendromdur. Kronik pulmoner hipertansiyon ve sağ kalp yetmezliğine neden olabilir (Cullen et al., 2023). Ameliyat öncesi polisomnografi, OSAS için standart tanı yöntemidir. Ameliyat öncesi değerlendirme için, tarama anketleri (Örneğin, STOP-Bang anketi) OSAS tanısını destekleyebilir (Cullen et al., 2023).

Skolyoz, koronal düzlemde omurganın anormal lateral eğriliği olarak tanımlanır. Tedavi edilmediğinde, ilerleyici skolyoz şiddetli sırt ağrısına, kısıtlayıcı ventilasyon bozukluğuna, hipoksiye, hiperkarbiye ve pulmoner hipertansiyona yol açabilir (Slade & Dagal, 2022).

Peroperatif Fizyolojik Stres Faktörleri

Anestezist, pulmoner hipertansiyona özgü fizyolojik stres faktörlerine aşina olmalıdır. Örneğin, laparoskopik cerrahi, karın içi basıncını artırarak akciğer uyumluluğunu potansiyel olarak azaltır, venöz dönüşü bozar ve solunum asidozuna neden olur; bu durumlar, hassas hastalarda asit-baz dengesini korumak ve dekompansasyonu önlemek için ventilasyon ayarlamaları gerektirebilir (Minai et al., 2013). Kemik çimentosu kullanılan ortopedik prosedürler, acil müdahale gerektiren şiddetli hipotansiyona neden olabilir. Bu prosedürler ayrıca yağ veya çimento embolisi riskini de artırır (McGlothlin et al., 2012). PVR'yi azaltmak ve sağ ventrikül

performansını güçlendirmek için ameliyat öncesi tıbbi optimizasyon şiddetle tavsiye edilir.

Ayrıca, anestezi, pulmoner hipertansiyon veya sağ kalp yetmezliği olan hastalarda sonuçları önemli ölçüde etkiler. Hem bölgesel hem de genel anestezi, bu hastalarda hemodinamik dalgalanmalara karşı sınırlı toleransları nedeniyle kardiyovasküler fonksiyonu destabilize edebilir. Anestezi yaklaşımı ideal olarak etkili analjezi, stabil hemodinamik, optimal oksijenasyon ve en aza indirilmiş postoperatif komplikasyonlar sağlamalıdır. Bu nedenle, kapsamlı preoperatif değerlendirmeye dayalı bireyselleştirilmiş teknik seçimi, bu yüksek riskli popülasyonda sonuçları iyileştirir (Wang & Lu, 2021).

Anestezi İzleme Önerileri

Amerikan Anesteziyologlar Derneği (ASA) tarafından yayınlanan anestezi kılavuzları, standartlaştırılmış izlemenin nabız oksimetresi, EKG, noninvaziv kan basıncı ve sıcaklık ölçümünü içermesini önermektedir. Bununla birlikte, pulmoner hipertansiyonu olan hastalar genellikle gelişmiş intraoperatif izlemeye ihtiyaç duyarlar. Pulmoner hipertansiyon gibi akciğerle ilgili komorbiditeler ile ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu ve bozulmuş alveoler difüzyon oluşabilir. Pulmoner ventilasyon ve perfüzyon arasındaki uyumsuzluk, $ETCO_2$'nin $PACO_2$'yi tahmin etme yeteneğini bozar (Cullen et al., 2023). Arteriyel kateter, instabilitenin hızlı bir şekilde düzeltilmesi için sürekli kan basıncı izlemesi ve sık ABG analizi sağlar. İnvaziv izleme, pulmoner hipertansiyon tedavisinin optimize edilmesinden sonra, örneğin ortalama pulmoner arter basıncı ve PVR gibi parametreleri mümkün olduğunca başlangıç değerlerine yaklaştırmak için prosedür başlamadan önce başlatılmalıdır (Teo et al., 2021).

PVR'deki artış, anestezi sırasında hastanın yönetiminde önemlidir çünkü asidoz, sepsis, hipoksi ve pozitif son ekspiratuvar basınç (PEEP) uygulaması gibi çeşitli faktörler PVR'yi daha da artırır ve sağ ventrikül yetmezliği olasılığını yükseltir (Cullen et al., 2023).

Ameliyat içi ventilasyon için PEEP ile birlikte 6 ila 8 mL/kg ideal vücut ağırlığı (IBW) tidal hacimleri önerilir. Azalmış ventilasyon uyumluluğu, yüksek hava yolu basınçlarına neden olabilir ve özellikle laparoskopik ameliyatlar sırasında pnömoperiton ile plato basınçlarını <30 cm H_2O'nun altında tutmayı zorlaştırabilir Hiperkapniye katlanmak gerekebilir. Bununla birlikte, hiperkapni, önceden var olan pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda pulmoner vasküler direncin daha da artmasına neden olabilir (Krishnan et al., 2022).

Genel anestezi, pulmoner hipertansiyonu olan hastalar için yaygın bir yaklaşımdır. Anestezi indüksiyonundan önce, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırmak ve hipoksemi riskini azaltmak için hastalar %80 oksijenle ön oksijenasyona tabi tutulmalıdır. Laringoskopi ve entübasyona karşı pulmoner hipertansif yanıtları hafifletmek için intravenöz veya nebülize pulmoner vazodilatörler (örneğin, prostanoidler veya nitrik oksit) uygulanabilir.

Epinefrin, venöz dolaşımın yüksek yoğunlukta alfa1-adrenoreseptör içermesi nedeniyle venokonstriksiyona neden olur ve venöz dönüşü artırır. Epinefrin ayrıca, alfa1-adrenoreseptör uyarımı yoluyla pulmoner arteriyel vasküler düz kasın vazokonstriksiyonuna neden olur ve pulmoner arter basıncını artırır. Bu etkiler, özellikle önceden var olan pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda daha belirgin olabilir (Cullen et al., 2023).

Norepinefrin, pulmoner arteriyel vasküler düz kaslardaki alfa1-adrenoreseptörleri uyarır ve dozla ilişkili basınç artışlarına neden olarak sağ ventrikül disfonksiyonuna veya yetmezliğine yol açabilir. İnhale edilen seçici bir pulmoner vazodilatör (örneğin, NO, prostasiklin), katekolamin pulmoner hipertansiyon ve baskılanmış miyokardiyal kontraktiliteye sahip hastalarda kullanıldığında norepinefrinin doğrudan pulmoner vazokonstriktör etkilerini azaltmaya yardımcı olabilir (Cullen et al., 2023).

Dopamin, beta1-adrenoreseptörlerin aktivasyonu yoluyla miyokardiyal kasılmayı artırır. Dopamin ayrıca arteriyel ve venöz alfa1-adrenoreseptörleri uyararak sırasıyla sol ventrikül art yükünü artırır ve venöz dönüşü güçlendirir. Alfa1 ve beta1-adrenoreseptörler üzerindeki bu birleşik etkilerin sonucu olarak, dopamin arteriyel basıncı ve kalp debisini artırır. Pulmoner hipertansiyonu olan veya sol ventrikül dolum basınçları yüksek olan hastalarda, kasılmanın azaldığı durumlarda hipotansiyon tedavisinde dopamin kullanımı bir dereceye kadar sınırlıdır. Kalp ameliyatı geçiren ve dopamin alan hastalarda, kalp debisinde benzer artışlara rağmen, dobutamin alan hastalara kıyasla sağ atriyal, ortalama pulmoner arter ve pulmoner kapiller oklüzyon basınçları daha yüksekti (Cullen et al., 2023).

Dobutamin uygulaması sırasında β_2-adrenoreseptör aktivasyonu yoluyla pulmoner arter basınçlarında ve pulmoner vasküler dirençte düşüşler meydana gelir. Bu özellik, dobutamini, önceden var olan pulmoner hipertansiyonu olan kalp ameliyatı geçiren hastalarda kardiyak çıktıyı artırmak için yararlı bir inotropik ilaç haline getirir (Pagel et al., 2022).

İzoproterenol daha önce, ilacın pulmoner vasküler direnci düşürmesi nedeniyle şiddetli pulmoner hipertansiyonla ilişkili sağ ventrikül disfonksiyonunu tedavi etmek için kullanılıyordu, ancak

seçici inhalasyon yoluyla uygulanan pulmoner vazodilatörler bu durumda daha etkili ve daha az yan etkiye neden olur (Pagel et al., 2022).

Milrinon, pulmoner vasküler direnci azaltır ve bu etki, özellikle kalp ameliyatı geçiren pulmoner hipertansiyonlu hastalarda faydalı olabilir. Bununla birlikte, milrinonun pulmoner vazodilatasyon özellikleri, intrapulmoner şantı artırma ve arteriyel hipoksemiye neden olma potansiyeline sahiptir (Pagel et al., 2022).

Ameliyat öncesi yönetim

Sağ koroner iskemi riskinin önlenmesi çok önemlidir. Anestezi öncesi invaziv arteriyel kan basıncı izlemesi, kalp atışından kalp atışına koroner perfüzyon basıncının sürekli değerlendirilmesi ve önceden belirlenmiş sistemik diyastolik kan basıncının hedeflenmesi için hayati öneme sahiptir. Santral venöz basınç (CVP) izlemesi, sepsis veya çoklu organ yetmezliği olan kritik hastalarda sol ventrikül dolum basıncını ve sıvı yanıtını tahmin etmede sınırlı bir uygulamaya sahiptir. Bununla birlikte, pulmoner hipertansiyonu olan ve sol ventrikül fonksiyonu korunmuş hastalarda, sağ ventrikül bağımsız olarak basınç ve hacim yüküne maruz kalır ve CVP izlemesi, hacim durumundaki değişikliklerle birlikte veya bunlar olmadan, sağ ventrikül ön yükündeki, sağ ventrikül dolum basıncındaki ve global sağ ventrikül performansındaki bu değişiklikleri değerlendirmek için yararlı olabilir (Friesen et al., 2016).

Sistemik hipotansiyonla birlikte CVP'deki artış genellikle sağ ventrikül yetmezliğinin ve dolaşım çökmesinin başlangıcını gösterir. Pulmoner arter kateteri, transpulmoner dilüsyon (yani LiDCO, PiCCO) veya transözofageal ekokardiyografi (TOE) gibi

gelişmiş izleme yöntemlerinin seçimi, yerel imkanlara/uzmanlığa bağlıdır. Ameliyat öncesi ve sonrası transözofageal ekokardiyografi (TOE), kalp atışından kalp atışına sağ ventrikül fonksiyonunu (eksenel ve uzunlamasına) ve ventriküler dolumu, dinamik triküspit yetmezliğini ve pulmoner basınçları değerlendirebilir, ancak genel anestezi ve deneyimli bir TOE operatörü gerektirir. Bazı merkezlerde, ameliyat türü izin veriyorsa, ameliyat öncesi ve sonrası transtorasik ekokardiyografi de kullanılmaktadır (Wink et al., 2016).

Anestezi indüksiyonu ve intraoperatif yönetim

Anestezi indüksiyonu için, dengeli bir indüksiyon tekniğinin parçası olarak orta ila yüksek doz opioidler (örneğin 2–7 μg/kg fentanil), taşikardiyi sınırlama ve sistemik vasküler direnci (SVR) azaltma açısından en güvenilir olanlardır, ancak iyileşme süresi uzayabilir. Hipotansiyonu önlemek için propofol, vazopresör ile birlikte yaygın olarak kullanılır. Etomidat hemodinamik stabilite sağlar, ancak adrenal baskılayıcı etkileri nedeniyle çoğu merkezde tercih edilen indüksiyon ajanı değildir. Bazı ilaçlar PVR'yi artırabilir (örneğin ketamin, nitröz oksit, protamin). Bununla birlikte, birçok çalışma ketaminin PVR üzerindeki etkisinin minimal olduğunu ve RV performansını artıran ve SVR'yi koruyan pozitif sempatik etkisiyle dengelenebileceğini öne sürmektedir (Loomba et al., 2018).

Genel anesteziye bağlı hemodinamik instabiliteden kaçınmak için PAH hastalarında spinal veya epidural anestezi kullanımı faydalı olabilir, ancak karşılaştırmalı çalışmalar mevcut değildir. Bununla birlikte, nöral blokaj hipotansiyona neden olabilir, sağ ventrikül miyokard perfüzyonunu tehlikeye atabilir ve Eisenmenger sendromlu hastalarda veya patent foramen ovale (PFO) bulunan PAH hastalarında sağdan sola şantı artırabilir. 'Düşük doz' spinal veya kombine spinal-epidural (CSE) teknikleri SVR üzerinde

daha az etkiye sahiptir ve PH'li hastalarda elektif sezaryen için güvenli olabilir (Mekontso Dessap, 2019).

Dikkatli farmakolojik indüksiyona rağmen, trakeal entübasyon sedasyon, hipoksemi, sempatik uyarım, intratorasik basınçtaki değişiklikler ve hipoventilasyonun etkileri nedeniyle hemodinamik instabiliteye yol açabilir. Mekanik ventilasyon sırasında yüksek plato basıncından kaçınılmalıdır, çünkü bu PVR'yi artırabilir ve RV fonksiyonunu etkileyebilir. Gaz değişimini desteklemek ve akciğer hasarını en aza indirmek için düşük tidal hacim (5-7 ml/kg) ve düşük PEEP kullanımı önerilir (Price et al., 2007).

Norepinefrin, vazopressin, fenilefrin veya metaraminol gibi vazokonstriktörler, indüksiyon ajanlarından kaynaklanan azalan SVR'ye yanıt olarak koroner perfüzyon basıncını etkili bir şekilde koruyabilir. Kalp dışı cerrahi geçiren PH'li hastalar üzerinde yapılan yakın tarihli bir çalışmada, vakaların %82'sinde perioperatif vazopresör kullanılmıştır. Norepinefrin (0,5 µg/kg/min'e kadar) çoğu merkezde birinci basamak tedavidir ve RV yetmezliği modellerinde koroner kan akışını iyileştirir. Düşük doz vazopressin, bu durumda, PVR üzerinde olumsuz etkiler olmaksızın SVR'yi artırmak için PH krizinde infüzyon veya hatta bolus olarak özellikle yararlı bir selektif sistemik vazokonstriktör olabilir (Sugawara et al., 2019).

İnotropik ilaçlar açısından, dobutamin veya dopamin gibi beta1-adrenerjik reseptör agonistleri, anestezi indüksiyonundan önce (önleyici), sonrasında ve iyileşme döneminde sağ ventrikül performansını iyileştirebilir; ancak taşikardi ve aritmiler istenmeyen bir etki olabilir. Pulmoner hipertansiyon ve sağ ventrikül disfonksiyonu için bir katekolaminin diğerinden üstün olduğuna dair

hiçbir kanıt yoktur. Milrinon veya enoksimon gibi inodilatörler veya lüsitropik ilaçlar, diyastolik artışı sağladıkları için faydalıdır, ancak dilatasyon etkileri nedeniyle sıklıkla bir vazopresör ile birlikte uygulanırlar (Monagle et al., 2015).

Ameliyat sonrası yönetim

Ameliyat sonrası morbidite ve mortalite olaylarının çoğu sağ ventrikül disfonksiyonu ile ilişkilidir ve görünüşte sorunsuz bir ameliyattan 48-72 saat sonra ortaya çıkabilir. Bu nedenle, özellikle önemli pulmoner hipertansiyonu olan ve karmaşık ve büyük ameliyat geçiren hastalarda, yoğun bakım ünitesinde veya yüksek bağımlılık ünitesinde (YBÜ) ameliyat sonrası/işlem sonrası invaziv izleme önemlidir. Pulmoner hipertansiyon tedavileri kesintiye uğratılmamalıdır. Kardiyak cerrahi sonrasında ventilasyon yetmezliği açısından en yüksek risk altındaki çocuklar arasında; ameliyat öncesi ventilasyon desteği gerektiren pulmoner hipertansiyonu olanlar, ameliyat sonrası kardiyovasküler ve pulmoner komplikasyonlar yaşayanlar bulunur. Süt çocuklarında, mekanik ventilasyon yerine nazal sürekli pozitif havayolu basıncı (nCPAP) yöntemi kullanılabilir. Fontan fizyolojisine (pasif pulmoner dolaşım) sahip hastalarda pulmoner vasküler direncin (PVR) düşürülmesi hayati önem taşır ve bu durum büyük ölçüde yeterli ventilasyona bağlıdır. Endotrakeal entübasyon ve pozitif basınçlı ventilasyonun potansiyel zararlı etkileri, bu avantajı ortadan kaldırır. Pozitif basınçlı ventilasyonun, Fontan fizyolojisine sahip hastalarda pulmoner kan akışı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Ağrısız spontan solunuma geri dönülmesi, bu hastalarda hemodinamik performansı artırır. Multimodal analjezinin bir parçası olarak bölgesel anestezi teknikleri; intraoperatif anesteziyi desteklemek, ameliyat sonrası analjezi sağlamak ve erken

trakeal ekstübasyonu kolaylaştırmak amacıyla yaygın olarak kullanılır (Cullen et al., 2023). Sağdan sola şant (Eisenmenger sendromu veya patent foramen ovale ile birlikte diğer pulmoner hipertansiyon) olan hastalar için hat filtreleri önerilir. Daha önce tamamen antikoagüle edilmiş hastalar için, cerrahi olarak güvenli hale gelir gelmez köprüleme heparini ile bu tedaviye yeniden başlanmalıdır. Ağrı kesici, aşırı sempatik aktiviteyi ve bunun sonucunda ortaya çıkan taşikardiyi ve pulmoner vasküler direnci (PVR) artırmayı en aza indirmek için önemlidir, ancak hiperkapniye ve PVR artışına neden olan aşırı sedasyondan kaçınılmalıdır. Ameliyat sonrası spontan ventilasyonun sağlanması, intratorasik basıncı ve sağ ventrikül stresini azaltmak için çok önemlidir. Bu nedenle, erken ekstübasyon tercih edilir. Ameliyat sonrası fizyoterapi, derin ven trombozu profilaksisi ve erken mobilizasyon da gereklidir.

Kaynakça

Ashes, C., & Roscoe, A. (2015). Transesophageal echocardiography in thoracic anesthesia: pulmonary hypertension and right ventricular function. *Current Opinion in Anaesthesiology, 28*(1), 38–44. doi: 10.1097/ACO.0000000000000138.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer.

Friesen, R. H., Twite, M. D., Nichols, C. S., Cardwell, K. A., Pan, Z., Darst, J. R., Wilson, N., Fagan, T. E., Miyamoto, S. D., & Ivy, D. D. (2016). Hemodynamic response to ketamine in children with pulmonary hypertension. *Paediatric Anaesthesia, 26*(1), 102–108. doi: 10.1111/pan.12799.

Green, J. B., Hart, B., Cornett, E. M., Kaye, A. D., Salehi, A., & Fox, C. J. (2017). Pulmonary Vasodilators and Anesthesia Considerations. *Anesthesiology Clinics, 35*(2), 221–232. doi: 10.1016/j.anclin.2017.01.008.

Kim, D., & George, M. P. (2019). Pulmonary Hypertension. *The Medical Clinics of North America, 103*(3), 413–423. doi: 10.1016/j.mcna.2018.12.002.

Kovacs, G., Bartolome, S., Denton, C. P., Gatzoulis, M. A., Gu, S., Khanna, D., Badesch, D., & Montani, D. (2024). Definition, classification and diagnosis of pulmonary hypertension. *The European Respiratory Journal, 64*(4), 2401324. doi: 10.1183/13993003.01324-2024.

Krishnan, S., Arora, L., & Sharma, A. (2022). Anesthetic Considerations for Patients With Obesity, Hepatic Disease, and Other Gastrointestinal Issues. B. F. Cullen, M. C. Stock, R. Ortega, S. R. Sharar, N. F. Holt, C. W. Connor, N. Nathan (Eds.). In: *Clinical Anesthesia Fundamentals* (2nd ed., pp. 1018-1019). Philadelphia: Wolters Kluwer.

Ley, L., Grimminger, F., Richter, M., Tello, K., Ghofrani, A., & Bandorski, D. (2023). The Early Detection of Pulmonary Hypertension. *Deutsches Arzteblatt International, 120*(48), 823–830. doi: 10.3238/arztebl.m2023.0222.

Loomba, R. S., Gray, S. B., & Flores, S. (2018). Hemodynamic effects of ketamine in children with congenital heart disease and/or pulmonary hypertension. *Congenital Heart Disease, 13*(5), 646–654. doi: 10.1111/chd.12662.

McGlothlin, D. P., Granton, J., Klepetko, W., Beghetti, M., Rosenzweig, E. B., Corris, P. A., Horn, E., Kanwar, M. K., McRae, K., Roman, A., Tedford, R., Badagliacca, R., Bartolome, S., Benza, R., Caccamo, M., Cogswell, R., Dewachter, C., Donahoe, L., Fadel, E., Farber, H. W., … De Marco, T. (2022). ISHLT consensus statement: Perioperative management of patients with pulmonary hypertension and right heart failure undergoing surgery. *The Journal of heart and lung transplantation : the official publication of the International Society for Heart Transplantation, 41*(9), 1135–1194. doi: 10.1016/j.healun.2022.06.0132.

McGlothlin, D., Ivascu, N., & Heerdt, P. M. (2012). Anesthesia and pulmonary hypertension. *Progress in Cardiovascular Diseases, 55*(2), 199–217. doi: 10.1016/j.pcad.2012.08.002.

Mekontso Dessap, A. (2019). Frugal innovation for critical care. *Intensive Care Medicine, 45*(2), 252–254. doi: 10.1007/s00134-018-5391-6.

Minai, O. A., Yared, J. P., Kaw, R., Subramaniam, K., & Hill, N. S. (2013). Perioperative risk and management in patients with pulmonary hypertension. *Chest, 144*(1), 329–340. doi: 10.1378/chest.12-1752.

Monagle, J., Manikappa, S., Ingram, B., & Malkoutzis, V. (2015). Pulmonary hypertension and pregnancy: the experience of a tertiary institution over 15 years. *Annals of Cardiac Anaesthesia, 18*(2), 153–160. doi: 10.4103/0971-9784.154466.

Pagel, P. S., Tawil, J. N., Boettcher, B. T., & Freed, J. K. (2022). Cardiovascular Pharmacology. B. F. Cullen, M. C. Stock, R. Ortega, S. R. Sharar, N. F. Holt, C. W. Connor, N. Nathan (Eds.). In: *Clinical Anesthesia Fundamentals* (2nd ed., pp. 499-502). Philadelphia: Wolters Kluwer.

Price, L. C., Forrest, P., Sodhi, V., Adamson, D. L., Nelson-Piercy, C., Lucey, M., & Howard, L. S. (2007). Use of vasopressin after Caesarean section in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *British Journal of Anaesthesia, 99*(4), 552–555. doi: 10.1093/bja/aem180.

Price, L. C., Martinez, G., Brame, A., Pickworth, T., Samaranayake, C., Alexander, D., Garfield, B., Aw, T. C., McCabe, C., Mukherjee, B., Harries, C., Kempny, A., Gatzoulis, M., Marino, P., Kiely, D. G., Condliffe, R., Howard, L., Davies, R., Coghlan, G., Schreiber, B. E., … Wort, S. J. (2021). Perioperative management of patients with pulmonary hypertension undergoing non-cardiothoracic, non-obstetric surgery: a systematic review and expert consensus

statement. *British Journal of Anaesthesia, 126*(4), 774–790. doi: 10.1016/j.bja.2021.01.005.

Pritts, C. D., & Pearl, R. G. (2010). Anesthesia for patients with pulmonary hypertension. *Current Opinion in Anaesthesiology, 23*(3), 411–416. doi: 10.1097/ACO.0b013e32833953fb.

Slade, I., & Dagal, A. (2022). Orthopedic Anesthesia. B. F. Cullen, M. C. Stock, R. Ortega, S. R. Sharar, N. F. Holt, C. W. Connor, & N. Nathan (Eds.). In: *Clinical Anesthesia Fundamentals* (2nd ed.). Philadelphia: Wolters Kluwer.

Sugawara, Y., Mizuno, Y., Oku, S., & Goto, T. (2019). Effects of vasopressin during a pulmonary hypertensive crisis induced by acute hypoxia in a rat model of pulmonary hypertension. *British Journal of Anaesthesia, 122*(4), 437–447. doi: 10.1016/j.bja.2019.01.014.

Teo, Y. H., Naidu, G., & Tay, E. L. (2021). Invasive monitoring and dosing strategy to mitigate risks of general anaesthesia in a patient with connective tissue disease and pulmonary arterial hypertension. *QJM : Monthly Journal of the Association of Physicians, 114*(3), 206–208. doi: 10.1093/qjmed/hcaa230.

Wang, J., & Lu, J. (2021). Anesthesia for Pregnant Women with Pulmonary Hypertension. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 35*(7), 2201–2211. doi: 10.1053/j.jvca.2020.06.062.

Wink, J., de Wilde, R. B., Wouters, P. F., van Dorp, E. L., Veering, B. T., Versteegh, M. I., Aarts, L. P., & Steendijk, P. (2016). Thoracic Epidural Anesthesia Reduces Right Ventricular Systolic Function With Maintained Ventricular-Pulmonary Coupling. *Circulation, 134*(16), 1163–1175. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.022415.

BÖLÜM 22

KARDİYOVASKÜLER SİSTEM FİZYOLOJİSİ VE MONİTÖRİZASYONU

UMUT CAHİT ERSOY[1]

Özet

Anestezinin her evresi kalbin pompa işlevini ve damar tonusunu değiştirir; bu nedenle kardiyak fizyolojiyi bilmek, hipotansiyonun, taşikardinin veya iskeminin nedenini ayırt etmenin ön koşuludur. Doğru tedavi, kan basıncı değerini düzeltmeye değil, altta yatan mekanizmayı belirlemeye dayanır.

Bu bölümde kalbin elektriksel ve mekanik siklusundan başlanarak ventrikül fonksiyonunun belirleyicileri, kardiyak debi ve hücresel düzeyde eksitasyon-kontraksiyon eşleşmesi ele alınacaktır. Devamında bu döngünün nöral, hormonal ve refleks yolları ile düzenlenmesi, koroner dolaşım ve anestezik ilaçların kardiyovasküler sistem üzerindeki etkileri incelenecektir. Bölümün ikinci yarısında ise bu bilgilerin hasta değerlendirmesine,

[1] Uzm. Dr., Iğdır Dr. Nevruz Erez Devlet Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-5878-8027

monitörizasyon seçimine ve hemodinamik yönetim kararlarına nasıl yön vereceği ele alınacaktır.

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümü okuyan hekim şunları yapabilmelidir:

- Kalbin elektriksel ve mekanik fonksiyonlarını elektrokardiyogram (EKG) ve basınç-hacim eğrileri üzerinden açıklayabilmek.
- Kardiyak debiyi önyük (preload), artyük (afterload), kalp hızı ve kontraktilite ile ilişkilendirebilmek; Frank-Starling ilişkisi ve Laplace yasası ile açıklayabilmek; basınç-hacim döngüsünü klinik örneklerle yorumlayabilmek.
- Aksiyon potansiyeli ve kalsiyum döngüsünün, ilaç ve elektrolit etkilerini nasıl açıkladığını anlayabilmek.
- Otonom reseptörleri, hormonları ve kardiyak refleksleri anestezik ilaçların etkisiyle birlikte yorumlayabilmek.
- Koroner perfüzyon ve miyokard oksijen dengesi kavramlarını anlayabilmek; bu dengeyi bozan durumları önceden tanıyabilmek.
- Anestezik ilaçların kardiyovasküler etkilerini hasta özelliklerine göre değerlendirebilmek.
- EKG ve arteriyel kan basıncı monitörizasyonunu klinik bağlamda yorumlayabilmek.
- santral venöz basınç (CVP), pulmoner arter kateteri, kardiyak debi ölçümü ve ekokardiyografi için uygun

endikasyonları belirleyebilmek; monitörizasyon düzeyini hastanın ve cerrahinin riskine göre seçebilmek.

- Dinamik hemodinamik değişkenlerin geçerlilik koşullarını ve sınırlılıklarını ayırt edebilmek.
- Hemodinamik verileri tek bir değişkene dayanmak yerine bütüncül ve dinamik biçimde değerlendirebilmek.
- Perioperatif hipotansiyon ve hemodinamik instabiliteye nedene yönelik yaklaşım algoritmasını uygulayabilmek.

Kalbin Anatomisi ve Elektriksel İletim Sistemi

Kalp dört boşluktan oluşur: sağ atriyum, sağ ventrikül, sol atriyum ve sol ventrikül. Sağ kalp sistemik venöz kanı pulmoner dolaşıma (düşük basınç devresi), sol kalp ise oksijenlenmiş kanı sistemik dolaşıma (yüksek basınç devresi) pompalar. Atriyoventriküler kapaklar (triküspit ve mitral) diyastolde ventrikül doluşuna izin verirken sistolde atriyuma geri kaçışı önler; semilunar kapaklar (pulmoner ve aortik) ventrikül sistolünde arterlere ejeksiyonu sağlarken diyastolde geri akımı engeller (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

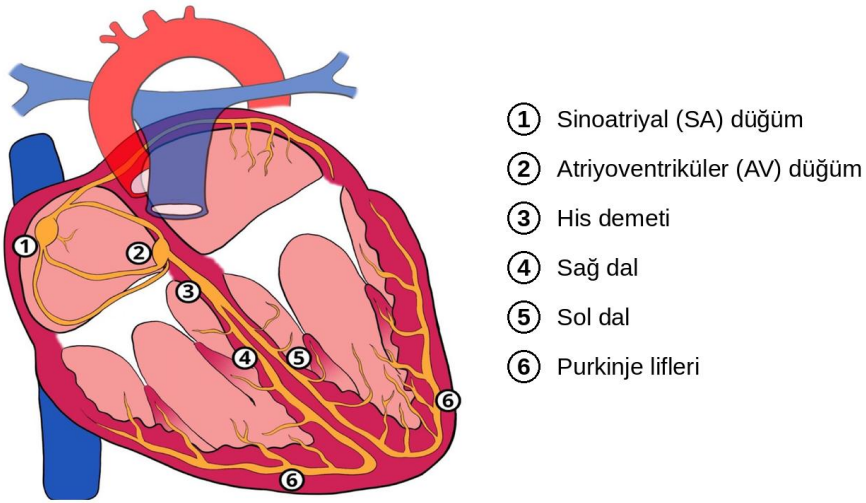
İki pompa birbirine seri bağlıdır. Bu nedenle bir ventrikülün debisi diğerinin doluşunu belirler; örneğin akut sağ ventrikül yetersizliği sol ventrikül doluşunu azaltarak sistemik hipotansiyona yol açabilir. Dolaşımın görevi dokulara oksijen ve besin taşımak, karbondioksit ve metabolitleri uzaklaştırmaktır (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Elektriksel iletim sistemi

Normal kalp ritmi, sağ atriyumun üst bölümünde yer alan sinoatriyal (SA) düğümde başlar. Uyarı atriyum kasına yayılır,

atriyoventriküler (AV) düğüme ulaşır ve burada fizyolojik olarak yavaşlar; bu gecikme atriyal kasılmanın ventrikül doluşuna katkı yapmasına zaman tanır. Uyarı daha sonra His demeti, sağ ve sol dallar ve Purkinje lifleri aracılığıyla ventriküllere hızla iletilir. Böylece ventrikül kası, ortak bir uyarıyla eş zamanlı kasılır (Şekil 1) (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Şekil 1 Kardiyak iletim sistemi



Etiketler Türkçeleştirilmiştir.

Kaynak: Moustafa et al., 2023, Şekil 1; CC BY 4.0 lisansı ile kullanılmıştır.

Tablo 1 Kardiyak iletim sisteminin yapıları. Her yapının konumu, doğal deşarj frekansı ve otonom duyarlılığı.

Yapı (konum)	Doğal Frekans (/dk)	Otonom Duyarlılık	Temel Özellik
SA düğüm (sağ atriyumun üst bölümü, vena kava superior girişine komşu)	60–100 (istirahat; sinüs düğümün normal hızı 70–80 (Hall & Hall, 2026)); genç erişkinde intrinsik hız yaklaşık 90–100 olup yaşla azalır (Butterworth et al., 2022)	Vagal uyarı hızı azaltır, sempatik uyarı artırır	Doğal pacemaker; en yüksek otomatisiteye sahiptir
AV düğüm (atriyoventriküler septum)	40–60	Vagal uyarı iletimi belirgin yavaşlatır, sempatik uyarı hızlandırır	İletimin en yavaş olduğu bölge; AV düğüm liflerinde iletim Purkinje liflerinden yaklaşık 150 kat yavaştır (Hall & Hall, 2026)
His demeti ve dalları	Purkinje ile birlikte 15–40 (Hall & Hall, 2026)	Düşük	Hızlı ve senkron iletim
Purkinje lifleri (ventrikül)	20–40	Düşük	Kalpte en hızlı ileti (1,5–4,0 m/s (Hall & Hall, 2026)); uyarıyı ventrikül miyokardına yayar

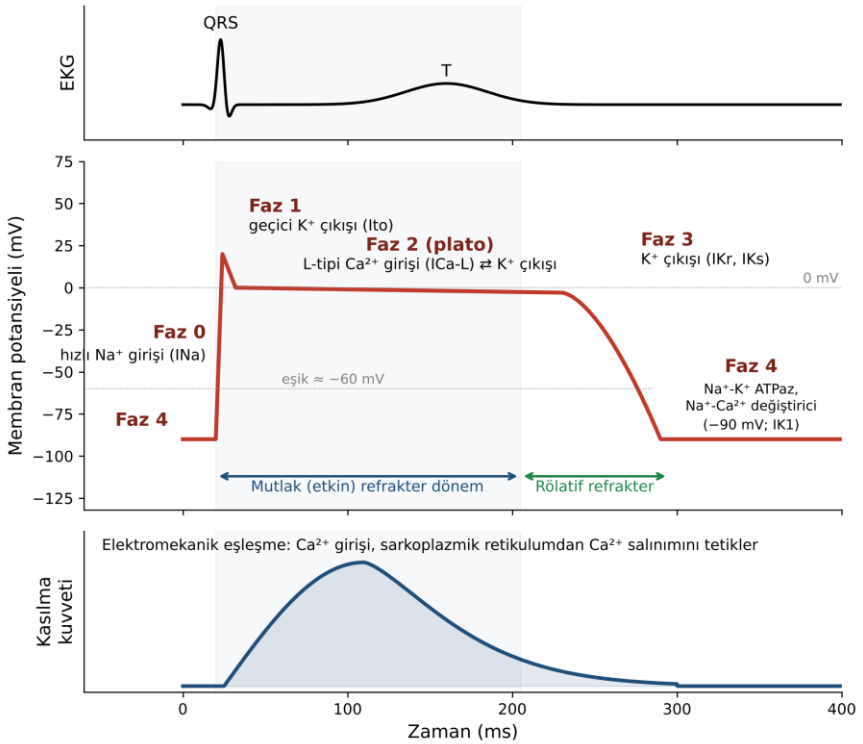
Kardiyak Aksiyon Potansiyeli ve Hücresel Elektrofizyoloji

Ventrikül miyokardında aksiyon potansiyeli

Ventrikül miyokard hücresinin aksiyon potansiyeli beş fazdan oluşur (Şekil 2). Hızlı depolarizasyon (faz 0), hızlı sodyum (Na^+) kanallarının açılmasıyla başlar ve membran potansiyelini yaklaşık −90 mV'den +20 mV'ye çıkarır. Faz 1'de geçici potasyum (K^+) çıkışıyla kısa bir erken repolarizasyon görülür. Plato fazında (faz 2) L-tipi kalsiyum (Ca^{2+}) kanallarından hücre içine kalsiyum girişi sürer; bu faz eksitasyon-kontraksiyon eşleşmesinin temel bileşenidir ve ventrikül aksiyon potansiyelini iskelet kasına göre

belirgin biçimde uzatır. Faz 3'te K^+ kanallarından hücre dışına potasyum çıkışı repolarizasyonu tamamlar. Faz 4'te membran dinlenme potansiyeli yaklaşık −80 ile −90 mV arasında kalır; Na^+-K^+ pompası ve Na^+-Ca^{2+} değiştirici iyon dengesini yeniden kurar (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Şekil 2 Ventriküler miyosit aksiyon potansiyelinin fazları, ilişkili iyon akımları, refrakter dönemler ve kasılma kuvveti ile EKG'nin zamansal ilişkisi (şematik).



Faz 0: hızlı Na^+ girişi (−90 → +20 mV); Faz 1: geçici K^+ çıkışı; Faz 2: L-tipi Ca^{2+} girişi ile K^+ çıkışı dengesi (plato); Faz 3: K^+ çıkışı ile repolarizasyon; Faz 4: dinlenim potansiyeli (Na^+-K^+ ATPaz, Na^+-Ca^{2+} değiştirici). Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Pacemaker hücrelerinde aksiyon potansiyeli

SA ve AV düğüm hücrelerinin aksiyon potansiyeli ventrikül miyokardından farklıdır. Bu hücrelerde faz 4'te membran potansiyeli sabit kalmaz; dışarıdan bir uyarı gelmeden eşiğe doğru kendiliğinden ve kademeli olarak yükselir. Kalbin kendi ritmini kendisinin üretebilmesini (otomatisite) sağlayan temel mekanizma bu yavaş diyastolik depolarizasyondur. Bu spontan depolarizasyona, hiperpolarizasyonla ve cAMP ile aktive olan, içeriye doğru Na^+ taşıyan "funny" akım (If) ile T-tipi ve L-tipi kalsiyum akımları katkı yapar; dışarıya doğru K^+ akımlarının azalması da bu süreci destekler. Faz 0 hızlı Na^+ kanallarıyla değil, L-tipi Ca^{2+} kanalları aracılığıyla gelişir; bu nedenle depolarizasyon yavaştır ve iletim hızı düşüktür (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Otonom sistem faz 4 eğimini doğrudan değiştirir. Sempatik uyarı (β_1 reseptörü, cAMP artışı) eğimi dikleştirir ve kalp hızını artırır; vagal uyarı (M_2 reseptörü) cAMP'yi azaltır ve K^+ iletkenliğini artırarak eğimi yatıklaştırır, kalp hızını düşürür. β-blokerler faz 4 eğimini azaltarak, kalsiyum kanal blokerleri (verapamil, diltiazem) ise L-tipi kalsiyum kanallarını bloke ederek SA ve AV düğüm fonksiyonunu baskılar; bradikardi ve AV blok gelişebilir (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Etkili refrakter periyot

Etkili refrakter periyot (ERP), hücrenin yeni bir uyarıya yayılan bir aksiyon potansiyeli ile yanıt veremediği süredir; ventrikül miyokardında faz 0'ın başlangıcından yaklaşık faz 3'ün ortasına kadar sürer. Bu süre boyunca hücre yeniden uyarılamadığı için kalp kası tetanik kasılmaz ve her atımdan sonra gevşeme (diyastol) için zaman kalır. ERP'yi izleyen göreceli refrakter

periyotta normal şiddetteki bir uyarı yanıt oluşturamaz, ancak daha güçlü bir uyarı yeni bir aksiyon potansiyeli başlatabilir. ERP'nin uzunluğu aritmi eğilimini de belirler: kısaldığında uyarının yeniden uyarabileceği hücre bulması kolaylaşır ve re-entry aritmileri gelişebilir; uzaması ise re-entry'yi önleyebilir. Ancak repolarizasyonun aşırı uzaması QT süresini uzatır ve torsades de pointes riskini artırır (Butterworth et al., 2022; Hall & Hall, 2026).

Eksitasyon-kontraksiyon eşleşmesi

Eksitasyon-kontraksiyon eşleşmesi, hücre zarındaki elektriksel uyarının kasılmaya dönüştüğü süreçtir ve bu süreçte anahtar rolü kalsiyum oynar. Aksiyon potansiyeli sarkolemma boyunca ve onun hücre içine uzanan çıkıntıları olan transvers (T) tübüller yoluyla hücrenin derinliklerine yayılır. T tübüllerde yoğunlaşan L-tipi kalsiyum kanalları (dihidropiridin reseptörleri) açılır ve hücre içine az miktarda kalsiyum girer. Bu kalsiyum, komşu sarkoplazmik retikulum (SR) membranındaki ryanodin reseptörlerini (RyR) uyararak SR'den çok daha büyük bir kalsiyum salınımını başlatır; bu olaya kalsiyumla uyarılan kalsiyum salınımı denir. Sonuçta sitozolik kalsiyum hızla artar ve kasılma başlar (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Serbest sitozolik kalsiyum, ince filamentteki troponin C'ye bağlanır. Bu bağlanma troponin I'nın inhibitör etkisini azaltır, tropomiyozin aktin üzerinde kayar ve miyozinin bağlanacağı yerler açığa çıkar. Miyozin başı adenozin trifosfatı (ATP) hidrolize ederek aktine bağlanır; çapraz-bağ döngüsü sırasında ince filamentler sarkomerin merkezine doğru kayar ve Z çizgileri birbirine yaklaşır. Kasılmanın gücü, her atımda ortaya çıkan kalsiyum miktarına bağlıdır (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Gevşeme ve kalsiyumun geri alımı

Gevşeme, enerji gerektiren aktif bir süreçtir. Kasılmanın ardından sitozolik kalsiyumun büyük bölümü sarkoplazmik/endoplazmik retikulum Ca^{2+}-ATPaz (SERCA) pompasıyla SR'ye geri alınır; geri kalanı sarkolemmadaki Na^{+}-Ca^{2+} değiştirici ve Ca^{2+}-ATPaz aracılığıyla hücre dışına atılır. SERCA'nın aktivitesini fosfolamban baskılar. β-adrenerjik uyarı protein kinaz A (PKA) yoluyla fosfolambanı fosforile ederek bu baskıyı kaldırır; SERCA aktivitesi artar, kalsiyum SR'ye daha hızlı geri alınır ve gevşeme hızlanır (lusitropi). PKA aynı zamanda L-tipi kalsiyum kanallarını fosforile ederek hücre içine kalsiyum girişini artırır; sonuçta kontraktilite de yükselir (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Otonom İnnervasyon ve Anestetik Etkileşimler

Sempatik sistem

Sempatik sinir terminallerinden salınan norepinefrin, kalpteki adrenerjik reseptörlere bağlanarak kalp hızını (pozitif kronotropi), kontraktiliteyi (pozitif inotropi) ve gevşeme hızını (pozitif lusitropi) artırır. İnsan kalbinde hem atriyumda hem ventrikülde baskın alt tip β_1 reseptörüdür; β_2 reseptörleri daha az sayıdadır; ağırlıklı olarak atriyumda bulunurlar, sol ventrikülde ise reseptörlerin yaklaşık %20'sini oluştururlar. β_2'nin β_1'e oranı kalp yetersizliğinde artar. β_1 ve β_2 reseptörleri uyarıcı G proteini (Gs) aracılığıyla adenilil siklazı etkinleştirir; artan cAMP protein kinaz A'yı (PKA) uyarır ve PKA, L-tipi kalsiyum kanallarını, fosfolambanı ve troponin I'yı fosforile eder. Bu yolla hücre içi kalsiyum artar, kasılma ve gevşeme hızlanır. α_1 reseptörlerinin

pozitif inotropik etkisi ise kalpte daha az önemlidir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Sempatik uyarı damarlarda da etkilidir: venöz tonusu artırarak venöz dönüşü (önyük), arteriyel vazokonstriksiyonla sistemik vasküler direnci (artyük) yükseltir (Hall & Hall, 2026).

Otonom innervasyonun yan farkı ve zamanlaması

Kalbin sempatik lifleri T1–T4 segmentlerinden çıkar ve servikal (stellat) ganglion ile kardiyak sinirler yoluyla kalbe ulaşır. Otonom innervasyonun yan farkı vardır: sağ sempatik sinir ve sağ vagus esas olarak SA düğümü, soldakiler ise AV düğümü etkiler. Vagal etkiler çok hızlı başlar ve hızlı sonlanır; sempatik etkiler daha yavaş başlar ve daha yavaş kaybolur. Solunumla birlikte kalp hızının inspiryumda artıp ekspiryumda azaldığı sinüs aritmisi, vagal tonusun döngüsel değişiminden kaynaklanır (Butterworth et al., 2022).

Parasempatik sistem

Kalbin parasempatik innervasyonu vagus siniri ile sağlanır. Vagal lifler en yoğun olarak atriyumlarda ve iletim dokusunda (SA ve AV düğüm) bulunur; ventrikül miyokardında dağılımları daha seyrektir, sempatik lifler ise kalbin tamamına yayılır (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025). Asıl hedef, sinir uçlarından salınan asetilkolinin etki ettiği M_2 tipi muskarinik reseptörlerdir. Bu reseptörler inhibitör G proteinine (Gi) bağlıdır; adenilil siklaz aktivitesini azaltır ve belirli K^+ kanallarını açar (Gropper et al., 2025). Sonuçta pacemaker hücrelerinin ateşleme hızı düşer (negatif kronotropik etki), AV iletim yavaşlar (negatif dromotropik etki) ve atriyal kasılma kuvveti azalır (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025). Ventrikül kontraktilitesi üzerindeki doğrudan etki sınırlıdır; vagal uyarı ventrikülde daha çok sempatik etkiyi

baskılayan negatif bir modülatör gibi davranır (Gropper et al., 2025). İstirahatte kalp tonik düzeyde parasempatik etki altındadır; bu nedenle istirahat kalp hızını belirleyen baskın etki vagaldir. Egzersiz ve stres sırasında ise sempatik etki öne çıkar (Gropper et al., 2025).

Adrenerjik ve muskarinik reseptörlerin özeti

Kalpte ve damarlarda otonom etkilerin büyük bölümü dört reseptör grubu üzerinden açıklanır. Bu reseptörlerin hepsi G proteinine bağlıdır; farklı G proteinleri farklı hücre içi yolları başlattığı için aynı nörotransmitter farklı dokularda zıt sonuçlar doğurabilir (Gropper et al., 2025).

Tablo 2 Kardiyovasküler sistemde başlıca otonom reseptörler. Reseptör alt tipleri, sinyal yolları ve kalpte ile damarda ortaya çıkan ana etkiler.

Reseptör	Sinyal Yolu	Kalpteki ve Damardaki Ana Etki
β_1	Gs → adenilil siklaz ↑ → cAMP ↑ → PKA	Kalp hızı, iletim hızı, kontraktilite ve gevşeme hızı artar
β_2	Gs ve Gi	Kalpte daha az sayıda ve ağırlıklı olarak atriyumda bulunur; hızı artırır, kontraktiliteyi daha az artırır. İskelet kası damarlarında vazodilatasyon yapar
α_1	Gq → fosfolipaz C	Kalpte küçük bir pozitif inotropik etki; damarda güçlü vazokonstriksiyon
α_2	Gi → adenilil siklaz ↓	Sempatik sinir ucunda norepinefrin salınımını azaltır (presinaptik inhibisyon)
M_2	Gi → adenilil siklaz ↓; belirli K^+ kanallarının açılması	Kalp hızı, AV iletim hızı ve atriyal kasılma kuvveti azalır

Anestezik ilaçların otonom etkileri

Anestezik ilaçlar otonom dengeyi ve miyokardiyal fonksiyonu farklı derecelerde değiştirir. Aynı ilacın hemodinamik sonucu hastanın volüm durumuna, bazal otonom tonusuna, eşlik

eden kardiyak hastalığa ve birlikte verilen ilaçlara göre değişir; bu nedenle aşağıdaki etkiler tek başına değil, hasta bağlamında yorumlanmalıdır.

Tablo 3 Anestezik ajanların otonom sinir sistemi üzerindeki etkileri. Her ajanın otonom etkisi ve beklenen kardiyovasküler sonucu.

İlaç/Ajan	**Otonom Etki**	**Beklenen Klinik Sonuç**
Propofol	Sempatik tonusu azaltır; arteriyel ve venöz vazodilatasyon yapar	Hipotansiyon; özellikle hipovolemik hastada belirgindir
Ketamin	Santral sempatik uyarı ve katekolamin salınımı	Taşikardi ve hipertansiyon; katekolamin rezervi tükenmiş hastada doğrudan miyokard depresyonu öne çıkabilir
Volatil anestezikler	Sempatik tonusu ve barorefleks yanıtını azaltır; doza bağlı miyokard depresyonu ve vazodilatasyon yapar	SVR ve kardiyak debide azalma, hipotansiyon (Butterworth et al., 2022)
Opioidler	Vagal tonusu artırır, sempatik çıkışı azaltır	Bradikardi ve AV iletimde uzama; özellikle yüksek doz fentanil ve sufentanilde (Butterworth et al., 2022)
Süksinilkolin	Muskarinik reseptörleri uyarır	Sinüs bradikardisi ve nodal ritim; çocukta ve tekrarlayan dozda daha sık
Neostigmin	Asetilkolin yıkımını önleyerek parasempatik etkiyi artırır	Bradikardi ve AV iletimde yavaşlama
β-blokerler	β_1 blokajı ile sempatik etkiyi azaltır	Bradikardi, hipotansiyon, AV blok; anestezik kaynaklı miyokard depresyonunu artırır (Butterworth et al., 2022)

Kalp Döngüsü ve Mekanik Olaylar

Kardiyak siklus, tek bir kalp atımı boyunca sırayla gelişen elektriksel ve mekanik olaylar dizisidir; elektriksel olay her zaman mekanik olaydan önce gelir. Anestezist için bu sıra, EKG'deki bir

değişikliğin hangi mekanik olayı etkilediğini ve hangi basınç-hacim değişikliğine yol açacağını öngörmeyi sağlar (Gropper et al., 2025).

Elektriksel olaylar ve EKG

Elektriksel uyarı, mekanik kasılmadan önce gelir. EKG'de P dalgası atriyal depolarizasyonu, PR aralığı AV düğümdeki fizyolojik gecikmeyi, QRS kompleksi ventrikül depolarizasyonunu, T dalgası ise ventrikül repolarizasyonunu gösterir (Gropper et al., 2025). İletim sisteminin ve aksiyon potansiyelinin ayrıntıları ilgili başlıklarda, EKG'nin klinik yorumu ise Elektrokardiyografi başlığında ele alınacaktır.

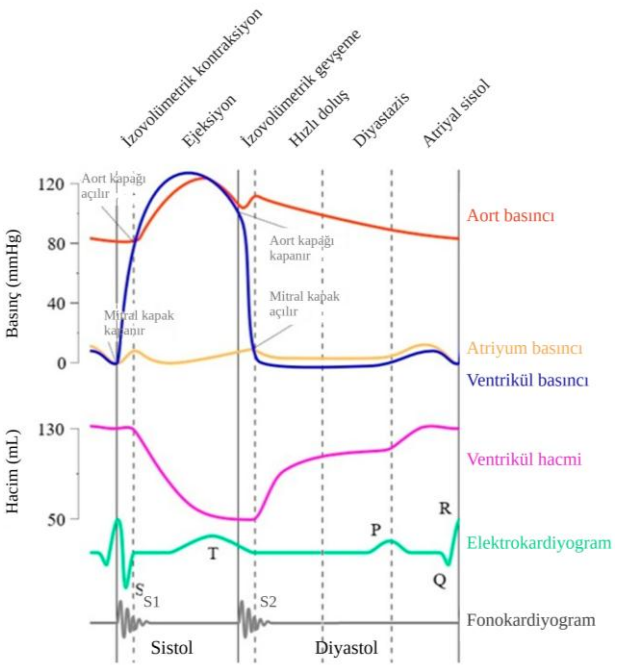
Mekanik olaylar

Mekanik siklus, venöz kanın atriyumlara dönmesiyle başlar. Atriyal basınç ventrikül içi basıncı aştığında AV valfler açılır ve kan, atriyal kasılmayı beklemeden ventriküle akar. Bu pasif akış ventrikül dolumunun büyük bölümünü oluşturur. Atriyal sistol (P dalgasının ardından) dolumun son bölümünü tamamlar ve dolumun yaklaşık %15–25'ini sağlar (Demir et al., 2025); bu katkı "atriyal tekme" olarak da bilinir. Ventrikül kasılması başladığında AV valfler kapanır. Basınç, aort ve pulmoner arter basıncını aşana kadar tüm valfler kapalıdır ve hacim değişmez (izovolümetrik kontraksiyon). Semilunar valfler açılınca ejeksiyon başlar; önce hızlı, sonra yavaşlayan bir akışla sürer. Valfler kapanınca ventrikül yine kapalı bir odada gevşer (izovolümetrik gevşeme). Basınç atriyal düzeyin altına düşünce AV valfler açılır ve siklus yeniden başlar (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026).

Tablo 4 Kalp döngüsünün fazları. Her fazda kapakların durumu ve yaklaşık EKG karşılığı (bkz. Şekil 3).

Faz	Valflerin Durumu	Yaklaşık EKG Karşılığı
Atriyal sistol	AV açık, semilunar kapalı	P dalgası
İzovolümetrik kontraksiyon	Hepsi kapalı	QRS sonu
Hızlı ejeksiyon	Semilunar açık	ST segmenti
Azalmış ejeksiyon	Semilunar açık	T dalgası
İzovolümetrik gevşeme	Hepsi kapalı	T dalgası sonrası
Hızlı dolum ve diyastaz	AV açık	T–P aralığı

Şekil 3 Kardiyak siklusta EKG, aort ve sol ventrikül basıncı, ventrikül hacmi ve kalp seslerinin zamanla ilişkisi (Wiggers şeması).



Kaynak: Taebi et al., 2019, Şekil 1'den uyarlanmıştır (sismokardiyogram izi çıkarılmış, etiketler Türkçeleştirilmiştir); CC BY 3.0 lisansı ile kullanılmıştır.

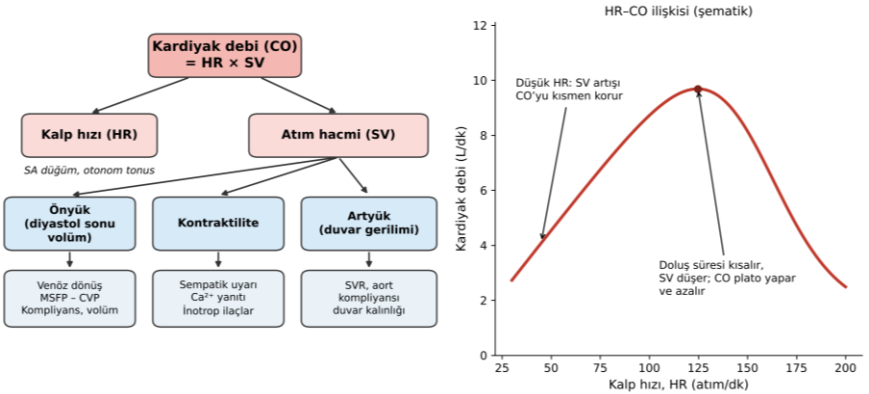
Kardiyak Debi ve Belirleyicileri

Kardiyak debi (CO), kalbin birim zamanda pompaladığı kan miktarıdır ve atım hacmi ile kalp hızının çarpımına eşittir: **CO = atım hacmi (SV) × kalp hızı (HR)** (bkz. Şekil 4). İki ventrikül seri çalıştığı için debileri normalde birbirine eşittir. Debiyi vücut yüzey alanına bölen kardiyak indeks (CI) bireyler arası karşılaştırmayı sağlar; normal değeri yaklaşık 2,5–4,2 L/dk/m^2'dir (Butterworth et al., 2022). Kardiyak debiyi dört faktör belirlemektedir: kalbe özgü iki faktör (kalp hızı ve miyokardiyal kontraktilite) ile kalp dışı iki faktör (önyük ve artyük) (Gropper et al., 2025).

Tablo 5 Kardiyak debinin belirleyicileri. Her belirleyicinin tanımı ve anestezide sık karşılaşılan değiştiricileri (bkz. Şekil 4).

Belirleyici	**Tanım**	**Anestezide Sık Karşılaşılan Değiştiriciler**
Kalp hızı	Dakikadaki atım sayısı; SA düğümün işlevi, otonom ve hormonal etkilerle değişir	Sempatik uyarı ve antikolinerjikler artırır; vagal uyarı, β-bloker ve bazı opioidler azaltır
Önyük	Kontraksiyon öncesi ventrikülün doluş düzeyi (diyastol sonu hacim)	Hipovolemi, vazodilatasyon, pozitif basınçlı ventilasyon ve atriyal fibrilasyon azaltır; volüm yüklemesi artırır
Artyük	Sistolik ejeksiyonda karşılaşılan yük (duvar stresi, SVR)	Vazokonstriksiyon, hipertansiyon ve aort stenozu artırır; vazodilatörler, volatil anestezikler, propofol ve nöroaksiyel blok azaltır
Kontraktilite	Önyük ve artyükten bağımsız, miyokardın içsel kasılma gücü	Sempatik uyarı ve inotroplar artırır; iskemi, hipoksi, asidoz ve yüksek doz anestezikler azaltır (Butterworth et al., 2022)

Şekil 4 Kardiyak debi (CO) belirleyicileri ve kalp hızı (HR)–CO ilişkisi. Solda: CO, HR ile atım hacminin (SV) çarpımıdır; SV önyük, kontraktilite ve artyük tarafından belirlenir. Sağda (şematik): HR arttıkça CO başlangıçta artar; çok yüksek HR'de diyastolik doluş süresi kısalır, SV düşer ve CO azalır.



Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Kalp hızının debiye etkisi

İzole bir etki olarak kalp hızı arttığında ve atım hacmi sabit kaldığında debi doğru orantılı artar. Ancak hız arttıkça diyastol sistolden orantısız biçimde kısalır; erişkinde 120/dk üzerinde ventrikül doluşı bozulur ve atım hacmi düşer (Butterworth et al., 2022). Bradikardide ise atım hacmindeki artış kalp hızındaki düşüşü yeterince karşılayamazsa debi azalır. Bu nedenle kalp hızı için tek bir "doğru" sayı yoktur; hedef, hastanın kalp hastalığına göre doluşü ve koroner perfüzyonu koruyan aralıktır.

Kardiyak debinin ölçüm prensipleri

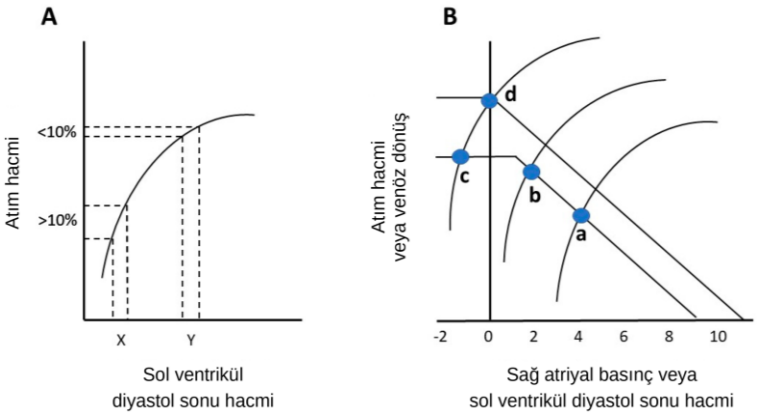
Kardiyak debi Fick prensibine göre hesaplanabilir. Bu prensip, kütlenin korunumu yasasına dayanır: akciğerden kana geçen

oksijen miktarı (oksijen tüketimi), debi ile pulmoner ven ve pulmoner arter oksijen içeriği farkının çarpımına eşittir; dolayısıyla oksijen tüketimi ve bu iki içerik biliniyorsa debi hesaplanır. İndikatör dilüsyon yöntemlerinde (boya veya termodilüsyon) ise aynı prensip kullanılır: bilinen miktarda indikatör enjekte edilir ve zamanın fonksiyonu olarak konsantrasyon eğrisi çıkarılır; eğrinin altındaki alan debi ile ters orantılıdır (Gropper et al., 2025). Klinik yöntemlerin karşılaştırılması "Kardiyak Debi Ölçüm Yöntemleri" başlığında ele alınacaktır.

Önyük (Preload)

Önyük, kontraksiyon başlamadan önce diyastol sonundaki ventrikül uzunluğu ile miyokardiyal kuvvet arasındaki ilişkiyi ifade eder; klinikte çoğunlukla diyastol sonu hacim ile eşdeğer kabul edilir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025). Bu ilişkinin temelinde Frank-Starling mekanizması yer alır: kalp kası gerildikçe, belli bir sınıra kadar daha güçlü kasılır. Otto Frank 1895'te kas gerilimi ile kas uzunluğu arasındaki ilişkiyi göstermiş, Starling ise 1914'te izole kalp-akciğer preparatında bu ilişkinin kalp için de geçerli olduğunu bildirmiştir. Sarkomer uzunluğu yaklaşık 2–2,2 µm olduğunda aktin ve miyozin çapraz bağlarının sayısı en uygun düzeye ulaşır; bu nedenle diyastol sonu hacimdeki artış, atım hacminde artışla sonuçlanır (Gropper et al., 2025; Hall & Hall, 2026). Bu mekanizma yetmezliğe giren kalpte de çalışır; ancak kalp yetersizliğinde eğri aşağı ve sağa kayar, yani aynı doluşta daha az atım hacmi elde edilir (Gropper et al., 2025). Aşırı diyastol sonu hacimlerde ise debi artmaz, hatta düşebilir; ventrikülün aşırı gerilmesi AV kapakların dilatasyonuna ve yetersizliğine yol açabilir (Butterworth et al., 2022).

Şekil 5. Frank-Starling ilişkisi. (A) Diyastol sonu hacim ile atım hacmi arasındaki ilişki: eğrinin dik bölümünde (X) önyük artışı atım hacmini belirgin artırırken (>%10), düzleşen bölümde (Y) artış sınırlı kalır (<%10). (B) Kalp fonksiyon eğrileri ile venöz dönüş eğrilerinin kesişim noktaları (a–d).



Kaynak: Russell et al., 2020, Şekil 3'ten uyarlanmıştır (etiketler Türkçeleştirilmiştir); CC BY 3.0 lisansı ile kullanılmıştır.

Ventrikül doluşunu belirleyenler

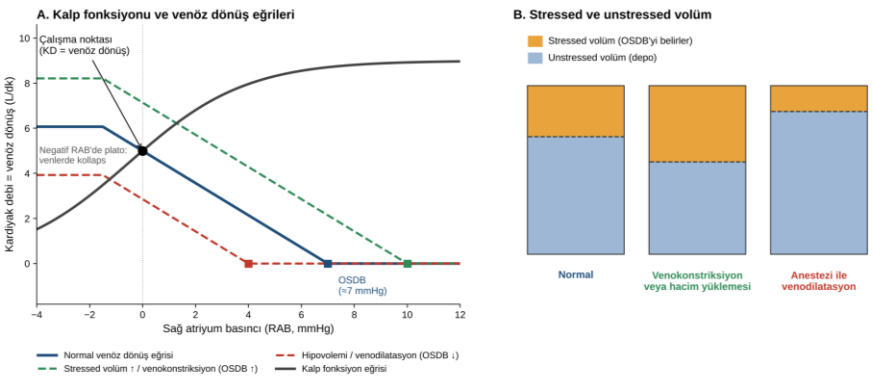
Kalp, kendisine gelmeyen kanı pompalayamaz; bu nedenle venöz dönüş normalde kardiyak debiye eşittir. Venöz dönüşü etkileyen diğer faktörler genellikle sabit olduğundan, ana belirleyici damar kapasitesidir (Butterworth et al., 2022). Metabolik aktivite arttığında damar kapasitesi azalır ve venöz dönüş artar. Anestezide önyükün hızla değişmesinin nedeni de budur: kan hacmi, kanın dağılımı ve venöz tonus birlikte ve çoğu kez anestezik ilaçlarla aynı anda değişir.

Guyton modeline göre venöz dönüş, ortalama sistemik dolum basıncı (MSFP) ile sağ atriyum basıncı arasındaki gradiyente bağlıdır (Şekil 6A). MSFP normalde yaklaşık 7 mmHg'dir ve onu belirleyen, damar duvarını geren stressed volümdür; damar duvarını germeden dolduran unstressed volüm ise depo işlevi görür. Venöz sistem toplam kan hacminin yaklaşık %70'ini barındırır ve kompliyansı arter sisteminin yaklaşık 30 katıdır; bu nedenle küçük basınç değişiklikleriyle büyük hacimleri depolayabilir (Demir et al., 2025). Venokonstriksiyon unstressed volümün bir kısmını stressed volüme çevirir, venodilatasyon ise tersini yapar (Şekil 6B). Sağ atriyum basıncı sıfırın altına indiğinde intratorasik venler kollabe olduğundan venöz dönüş plato yapar. Kalp fonksiyon eğrisi ile venöz dönüş eğrisinin kesiştiği nokta kardiyak debiyi belirler (Butterworth et al., 2022; Hall & Hall, 2026).

Tablo 6. Venöz dönüşü etkileyen faktörler. Mekanizma ve anestezide karşılaşılan örnekler (bkz. Şekil 6).

Faktör	**Mekanizma**	**Anestezide Karşılaşılan Örnekler**
Kan hacmi ve dağılımı	Toplam hacim ile venöz kapasitans damarlarındaki pay doluşu belirler	Kanama, açlık ve dehidratasyon; vazodilatasyonla kanın periferde birikmesi
Venöz tonus	Sempatik uyarı kapasitans damarlarını daraltır ve kanı santral dolaşıma kaydırır	İndüksiyonda ve nöroaksiyel blokta tonus kaybı, venöz birikme (Butterworth et al., 2022)
İntratorasik basınç	Artmış basınç venöz dönüş gradiyentini azaltır	Pozitif basınçlı ventilasyon, pozitif end-ekspiryum basıncı (PEEP), torakotomi (Butterworth et al., 2022)
Vücut pozisyonu	Yerçekimi venöz dönüşü değiştirir	Oturur pozisyon, Trendelenburg, ters Trendelenburg (Butterworth et al., 2022)
Perikardiyal basınç	Dışarıdan ventrikül dolumunu kısıtlar	Perikardiyal efüzyon, tamponad (Butterworth et al., 2022)
Ritim ve kalp hızı	Atriyal katkı kaybolur; yüksek hızda diyastol kısalır	Atriyal fibrilasyon, nodal ritim, taşikardi (Butterworth et al., 2022)

Şekil 6 Venöz dönüş fizyolojisi. (A) Kalp fonksiyon eğrisi ile venöz dönüş eğrilerinin kesişimi; venöz dönüş eğrisinin yatay eksenle kesiştiği nokta MSFP'yi gösterir. Stressed volüm artışı veya venokonstriksiyon eğriyi sağa, hipovolemi veya venodilatasyon sola kaydırır. (B) Stressed ve unstressed volüm dağılımının değişimi. Değerler örnek niteliğindedir.



Kaynak: Hall & Hall, 2026; Butterworth et al., 2022'deki venöz dönüş modeline dayanan özgün şema.

Ventrikül kompliyansı ve doluş basınçları

Sol ventrikül diyastol sonu basıncı (LVEDP), ancak hacim-basınç ilişkisi (kompliyans) sabitse önyükün ölçüsü olarak kullanılabilir. Normal kompliyans doğrusal olmadığından ve diyastolik fonksiyon bozukluğunda azaldığından, normal bir hastada normal önyüke karşılık gelen LVEDP, diyastolik disfonksiyonu olan hastada azalmış bir önyüke karşılık gelebilir (Butterworth et al., 2022). Gevşeme hızını etkileyen durumlar (hipertrofi, iskemi, asenkroni) erken diyastolik kompliyansı, hipertrofi ve fibrozis ise geç diyastolik pasif sertliği bozar. Perikard hastalıkları, karşı ventrikülün aşırı gerilmesi, havayolu veya plevra basıncı artışı ve

cerrahi kompresyon gibi dış etkenler de kompliyansı azaltır (Butterworth et al., 2022). Sağ ventrikül, duvarı daha ince olduğu için sol ventrikülden daha kompliyanstır (Butterworth et al., 2022).

Klinikte önyük dolaylı olarak pulmoner kapiller kama basıncı veya santral venöz basınç ile, daha doğrudan ise ekokardiyografide ventrikül hacim ölçümleriyle tahmin edilir (Gropper et al., 2025). Santral venöz basınçtaki değişiklikler normal kişilerde sağ ve sol ventrikül önyüküne kaba bir fikir verir (Butterworth et al., 2022).

Artyük (Afterload)

Artyük, kontraksiyon başladıktan sonra ventrikülün ejeksiyon sırasında karşılaştığı sistolik yüktür. Sistolde ventrikül duvarında gelişen gerilim (duvar stresi) artyükün doğrudan bir yansımasıdır; artyükü belirleyen ek bir etken aort kompliyansı ile aortun ejeksiyona gösterdiği dirençtir (impedans) (Gropper et al., 2025). Klinikte sol ventrikül artyükü genellikle sistemik vasküler direnç (SVR) ile eşdeğer tutulur; çünkü viskoelastik özellikler bir hastada sabit kabul edilebilir ve arteriyol tonusu SVR'nin ana belirleyicisidir (Butterworth et al., 2022). Aort stenozu olmayan durumlarda sistolik kan basıncı da artyükün kaba bir göstergesi olarak kullanılabilir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025).

Tablo 7 Vasküler direnç göstergeleri. Formül, yaklaşık normal değer ve klinik not.

Değişken	Formül	Normal Değer	Not
Sistemik vasküler direnç (SVR)	80 × (ortalama arter basıncı [MAP] − CVP) / CO	900–1500 dyn·s·cm^{-5} (Butterworth et al., 2022)	Sol ventrikül artyükünün klinik göstergesi
Pulmoner vasküler direnç (PVR)	80 × (ortalama pulmoner arter basıncı − sol atriyal basınç) / CO	50–150 dyn·s·cm^{-5} (Butterworth et al., 2022)	Sağ ventrikül artyükünün ana belirleyicisi; pratikte PAOP sol atriyal basınç yerine kullanılır

SVR: sistemik vasküler direnç; PVR: pulmoner vasküler direnç; MAP: ortalama arter basıncı; CVP: santral venöz basınç.

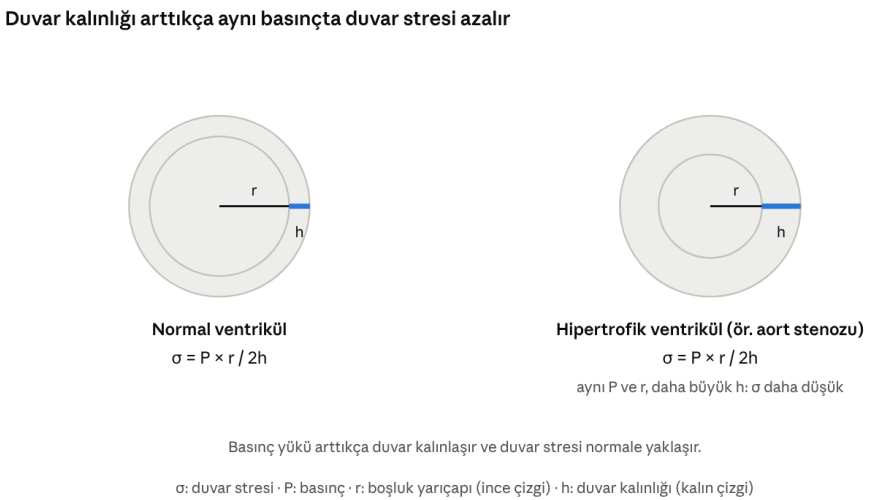
Sol ventrikül artyükündeki küçük değişiklikler debiyi etkilemeyebilir; ancak artyük belirgin arttığında debi düşer. İnce duvarlı sağ ventrikül artyük değişikliklerine sol ventriküle göre daha duyarlıdır. Ağır ventrikül yetersizliğinde, ilaç veya iskemiye bağlı miyokard depresyonunda ve kronik kalp yetersizliğinde debi, akut artyük artışlarına çok duyarlıdır (Butterworth et al., 2022).

Laplace yasası ve duvar stresi

Duvar gerilimi (σ), ventrikül basıncı (P) ile yarıçapın (R) çarpımının duvar kalınlığının (h) iki katına bölünmesiyle bulunur: **σ = P × R / 2h** (Gropper et al., 2025). Yani aynı basıncı oluşturmak için ventrikülün yarıçapı büyüdükçe daha fazla duvar gerilimi gerekir; duvar kalınlığı arttıkça aynı basınçta duvar stresi azalır (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025). Duvar stresi miyokardın oksijen tüketiminin önemli belirleyicisidir; bu nedenle dilate bir ventrikül aynı basıncı oluşturmak için daha fazla enerji harcar. Aort stenozu veya kronik hipertansiyonda ise sol ventrikül sürekli yüksek basınç oluşturmak zorunda kalır; duvar kalınlığının

artması (konsantrik hipertrofi) duvar stresini normale yaklaştırır, ancak bunun bedeli yüksek basınç işi ve artmış oksijen gereksinimidir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025).

Şekil 7 Laplace yasası: ventrikül basıncı, yarıçap ve duvar kalınlığının duvar stresiyle ilişkisi (normal ve aort stenozunda hipertrofik ventrikül).



Laplace yasası · normal ve hipertrofik ventrikül

Anestezide artyükü değiştirenler

Tablo 8 Artyükü değiştiren durumlar ve ilaçlar. Artyüke etkisi ve kısa not. SVR: sistemik vasküler direnç.

Durum/İlaç	Artyüke Etkisi	Klinik Not
Volatil anestezikler	SVR'yi düşürür (doza bağlı)	Önyükü ve artyükü azaltır; kalp yetersizliğinde bu etki hemodinamik yükü düşürebilir (Butterworth et al., 2022)
Propofol	Belirgin vazodilatasyon	Hipovolemide ani hipotansiyon
Ketamin	Sempatik uyarıyla artyükü artırabilir	Katekolamin deposu tükenmiş hastada etkisi değişebilir
Spinal ve epidural anestezi	Sempatik blokajla SVR'yi düşürür (blok düzeyine bağlı)	Sempatik tonus kaybı perioperatif hipotansiyona katkıda bulunur (Butterworth et al., 2022)
Vazopressörler	Fenilefrin, norepinefrin ve epinefrin SVR'yi artırır	Fenilefrin refleks bradikardiye yol açabilir

Kontraktilite ve İnotropik Durum

Kontraktilite (inotropi), önyük ve artyük değişmediği durumda miyokardın pompalama yeteneğidir; sistol sırasındaki kısalma hızı ile ilişkilidir ve bu hız, sistolik hücre içi kalsiyum konsantrasyonuna bağlıdır (Butterworth et al., 2022). Her Frank-Starling eğrisi belli bir kontraktilite düzeyini temsil eder. Kontraktilite arttığında eğri yukarı ve sola, azaldığında aşağı ve sağa kayar; kalp yetersizliğinde eğri belirgin biçimde aşağıya ve sağa yer değiştirir (Gropper et al., 2025). Kontraktiliteyi değiştiren başlıca etkenler egzersiz, adrenerjik uyarı, pH ve sıcaklık değişiklikleri ile dijital gibi ilaçlardır (Gropper et al., 2025). Sağlam bir kalpte kalp hızı arttıkça kasılma kuvveti de artar (kuvvet-frekans ilişkisi, Bowditch veya "treppe" etkisi); pacemaker uyarımı yapılan hastalarda bu etki izlenebilir (Gropper et al., 2025).

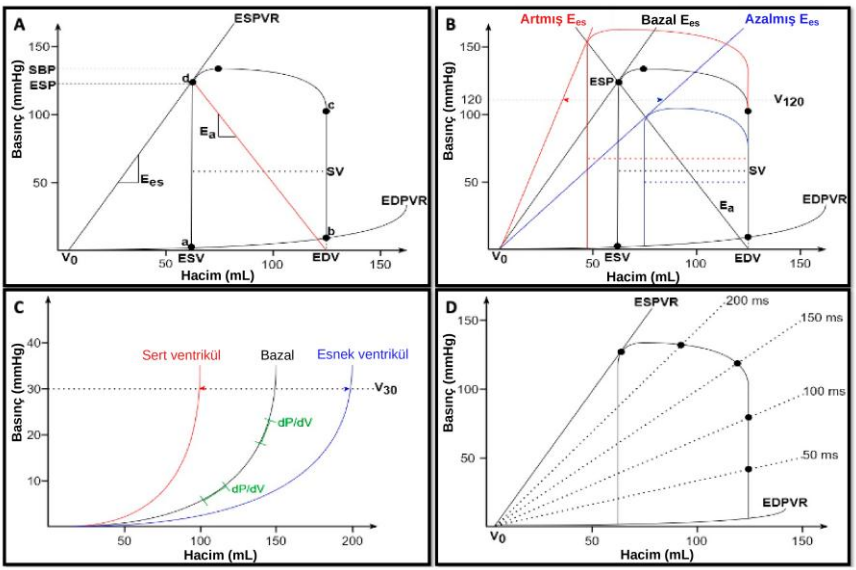
Kontraktiliteyi en çok sempatik sistem belirler. Sempatik lifler atriyum, ventrikül ve düğüm dokularını innerve eder; norepinefrin ve dolaşımdaki epinefrin β_1 reseptörleri aracılığıyla kontraktiliteyi artırır (Butterworth et al., 2022). Hipoksi, asidoz, kalpteki katekolamin depolarının tükenmesi ve iskemi veya enfarktüsle fonksiyonel kas kütlesinin kaybı kontraktiliteyi azaltır. Yeterince yüksek dozlarda çoğu anestezik ve antiaritmik ilaç da negatif inotropik etki gösterir (Butterworth et al., 2022).

Parasempatik uyarı M_2 reseptörü ve inhibitör G proteini aracılığıyla adenilil siklazı baskılayarak kontraktiliteyi azaltır. Asidoz ise L-tipi kalsiyum kanallarını inhibe ederek hücre içi kalsiyum kinetiğini bozar ve kontraktiliteyi düşürür (Butterworth et al., 2022).

Basınç-hacim döngüsü

Basınç-hacim (PV) döngüsü, bir kalp atımındaki sol ventrikül basıncı ile hacmini birlikte gösterir ve önyük, artyük ve kontraktiliteyi birbirinden ayırarak yorumlamayı sağlar (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025). Döngüde dört nokta tanımlanır: izovolümetrik kontraksiyonun başladığı nokta (diyastol sonu, mitral kapak kapanışı), aort kapağının açıldığı nokta, sistol sonu noktası ve mitral kapağın açıldığı nokta (Gropper et al., 2025). Atım hacmi, x ekseninde sistol sonu ve diyastol sonu hacimleri arasındaki farktır; döngünün çevrelediği alan ventrikülün yaptığı dış işi (atım işi) gösterir (Butterworth et al., 2022). Belirli bir kontraktilite düzeyi için tüm sistol sonu noktaları aynı doğru üzerinde yer alır; bu doğrunun eğimi kontraktilitenin ölçüsüdür. Eğim sola ve yukarı doğru dikleştiğinde kontraktilite artar, sağa doğru yatıklaştığında azalır (Butterworth et al., 2022).

Şekil 8. Sol ventrikülün basınç-hacim döngüsü. (A) Normal döngü: a, mitral kapağın açılması (dolum başlangıcı); b, mitral kapağın kapanması (diyastol sonu); c, aort kapağının açılması; d, aort kapağının kapanması (sistol sonu); sistol sonu basınç-hacim ilişkisi (ESPVR) ve diyastol sonu basınç-hacim ilişkisi (EDPVR) çizgilerini, Ees ve Ea sırasıyla sistol sonu elastansı ve arteriyel elastansı gösterir. (B) Kontraktilite (Ees) değişiminin döngüye etkisi. (C) Diyastolik özellikler: sert ve esnek ventrikül. (D) Zamana bağlı elastans.



Kaynak: Protti et al., 2024, Şekil 1'den uyarlanmıştır (etiketler Türkçeleştirilmiştir); CC BY 3.0 lisansı ile kullanılmıştır.

Ventrikül ve arter sistemi birbirinden bağımsız çalışmaz; bu etkileşim ventriküloarteriyel eşleşme (VAC) olarak adılandırılır. Etkin arteriyel elastans (Ea), sistol sonu basıncın (ESP) atım hacmine oranıdır (ESP/SV); ventrikül elastansı (Ees) ise sistol sonu basıncın sistol sonu hacme (ESV) oranıdır (ESP/ESV). Ejeksiyon

fraksiyonunun (EF) aksine Ees, ön ve artyükten büyük ölçüde bağımsız bir kontraktilite göstergesidir (Aydın et al., 2025; Gamarra et al., 2024). Ea/Ees oranı sağlıklı erişkinde yaklaşık 1,0 ± 0,36 olarak bildirilir; yaklaşık 0,5–0,7 aralığı en yüksek mekanik verimliliğe, yaklaşık 1,0 en yüksek atım işine karşılık gelir; 1,3–1,4'ün üzerinde artyük baskınlığı nedeniyle ileri akım bozulur (Aydın et al., 2025; Balan et al., 2026; Gamarra et al., 2024).

Tablo 9 Önyük, artyük ve kontraktilite değişikliklerinin basınç-hacim döngüsüne yansıması. Değişikliğin döngüde görülen karşılığı ve klinik örnek (bkz. Şekil 8).

Değişiklik	**Döngüde Görülen**	**Klinik Örnek**
Önyük artışı (kontraktilite ve artyük sabit)	Döngü sağa doğru genişler; diyastol sonu hacim ve atım hacmi artar (Butterworth et al., 2022)	Hacim yüklemesi, ven tonusunda artış
Artyük artışı (önyük ve kontraktilite sabit)	Sistol sonu basıncı yükselir; atım hacmi azalır (Butterworth et al., 2022)	Ani vazokonstriksiyon, aort stenozu
Kontraktilite artışı (önyük ve artyük sabit)	Sistol sonu noktası sola ve yukarı kayar; sistol sonu hacmi azalır, atım hacmi artar (Butterworth et al., 2022)	Dobutamin, sempatik aktivasyon
Sistolik disfonksiyon	Sistol sonu hacmi ve diyastol sonu hacmi artar, ejeksiyon fraksiyonu azalır	Dilate kardiyomiyopati, miyokard enfarktüsü
Diyastolik disfonksiyon	Aynı diyastol sonu hacimde diyastol sonu basıncı daha yüksektir (Butterworth et al., 2022)	Hipertansif hipertrofi, aort stenozu, iskemi

Ventrikül Fonksiyonunun Değerlendirilmesi

Ventrikül fonksiyonu sistolik (ejeksiyon) ve diyastolik (dolum) bileşenlere ayrılarak değerlendirilir. Sistolik fonksiyon sıklıkla yanlışlıkla kardiyak debiyle eşitlenir; oysa normal bir debi, ventrikülün çalışma kapasitesinin korunduğunu göstermez

(Butterworth et al., 2022). İki bileşen birbirinden bağımsız değildir: aynı hastada sistolik fonksiyon normal olabilirken diyastolik fonksiyon belirgin bozuk olabilir.

Sistolik fonksiyon

Sistolik fonksiyonun klinikte en sık kullanılan ölçütü ejeksiyon fraksiyonudur (EF): **EF = (EDV − ESV) / EDV**; burada EDV diyastol sonu, ESV sistol sonu hacimdir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025). Normal değer yaklaşık 0,67 ± 0,08'dir ve kalp kateterizasyonu, radyonukleotid çalışmaları, transtorasik (TTE) veya transeşofageal (TEE) ekokardiyografi ile ölçülür (Butterworth et al., 2022). EF tek başına kontraktilitenin sağlam bir göstergesi değildir; önyükten ve artyükten etkilenir. Pulmoner vasküler direnç arttığında sağ ventrikül EF düşüşü kontraktiliteyi değil artyükü yansıtır; mitral yetersizliğinde sol ventrikül EF de kontraktiliteyi doğru yansıtmaz (Butterworth et al., 2022). Daha yeni bir yöntem olan miyokard deformasyon (strain) analizinde ekokardiyografik görüntülerde miyokardiyal "benek"lerin hareketi izlenir; sağlıklı kişilerde transtorasik ekokardiyografide boylamasına global strain yaklaşık −%19 ile −%22 arasındadır, anestezi altındaki normal değerler ise belirlenmemiştir (Butterworth et al., 2022).

Diyastolik fonksiyon

Diyastolik fonksiyon ventrikülün gevşeme hızına, pasif sertliğine ve atriyal dolum katkısına bağlıdır. Gevşeme enerji gerektiren aktif bir süreç olduğundan iskemi gibi enerji arzını bozan durumlar önce diyastolü bozabilir (Gropper et al., 2025). Diyastolik disfonksiyon kalp yetersizliği bulgusu olmadan da bulunabilir (hipertansiyon, aort stenozu); semptomlar atriyal hipertansiyon ve

pulmoner kongesyondan kaynaklanır (Butterworth et al., 2022). Sistolik kalp yetersizliğinde kalp dilate olarak diyastol sonu hacmini artırır ve atım hacmini korumaya çalışır; diyastolik yetersizlikte ise gevşeme bozukluğu nedeniyle aynı diyastol sonu hacimde daha yüksek LVEDP görülür (Butterworth et al., 2022). Tanı Doppler ekokardiyografiyle konur: mitral kapaktan diyastolik akis (erken E ve atriyal A dalgaları, E/A oranı, E dalgasının yavaşlama süresi) ve doku Doppler ile mitral anlüs hareketi (e′ dalgası) ölçülür (Butterworth et al., 2022).

Tablo 10 Diyastolik fonksiyon bozukluğunun evreleri. Mitral akış paterni (E/A), doku Doppler bulguları ve yorum.

Evre	**Mitral Akis (E/A)**	**Doku Doppler (e′, E/e′)**	**Yorum**
Normal	E/A yaklaşık 0,8–2	e′ 8 cm/s'nin altında değil	Gevşeme ve dolum normal (Butterworth et al., 2022)
Gevşeme bozukluğu	E dalgası azalır, A dalgası artar; E/A düşer	e′ 8 cm/s'nin altında	Erken evre; atriyal katkıya bağımlılık artar (Butterworth et al., 2022)
Psödonormal	Sol atriyal basınç arttığından E/A tekrar normale döner	e′ düşük kalır	E/A tek başına normalden ayırt edemez; doku Doppler ayırır (Butterworth et al., 2022)
Restriktif	Uzun ve dar E, küçük A; E/A 2'nin üzerinde	E/e′ 15'in üzerinde LVEDP yüksekliğine uyar	Ventrikül çok sert; atriyal kasılma doluma az katkı sağlar (Butterworth et al., 2022)

E: erken dolum dalgası; A: atriyal kasılma dalgası; e′: mitral anülüs erken diyastolik hızı; LVEDP: sol ventrikül diyastol sonu basıncı.

Tablo 11 Ventrikül fonksiyonunun değerlendirilmesinde kullanılan yöntem ve parametreler. Her parametrenin gösterdiği özellik.

Yöntem/Parametre	**Neyi Gösterir**
Ejeksiyon fraksiyonu	Global sistolik fonksiyon
dP/dt	Sistolik basınç artış hızı (kontraktilite)
Boylamasına strain	Miyokardiyal deformasyon
Bölgesel duvar hareketi	İskemi, skar, hipertrofi, iletim bozukluğu
E/A, e′, E/e′	Diyastolik fonksiyon ve dolum basıncı

dP/dt: sistolik basınç artış hızı; E/A, e', E/e': mitral akış ve doku Doppler oranları.

Diyastolik fonksiyon derecelendirmesi 2025'te Amerikan Ekokardiyografi Derneği (ASE) tarafından yeniden düzenlenmiştir: yeni yaklaşım diyastolik fonksiyon değerlendirmesini sol atriyum basıncı tahmininden ayırır, belirsiz kategoriyi büyük ölçüde azaltır ve atriyal fibrilasyon ile pulmoner hipertansiyon için hastalığa özgü algoritmalar sunar (Nagueh et al., 2025). Sistolik fonksiyonda ise ASE ve Avrupa Kardiyovasküler Görüntüleme Derneği (EACVI) uzlaşı bildirisi, global longitudinal strain (GLS) için üreticiye özgü normal sınırlar verir ve izlemde aynı cihaz ve yazılımın kullanılmasını önerir (Thomas et al., 2026).

Sistemik Arter Basıncının Düzenlenmesi

Ortalama arter basıncı (MAP), kardiyak debi ile sistemik vasküler direncin çarpımıyla orantılıdır: $\mathbf{MAP - CVP \approx SVR \times CO}$. Santral venöz basınç MAP'a göre çok küçük olduğundan çoğu zaman ihmal edilir. Bu ilişkiden hipotansiyonun SVR'de, debide veya her ikisinde düşüşten kaynaklandığı sonucu çıkar; arter basıncının korunması için birindeki düşüşün diğerindeki artışla dengelenmesi gerekir (Butterworth et al., 2022). Nabız basıncı (sistolik − diyastolik basınç) atım hacmiyle doğru, arter ağacının kompliyansıyla ters orantılıdır; dolayısıyla nabız basıncındaki azalma atım hacminin düşmesine, SVR'nin artmasına veya ikisine

bağlı olabilir (Butterworth et al., 2022). Basınç dalgası periferik arterlere ilerlerken yansımalar nedeniyle genişler; bu yüzden nabız basıncı femoral veya dorsalis pedis arterinde genellikle aortta ölçülenden yüksektir (Butterworth et al., 2022). Sistemik dolaşımdaki basınç düşüşünün yaklaşık yarısı arteriyollerde gerçekleşir ve SVR'nin büyük bölümünü arteriyoller belirler (Butterworth et al., 2022).

Büyük arterler Windkessel modeline uygun davranır: elastik lifleri sayesinde sistolde gerilerek atım hacminin bir kısmını depolar, diyastolde geri vererek akımı sürekli kılar; küçük arterler ve arteriyoller ise direnci oluşturur (Demir et al., 2025). Nabız basıncı yaklaşık 40 mmHg'dir. 25 mmHg'nin altında daralması aort stenozu, ağır hipovolemi, kalp yetersizliği veya tamponadda; 100 mmHg'nin üzerinde genişlemesi ise ateroskleroz, septik şok, aort yetersizliği, gebelik veya hipertiroidide görülür (Demir et al., 2025).

Tablo 12 Arter basıncının zaman çerçevesine göre düzenlenmesi. Düzenleme mekanizmaları ve efektörler.

Zaman Çerçevesi	**Mekanizma**	**Efektör**
Saniyeler–dakikalar	Barorefleks ve diğer kardiyak refleksler	Sempatik ve parasempatik tonus; adrenal epinefrin
Dakikalar–saatler	Renin–anjiyotensin–aldosteron sistemi, vazopressin, kapiller sıvı değişimi	Anjiyotensin II (AT_1) ve vazopressin (V_1) ile arteriyoler vazokonstriksiyon
Saatler–günler	Böbrekte sodyum ve su dengesi	Böbrek

AT_1: anjiyotensin II tip 1 reseptörü; V_1: vazopressin V_1 reseptörü.

Hormonal etkiler

Kalbin kendisi de natriüretik peptitler, aldosteron ve adrenomedullin gibi hormonları salgılar; bunların yanında renin–anjiyotensin sistemi kalp fonksiyonunun en önemli

düzenleyicilerinden biridir (Gropper et al., 2025). Hormonlar normal fizyolojide kısmen sessizdir, patolojik durumlarda ise (özellikle kalp yetersizliğinde) etkinleşir (Gropper et al., 2025).

Tablo 13 Kardiyovasküler düzenlemede rol alan hormonlar. Kalp ve dolaşımdaki etkileri ile klinik notlar.

Hormon	**Kalp ve Dolaşımdaki Etkisi**	**Klinik Not**
Anjiyotensin II	AT_1 reseptörü ile arteriyoler vazokonstriksiyon, pozitif kronotropik etki, hipertrofi ve fibroblast çoğalması; aldosteron salgısını artırır (Gropper et al., 2025)	Kalp yetersizliğinde ACE inhibitörleri ve ARB etkilidir (Butterworth et al., 2022)
Aldosteron	Sodyum ve su tutulumu; kalpte fibrozis ve yapısal yeniden şekillenmeye katkı (Gropper et al., 2025)	Aldosteron inhibitörleri kalp yetersizliğinde sonlanımı iyileştirir (Butterworth et al., 2022)
Vazopressin (AVP)	V_1 ile vazokonstriksiyon, V_2 ile antidiüretik etki (Butterworth et al., 2022)	Ağır kalp yetersizliğinde artar; artyükü yükseltir, serbest su klirensini bozarak hiponatremi yapar (Butterworth et al., 2022)
Atriyal natriüretik peptid (ANP) ve beyin natriüretik peptidi (BNP)	Miyosit gerilmesine yanıt olarak salgılanır; natriürez ve vazodilatasyon yapar, renin–anjiyotensin sistemini inhibe eder (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025)	BNP > 500 pg/mL kalp yetersizliğini düşündürür; dispnede kalp ve akciğer nedenini ayırmada kullanılır (Butterworth et al., 2022)

AVP: arginin vazopressin; ANP: atriyal natriüretik peptid; BNP: beyin natriüretik peptid; ACE: anjiyotensin dönüştürücü enzim; ARB: anjiyotensin reseptör blokeri.

Kardiyak refleksler

Kardiyak reseptörler atriyumlarda, ventriküllerde, perikardiyumda ve koroner arterlerde bulunur; vagus siniri veya sempatik lifler yoluyla medulladaki kardiyovasküler merkeze bilgi taşır (Gropper et al., 2025). Bu refleksler sağlıklı hastada dolaşımı

dengede tutar; anestezi altında ise bozulur veya beklenmedik biçimde ortaya çıkar.

Tablo 14 Kardiyovasküler refleksler. Her refleksin uyaranı ve oluşturduğu yanıt.

Refleks	**Uyaran**	**Yanıt**
Barorefleks	Karotis sinüs ve aort arkındaki baroreseptörler (karotis: Hering siniri, aort: vagus)	Basınç düşünce sempatik tonus artar, vagal tonus azalır; basınç artınca tersi (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025)
Kemoreseptör refleks	PaO_2 yaklaşık 50 mmHg'nın altı veya asidoz	Solunum merkezini uyarır; parasempatik aktivasyonla bradikardi ve kontraktilite azalması; ısrarlı hipokside sempatik aktivite artar (Gropper et al., 2025)
Bainbridge refleksi	Sağ atriyum ve kavoatriyal bileşkede gerilme artışı	Vagal aferent yolla parasempatik aktivite inhibe olur, kalp hızı artar (Gropper et al., 2025)
Bezold-Jarisch refleksi	Sol ventrikül kemo- ve mekanoreseptörleri	Bradikardi, hipotansiyon ve koroner vazodilatasyon; koruyucu bir refleks olarak yorumlanır (Gropper et al., 2025)
Valsalva manevrası	Kapalı glottis karşı zorlu ekspirasyon	İntratorasik basınç artışı venöz dönüşü azaltır, arter basıncı düşer, refleks taşikardi ve vazokonstriksiyon gelişir; glottis açılınca basınç yükselir ve refleks bradikardi görülür (Gropper et al., 2025)
Cushing refleksi	Artmış kafa içi basınç ve serebral iskemi	Sempatik aktivasyon ile hipertansiyon; baroreseptör aracılığıyla refleks bradikardi (Gropper et al., 2025)
Okülokardiyak refleks	Göz küresine basınç veya ekstraoküler kas traksiyonu	Trigeminal afferent, vagal efferent; bradikardi (Gropper et al., 2025)

Koroner Dolaşım ve Miyokardiyal Oksijen Dengesi

Miyokardın kan akımı yalnızca sağ ve sol koroner arterlerden sağlanır; kan epikardiyal damarlardan endokarda doğru akar ve koroner sinüs ile ön kardiyak venler aracılığıyla sağ atriyuma döner (Butterworth et al., 2022). Koroner dolaşımın iki özelliği anestezist için özellikle önemlidir: sol ventrikül akımı kesintili (diyastolik) olması ve miyokardın oksijeni dokuya verilirken zaten çok yüksek oranda çıkarması.

Koroner anatomi

Tablo 15 Koroner arterler ve beslediği bölgeler.

Arter	Beslediği Bölge
Sağ koroner arter (RCA)	Sağ atriyum, sağ ventrikülün büyük bölümü, sol ventrikül inferior duvarı; SA düğümün yaklaşık %60'ı, AV düğümün %85–90'ı (Butterworth et al., 2022)
Sol ön inen arter (LAD)	Septum ve ön duvar; SA düğümün yaklaşık %40'ı; His demetinin bir bölümü (Butterworth et al., 2022)
Sirkumfleks arter (CX)	Lateral duvar; sol dominan dolaşımda posterior inen arter de buradan çıkar (Butterworth et al., 2022)
Posterior inen arter (PDA)	Septumun üst-arka bölümü ve inferior duvar; kişilerin yaklaşık %85'inde RCA'dan çıkar (sağ dominans), %15'inde sirkumfleksten (Butterworth et al., 2022)

RCA: sağ koroner arter; LAD: sol ön inen arter; CX: sirkumfleks arter; PDA: posterior inen arter; SA: sinoatriyal.

Koroner perfüzyonun belirleyicileri

Sol ventrikül sistolde kasıldığında intramiyokardiyal basınç sistemik arter basıncına yaklaşır ve damarlar neredeyse tamamen sıkışır; bu yüzden sol ventrikül neredeyse yalnızca diyastolde perfüze olur. Sağ ventrikül ise düşük basınçlı olduğundan hem sistolde hem diyastolde beslenir (Butterworth et al., 2022). Sol koroner perfüzyon basıncı (CPP), diyastolik arter basıncı (DBP) ile sol ventrikül diyastol sonu basıncının (LVEDP) farkıdır: **CPP = DBP**

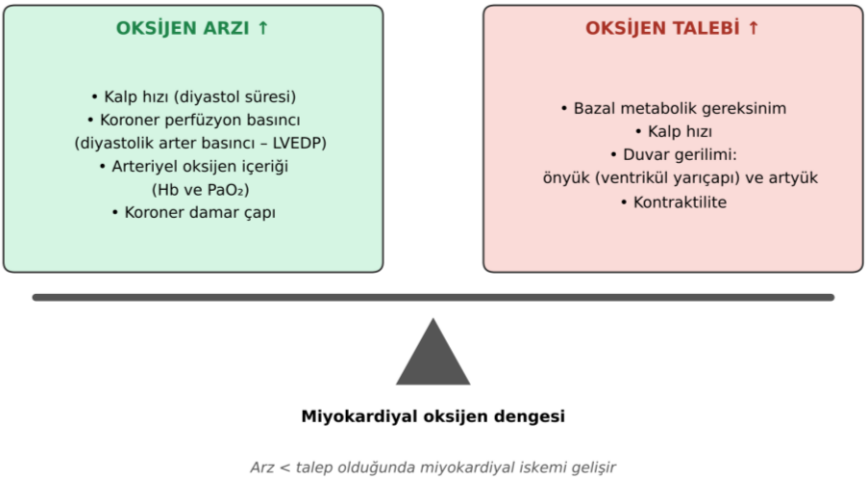
− **LVEDP** (Butterworth et al., 2022). Aort basıncındaki düşüş veya LVEDP artışı perfüzyon basıncını azaltır. Kalp hızı arttığında diyastol sistolden orantısız kısalır ve perfüzyon süresi azalır. Endokard sistolde en yüksek intramural basınca maruz kaldığından perfüzyon basıncı düşüşlerinde iskemiye en yatkın tabakadır (Butterworth et al., 2022).

Koroner akım normalde metabolik gereksinimle paralel gider; dinlenme halindeki erişkinde yaklaşık 250 mL/dk'dır. Miyokard, perfüzyon basıncı 50 ile 120 mmHg arasında olduğunda akımı kendi düzenler (otoregülasyon); bu aralığın dışında akım basınca bağımlı hale gelir (Butterworth et al., 2022). Hipoksi, doğrudan veya adenozin salınımı yoluyla koroner vazodilatasyon yapar; otonom etkiler genellikle zayıftır. Sempatik uyarı, artan metabolik gereksinim ve β_2 reseptörlerinin baskınlığı nedeniyle genellikle akımı artırır; parasempatik etki küçüktür (Butterworth et al., 2022).

Miyokardiyal oksijen dengesi

Miyokard, arteriyel kandaki oksijenin yaklaşık %65'ini çıkarır (çoğu dokuda bu oran yaklaşık %25'tir) ve koroner sinüs oksijen satürasyonu yaklaşık %30'dur. Bu nedenle diğer dokulardan farklı olarak miyokard, akım azaldığında daha fazla oksijen çıkararak telafi edemez; oksijen gereksinimindeki her artış koroner akımla karşılanmalıdır (Butterworth et al., 2022). Gereksinime katkı bakımından basınç işi en büyük paydır: bazal gereksinim %20, elektriksel aktivite %1, hacim işi %15 ve basınç işi yaklaşık %64'tür (Butterworth et al., 2022). Oksijen arzını ve talebini belirleyen etkenler Şekil 9'da özetlenmiştir.

Şekil 9. Miyokardiyal oksijen arz–talep dengesi.



Arz; kalp hızı (diyastol süresi), koroner perfüzyon basıncı (diyastolik arter basıncı ve LVEDP), arteriyel oksijen içeriği ve koroner damar çapına; talep ise bazal metabolik gereksinim, kalp hızı, duvar gerilimi (önyük ve artyük) ve kontraktiliteye bağlıdır. Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Kalp hızı ve, daha az ölçüde, ventrikül diyastol sonu basıncı hem arzı hem talebi belirleyen ortak etkenlerdir (Butterworth et al., 2022).

Klinik uyarı. İskemi riski olan hastada taşikardi ve diyastolik hipotansiyon birlikte arzı azaltıp talebi artırır. Hızı düşürmeye çalışmadan önce nedeni arayın: yetersiz anestezi veya ağrı, hipovolemi, anemi ve hipoksemi giderilmeden hızı baskılamak debiyi ve koroner perfüzyonu daha da bozabilir (Butterworth et al., 2022).

Anestezik ilaçların koroner etkileri

Çoğu volatil anestezik koroner vazodilatördür; koroner akım üzerindeki net etkisi doğrudan vazodilatasyona, miyokardiyal

metabolik gereksinimin azalmasına ve arter basıncındaki değişikliklere bağlı olarak değişkendir. Volatil ajanlar deneysel miyokard iskemisi ve enfarktüsünde oksijen gereksinimini azaltır ve ATP'ye duyarlı K^+ (KATP) kanallarının aktivasyonu yoluyla reperfüzyon hasarına karşı koruyucu etki gösterir (Butterworth et al., 2022).

Anestezik İlaçların Kardiyovasküler Etkileri

Anestezik ilaçların kardiyovasküler etkisi dört belirleyicinin bileşimidir: doğrudan miyokard etkisi, damar tonusu üzerindeki etki, otonom (barorefleks ve sempatik) yanıt üzerindeki etki ve hastanın o andaki hacim durumu ile kardiyak rezervi. Bu nedenle aşağıdaki tablolar "ilacın ne yaptığı"ndan çok, hangi hastada neyin beklenmesi gerektiğini göstermek için kullanılmalıdır. Volatil anestezikler kontraktiliteyi hücre içi kalsiyum dolaşımını değiştirerek azaltır (ayrıntısı "Eksitasyon-kontraksiyon eşleşmesi" başlığında); azot protoksit de hücre içi kalsiyumun kullanılabilirliğini azaltarak kontraktiliteyi konsantrasyona bağlı düşürür. İntravenöz ajanların doğrudan kardiyak depresyon mekanizmaları iyi bilinmemekle birlikte benzer olduğu düşünülür; indüksiyon ajanları arasında ketamin, merkezi sinir sistemini uyarıcı etkisi nedeniyle kontraktiliteyi en az baskılayandır (Butterworth et al., 2022).

Volatil anestezikler ve azot protoksit

Volatil anesteziklerin ortak özelliği doza bağlı miyokard depresyonu ve vazodilatasyondur. önyükü ve artyükü azalttıkları için kalp yetersizliği olan hastada hemodinamik yükü düşürebilirler (Butterworth et al., 2022). Klinik sonuç ajanın konsantrasyonuna, hastanın hacim durumuna ve kardiyak rezervine bağlıdır.

Tablo 16 İnhalasyon anesteziklerinin kardiyovasküler etkileri. Kontraktilite ve SVR üzerindeki etkiler.

Ajan	Kontraktilite	SVR	Kalp Hızı	Not
Sevofluran	↓ (hafif–orta)	↓	Değişmez veya hafif ↑	Yaygın kullanılan ajan
İzofluran	↓ (orta)	↓↓	Hafif ↑	Belirgin vazodilatasyon
Desfluran	↓ (hafif)	↓	↑	Konsantrasyonun hızlı artırılmasında sempatik aktivasyon ve taşikardi görülebilir
Azot protoksit	↓ (konsantrasyona bağlı) (Butterworth et al., 2022)			Hücre içi kalsiyumun kullanılabilirliğini azaltır (Butterworth et al., 2022)

SVR: sistemik vasküler direnç.

İntravenöz indüksiyon ajanları

Tablo 17 İntravenöz anestezik ajanların kardiyovasküler etkileri. Kontraktilite ve SVR üzerindeki etkiler.

Ajan	Kontraktilite	SVR	Kalp Hızı	Klinik Not
Propofol	↓	↓↓	↓ veya değişmez	Venöz ve arteriyel vazodilatasyonla hipotansiyon; hipovolemide belirgindir
Etomidat	Değişmez	Değişmez	Değişmez	Hemodinamik etkisi küçüktür; adrenal baskılama riski vardır
Ketamin	↑ (dolaylı) / ↓ (doğrudan)	↑	↑↑	Sempatik aktivasyonla etki gösterir; katekolamin deposu tükenmişse doğrudan miyokard depresyonu ön plana çıkabilir (Butterworth et al., 2022)
Tiyopental	↓	↓	↑	Hızlı etkili barbitürat; hipoalbüminemide etkisi uzayabilir
Midazolam	Minimal ↓	↓	Değişmez veya ↓	Düşük dozda etkisi azdır; opioidle sinerji gösterir

SVR: sistemik vasküler direnç.

Opioidler ve kas gevşeticiler

Tablo 18 Opioidler ve diğer ilaçların kardiyovasküler etkileri. İlaç, kardiyovasküler etki ve not.

İlaç	Kardiyovasküler Etki	Not
Fentanil, sufentanil	Vagal etkiyle bradikardi; AV iletim süresi ve refrakter periyot uzayabilir (Butterworth et al., 2022)	Minimal doğrudan inotropik etki; yüksek dozda bradikardi
Remifentanil	Belirgin bradikardi ve hipotansiyon	Çok kısa etkilidir; sürekli infüzyon gerektirir
Morfin	Histamin salınımı ile vazodilatasyon ve hipotansiyon	Yavaş enjeksiyonla etki azalır
Süksinilkolin	Muskarinik uyarı ile bradikardi ve nodal ritim	Çocukta ve tekrarlayan dozda daha belirgin
Rokuronyum, sisatrakuryum	Minimal	Sisatrakuryum organ yetersizliğinde Hofmann eliminasyonu ile avantajlıdır
Vekuronyum	Minimal; opioidle birlikte bradikardi görülebilir	
Atrakuryum	Histamin salınımı ile hafif hipotansiyon	

Kardiyovasküler Monitörizasyon: Genel İlkeler ve Basamaklandırma

Monitörizasyonun amacı sayı üretmek değil; dolaşımın ve doku oksijenlenmesinin bozulduğunu erken fark etmek, bozulmanın nedenini ayırt etmek ve uygulanan müdahalenin etkisini izlemektir. Bu nedenle bir monitör seçilmeden önce şu soru sorulmalıdır: bu ölçüm hangi kararımı değiştirecek? Hemodinamik monitörler dört ayrı soruya yanıt verir ve hiçbiri tek başına dolaşımın tamamını anlatmaz.

Tablo 19 Hemodinamik monitörizasyonda sorulan sorular ve ilgili ölçümler.

Sorulan Soru	**Başlıca Ölçümler**
Elektriksel durum nedir?	EKG (hız, ritim, iletim, ST segmenti)
Basınç durumu nedir?	Noninvaziv kan basıncı (NIBP), invaziv arter basıncı, CVP, pulmoner arter basıncı
Akım durumu nedir?	Kardiyak debi, atım hacmi, dinamik değişkenler
Doku perfüzyonu yeterli mi?	Laktat, santral venöz oksijen satürasyonu ($ScvO_2$), idrar çıkışı, kapiller dolum, bilinç

NIBP: noninvaziv kan basıncı; $ScvO_2$: santral venöz oksijen satürasyonu.

Her anestezide uygulanması gereken asgari düzey, Amerikan Anesteziyologlar Derneği (ASA) temel monitörizasyon standardıyla tanımlanmıştır: oksijenasyon, ventilasyon, dolaşım ve vücut sıcaklığı sürekli değerlendirilir (American Society of Anesthesiologists, 2025). Dolaşım için EKG sürekli izlenir; arter basıncı ve kalp hızı en az beş dakikada bir ölçülür ve genel anestezide dolaşım ayrıca nabız palpasyonu, kalp seslerinin dinlenmesi, intraarteriyel basınç eğrisi, periferik nabzın ultrasonografik izlemi veya pletismografi/oksimetri gibi yöntemlerden en az biriyle sürekli değerlendirilir (American Society of Anesthesiologists, 2025). Bu standart tabandır; hasta ve cerrahi riski arttıkça monitörizasyon bu tabanın üzerine basamaklanır (bkz. Monitörizasyon Seçimi).

Tablo 20. Anestezi sırasında asgari monitörizasyon. Alanlara göre en az gerekli izlem.

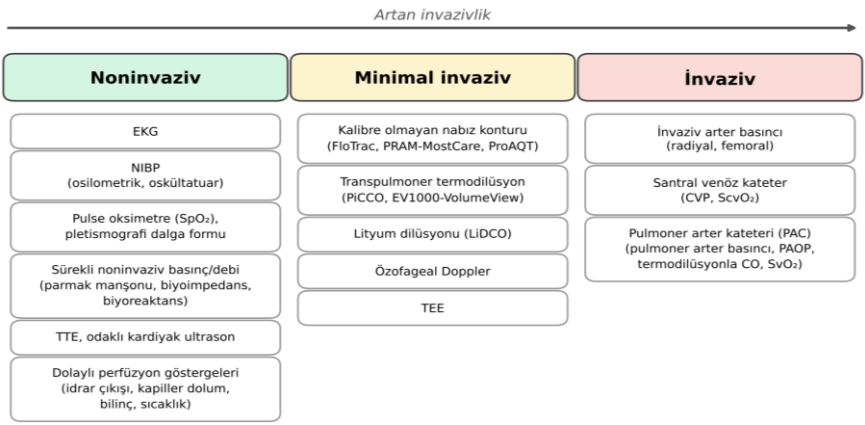
Alan	**Asgari İzlem (American Society of Anesthesiologists, 2025)**
Oksijenasyon	Pulse oksimetre; genel anestezide inspire O_2 analizörü
Ventilasyon	Kapnografi (end-tidal CO_2, $ETCO_2$)
Dolaşım	Sürekli EKG; arter basıncı ve nabız en az 5 dakikada bir
Sıcaklık	Klinik olarak anlamlı değişim beklendiğinde veya olası olduğunda

$ETCO_2$: end-tidal karbondioksit.

İnvazivlik düzeyine göre sınıflama

Hemodinamik monitörizasyon yöntemleri, ölçüm için hastaya yapılan girişimin derecesine göre üç düzeyde ele alınır: noninvaziv, minimal invaziv (yarı-invaziv) ve invaziv (Şekil 10) (Kouz et al., 2024). Sınır kesin değildir; aynı arter kateteri hem invaziv basınç ölçümü hem de nabız konturu ile debi hesaplamak için kullanılabildiğinden, cihazlar kullanım biçimine göre farklı gruplarda anılabilir. Tabloda her düzeyin başlıca yöntemleri ve ölçtükleri özetlenmiş, her yöntem sonraki bölümlerde ayrıca açılmıştır.

Şekil 10. Hemodinamik monitörizasyon yöntemlerinin invazivlik düzeyine göre sınıflaması.



NIBP: noninvaziv kan basıncı; TTE: transtorasik ekokardiyografi; TEE: transözofageal ekokardiyografi; CVP: santral venöz basınç; $ScvO_2$: santral venöz oksijen satürasyonu; PAOP: pulmoner arter oklüzyon basıncı; SvO_2: karışık venöz oksijen satürasyonu. Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Elektrokardiyografi

EKG; kalp hızı, ritim, iletim bozuklukları, elektrolit etkileri ve miyokard iskemisi için sürekli izlenebilen en erişilebilir

monitördür. Anestezi altındaki hasta semptom bildiremediği için, kalp dışı cerrahi sonrası miyokard hasarı (MINS) olgularının büyük bölümü (%82–93) zaten belirtisiz seyreder (Kashlan et al., 2024); EKG bu nedenle iskeminin ilk görülen işareti olabilir.

Derivasyon seçimi

Beş kablolu sistemde ekstremite derivasyonları (özellikle II) P dalgası ve ritim için, V_5 ise sol ventrikül anterolateral duvar iskemisi için tercih edilir. Koroner arter hastalarında sürekli 12 derivasyonlu kayıtlarla yapılan klasik bir çalışmada iskemik epizodların yaklaşık %75'i V_5'te, %61'i V_4'te ve %33'ü derivasyon II'de saptanmıştır; II ve V_5 birlikte izlendiğinde duyarlılık yaklaşık %80'e, II, V_4 ve V_5 birlikte izlendiğinde yaklaşık %96'ya çıkmıştır (London et al., 1988). Tek derivasyonun iskemiyi sıklıkla kaçıracağı, ST analizi için V_5'in (mümkünse V_4 ile birlikte) izlenmesi gerektiği ve seçimin bilinen koroner anatomiye göre bireyselleştirilebileceği sonucu çıkar.

Tablo 21 EKG derivasyonları ve izlenen bölgeler. Her derivasyonun baktığı miyokard bölgesi.

Derivasyon	**Bakılan Bölge**
II	İnferior duvar (çoğunlukla sağ koroner arter)
V_5	Anterolateral duvar (LAD ve sirkumfleks)
V_4	Anterior duvar (LAD)
aVL (veya I)	Yüksek lateral duvar (sirkumfleks)

İskemi bulguları ve yorum

Anlamlı ST çökmesi, J noktasından 60–80 ms sonra ölçülen en az 1 mm (0,1 mV) yatay veya aşağı eğimli çökme (Bjerregaard et al., 2003); ST yükselmesi ise en az 1 mm yükselmedir ve transmural iskemiyi düşündürür. Ölçüm noktası konusunda güncel rehberler ST değişikliklerinin J noktasında ölçülmesini önerir; efor testindeki

talep iskemisi ise J noktasından 60–80 ms sonra ölçülerek saptanır (Lindow et al., 2020). Eşik değerler klinik bağlama göre değişir. Subendokardiyal iskemi çoğu zaman taşikardi, hipotansiyon veya anemi gibi miyokardiyal oksijen arz-talep uyumsuzluğunun ilk yansımasıdır (bkz. Koroner Dolaşım ve Miyokardiyal Oksijen Dengesi). ST analizi için monitörün dar bantlı 'monitör' filtre modu yerine geniş bantlı (diyagnostik) mod kullanılmalıdır; 0,5 Hz yüksek geçiren filtre ST segmentini bozabilir; ST yorumu için 0,05 Hz kesme frekansı gerekir (Buendía-Fuentes et al., 2012).

Tablo 22 EKG yorumunu güçleştiren durumlar. Yorumu güçleştiren durum ve nedeni.

Yorumu Güçleştiren Durum	**Neden**
Sol dal bloğu, ventriküler pacing	Ventrikül repolarizasyonu baştan bozuktur
Sol ventrikül hipertrofisi, digoksin, elektrolit bozukluğu	Bazal ST-T değişiklikleri
Tek derivasyon izlemi	Düşük duyarlılık (London et al., 1988)
İzole posterior duvar iskemisi	Standart derivasyonlarda yansıması azdır
Elektrokoter, hareket	Artefakt

Perioperatif miyokard hasarının büyük bölümü asemptomatiktir ve çoğu olguda EKG değişikliği eşlik etmez; bu nedenle intraoperatif ST izlemi troponin değerlendirmesinin yerini tutmaz (Kashlan et al., 2024). Avrupa Kardiyoloji Derneği (ESC) 2022 kılavuzu, kardiyovasküler hastalığı veya risk faktörü olan ya da 65 yaş ve üzeri hastalarda orta ve yüksek riskli cerrahide ameliyat öncesi bazal EKG ve hs-troponini, ameliyat sonrası 24. ve 48. saatte hs-troponin ölçümünü önerir (Halvorsen et al., 2022). 2024 Amerikan Kalp Derneği/Amerikan Kardiyoloji Koleji (AHA/ACC) kılavuzu ameliyat sonrası troponin izlemini yüksek riskli hastada düşünülebilecek bir seçenek olarak ele alır (Thompson et al., 2024). Yakın tarihli bir yorum yazısı, kalp dışı cerrahi sonrası miyokard hasarının (MINS) büyük cerrahi geçiren 45 yaş üzeri hastaların

yaklaşık %13'ünde görüldüğünü ve olguların %84–93'ünün asemptomatik olduğunu belirterek rutin perioperatif troponin izlemini savunur (Dissanayake et al., 2026); bu bir kılavuz değil, görüş metnidir.

Noninvaziv Kan Basıncı Monitörizasyonu

Otomatik NIBP cihazlarının çoğu osilometrik yöntemi kullanır: manşon yavaşça söndürülürken arter duvarından manşona iletilen basınç dalgalanmalarının genliği ölçülür. Genlik en büyük olduğunda manşon basıncı ortalama arter basıncına (MAP) yaklaşır; sistolik ve diyastolik basınçlar ise üreticiye özgü algoritmalarla bu genlik zarfının şeklinden türetilir (Chandrasekhar et al., 2019; Philips IntelliVue Patient Monitor, 2019). Bu nedenle MAP, NIBP'de en güvenilir değişkendir; sistolik ve diyastolik değerler algoritmaya bağımlıdır.

Tablo 23 Noninvaziv kan basıncı ölçümünün doğruluğunu bozan durumlar. Doğruluğu bozan durum ve ölçüme etkisi.

Doğruluğu Bozan Durum	**Etkisi**
Dar manşon	Yüksek okuma
Geniş manşon	Düşük okuma
Manşonun kalp seviyesinden farklı olması	Hidrostatik hata; her 10 cm yaklaşık 7–8 mmHg
Atriyal fibrilasyon ve düzensiz ritim	Osilasyon genliği atımdan atıma değişir
Hareket, titreme, manşona dış baskı	Artefakt
Çok düşük veya çok yüksek basınç	Düşük basınçlar fazla, yüksek basınçlar düşük okunma eğilimindedir

ASA standardı en az beş dakikada bir ölçüm ister (American Society of Anesthesiologists, 2025); ancak indüksiyon, kanama veya vazoaktif ilaç titrasyonu gibi basıncın dakikalar içinde değiştiği durumlarda bu aralık yetersiz kalır. Bu durumlarda ölçüm aralığı kısaltılabilir ya da sürekli yöntemlere geçilir. Parmak manşonuyla

sürekli noninvaziv izlem (volume-clamp ilkesi) kısa süreli hipotansiyon dönemlerini aralıklı ölçümden daha sık yakalar; ancak vazokonstriksiyon, düşük periferik perfüzyon ve el pozisyonu doğruluğu azaltır.

Parmak manşonu ve hacim kelepçesi yöntemiyle sürekli noninvaziv ölçüm yapan sistemler arter kateterine alternatif olabilir; ancak doğrulama çalışmalarının yalnızca yaklaşık üçte biri uluslararası doğruluk standartlarını karşılamış, şokta veya yüksek doz vazopresör tedavisinde güvenilirlikleri düşük bulunmuştur (Kouz et al., 2024).

Kolsuz (cuffless) giyilebilir sistemler hızla gelişmektedir; ameliyathanede 46 hastada 389 eşleşmiş ölçümde arter kateterine göre ortalama hata sistolikte −1,44 ± 6,64 mmHg, diyastolikte 3,35 ± 6,91 mmHg bulunmuştur (Lu et al., 2026). Tek merkezli ve küçük bir çalışma olduğu için bu veri, bu cihazların arter kateterinin yerini alabileceğini göstermez.

İnvaziv Arteriyel Basınç Monitörizasyonu

Arter kateteri atımdan atıma basınç izlemi, tekrarlı arter kanı örneklemesi ve nabız dalga formunun analizi (PPV, atım hacmi değişkenliği [SVV] ve nabız konturu ile kardiyak debi) olanağı sağlar. Kateterin yararı, elde edilen verinin tedaviyi değiştirmesine bağlıdır.

Tablo 24 İnvaziv arter basıncı izleminin endikasyonları. Her endikasyonun gerekçesi.

Endikasyon	Gerekçe
Büyük kanama, geniş sıvı kayması veya hızlı hemodinamik değişim beklenen cerrahi	Dakikalar içinde değişen basıncın yakalanması
Ciddi kardiyopulmoner hastalık, ileri kalp yetersizliği, pulmoner hipertansiyon, ağır kapak hastalığı	Güvenli basınç aralığı dardır
Vazoaktif ilaç infüzyonu	Titrasyon için sürekli basınç gerekir
Sık arter kan gazı veya laboratuvar örneği	Tekrarlı ponksiyon gerekmez
NIBP'nin güvenilmez olduğu durumlar	Ciddi obezite, düzensiz ritim, yanık, uygun ekstremite yokluğu
Dinamik değişken veya nabız konturu ile debi izlemi gerektiğinde	Dalga formu analizi arter eğrisine dayanır

Arter seçimi

Tablo 25 İnvaziv arter basıncı için kullanılan arterler. Her arterin avantajı ve sınırlaması.

Arter	Avantaj	Sınırlama
Radiyal	Yüzeysel, kolay, komplikasyon az	Aortik basıncı periferik amplifikasyonla yansıtır
Femoral	Daha santral; vazokonstriksiyonda daha güvenilir	Kanama, retroperitoneal hematom, enfeksiyon
Aksiller	Santral konum	Pleksus hasarı, kompresyon güçlüğü
Brakiyal	Yüzeysel	Yetersiz kollateral akım, iskemi riski
Dorsalis pedis	Alt ekstremite cerrahisinde erişilebilir	En distal konumdur; sistolik basınç daha yüksek ve gecikmiş okunur

Radiyal kanülasyon öncesi kollateral akımın Allen testi, pulse oksimetri veya Doppler ile değerlendirilmesi yaygın bir alışkanlıktır; ancak testin kalıcı iskemiyi öngörme gücü zayıftır ve iskemik komplikasyon nadir olduğundan rutin kullanımı tartışmalıdır. Modifiye Allen testinin duyarlılığı yaklaşık %77, özgüllüğü yaklaşık %93 bulunmuş, test el iskemisini öngörmede

yetersiz kalmıştır (Romeu-Bordas & Ballesteros-Peña, 2017). Ultrasonografi eşliğinde kanülasyon ilk denemede başarıyı artırır (Vegas et al., 2025). Başlıca komplikasyonlar hematom, tromboz ve distal iskemi, enfeksiyon, psödoanevrizma, sinir hasarı ve bağlantı kopmasına bağlı kanamadır.

Arter dalga formu

Arter basınç dalgası kalpten uzaklaştıkça biçim değiştirir: periferik arterlerde sistolik tepe yükselir, nabız basıncı artar (periferik amplifikasyon); MAP ise hemen hemen değişmez (normalde yalnızca 1–3 mmHg düşer; sistolik basınç 5–60 mmHg artabilir) (Gravlee et al., 1989). Radiyal sistolik basınç bu nedenle aortik sistolik basıncı olduğundan yüksek yansıtabilir. Kardiyopulmoner baypas sonrasında bu ilişki tersine dönebilir; periferik (radiyal, brakiyal) basınç aortik basıncın altında kalabilir ve femoral basınç aortik basıncı daha güvenilir yansıtır (Gravlee et al., 1989). Karar vermede en dayanıklı değişken MAP'tır.

Tablo 26 İnvaziv arter dalga formunda görülen bulgular ve olası anlamları. Dalga formu bulgusu ve olası anlamı.

Dalga Formu Bulgusu	**Olası Anlam**
Dar nabız basıncı	Düşük atım hacmi, hipovolemi, tamponad, aort stenozu
Geniş nabız basıncı	Aort yetersizliği, vazodilatasyon, sert arterler
Solunumla belirgin dalgalanma	Önyük bağımlılığı, tamponad, spontan solunum çabası
Yavaş sistolik yükselme	Düşük kontraktilite, aort stenozu
Atımdan atıma dönüşümlü genlik (pulsus alternans)	Ağır sol ventrikül yetersizliği
Dikrotik çentiğin silinmesi	Aşırı sönümleme veya belirgin vazodilatasyon

Dinamik yanıt: sönümleme ve rezonans

Kateter, tüp ve transdüserden oluşan sistem mekanik bir osilatör gibi davranır; doğal frekansı (fn) ve sönümleme katsayısı (ζ) dalganın doğru iletilip iletilmediğini belirler. Basınç dalgasının harmonikleri sistemin doğal frekansına yaklaşırsa genlik büyür (rezonans) ve sistolik basınç olduğundan yüksek okunur; aşırı sönümlemede dalga yassılaşır, sistolik basınç düşük ve diyastolik basınç yüksek okunur. Her iki durumda da ortalama basınç büyük ölçüde korunur (Gardner, 1981). Hızlı yıkama (fast-flush) testi sistemin dinamik yanıtını bedside değerlendirir: yıkama düzeneği kısa süre açılıp bırakıldığında transdüser kare dalga çizer, ardından osilasyonlar söner. Osilasyonlar arası süre doğal frekansı, ardışık tepe genliklerinin oranı sönümleme katsayısını verir; erişkin arter sistemlerinde genellikle doğal frekansın en az 10–12 Hz, sönümleme katsayısının yaklaşık 0,5–0,7 olması hedeflenir (Gardner, 1981).

Tablo 27 Fast-flush testinde dalga formu görünümü. Sönümleme durumuna göre fast-flush görünümü ve ölçüme etkisi.

Durum	**Fast-Flush Görünümü**	**Ölçüme Etkisi**	**Olası Neden ve Düzeltme**
Aşırı sönümleme	Yıkama sonrası osilasyon yok veya en fazla bir; dikrotik çentik silik	Sistolik düşük, diyastolik yüksek; MAP yaklaşık doğru	Hava kabarcığı, pıhtı, kıvrılmış kateter, gevşek bağlantı, düşük torba basıncı; sistem yıkanır, kabarcık giderilir, bağlantılar kontrol edilir
Yetersiz sönümleme (rezonans)	Yıkama sonrası üç veya daha fazla osilasyon	Sistolik yüksek, diyastolik düşük; MAP yaklaşık doğru	Uzun ve esnek tüp; tüp kısaltılır ve sönümleme sağlanır
Optimal sönümleme	Bir iki hızla sönen osilasyon; dikrotik çentik belirgin	Güvenilir ölçüm	Düzeltme gerekmez

Transdüser sağ atriyum hizasına (flebostatik aks: dördüncü interkostal aralık, ön-arka göğüs çapının ortası) yerleştirilir ve atmosfere açılarak sıfırlanır; hasta pozisyonu değiştiğinde yeniden seviyelendirilir. Oturur pozisyonda serebral perfüzyonu hedefleyen izlemde transdüser dış kulak yolu (Willis poligonu) seviyesine alınmalıdır; her 10 cm yükseklik farkı yaklaşık 7–8 mmHg basınç farkı yaratır.

Dinamik yanıtın değerlendirilmesinde doğal frekans ve sönümleme katsayısına dayanan klasik çerçeve geçerliliğini korur; yakın tarihli bir çalışma, 10 Hz'deki kazancın (gain) hızlı yıkama testine alternatif olarak sistolik aşımı gösterebileceğini bildirmiştir (Hirahata et al., 2024). Yakın tarihli bir editöryal de hızlı yıkama testinin yatak başında hâlâ standart yöntem olduğunu, yetersiz sönümlemenin sistolik basıncı ve CO'yu olduğundan yüksek gösterdiğini vurgulamıştır (Michard, 2024). Damar erişiminde ASE 2025 kılavuzu radiyal, brakiyal ve femoral arter kateterizasyonunda rutin ultrason kullanımını önerir (Vegas et al., 2025).

Santral Venöz Kateterizasyon ve CVP

Santral venöz kateter (SVK) başlıca vazoaktif ilaçların güvenle verilmesi, periferik damar yolunun yetersiz olduğu veya uzun süreli venöz tedavi gereken durumlar, büyük cerrahide sıvı ve kan yönetimi ve seçilmiş hemodinamik izlem için kullanılır. Hemodinamik veri üretmesi kateterin tek, çoğu zaman da aslı gerekçesi değildir. Kateter ucunun superior vena kava ile sağ atriyum birleşim yerine yakın yerleşmesi hedeflenir; sağ atriyum veya ventrikül içinde kalan uç aritmiye ve nadiren perforasyona yol açabilir. Ultrasonografi eşliğinde yerleştirme arter ponksiyonu ve pnömotoraks riskini azaltır (Vegas et al., 2025). Başlıca komplikasyonlar arter ponksiyonu, hematom, pnömotoraks ve

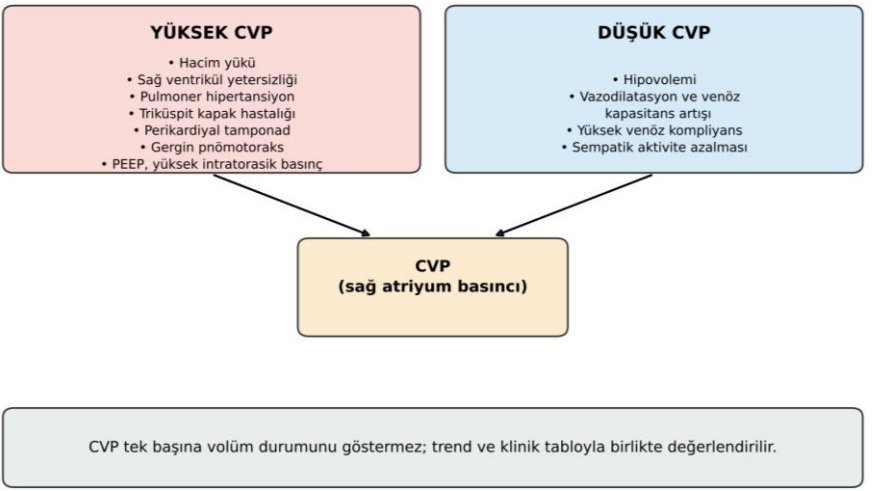
hemotoraks, aritmi, hava embolisi, kateter ilişkili enfeksiyon ve tromboz ile nadiren kalp perforasyonu ve tamponadır.

Klinik uyarı. Landmark tekniğinde venöz yerleşim kan rengi, basınç dalga formu veya kan gazı ile doğrulanır; ultrasonla yönlendirilen girişte ise telin damar içinde görüntülenmesi, doku dilatasyonu ve büyük çaplı kateter veya sheath girişi öncesinde temel bir basamaktır (Vegas et al., 2025). Kılavuz telin kontrolü kaybedilirse tel damar içine embolize olabilir (Vegas et al., 2025); bu nedenle işlem sonunda telin çıkarıldığını her seferinde kontrol edin. Subklavyen girişten sonra pnömotoraksı dışlamak ve hat yerleşimini doğrulamak için akciğer grafisi veya akciğer ultrasonu gerekir (Vegas et al., 2025).

CVP'nin fizyolojik anlamı

CVP, sağ atriyum basıncıdır ve sağ ventrikülün doluş basıncını yansıtır. Değer, end-ekspiryumda (intratorasik basıncın sıfıra en yakın olduğu anda) ve transdüser sağ atriyum hizasında iken okunmalıdır; spontan solunumda yaklaşık 2–8 mmHg normal kabul edilir. CVP tek başına intravasküler hacmi veya sıvı yanıtını güvenilir biçimde göstermez (Marik et al., 2008) (Şekil 11); çünkü basınç hacim ile birlikte venöz kompliyansına, sağ ventrikül işlevine ve intratorasik basınca da bağlıdır. Bir CVP değeri ölçülür, ama yorumu hastanın durumuna göre yapılır.

Şekil 11. Santral venöz basıncın (CVP) yüksek ve düşük olmasının olası nedenleri.



PEEP: pozitif end-ekspiratuvar basınç. Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

CVP dalga formu

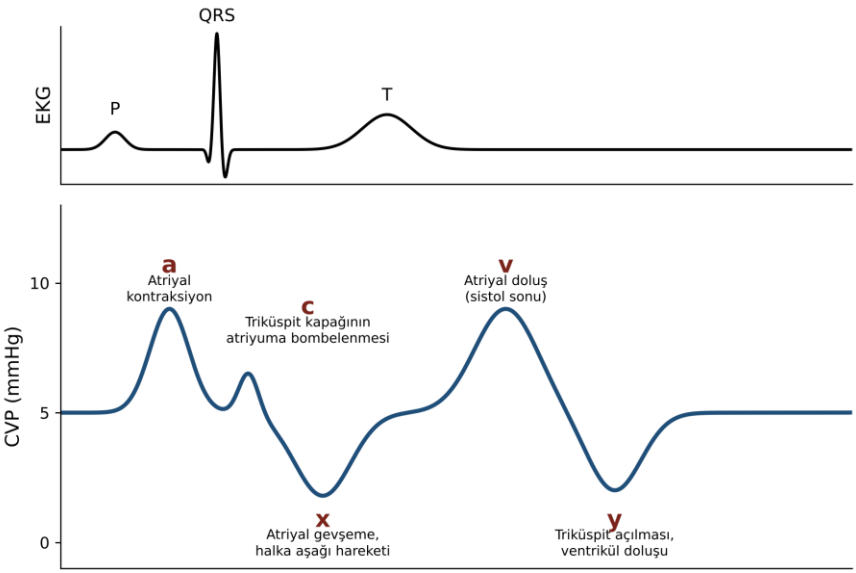
CVP eğrisi EKG ile birlikte okunduğunda ritim ve sağ kalp işlevi hakkında ek bilgi verir (Şekil 12).

Tablo 28 CVP dalga formunun bileşenleri. Her dalganın oluşum mekanizması (bkz. Şekil 12).

Dalga	Oluşum
a dalgası	Atriyal kontraksiyon (P dalgasından sonra)
c dalgası	Sistol başında triküspit kapağının atriyuma doğru bombelenmesi
x inişi	Atriyal gevşeme ve triküspit halkasının aşağı hareketi
v dalgası	Sistol sonunda atriyal doluş
y inişi	Triküspit açılması ve ventrikül doluşu

CVP: santral venöz basınç.

Şekil 12 Normal CVP dalga formu ve EKG ile ilişkisi (şematik).



a dalgası P dalgasını, c dalgası QRS kompleksini, v dalgası T dalgasından sonraki dönemi izler. x inişi atriyal gevşeme ve triküspit halkasının aşağı hareketi, y inişi triküspit kapağının açılması ve ventrikül doluşu ile oluşur. Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

Santral venöz oksijen satürasyonu ($ScvO_2$)

$ScvO_2$, superior vena kavadan alınan kandaki oksijen satürasyonudur ve Fick prensibine göre venöz satürasyon yaklaşık olarak $SaO_2 - VO_2 / (CO \times Hb \times 1{,}34 \times 10)$ ile belirlenir. Düşen $ScvO_2$ oksijen sunumunun (düşük debi, anemi, hipoksemi) yetersizliğini veya tüketimin (ateş, titreme) arttığını gösterir. Normal veya yüksek değer doku oksijenlenmesinin yeterli olduğunu garanti etmez; sepsis ve venöz şunt gibi durumlarda doku ekstraksiyonu bozulduğu için değer yapay olarak yüksek kalabilir. $ScvO_2$ karışık venöz satürasyonun (SvO_2) yerini tam olarak tutmaz; SvO_2 ile

paralel seyreder, ancak ortalama yaklaşık %7 daha yüksektir; trend olarak yararlıdır (Russell et al., 2020).

Venöz-arteriyel CO_2 farkı ($Pv\text{-}aCO_2$)

Venöz ile arteriyel CO_2 kısmi basıncı farkı normalde 2–6 mmHg'dir. Fark CO_2 üretimiyle doğru, kardiyak debiyle ters orantılıdır; bu nedenle 6 mmHg'nin üzerindeki değer, venöz akımın CO_2'yi uzaklaştırmaya yetmediğini, yani debinin yetersiz olabileceğini düşündürür (Demir et al., 2025). Hipoksi (staknant hipoksi dışında) farkı artırmaz; bu özellik dolaşım kaynaklı ile solunum kaynaklı oksijenlenme bozukluğunu ayırmaya yardımcı olur (Demir et al., 2025). Farkın arteriyovenöz oksijen içeriği farkına oranı ($Pv\text{-}aCO_2/Ca\text{-}vO_2$) 1,4'ün üzerinde ise anaerobik metabolizma düşünülür ve bu değişim laktattan önce görülebilir; ancak kalp cerrahisi hastalarında organ disfonksiyonunu öngörmedeki değeri tutarsızdır (Demir et al., 2025).

Beyin oksimetrisi (NIRS)

Yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS), modifiye Beer-Lambert yasasına dayanarak frontal korteks oksijenasyonunu sürekli ve girişimsiz ölçer; nabız gerektirmediği için kardiyopulmoner baypas ve arrestte de çalışır. Ölçülen değer arteriyel, venöz ve kapiller kanın birleşimidir ve frontal ölçümün yaklaşık %70–75'i serebral venöz kandır. Sağlıklı bireylerde değer %58–82 arasındadır; indüksiyon öncesi bazal değere göre %20 veya daha fazla düşüş patolojik kabul edilir (Demir et al., 2025). Kalp ve karotis cerrahisinde tek taraflı değişiklikler kanül malpozisyonu, şant gereksinimi veya inmeyi düşündürebilir; NIRS'ye göre yapılan müdahalelerin postoperatif bilişsel işlevi iyileştirdiği ise henüz kesin değildir (Demir et al., 2025).

CVP'nin sıvı yanıtını öngörme gücü zayıftır: 43 çalışmalık güncellenmiş bir meta-analizde CVP ile sıvı yanıtı arasında birleşik eğri altı alan (AUC) değeri 0,56 bulunmuş ve sıvı kararının CVP'ye göre verilmesinin bırakılması gerektiği sonucuna varılmıştır (Marik & Cavallazzi, 2013). 2024 tarihli, 69 çalışmayı kapsayan daha yeni bir meta-analizde CVP için AUC 0,77 bulunmuş; PPV, SVV ve pletismografik değişkenlik indeksi (PVI) için ise 0,87–0,88 saptanmış ve bu üç gösterge CVP'den üstün olmuştur (Chaves et al., 2024). Santral ven kateterizasyonunda ASE 2025 kılavuzu internal juguler, subklavyen, aksiller ve femoral ven için ultrason rehberliğini güçlü şekilde önerir (Vegas et al., 2025).

Pulmoner Arter Kateteri

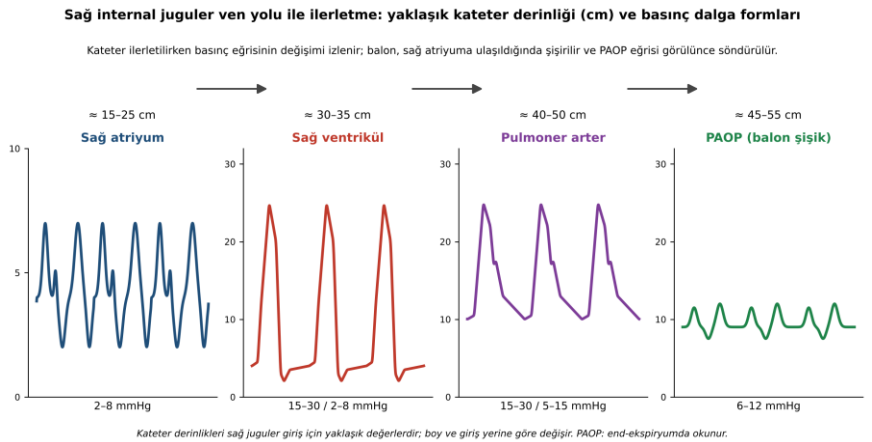
Pulmoner arter kateteri (PAC) sağ atriyum, sağ ventrikül ve pulmoner arter basınçlarını, pulmoner arter oklüzyon basıncını (PAOP), termodilüsyonla kardiyak debiyi ve karışık venöz oksijen satürasyonunu (SvO_2) ölçer; bunlardan SVR ve PVR türetilir. Kateter bugün rutin değil, seçilmiş hastalarda kullanılır. Kateterin ilerletilmesi sırasında izlenen basınç dalga formları Şekil 13'te gösterilmiştir.

Tablo 29 Pulmoner arter kateteriyle ölçülen değişkenler ve yaklaşık normal değerleri.

Değişken	**Yaklaşık Normal Değer**
Sağ atriyum basıncı (CVP)	2–8 mmHg
Sağ ventrikül basıncı	15–30 / 2–8 mmHg
Pulmoner arter basıncı	15–30 / 5–15 mmHg (ortalama 10–20 mmHg)
PAOP	6–12 mmHg (Life in the Fast Lane, n.d.-b)
Kardiyak debi	4–8 L/dk
SvO_2	Yaklaşık %65–75

CVP: santral venöz basınç; PAOP: pulmoner arter oklüzyon basıncı; SvO_2: karışık venöz oksijen satürasyonu.

Şekil 13 Pulmoner arter kateterinin sağ internal juguler venden ilerletilmesi sırasında izlenen basınç dalga formları (şematik) ve yaklaşık kateter derinlikleri.



Balon sağ atriyumda şişirilir; kateter sırasıyla sağ ventrikül ve pulmoner artere ilerler, pulmoner arter dalı tıkandığında PAOP eğrisi görülür ve balon söndürülür. PAOP: pulmoner arter oklüzyon basıncı. Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.

PAOP, balon şişirilerek pulmoner arter dalı tıkandığında kateter ucunun, distalindeki akımsız kan sütunu aracılığıyla pulmoner venlerden ve sol atriyumdan gelen basıncı algılaması ilkesine dayanır (Life in the Fast Lane, n.d.-b). Bu nedenle ölçüm yalnızca kateter ucu, pulmoner venöz basıncın alveoler basıncı aştığı bölgede (West zon 3) (Yartsev, 2023) bulunduğunda ve end-ekspiryumda anlam taşır. PAOP sol ventrikül diyastol sonu basıncının (LVEDP) dolaylı bir göstergesidir; LVEDP ise ancak kompliyans sabit olduğunda hacimle ilişkilidir.

Klinik uyarı. Balon şişirilirken dirençle karşılaşılırsa zorlanmaz: direnç varken aşırı şişirme, özellikle pulmoner hipertansiyonda, pulmoner arter rüptürünün en sık nedenidir ve hemoptizi başlıca bulgusudur; kateter balon şişikken geri çekilirse

kapak hasarı oluşabilir (Senoner et al., 2022). Beklenenden küçük balon hacminde tıkanma eğrisi alınıyorsa kateter ucu çok distaldedir ve geri çekilmelidir. Ölçümden sonra balon söndürülür ve trasenin pulmoner arter eğrisine döndüğü doğrulanır.

Tablo 30 PAOP'un LVEDP'yi yansıtmadığı durumlar. Durum ve PAOP'a etkisi.

PAOP'un LVEDP'yi Yansıtmadığı Durum	**PAOP'a Etkisi**
Mitral stenoz	Sol atriyum basıncı LVEDP'den yüksektir
Mitral yetersizliği	Büyük v dalgaları ortalama PAOP'u yükseltir
Ağır aort yetersizliği	Mitral kapağın erken kapanması PAOP'u LVEDP'den düşük bırakır
Kompliyansı düşük sol ventrikül (iskemi, hipertrofi)	Aynı hacimde basınç yüksektir
Yüksek PEEP, zon 1–2'de konum	PAOP alveoler basıncı yansıtır
Pulmoner ven hastalığı, yüksek pulmoner vasküler direnç	PAOP ile sol atriyum basıncı ayrışır

PAOP: pulmoner arter oklüzyon basıncı; LVEDP: sol ventrikül diyastol sonu basıncı; PEEP: pozitif end-ekspiratuvar basınç.

Rastgele çalışmalar ve meta-analizler, PAC'ın rutin kullanımının sonlanımı iyileştirmediğini göstermiştir (örneğin ileri kalp yetersizliğinde ESCAPE (Evaluation Study of Congestive Heart Failure and Pulmonary Artery Catheterization Effectiveness) çalışması (Binanay et al., 2005); bu nedenle kateter, verisi tedaviyi değiştirecek seçilmiş hastalarda düşünülür: ağır pulmoner hipertansiyon ve sağ ventrikül yetersizliği, karmaşık veya tanısı net olmayan şok, belirli kardiyotorasik cerrahiler ve mekanik dolaşım desteği değerlendirmeleri gibi (Senoner et al., 2022).

Tablo 31 Pulmoner arter kateteri komplikasyonları. Komplikasyon ve oluşum mekanizması.

Komplikasyon	**Mekanizma**
Aritmi (ventriküler ektopi, ventriküler taşikardi)	Kateter ucunun sağ ventrikül içinde ilerlemesi
Sağ dal bloğu, tam kalp bloğu	Sağ dalın mekanik uyarılması
Pulmoner arter rüptürü	Distal migrasyon, balonun aşırı şişirilmesi
Pulmoner infarkt	Balonun uzun süre şişik bırakılması
Enfeksiyon, tromboz, kapak hasarı, kateter düğümü	Kateterin kalış süresi ve teknik

Kardiyak Debi Ölçüm Yöntemleri

Kardiyak debi doğrudan (indikatör seyrelmesi, Fick ilkesi) veya dolaylı (arter dalga formu analizi, Doppler, biyoempedans) yöntemlerle ölçülür. Hiçbir yöntem her hastada ve her koşulda doğru değildir; seçim invazivlik, süreklilik, kalibrasyon gereksinimi ve hastaya özgü hata kaynakları dikkate alınarak yapılır.

Tablo 32 Kardiyak debi ölçüm yöntemlerinin ilkeleri. Yöntemin ilkesi, invazivlik düzeyi ve sürekliliği.

Yöntem	İlke	İnvazivlik ve Süreklilik
Fick	$CO = VO_2 / (CaO_2 - CvO_2)$	Solunum gazı ve kan gazı gerekir; aralıklı
PAC termodilüsyonu	Santral venöz uçtan verilen soğuk sıvının pulmoner arterde yarattığı sıcaklık eğrisinin alanı debiyle ters orantılıdır (Stewart-Hamilton)	İnvaziv; bolusla aralıklı, ısıtmalı filamanla yarı sürekli
Transpulmoner termodilüsyon (PiCCO, EV1000)	Santral venöz enjeksiyon, femoral veya aksiller arterde termistör	İnvaziv; aralıklı kalibrasyon, kalibre nabız konturu ile sürekli
Lityum dilüsyonu (LiDCO)	Venöz lityum bolusu, arterde konsantrasyon eğrisi	Arter kateteri ve ek ekipman; kalibre nabız konturu
Kalibre olmayan nabız konturu (FloTrac, pressure recording analytical method [PRAM]-MostCare, ProAQT)	Arter dalga formundan atım hacmi tahmini	Yalnızca arter kateteri; atımdan atıma
Özofageal Doppler	İnen aort akım hızı	Minimal invaziv; sürekli
Ekokardiyografi (sol ventrikül çıkış yolu [LVOT] hız-zaman integrali, VTI)	SV = LVOT alanı × VTI	TTE noninvaziv; aralıklı
Biyoempedans, biyoreaktans	Göğüs duvarı elektriksel özellikleri	Noninvaziv; sürekli

VO_2: oksijen tüketimi; CaO_2: arteriyel oksijen içeriği; CvO_2: karışık venöz oksijen içeriği; PAC: pulmoner arter kateteri.

Cihazların hasta başında karşılaştırılması

Debi ölçüm yöntemleri hastaya gereken erişim, kalibrasyon gereksinimi ve verdikleri ek değişkenler bakımından birbirinden ayrılır. Aşağıdaki tablo bu özellikleri yan yana koyar; yöntemler tablonun ardından tek tek ele alınmıştır. Doğruluk verileri cihaza,

yazılım sürümüne ve hasta grubuna özgüdür; bir cihaz için elde edilen doğrulama sonucu benzer ilkeyle çalışan başka bir cihaza aktarılamaz (Hadian et al., 2010).

Tablo 33 Kardiyak debi ölçüm yöntemlerinin invazivlik düzeyi ve gerekli erişimi. Noninvaziv, minimal invaziv ve invaziv yöntemler.

Yöntem	**Düzey**	**Gerekli Erişim**	**Kalibrasyon ve Süreklilik**	**Ek Değişkenler ve Başlıca Sınırlılık**
Parmak manşonu (ClearSight, Nexfin)	Noninvaziv	Parmak manşonu	Gerekmez; sürekli	Atımdan atıma basınç, SV, CO. Parmak perfüzyonu bozulunca (vazopressör, sepsis, soğuk) sinyal kaybolur veya bozulur
Biyoreaktans (NICOM), biyoempedans	Noninvaziv	Göğüs duvarına elektrot	Gerekmez; sürekli	SV, CO. Doğruluğu sınırlıdır; hareket ve elektriksel gürültü ölçümü bozar
FloTrac, ProAQT	Minimal invaziv	Arter kateteri ve özel sensör	Dışarıdan kalibrasyon gerekmez; sürekli	SV, CO, SVV. Vasküler tonus değişimi, aritmi ve sönümlü sinyalde hata artar
PRAM-MostCare	Minimal invaziv	Arter kateteri	Gerekmez; sürekli	SV, CO ve türetilmiş değişkenler. Dikrotik çentik net değilse ve ağır sistolik disfonksiyonda doğruluk düşer
PiCCO, EV1000-VolumeView	Minimal invaziv	Santral venöz kateter ve femoral veya aksiller arter kateteri	Transpulmoner termodilüsyonla kalibre; yaklaşık 1–6 saatte bir yenilenir	CO, global end-diyastolik hacim (GEDV), EVLW, pulmoner vasküler geçirgenlik indeksi (PVPI). Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO), femoral damar protezi ve çok düşük debide kullanılamaz veya güvenilmezdir

LiDCO	Minimal invaziv	Arter kateteri ve lityum bolusu için damar yolu	Lityum dilüsyonuyla kalibre nabız konturu	CO, SV. EVLW için güvenilir ölçüm sağlamaz (Maddison et al., 2009); lityum tedavisinde kullanılmaz, nondepolarizan kas gevşeticiler sensörü etkiler
Özofageal Doppler	Minimal invaziv	Özofageal prob	Nomogramla; sürekli ancak prob konumuna bağımlı	İnen aort akımı, SV. Uyanık hastada kullanılamaz
Transözofageal ekokardiyografi (TEE)	Minimal invaziv	Özofageal prob	Gerekmez; aralıklı	Ventrikül ve kapak işlevi, doluş. Operatör eğitimi gerektirir
Pulmoner arter kateteri (PAC)	İnvaziv	Santral venöz erişim, sağ kalp ve pulmoner arter	Bolus termodilüsyon; yarı sürekli	PAP, PAOP, CO, SvO_2. En yüksek giriş ve komplikasyon riski taşır

Noninvaziv sürekli yöntemler

Bu grup, damar girişimi gerektirmeden atımdan atıma veya sık aralıklarla basınç ve debi tahmini sunar. Bir derlemede beş teknoloji incelenmiştir: torasik elektriksel biyoempedans, torasik biyoreaktans, vasküler boşaltma tekniği (parmak manşonu), nabız dalgası iletim zamanı ve radiyal arter aplanasyon tonometrisi (Saugel et al., 2015). Yazarlar bu teknolojilerin debiyi noninvaziv ve sürekli verebildiğini, ancak doğrulama verilerinin çelişkili olduğunu ve referans yöntemle klinik olarak kabul edilebilir uyumun ortak bir tanımının bulunmadığını belirtmiştir (Saugel et al., 2015). Perioperatif ortamda 37 çalışma ve 1.543 hastayı kapsayan bir meta-analizde, tam noninvaziv debi cihazları için birleşik yanlılık −0,13 L/dk (uyum sınırları −2,38 ile 2,12 L/dk) ve yüzde hata %47 bulunmuş, çalışmalar arası heterojenite yüksek olmuştur (I^2 = %83);

bu cihazlar bolus termodilüsyonun yerine kullanılamaz (Joosten et al., 2017).

Parmak manşonu yönteminde (vasküler boşaltma tekniği; ClearSight, Nexfin) manşon basıncı, parmak arterinin çapı her atımda sabit kalacak biçimde ayarlanır ve elde edilen basınç dalgasından atım hacmi ile debi hesaplanır. Dolaşım yetersizliği olan 45 kritik hastanın incelendiği bir çalışmada yedi hastada (%16) parmak hipoperfüzyonu nedeniyle sinyal alınamamıştır; Nexfin ile termodilüsyon arasında yüzde hata %57, 500 mL sıvı yüklemesi sonrasındaki değişimlerin yön uyumu %76 ve sıvı yanıtını saptamada duyarlılık %43 bulunmuş, yazarlar yöntemi bu hastalarda güvenilir bulmamıştır (Monnet et al., 2012). Bulgular ameliyathane hastalarına doğrudan aktarılamaz; ancak sepsis, vazopressör kullanımı ve soğuk ekstremitenin sinyali bozabileceğini gösterir.

Biyoempedans ve biyoreaktans yöntemlerinde göğüs duvarına yerleştirilen elektrotlar arasında geçirilen yüksek frekanslı akımın göğüs boyunca uğradığı değişimden atım hacmi tahmin edilir. Biyoempedans akımın direncindeki, biyoreaktans ise akımın faz kaymasındaki değişimi kullanır (Saugel et al., 2019). Sinyal kalitesi hasta hareketinden, elektriksel girişimden (ör. elektrokoter), aritmiden ve mekanik ventilasyondan etkilenir (Saugel et al., 2019).

Kalibre olmayan nabız konturu: FloTrac ve ProAQT

Bu sistemler yalnızca arter kateterine bağlanan özel bir sensörle çalışır ve dışarıdan kalibrasyon gerektirmez. Atım hacmi, arter dalga formunun özelliklerinden ve hastanın yaş, cinsiyet, boy ve ağırlığından türetilen bir algoritmayla tahmin edilir (Becton, Dickinson and Company (BD), 2026); yani vasküler tonus ve kompliyans doğrudan ölçülmez, hesaplanır. Sistemler SV ve CO'ya

ek olarak SVV verir. Bu nedenle vasküler tonus hızla değiştiğinde (vazopressör bolusu, indüksiyon, vazoplejik şok) algoritmanın varsayımı bozulur; doğruluk vasküler tonustaki değişime bağlıdır (Slagt et al., 2014).

Uzun süredir kullanılan FloTrac sistemini değerlendiren bir sistematik derlemede 65 yayın, 2.234 hasta ve 44.592 gözlem incelenmiştir. Doğruluk ve kesinlik yazılım sürümleriyle özellikle hipodinamik ve normodinamik durumlarda iyileşmiş, ancak en yeni yazılımda bile ölçümler vasküler tonus değişimine bağımlı kalmıştır; SVV, sıvı yanıtını öngörmede çalışmaların büyük bölümünde yararlı bulunmuştur (Slagt et al., 2014). Yazarlar yöntemin vasküler tonusun belirgin değişmediği, stabil hemodinamik koşullarda kullanılmasını önermiştir (Slagt et al., 2014). Kalp cerrahisi sonrası ilk dört saatte 17 hastada yapılan küçük bir gözlemsel çalışmada FloTrac, PAC'ye göre %59 yüzde hata ve %59 yön uyumu göstermiş, bu değerler aynı çalışmada LiDCO ve PiCCO için daha iyi bulunmuştur (Hadian et al., 2010).

Nabız konturu cihazlarının ortak hata kaynakları (sönümlü veya rezonanslı sinyal, düzensiz ritim, ağır aort yetersizliği, vazopressör bolusu) bu cihazların sınırlılıklarıdır; değerler klinik tabloyla çelişiyorsa önce sinyal kalitesi (hızlı yıkama testi) ve ritim kontrol edilmelidir.

Nabız konturu ilkesi ve PRAM

Nabız konturu yöntemleri arter basıncı dalgasının sistolik alanının veya biçiminin atım hacmiyle ilişkisine dayanır. Ancak aort ve büyük arterlerin empedansı, kompliyansı ve periferik direnci bilinmeden bu ilişki tek başına atım hacmini vermez; yöntemlerin farkı bu bilinmeyeni nasıl tahmin ettikleridir. Kalibre sistemler

transpulmoner termodilüsyon veya lityum dilüsyonu ile kalibre edilir, bazı sistemler hastanın demografik verisini ve dalga formu istatistiklerini kullanır. PRAM'da (MostCare, Vygon) ise atım hacmi, basınç eğrisinin sistolik bölümünün altında kalan alanın (A) kardiyovasküler sistemin dinamik empedansına (Z[t]) bölünmesiyle tahmin edilir (SV = A / Z[t]); yöntemi diğerlerinden ayıran özellik Z[t]'nin her atımda in vivo tahmin edilmesidir (Ersoy, 2025; Romano & Pistolesi, 2002; Romagnoli et al., 2017). Bunun için sinyal saniyede 1000 örnekle kaydedilir ve dikrotik çentiğin algoritma tarafından net saptanması gerekir (Ersoy, 2025; Romano & Pistolesi, 2002; Romagnoli et al., 2017).

Cihazların doğruluğu sınırlıdır. Septik şokta CO monitörlerini değerlendiren 26 çalışmalık bir meta-analizde birleşik yüzde hata yaklaşık %49 bulunmuş, veri kümelerinin yalnızca %24'ünde yüzde hata %30'un altında kalmıştır; kalibre nabız konturunda yüzde hata %25, PRAM'da %44, kalibre olmayan nabız konturu, biyoimpedans ve biyoreaktans yöntemlerinde ise %52 ve üzeri bulunmuştur (Lamarche-Fontaneto et al., 2025). Bu veriler septik şokta elde edilmiştir ve ameliyathane koşullarına doğrudan aktarılamaz; ancak mutlak CO değerinden çok trend izlemenin ve cihazın doğrulandığı hasta grubunun gözetilmesi gerektiğini gösterir.

Transpulmoner termodilüsyon ve lityum dilüsyonu: PiCCO, EV1000 ve LiDCO

Transpulmoner termodilüsyonda soğuk sıvı santral venöz kateterden verilir, sıcaklık değişimi femoral, aksiller veya brakiyal arterdeki termistörlü kateterde ölçülür ve debi Stewart-Hamilton ilkesiyle hesaplanır. Sinyal sağ kalpten, akciğerden ve sol kalpten geçtiği için debiye ek olarak global end-diyastolik hacim (GEDV;

dört boşluğun toplam diyastol sonu hacmi, önyükün bir göstergesi), EVLW ve pulmoner vasküler geçirgenlik indeksi (PVPI) elde edilir; PVPI için 3 değeri artmış geçirgenlik ile hidrostatik ödemi ayırmada kullanılır. Kardiyak fonksiyon indeksi (CFI) ve global ejeksiyon fraksiyonu (GEF) sistolik işlevin dolaylı göstergeleridir (Monnet & Teboul, 2017). Aralıklı termodilüsyon ölçümü kalibre nabız konturu analizi ile sürekli debiye çevrilir (PiCCO; EV1000-VolumeView benzer ilkeyle çalışır); arter direnci değiştikçe kalibrasyon yaklaşık 1–6 saatte bir yenilenmelidir (Monnet & Teboul, 2017).

Yöntemin sınırlılıkları şunlardır: hem santral venöz hem arter erişimi gerekir; ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (ECMO) sırasında kullanılamaz; debi 2 L/dk altında güvenilmezdir; femoral damar protezinde kontrendikedir; GEDV, CFI ve GEF sağ ile sol ventrikülü ayırt edemez; EVLW pulmoner emboli, akciğer rezeksiyonu, tek akciğer ventilasyonu ve büyük plevral efüzyonda güvenilmezdir. Girişime bağlı lokal hematom, iskemi ve tromboz bildirilmiştir (Monnet & Teboul, 2017).

Lityum dilüsyonunda (LiDCO) lityum klorür bolusu periferik veya santral venden verilir; arter hattına bağlı lityuma duyarlı sensör konsantrasyon-zaman eğrisini kaydeder ve eğrinin altındaki alandan debi hesaplanır. Bu ölçüm sistemin nabız konturu algoritmasını (PulseCO) kalibre eder (Hadian et al., 2010). LiDCO, EVLW veya GEDV vermez. Lityum tedavisi gören hastada arka plan lityum düzeyi debiyi olduğundan yüksek göstereceğinden kullanılmaz; yüksek doz kas gevşeticiler sensör sinyalini bozabilir (Yartsev, 2025).

Kalp cerrahisi sonrası ilk dört saatte 17 hastada 55 eşzamanlı ölçümün karşılaştırıldığı küçük bir çalışmada PAC'ye göre yüzde hata LiDCO için %29, PiCCO için %41 ve FloTrac için %59, yön

uyumu ise sırasıyla %74, %72 ve %59 bulunmuştur. Cihazlar benzer ortalama debi verse de tedaviye yanıtta farklı yönlerde eğilim gösterebilmiş ve bir cihaz için elde edilen doğrulamanın benzer cihazlara genellenemeyeceği sonucuna varılmıştır (Hadian et al., 2010).

Özofageal Doppler

Özofagusa yerleştirilen Doppler probu, inen torasik aortadaki kan akım hızını ölçer; aort çapı nomogramla veya ölçümle belirlenir (Berton & Cholley, 2002) ve inen aortadaki akımın toplam debiye sabit bir oranda katıldığı varsayılır. Yöntem uyutulmuş, entübe hastada sürekli atım hacmi izlemi sağlar; uyanık hastada kullanılamaz, özofageal patolojide uygulanmaz (Life in the Fast Lane, n.d.-a) ve prob konumu bozulduğunda sinyal değişir. İnen aorta akımı üst ve alt vücut arasında yeniden dağıldığında (ör. lomber epidural blok) debi olduğundan yüksek ölçülebilir (Leather & Wouters, 2001).

Kolorektal cerrahide özofageal Doppler ile yönlendirilen hedefe yönelik sıvı tedavisini inceleyen meta-analiz 11 randomize kontrollü çalışmayı ve 1.113 hastayı kapsamış, mortalite ve hastanede kalış süresi dahil hiçbir klinik sonuçta konvansiyonel sıvı tedavisine göre fark bulmamıştır; yazarlar bu cerrahide yöntemin yararının desteklenmediği sonucuna varmıştır (Rollins et al., 2019).

Transözofageal ekokardiyografi ve PAC termodilüsyonu

TEE sürekli bir debi monitöründen çok, hemodinamik dengesizliğin nedenini ayırt etmeye yarayan anlık bir görüntüleme yöntemidir; endikasyonları ve temel görüntüleri Perioperatif Ekokardiyografi bölümünde ele alınmıştır. PAC ile debi, proksimal porttan verilen soğuk sıvının distal termistörde yarattığı sıcaklık

eğrisinin alanından (bolus) veya ısıtmalı filamanla yarı sürekli ölçülür; girişim, komplikasyon ve klinik yarar sınırlılıkları Pulmoner Arter Kateteri bölümünde ayrıntılı verilmiştir.

Hasta başında yöntem seçimi

Aşağıdaki tablo kanıta dayalı bir algoritma değil, yöntemlerin özelliklerinden çıkarılmış pratik bir özettir; hastanın riski, cerrahi ve kurumun olanakları seçimi değiştirir.

Tablo 34 Klinik duruma göre monitör seçimi. Makul ilk seçenek ve dikkat edilecek noktalar.

Klinik Durum	Makul İlk Seçenek	Dikkat
Kısa, düşük riskli işlem	Standart monitörizasyon (EKG, NIBP, SpO_2, $ETCO_2$)	Aralıklı basınç hızlı değişimleri kaçırabilir
Açıklanamayan hipotansiyon veya şok	Önce ekokardiyografi (neden ayrımı)	Debi monitörü nedeni söylemez, yalnızca akımı gösterir
Büyük cerrahi, kanama veya sıvı kayması, vazopressör gereksinimi	İnvaziv arter basıncı; veri tedaviyi değiştirecekse nabız konturu ile SV, CO ve SVV	Vazopressör sonrası ve aritmide kalibre olmayan sistemlerde değerler güvenilmez olabilir
Akciğer ödemi şüphesi, sepsis, kalp cerrahisi sonrası	Transpulmoner termodilüsyon (EVLW, GEDV)	ECMO, femoral protez ve çok düşük debide uygun değildir
Sağ kalp yetersizliği, pulmoner hipertansiyon, kardiyojenik şok	Ekokardiyografi ile birlikte seçilmiş hastada PAC	Verisi tedaviyi değiştirmeyecekse takılmaz
Giriş istenmeyen veya arter kateteri yerleştirilemeyen hasta	Noninvaziv sürekli yöntem, trend olarak	Şokta ve vazopressör altında güvenilirliği düşüktür; ekokardiyografi ile doğrulayın
Elektif kolorektal cerrahi	Özofageal Doppler ile rutin hedefe yönelik tedavinin yararı gösterilmemiştir	Yöntemi tek başına sonuç iyileştirici saymayın

Dinamik Hemodinamik Değişkenler ve Sıvı Yanıtı

Sıvı yanıtı, sıvı yüklemesinden sonra atım hacminde veya debide anlamlı artış (genellikle %10–15 üzeri) olmasıdır (Messina et al., 2022; Toscani et al., 2017). Frank-Starling eğrisinin dik kısmında çalışan ventrikül önyük artışına atım hacmiyle yanıt verir; plato kısmındaki ventrikül vermez. Klinik karar için ventrikülün hangi bölgede çalıştığını bilmek gerekir.

Pozitif basınçlı ventilasyonda inspiryum intratorasik basıncı artırır, sağ ventrikül önyükünü azaltır ve birkaç atım sonra sol ventrikül atım hacmi düşer. Önyüke bağımlı ventrikülde bu solunumsal dalgalanma belirgindir. Nabız basıncı değişkenliği (PPV), bir solunum döngüsündeki en yüksek ve en düşük nabız basıncı arasındaki farkın ortalamaya oranı olarak, atım hacmi değişkenliği (SVV) ise aynı mantıkla atım hacmi için hesaplanır. Mekanik ventilasyondaki hastalarda PPV ve SVV'nin sıvı yanıtını öngörme gücü, CVP ve PAOP gibi statik göstergelerden belirgin biçimde yüksektir; PPV bu açıdan SVV'den biraz daha iyi performans göstermiştir ve eşiği yaklaşık %12–13 olarak bildirilmiştir (Marik et al., 2009); 2024 tarihli meta-analizde eşik PPV için yaklaşık %11,5, SVV için %12,1 bulunmuştur (Chaves et al., 2024). Gri bölge yaklaşımına göre PPV %9'un altında sıvı yanıtı olası değildir, %13'ün üzerinde olasıdır; %9–13 arasında öngörü yapılamaz (Cannesson et al., 2011).

Klinik uyarı. Sıvı yanıtlılığı, sıvı gereksinimi anlamına gelmez. Yüksek PPV veya SVV yalnızca ventrikülün Frank-Starling eğrisinin dik bölümünde çalıştığını gösterir; hipotansiyon, hipoperfüzyon bulgusu veya açık bir hedef yoksa sıvı vermek için gerekçe oluşturmaz (Aydın et al., 2025).

Tablo 35 Sıvı yanıtını öngören dinamik göstergeler ve testler. Ölçüm ve yorum.

Gösterge	Ölçüm	Yorum
PPV	Arter dalga formu	>%12–13 sıvı yanıtı olası; %9–13 gri bölge (Cannesson et al., 2011; Marik et al., 2009)
SVV	Nabız konturu	Yaklaşık %10–13 üzeri yanıt olası (Marik et al., 2009)
Pasif bacak kaldırma	Debi veya atım hacminde yaklaşık %10 artış	Geri dönüşlü, kendinden sıvı yükleme testidir
Mini sıvı yükleme	Yaklaşık 100–250 mL sıvı, kısa sürede; atım hacmi değişimi	Atım hacminde yaklaşık %10 artış yanıt
Ekspiryum sonu oklüzyon testi	Ventilatör ekspirasyon sonunda yaklaşık 15 saniye duraklatılır; debi veya atım hacmi değişimi	Debide yaklaşık %5'ten fazla artış yanıt lehinedir (Aydın et al., 2025)
Tidal hacim testi	Tidal hacim kısa süre için 6 mL/kg'dan 8 mL/kg'a (ideal vücut ağırlığı) çıkarılır; PPV ve SVV değişimi	Değişimin büyüklüğü önyük bağımlılığını yansıtır (Aydın et al., 2025)
Pleth değişkenlik indeksi (PVI)	Pulse oksimetre dalga formu	Yaklaşık %14 ve üzeri yanıt lehinedir (Aydın et al., 2025)

PPV: nabız basıncı değişkenliği; SVV: atım hacmi değişkenliği; PVI: pleth değişkenlik indeksi.

Tablo 36 Dinamik göstergelerin geçerliliğini bozan koşullar. Geçerliliği bozan koşul ve nedeni.

Geçerliliği Bozan Koşul	Neden
Spontan solunum	İntratorasik basınç değişimi düzensizdir
Aritmi (AF, sık ekstrasistol)	Atımdan atıma değişim solunumdan kaynaklanmaz
Düşük tidal hacim (genellikle 8 mL/kg ideal ağırlığın altı)	İntratorasik basınç değişimi yetersizdir
Düşük akciğer kompliyansı	İntratorasik basınç iletimi azalır
Sağ ventrikül yetersizliği, pulmoner hipertansiyon	İnspiryumda sağ ventrikül artyükü artar
Açık toraks	Basınç değişimi iletilmez
İntraabdominal hipertansiyon	Venöz dönüş ve basınç iletimi değişir

Dinamik arteriyel elastansın (Eadyn) öngörü değeri tutarsızdır. İndüksiyon hipotansiyonunu öngörmede derin solunumla yapılan invaziv ölçümde AUC 0,78 (eşik >0,92) bulunmuş; tidal solunumda invaziv ve tüm noninvaziv ölçümlerde öngörü sağlanamamıştır (Oh et al., 2023).

Perioperatif Ekokardiyografi

Perioperatif ekokardiyografi hipotansiyonun ve hemodinamik bozulmanın nedenini ayırt etmede en bilgi verici yöntemdir; çünkü basıncı, doluşu, işlevi ve yapıyı tek bir incelemede gösterir. Üç kullanım biçimi vardır: transözofageal ekokardiyografi (TEE), transtorasik ekokardiyografi (TTE) ve odaklı, hedefe yönelik incelemeler (örneğin odaklı kardiyak ultrason). ASA ve Kardiyovasküler Anesteziyologlar Derneği (SCA) kılavuzu, yetişkin açık kalp ve torasik aort cerrahisinde TEE kullanımını önerir; kardiyak olmayan cerrahide ise bilinen veya şüpheli kardiyovasküler patolojinin ciddi hemodinamik sorun yaratabildiği hastalarda ve tedaviye rağmen açıklanamayan, yaşamı tehdit eden hemodinamik instabilitede düşünülür (American Society of Anesthesiologists and Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography, 2010).

Tablo 37 Perioperatif ekokardiyografide klinik sorular ve bulgular. Sorulan soru, bakılan yapı ve ekokardiyografik bulgu.

Soru	Bakılan	Ekokardiyografik Bulgu
Sol ventrikül dolu mu?	Sol ventrikül boyutu ve duvar yaklaşımı	Küçük, hiperdinamik ventrikül; papiller kaslar birbirine yaklaşır
Sistolik fonksiyon nasıl?	EF, bölgesel duvar hareketi	Düşük EF; yeni bölgesel hareket bozukluğu
Sağ ventrikül?	Sağ/sol ventrikül (RV/LV) oranı, triküspit anüler sistolik düzlem hareketi (TAPSE), septum şekli	Dilate RV; TAPSE <17 mm; D şekilli sol ventrikül
Perikardiyal sıvı var mı?	Efüzyon, sağ boşlukların diyastolik çökmesi	Efüzyon ve sağ atriyum/sağ ventrikül (RA/RV) kompresyonu
Kapak sorunu var mı?	Akut yetersizlik, stenoz, LVOT obstrüksiyonu	Yeni kapak yetersizliği, mitral ön yaprak sistolik hareketi
Sıvı yanıtı	İnferior vena kava (IVC) çapı ve solunumsal değişim, LVOT VTI değişimi	IVC ≤2,1 cm ve inspiryumda >%50 daralma düşük sağ atriyum basıncıyla uyumludur
Debi	LVOT alanı × VTI	Atım hacmi ve debi

RV: sağ ventrikül; RA: sağ atriyum; TAPSE: triküspit anüler düzlemin sistolik hareketi; IVC: inferior vena kava; LVOT: sol ventrikül çıkım yolu; VTI: hız-zaman integrali; EF: ejeksiyon fraksiyonu.

Tablo 38 Transtorasik (TTE) ve transözofageal (TEE) ekokardiyografinin karşılaştırılması. Özelliklere göre iki yöntemin farkları.

Özellik	TTE	TEE
İnvazivlik	Noninvaziv	Minimal invaziv (özofageal prob)
Görüntü kalitesi	Hasta faktörlerine bağlıdır	Genellikle daha yüksektir
Cerrahi alana etkisi	Cerrahiyi engellemez	Boyun, baş veya üst gövde cerrahisinde pratik kısıtlar olabilir
Klinik açıdan önemi	Hızlı ve odaklı değerlendirme; hazırlık gerektirmez	Kardiyotorasik cerrahi ve açıklanamayan instabilitede tercih edilir
Başlıca risk	Yok	Özofageal ve orofaringeal yaralanma; özofagus hastalığında kontrendikasyon

Odaklı kardiyak ultrason (focused cardiac ultrasound, FoCUS; yatak başı ultrason, POCUS), tedaviyi yapan klinisyen tarafından B-mod görüntüleme ile, standart kesitlerde ventrikül boyut ve fonksiyonunun, hacim durumunun ve perikardiyal sıvının niteliksel değerlendirilmesi olarak tanımlanır; danışmanlık amaçlı kapsamlı ekokardiyografiden ayrılır (Kirkpatrick et al., 2024). 2025 Avrupa Yoğun Bakım Tıbbı Derneği (ESICM) şok ve hemodinamik izlem kılavuzu, şokun tipini belirlemede ekokardiyografiyi ilk basamak görüntüleme yöntemi olarak önerir; bu kılavuz yoğun bakım çerçevesinde hazırlanmıştır ve ameliyathaneye dikkatle uyarlanmalıdır (Monnet et al., 2025).

Hemodinamik Verilerin Klinik Yorumlanması

Hemodinamik monitörizasyonun temel ilkesi tek bir sayıyı düzeltmek değil, dolaşımın neden bozulduğunu belirlemektir. Ortalama arter basıncı yaklaşık olarak MAP = CO × SVR + CVP ilişkisiyle belirlendiğinden basınç düşüşü ya akımdan (CO), ya dirençten (SVR) ya da ikisinden kaynaklanır. Hipotansiyonda ilk soru bu nedenle "akım mı düştü, direnç mi?" olmalı; ardından akımın hangi bileşeninin (kalp hızı, önyük, kontraktilite, artyük) bozulduğu sorgulanır.

Bu ayırım indüksiyon sonrası hipotansiyon için de geçerlidir. Sufentanil, propofol ve rokuronyumla yapılan indüksiyon sonrası gelişen hipotansiyonun incelendiği gözlemsel bir çalışmada hipotansiyon ağırlıklı olarak arteriyel dilatasyona bağlanmıştır (Saugel et al., 2022). Önyük kaybı ve miyokard depresyonu da katkıda bulunabilir; baskın mekanizma hastaya göre değişir. Monitör bu mekanizmaları ayırt etmeyi sağlar: arteriyel dilatasyon SVR ve Ea düşüşüyle, önyük kaybı atım hacmi düşüşü ve yüksek PPV ile, miyokard depresyonu düşük dP/dtmax ve EF ile kendini gösterir.

Tablo 39 Hemodinamik örüntüler ve destekleyen bulgular. CO veya SV ile SVR değişimi.

Örüntü	CO veya SV	SVR	Destekleyen Bulgular
Vazodilatasyon (anestezi, nöroaksiyel blok, sepsis, anafilaksi)	Normal veya yüksek, ağır durumda düşer	Düşük	Sıcak ekstremite, düşük diyastolik basınç, geniş nabız basıncı, düşük Ea
Hipovolemi veya düşük önyük	Düşük	Refleks olarak yüksek	Taşikardi, dar nabız basıncı, yüksek PPV/SVV, küçük hiperdinamik sol ventrikül
Miyokard depresyonu veya iskemi	Düşük	Refleks olarak yüksek	Düşük EF, yeni bölgesel duvar hareket bozukluğu, ST değişikliği, düşük dP/dtmax
Sağ ventrikül yetersizliği, pulmoner emboli	Düşük	Refleks olarak yüksek	Yüksek CVP, dilate RV, D şekilli sol ventrikül, ani $ETCO_2$ düşüşü (emboli)
Tamponad ve diğer obstrüktif nedenler	Düşük	Refleks olarak yüksek	Yüksek CVP, dar nabız basıncı, perikardiyal efüzyon, y inişinin kaybı
Aritmi veya ağır bradikardi	Düşük	Değişken	EKG ritim bozukluğu

CO: kardiyak debi; SV: atım hacmi; SVR: sistemik vasküler direnç; EF: ejeksiyon fraksiyonu; PPV: nabız basıncı değişkenliği; SVV: atım hacmi değişkenliği; RV: sağ ventrikül; CVP: santral venöz basınç.

Tablo 40 Perfüzyon göstergeleri. Her göstergenin yansıttığı özellik.

Perfüzyon Göstergesi	Ne Anlatır?
MAP	Organ perfüzyon basıncı
Kardiyak debi veya atım hacmi	Oksijen sunumunun akım bileşeni
Laktat	Anaerobik metabolizma
İdrar çıkışı	Böbrek perfüzyonu
Periferik perfüzyon (kapiller dolum, cilt sıcaklığı)	Sempatik ton ve doku akımı
$ScvO_2$ veya SvO_2	Oksijen sunum-tüketim dengesi

MAP: ortalama arter basıncı; $ScvO_2$: santral venöz oksijen satürasyonu; SvO_2: karışık venöz oksijen satürasyonu.

Perioperatif Hipotansiyona Yaklaşım

Perioperatif hipotansiyon için tek bir evrensel tanım yoktur. Bijker ve arkadaşlarının sistematik derlemesi literatürde 140 farklı tanım kullanıldığını göstermiştir (Bijker et al., 2007). Gözlemsel çalışmalar, ortalama arter basıncının (MAP) 65 mmHg'nin altında geçirilen sürenin ve derinliğin böbrek hasarı, miyokard hasarı ve mortaliteyle ilişkili olduğunu bildirmektedir (Salmasi et al., 2017; Sessler et al., 2019). Bu nedenle pratikte MAP <65 mmHg yaygın bir eşik olarak kabul edilir; ancak hedef kronik hipertansiyonu olan, yaşlı veya organ perfüzyonu sınırda olan hastada daha yüksek tutulabilir. Hipotansiyon, art arda en az dört ortalama değerde MAP <65 mmHg olarak tanımlanabilir (Ersoy, 2025). Süre ve derinliği birlikte değerlendirmek, tek bir anlık değerden daha anlamlıdır (Maheshwari et al., 2018).

Güncel uzlaşı belgeleri bu eşiği büyük ölçüde destekler. Perioperatif Kalite Girişimi (POQI) 2024 uzlaşı bildirisi, MAP'ın yaklaşık 60–70 mmHg'nin altında kalmasının böbrek hasarı, miyokard hasarı ve ölümle ilişkili olduğunu ve riskli hastada MAP'ın en az 60 mmHg tutulmasını belirtir; sürekli arteriyel izlem, aralıklı ölçüme göre hipotansiyonun süresini ve şiddetini azaltır (Saugel et al., 2024). Avrupa Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Derneği (ESAIC) 2025 bildirisi de intraoperatif MAP'ın 60 mmHg üzerinde tutulmasını önerir (Saugel et al., 2025a). Hedefi bazal basınca göre yükseltmenin ek yarar sağladığı gösterilememiştir: büyük batın cerrahisinde kişiselleştirilmiş kan basıncı yönetimini rutin yönetimle karşılaştıran çok merkezli IMPROVE-multi çalışmasında bileşik sonlanım farklı bulunmamış (Saugel et al., 2025b), POISE-3 (PeriOperative ISchemic Evaluation-3) çalışmasında MAP ≥60 mmHg stratejisi MAP ≥80 mmHg

stratejisinden kötü bulunmamıştır (Marcucci et al., 2023). Bu nedenle 60–65 mmHg çoğu hasta için makul bir alt sınırdır; kronik hipertansiyonu olan veya organ perfüzyonu sınırdaki hastada hedefi yükseltme kararı klinik değerlendirmeye bağlıdır (Saugel et al., 2024, 2025a, 2025b).

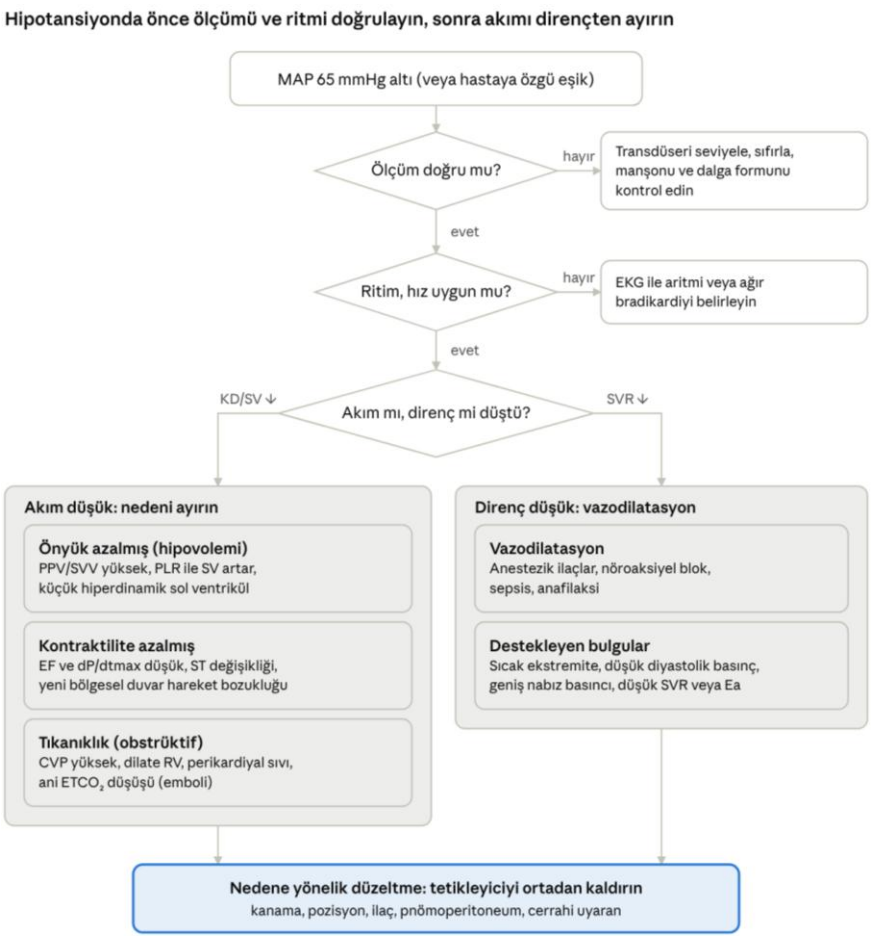
Yakın tarihli randomize çalışma meta-analizlerinde bireyselleştirilmiş veya daha yüksek MAP hedefleri akut böbrek hasarı, miyokard hasarı ve mortalitede fark göstermemiştir; deliryum sıklığındaki azalma (göreceli risk, RR 0,72 ve 0,55) ikincil sonlanımlara dayanır ve ek doğrulama gerektirir (Alshammari et al., 2026; Zhang et al., 2026). Güncel bir derleme de MAP ≥60–65 mmHg'nin çoğu non-kardiyak cerrahi hastası için yeterli göründüğünü ve rutin olarak daha yüksek hedef seçilmesinin hasta merkezli sonlanımı iyileştirmediğini belirtir (Joosten et al., 2026).

Hipotansiyonda hedef bir sayıya ulaşmak değil, nedeni tanımlayıp ona yönelik düzeltmektir. Şekil 14'teki sıra, monitörden elde edilen bilgilerle nedeni daraltmaya yardımcı olur.

Bu algoritma bilinçli olarak ilaç ve doz içermemektedir; amaç monitör verisini fizyolojik bir sonuca dönüştürmektir. Tedavi seçimi hastanın kliniğine, kurum protokollerine ve güncel kılavuzlara göre yapılmalıdır.

Hipotansiyon Tahmin İndeksi (HPI), arter dalga formundan hipotansiyonu önceden öngörmeyi amaçlar. Randomize çalışmaların meta-analizlerinde HPI ile yönlendirilen yönetim hipotansiyonun süresini ve şiddetini azaltmış, ancak böbrek hasarı, komplikasyon veya mortalite üzerinde yarar gösterilememiştir; öngörü doğruluğu yüksek (AUC yaklaşık 0,90) olsa da pozitif prediktif değer orta düzeydedir (yaklaşık %54) (Ripollés-Melchor et al., 2026; Shirmohamadi et al., 2025).

Şekil 14 Perioperatif hipotansiyonun nedene yönelik tanısal algoritması (ölçüm doğrulaması → ritim → akım/direnç ayrımı → önyük, kontraktilite, tıkanıklık).



Hipotansiyon tanısal algoritması · 3 karar noktası

Monitörizasyon Seçimi: Hastaya ve Cerrahiye Göre Basamaklama

Monitör sayısının artırılması kendi başına sonuç iyileştirmez; monitör yalnızca verdiği bilgiyle karar değiştiriyorsa değer üretir. Seçim iki eksene dayanır: hastanın kardiyovasküler rezervi ve cerrahinin hemodinamik yükü (beklenen kanama, sıvı kayması, klemp, pozisyon, süre).

Tablo 41 Monitörizasyon seviyeleri. Seviyelere göre monitörler ve uygulanacağı durumlar.

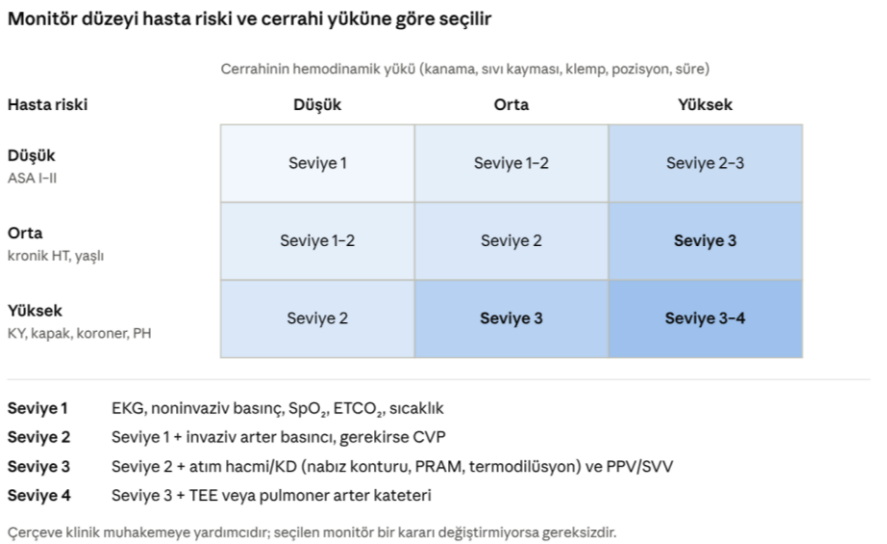
Seviye	**Monitörler**	**Hangi Durumda?**
1 (temel)	EKG, noninvaziv kan basıncı, periferik oksijen satürasyonu (SpO_2), $ETCO_2$, sıcaklık	Tüm hastalarda (American Society of Anesthesiologists, 2025)
2	Seviye 1 + invaziv arter basıncı, gerekirse CVP	Orta-yüksek riskli cerrahi, ciddi kardiyovasküler hastalık, sık kan gazı gereksinimi
3	Seviye 2 + atım hacmi/CO (arter dalga formu analizi, PRAM, termodilüsyon), PPV/SVV	Yüksek riskli veya yüksek kanamalı cerrahi
4 (seçilmiş)	Seviye 3 + TEE veya PAC	Açıklanamayan ya da dirençli şok, ağır sağ ventrikül veya pulmoner hipertansiyon, kardiyak cerrahi

Tablo 42 Hasta ve cerrahi özelliğine göre önerilen minimum monitörizasyon seviyesi.

Hasta ve Cerrahi Özelliği	Önerilen Minimum Seviye	Not
ASA I-II, kısa ve küçük cerrahi	1	Dalga formu ve trend yine de izlenir
Kronik hipertansiyon, yaşlı, orta düzey cerrahi	1-2	Hipotansiyon süresi kısa tutulmalıdır
Kalp yetersizliği, ciddi kapak hastalığı, koroner hastalık	2-3	Hem hipotansiyon hem aşırı sıvı zararlıdır
Büyük abdominal veya onkolojik cerrahi, uzun süre	3	Dinamik göstergeler düşünülür
Pulmoner hipertansiyon, sağ ventrikül yetersizliği	3-4	Ekokardiyografi karar vermeyi kolaylaştırır
Gebelik, obezite, pozisyon (Trendelenburg, beach chair)	Değişken	Transdüser ve manşon seviyesi dikkatle ayarlanır

ASA: Amerikan Anestezistler Derneği fiziksel durum sınıflaması.

Şekil 15 Monitörizasyon seçimi algoritması (hasta riski × cerrahi riski → monitör seviyesi).



Monitör seçimi · hasta riski × cerrahi yükü

Bu tablolar sabit kurallar değil, klinik muhakemeye yardımcı bir çerçevedir. Kurum özellikleri ve eldeki ekipman da seçimi belirler; önemli olan seçilen monitörün bir kararı değiştireceğini önceden bilmektir.

Güncel belgeler monitör seçiminde risk temelli bir yaklaşımı destekler. ESAIC 2025 bildirisine göre bazal riski yüksek hastada veya yüksek riskli cerrahide atım hacmi/CO izlenir; ancak atım hacmi ve CO rutin olarak maksimize edilmez, hedefler bireyselleştirilir (Saugel et al., 2025a). Birleşik Krallık Anestezistler Derneği'nin 2021 standartlarında EKG, SpO_2, noninvaziv kan basıncı, kapnografi ve sıcaklık genel anestezide zorunlu temel izlemdir; invaziv basınç asgari standart değildir, ancak kardiyovasküler komorbidite veya kırılganlıkta düşünülmelidir (Klein et al., 2021). Sürekli invaziv basınç izleminin sonucu iyileştirdiği gösterilmemiştir; destekleyen kanıt, hipotansiyonun süresini ve şiddetini azaltmasıdır (Kouz et al., 2024; Saugel et al., 2024).

Çalışmalardan Klinik Çıkarımlar

Aşağıdaki tabloda bölümde atıf yapılan ve klinik karar için en çok bilgi taşıyan çalışmalar, tasarımları, temel bulguları ve klinik çıkarımlarıyla özetlenmiştir. Her çalışma kendi hasta grubunda yapılmıştır; sonuçlar başka hasta gruplarına ve cerrahilere doğrudan aktarılamaz.

Tablo 43 Bölümde ele alınan çalışmaların özeti. Çalışmanın tasarımı, örneklemi ve temel bulgusu.

Çalışma	Tasarım ve Örneklem	Temel Bulgu	Klinik Çıkarım
London et al., 1988	Ameliyat sırasında iskemi epizodlarının derivasyonlara göre dağılımı (gözlemsel)	İskemik epizodların yaklaşık %75'i V_5'te, %61'i V_4'te, %33'ü derivasyon II'de saptanmıştır; II ve V_5 birlikte izlendiğinde duyarlılık yaklaşık %80, II, V_4 ve V_5 birlikte izlendiğinde yaklaşık %96 olmuştur	Tek derivasyon izlenecekse V_5 seçilir; II eklenmesi duyarlılığı artırır
Maheshwari et al., 2018	Gözlemsel kohort; intraoperatif hipotansiyon atakları	Ataklarının yaklaşık üçte biri indüksiyondan sonra, cilt kesisinden önce gelişmiştir	İndüksiyon sonrası ilk dakikalarda basınç sık ölçülmeli veya sürekli izlenmelidir
Marik & Cavallazzi, 2013; Chaves et al., 2024	İki meta-analiz: 43 çalışma; 69 çalışma (3.185 sıvı yükleme testi, 2.711 hasta)	CVP için birleşik AUC 0,56 (2013) ve 0,77 (2024); 2024 analizinde PPV 0,87, SVV 0,87, PVI 0,88, vena kava inferior değişkenliği 0,83	CVP tek başına sıvı kararı vermez; dinamik göstergeler üstündür, ancak geçerlilik koşulları sınırlıdır
ESCAPE (Binanay et al., 2005)	Randomize çalışma; ileri kalp yetersizliğinde PAC ile yönlendirilen tedavi	PAC'ın rutin kullanımı sonlanımı iyileştirmemiştir	PAC, verisi tedaviyi değiştirecek seçilmiş hastada düşünülür
Septik şokta CO monitörleri (Lamarche-Fontaneto et al., 2025)	26 çalışmalık meta-analiz	Birleşik yüzde hata yaklaşık %49; veri kümelerinin yalnızca %24'ünde %30'un altında; kalibre nabız konturunda %25, PRAM'da %44, kalibre olmayan nabız konturu, biyoimpedans ve biyoreaktansta %52 ve üzeri	Mutlak CO değerinden çok trend yorumlanır; cihaz, doğrulandığı hasta grubunda kullanılmalıdır

Özofageal Doppler meta-analizi (Rollins et al., 2019)	Kolorektal cerrahi; 11 randomize kontrollü çalışma, 1.113 hasta	Mortalite ve hastanede kalış süresi dahil hiçbir klinik sonuçta fark bulunmamıştır	Bu cerrahide rutin kullanımın yararı gösterilememiştir
OPTIMISE II (OPTIMISE II Trial Group, 2024)	Randomize çalışma, 2.498 hasta; CO ile yönlendirilen hemodinamik tedavi	Ameliyat sonrası enfeksiyon %23,2'ye karşı %22,7; ilk 24 saatte kardiyak olaylar %3,0'a karşı %1,7 (çoğunlukla aritmi)	Rutin CO yönlendirmesi sonlanımı iyileştirmemiştir; POQI 2025 uzlaşısı da rutin protokol önermez (Edwards et al., 2025)
IMPROVE-multi (Saugel et al., 2025b) ve POISE-3 (Marcucci et al., 2023)	Randomize çalışmalar; büyük batın cerrahisi ve kardiyovasküler riskli hastalar	Kişiselleştirilmiş hedefte bileşik sonlanım farklı bulunmamış; MAP ≥60 mmHg stratejisi MAP ≥80 mmHg stratejisinden kötü bulunmamıştır	Çoğu hasta için MAP hedefi 60–65 mmHg; yükseltme kararı klinik değerlendirmeye bağlıdır
HPI meta-analizleri (Ripollés-Melchor et al., 2026; Shirmohamadi et al., 2025)	Randomize çalışmaların meta-analizleri	Hipotansiyonun süresi ve şiddeti azalmış; böbrek hasarı, komplikasyon ve mortalitede yarar yok; öngörü AUC yaklaşık 0,90, pozitif prediktif değer yaklaşık %54	HPI uyarısı bir değerlendirme başlangıcıdır; her uyarı hipotansiyonla sonuçlanmaz

Bilinmesi Gerekenler

- Hemodinamiğin temel eşitliği MAP ≈ CO × SVR + CVP'dir; hipotansiyonda akım ile direnci ayırt edin.
- Temel monitörizasyon (EKG, noninvaziv basınç, SpO_2, $ETCO_2$, sıcaklık) her anestezide zorunludur (American Society of Anesthesiologists, 2025).
- EKG'de II ve V5 birlikte iskemi duyarlılığını artırır (London et al., 1988).
- İnvaziv arter basıncı her atımda ve hızlı değişimlerde üstünlük sağlar; doğruluk için sıfırlama, seviyeleme ve dinamik yanıt kontrolü şarttır.

- CVP ve PAOP önyükü değil, basıncı ölçer; sıvı yanıtı için dinamik göstergeler (PPV, SVV, PLR) daha bilgilendiricidir.
- Dinamik göstergelerin geçerli olduğu koşullar sınırlıdır; koşullar sağlanmıyorsa PLR veya mini sıvı testi kullanılır.
- Debi monitörleri noninvaziv, minimal invaziv ve invaziv olarak sınıflandırılır; daha invaziv yöntem daha doğru değildir. Tam noninvaziv cihazların yüzde hatası yaklaşık %47 bulunmuştur ve bolus termodilüsyonun yerine kullanılamaz; cihazlar tedaviye yanıtta farklı yönde eğilim gösterebilir. Mutlak değerden çok trend yorumlanır (Hadian et al., 2010; Joosten et al., 2017).
- Perioperatif hipotansiyon MAP <65 mmHg çevresindeki eşiklerle tanımlanır; süre ve derinlik sonucu belirler (Maheshwari et al., 2018; Salmasi et al., 2017; Sessler et al., 2019).
- Ekokardiyografi, açıklanamayan hipotansiyonda nedeni hızla ayırt ettirir.
- Monitör seçimi hasta ve cerrahi riskine göre yapılır; monitör bir kararı değiştirmiyorsa gereksizdir.
- Fizyolojik yorum her zaman ilk basamaktır: önce nedeni anlayın, sonra müdahale edin.

Klinik Soru-Cevap

Soru 1. Ameliyat sırasında MAP 55 mmHg, CO normal, SVR düşük, PPV %6 bulunmuştur. En olası mekanizma nedir?

Cevap. Akım korunmuş, direnç düşmüştür; tablo vazodilatasyonla uyumludur. PPV düşük olduğundan hasta önyüke bağımlı değildir.

Soru 2. Hipotansif hastada CVP yüksek, nabız basıncı dar ve $ETCO_2$ aniden düşmüştür. Hangi görüntüleme ilk sırada yapılmalıdır?

Cevap. Hızlı ekokardiyografi (tamponad, pulmoner emboli ve sağ ventrikül yetersizliği ayırımı). Bu tabloda sıvı yüklemesi zarar verebilir.

Soru 3. Arteriyel kateter trasesinde sistolik değer düşük, dalga formunda keskin tepe yok, ortalama basınç neredeyse normal. Ne düşünürsünüz?

Cevap. Sönümlenmiş (damped) sinyal: hava kabarcığı, pıhtı veya kinkleme. Hızlı yıkama (fast-flush) testi ile dinamik yanıt kontrol edilmeli, kateter ve transdüser incelenmelidir.

Soru 4. PPV %11 olan, mekanik ventilasyonda hastada sıvı yanıtı nasıl değerlendirilir?

Cevap. Değer gri bölgededir (yaklaşık %9-13) (Cannesson et al., 2011); tek başına karar verdirmez. PLR veya mini sıvı testi ile atım hacmi/CO yanıtı değerlendirilir.

Soru 5. Ağır aort yetersizliği olan hastada PAC ile PAOP 8 mmHg ölçülmüştür. Sol ventrikül doluş basıncı normal kabul edilebilir mi?

Cevap. Hayır. Ağır aort yetersizliğinde mitral kapağın erken kapanması PAOP'u LVEDP'den düşük bırakır (Tablo 30); düşük PAOP ventrikülün dolu olduğu anlamına gelmeyebilir. Karar için ekokardiyografi ve klinik tablo birlikte değerlendirilmelidir.

Soru 6. Vazopressör infüzyonu altındaki hastada parmak manşonlu sürekli sistem CO'da artış göstermektedir. Tedavi bu değere göre mi yönlendirilmelidir?

Cevap. Tek başına hayır. Noninvaziv sürekli sistemlerin doğruluğu şokta, vazokonstriksiyonda ve vazopressör altında azalır; mutlak değer yerine trend yorumlanmalı, kritik kararda ekokardiyografi veya başka bir yöntemle doğrulama yapılmalıdır (Joosten et al., 2017; Monnet et al., 2012).

Soru 7. Kronik hipertansiyonu olan 70 yaşındaki hastada MAP 62 mmHg'de seyretmektedir. Hedefi rutin olarak 80 mmHg'ye çıkarmak gerekir mi?

Cevap. Rutin gerekmez. MAP ≥60–65 mmHg çoğu hasta için yeterli görünmekte, hedefi bazal basınca göre yükseltmenin sonlanımı iyileştirdiği gösterilememiştir (Joosten et al., 2026; Marcucci et al., 2023; Saugel et al., 2025b). Süre ve derinlik birlikte değerlendirilir; organ perfüzyonu sınırdaki hastada hedef klinik tabloya göre bireyselleştirilebilir (Saugel et al., 2024).

Soru 8. Spontan solunumu olan hastada arter dalga formundan PPV %18 hesaplanmıştır. Bu değer sıvı yanıtı için ne ifade eder?

Cevap. Güvenilir değildir. PPV ve SVV spontan solunumda geçerli değildir (Tablo 36); bu hastada pasif bacak kaldırma veya mini sıvı testi ile atım hacmi/CO yanıtı değerlendirilmelidir.

Kısaltmalar

Kısaltma	Açılım	Kısaltma	Açılım
A	Mitral akışta atriyal kasılma (geç dolum) dalgası	**LAD**	Sol ön inen arter
ACC	American College of Cardiology (Amerikan Kardiyoloji Koleji)	**LV**	Sol ventrikül
ACE	Anjiyotensin dönüştürücü enzim (angiotensin-converting enzyme)	**LVEDP**	Sol ventrikül diyastol sonu basıncı
AF	Atriyal fibrilasyon	**LVOT**	Sol ventrikül çıkış yolu
AHA	American Heart Association (Amerikan Kalp Derneği)	**M_2**	Muskarinik reseptör alt tip 2
ANP	Atriyal natriüretik peptid	**MAP**	Ortalama arter basıncı (mean arterial pressure)
ARB	Anjiyotensin reseptör blokeri	**MINS**	Kalp dışı cerrahi sonrası miyokard hasarı (myocardial injury after noncardiac surgery)
ASA	American Society of Anesthesiologists (Amerikan Anesteziyologlar Derneği)	**MSFP**	Ortalama sistemik dolum basıncı (mean systemic filling pressure)
ASE	American Society of Echocardiography (Amerikan Ekokardiyografi Derneği)	**NIBP**	Noninvaziv kan basıncı
AT_1	Anjiyotensin II tip 1 reseptörü	**NIRS**	Yakın kızılötesi spektroskopi (beyin oksimetrisi)
ATP	Adenozin trifosfat	**PAC**	Pulmoner arter kateteri (pulmonary artery catheter)
ATPaz	Adenozin trifosfataz	**PaO_2**	Arteriyel oksijen parsiyel basıncı
AUC	Eğri altı alan (area under the curve)	**PAOP**	Pulmoner arter oklüzyon basıncı
AV	Atriyoventriküler	**PAP**	Pulmoner arter basıncı
AVP	Arginin vazopressin	**PDA**	Posterior inen arter
BNP	Beyin natriüretik peptidi	**PEEP**	Pozitif end-ekspiryum basıncı
CaO_2	Arteriyel oksijen içeriği	**PKA**	Protein kinaz A
Ca-vO_2	Arteriyovenöz oksijen içeriği farkı	**PLR**	Pasif bacak kaldırma (passive leg raising)
CFI	Kardiyak fonksiyon indeksi	**POCUS**	Yatak başı ultrason (point-of-care ultrasound)
CI	Kardiyak indeks (cardiac index)	**POQI**	Perioperative Quality Initiative (Perioperatif Kalite Girişimi)
CO	Kardiyak debi (cardiac output)	**PPV**	Nabız basıncı değişkenliği (pulse pressure variation)

CPP	Koroner perfüzyon basıncı (coronary perfusion pressure)	**PR**	EKG'de P dalgasının başlangıcı ile QRS başlangıcı arasındaki aralık
CvO_2	Karışık venöz oksijen içeriği	**PRAM**	Pressure recording analytical method (basınç kaydı analitik yöntemi)
CVP	Santral venöz basınç (central venous pressure)	**PV**	Basınç-hacim (döngüsü/ilişkisi)
CX	Sirkumfleks arter	**$Pv\text{-}aCO_2$**	Venöz-arteriyel CO_2 kısmi basıncı farkı
DBP	Diyastolik arter basıncı	**PVI**	Pletismografik değişkenlik indeksi (plethysmographic variability index)
dP/dt	Sistolik basınç artış hızı	**PVPI**	Pulmoner vasküler geçirgenlik indeksi
E	Mitral akışta erken dolum dalgası	**PVR**	Pulmoner vasküler direnç
e′	Mitral anülüsün erken diyastolik doku Doppler hızı	**QRS**	EKG'de ventrikül depolarizasyonunu gösteren kompleks
Ea	Arteriyel elastans	**QT**	EKG'de ventrikül depolarizasyonu ve repolarizasyonunu kapsayan aralık
EACVI	European Association of Cardiovascular Imaging (Avrupa Kardiyovasküler Görüntüleme Derneği)	**RA**	Sağ atriyum
Eadyn	Dinamik arteriyel elastans	**RCA**	Sağ koroner arter
ECMO	Ekstrakorporeal membran oksijenasyonu	**RR**	Göreceli risk (relative risk)
EDPVR	Diyastol sonu basınç-hacim ilişkisi	**RV**	Sağ ventrikül
EDV	Diyastol sonu hacim	**RyR**	Ryanodin reseptörü
Ees	Sistol sonu (ventrikül) elastansı	**SA**	Sinoatriyal
EF	Ejeksiyon fraksiyonu	**SaO_2**	Arteriyel oksijen satürasyonu
EKG	Elektrokardiyogram	**SCA**	Society of Cardiovascular Anesthesiologists (Kardiyovasküler Anesteziyologlar Derneği)
ERP	Etkili refrakter periyot	**$ScvO_2$**	Santral venöz oksijen satürasyonu
ESAIC	European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (Avrupa Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Derneği)	**SERCA**	Sarkoplazmik/endoplazmik retikulum Ca^{2+}-ATPaz

ESC	European Society of Cardiology (Avrupa Kardiyoloji Derneği)	**SpO_2**	Periferik oksijen satürasyonu
ESICM	European Society of Intensive Care Medicine (Avrupa Yoğun Bakım Tıbbı Derneği)	**SR**	Sarkoplazmik retikulum
ESP	Sistol sonu basınç	**ST**	EKG'de QRS kompleksi ile T dalgası arasındaki segment
ESPVR	Sistol sonu basınç-hacim ilişkisi	**SV**	Atım hacmi (stroke volume)
ESV	Sistol sonu hacim	**SVK**	Santral venöz kateter
$ETCO_2$	Ekspiryum sonu karbondioksit (end-tidal CO_2)	**SvO_2**	Karışık venöz oksijen satürasyonu
EVLW	Ekstravasküler akciğer suyu (extravascular lung water)	**SVR**	Sistemik vasküler direnç (systemic vascular resistance)
FoCUS	Odaklı kardiyak ultrason (focused cardiac ultrasound)	**SVV**	Atım hacmi değişkenliği (stroke volume variation)
GEDV	Global end-diyastolik hacim	**TAPSE**	Triküspit anüler sistolik düzlem hareketi
GEF	Global ejeksiyon fraksiyonu	**TEE**	Transözofageal ekokardiyografi
GLS	Global longitudinal strain	**TTE**	Transtorasik ekokardiyografi
Hb	Hemoglobin	**V_1**	Vazopressin tip 1 reseptörü
HPI	Hipotansiyon Tahmin İndeksi (Hypotension Prediction Index)	**V_2**	Vazopressin tip 2 reseptörü
HR	Kalp hızı (heart rate)	**VAC**	Ventriküloarteriyel eşleşme
IVC	İnferior vena kava	**VO_2**	Oksijen tüketimi
KATP	ATP'ye duyarlı potasyum kanalı	**VTI**	Hız-zaman integrali

FloTrac, MostCare, ProAQT, PiCCO, EV1000-VolumeView, LiDCO, PulseCO, ClearSight, Nexfin ve NICOM ticari adlardır.

Kaynakça

Alshammari, A. M., Ali, R., Alkathiry, A. M., Alotaibi, M. S., AlQahtani, A. S., Alotaibi, H. M., & Alqahtani, S. M. (2026). Individualized versus conventional intraoperative blood pressure management among major non-cardiac surgery patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Medicine*, *13*, Article 1889492. doi: 10.3389/fmed.2026.1889492.

American Society of Anesthesiologists. (2025, October 15). *Standards for basic anesthetic monitoring*. https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring

American Society of Anesthesiologists and Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. (2010). Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography: An updated report. *Anesthesiology*, *112*(5), 1084–1096. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181c51e15.

Aydın, M. E., Aykut, A., Karadeniz, Ü., Bingül, E. S., Demir, Z. A., Talih, G., Dost, B., & Ahıskalıoğlu, A. (2025). Foundations and advancements in hemodynamic monitoring: Part II—advanced parameters and tools. *Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation*, *53*(5), 197–207. doi: 10.4274/TJAR.2025.251926.

Balan, C., Petersen Saadi, M., Ayala Leon, M., Cameli, M., & Soliman Aboumarie, H. (2026). Why and how to measure left ventriculo-arterial coupling in rapidly altered hemodynamic states. *Hearts*, *7*(1), 10. doi: 10.3990/hearts7010010.

Becton, Dickinson and Company (BD). (2026). *FloTrac algorithm* [White paper]. https://www.bd.com/content/dam/bd-assets/na/advanced-patient-monitoring/web-published/eu-assets-for-bd-com/flotrac-algorithm-white-paper.pdf

Berton, C., & Cholley, B. (2002). Equipment review: New techniques for cardiac output measurement – oesophageal Doppler, Fick principle using carbon dioxide, and pulse contour analysis. *Critical Care*, *6*(3), 216–221. doi: 10.1186/cc1492.

Bijker, J. B., van Klei, W. A., Kappen, T. H., van Wolfswinkel, L., Moons, K. G. M., & Kalkman, C. J. (2007). Incidence of intraoperative hypotension as a function of the chosen definition: Literature definitions applied to a retrospective cohort using automated data collection. *Anesthesiology*, *107*(2), 213–220. doi: 10.1097/01.anes.0000270724.40803.e8.

Binanay, C., Califf, R. M., Hasselblad, V., O'Connor, C. M., Shah, M. R., Sopko, G., Stevenson, L. W., Francis, G. S., Leier, C. V., Miller, L. W., Klein, L., Young, J. B., Califf, R. M., & ESCAPE Investigators and Coordinators. (2005). Evaluation study of congestive heart failure and pulmonary artery catheterization effectiveness: The ESCAPE trial. *JAMA*, *294*(13), 1625–1633. doi: 10.1001/jama.294.13.1625.

Bjerregaard, P., El-Shafei, A., Kotar, S. L., & Labovitz, A. J. (2003). ST segment analysis by Holter monitoring: Methodological considerations. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, *8*(3), 200–207. doi: 10.1046/j.1542-474X.2003.08306.x.

Buendía-Fuentes, F., Arnau-Vives, M. A., Arnau-Vives, A., Jiménez-Jiménez, Y., Rueda-Soriano, J., Zorio-Grima E., Osa-Sáez, A., & Palencia-Pérez, M. (2012). High-bandpass filters in

electrocardiography: Source of error in the interpretation of the ST segment. *ISRN Cardiology*, *2012*, Article 706217. doi: 10.5402/2012/706217.

Butterworth, J. F., IV, Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (Eds.). (2022). *Morgan & Mikhail's clinical anesthesiology* (7th ed.). McGraw-Hill.

Cannesson, M., Le Manach, Y., Hofer, C. K., Goarin, J. P., Lehot, J. J., Vallet, B., & Tavernier, B. (2011). Assessing the diagnostic accuracy of pulse pressure variations for the prediction of fluid responsiveness: A "gray zone" approach. *Anesthesiology*, *115*(2), 231–241. doi: 10.1097/ALN.0b013e318225b80a.

Chandrasekhar, A., Yavarimanesh, M., Hahn, J.-O., Sung, S.-H., Chen, C.-H., Cheng, H.-M., & Mukkamala, R. (2019). Formulas to explain popular oscillometric blood pressure estimation algorithms. *Frontiers in Physiology*, *10*, Article 1415. doi: 10.3389/fphys.2019.01415.

Chaves, R. C. F., Barbas, C. S. V., Queiroz, V. N. F., Serpa, Neto, A., Slobod, D., & Corrêa, T. D. (2024). Assessment of fluid responsiveness using pulse pressure variation, stroke volume variation, plethysmographic variability index, central venous pressure, and inferior vena cava variation in patients undergoing mechanical ventilation: A systematic review and meta-analysis. *Critical Care*, *28*, Article 289. doi: 10.1186/s13054-024-05078-9.

Demir, Z. A., Bingül, E. S., Dost, B., Talih, G., Aykut, A., Aydın, M. E., Karadeniz, Ü., & Ahıskalıoğlu, A. (2025). Foundations and advancements in hemodynamic monitoring: Part I—elements of hemodynamics. *Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation*, *53*(3), 87–97. doi: 10.4274/TJAR.2025.251925.

Dissanayake, D., Fernando, S., Wickramasinghe, N., Jayasinghe, S., Wanigasuriya, K., & Wijeyaratne, M. (2026). Towards routine monitoring for myocardial injury after noncardiac surgery. *Perioperative Medicine*, *15*, Article 23. doi: 10.1186/s13741-026-00660-x.

Edwards, M. R., Kunst, G., Forni, L. G., Mythen, M. G., Grocott, M. P. W., & POQI-VIII Working Group. (2025). Perioperative Quality Initiative consensus statement on goal-directed haemodynamic therapy. *British Journal of Anaesthesia*, *135*(3), 547–560. doi: 10.1016/j.bja.2025.05.033.

Ersoy, U. C. (2025). *Post-indüksiyonel hipotansiyon tedavisinin jinekolojik onkoloji olgularında PRAM metodu verileri ile değerlendirilmesi* [Tıpta uzmanlık tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Şehir Hastanesi].

Gamarra, A., Díez-Villanueva, P., Salamanca, J., Aguilar, R., Mahía, P., & Alfonso, F. (2024). Development and clinical application of left ventricular–arterial coupling non-invasive assessment methods. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, *11*(5), Article 141. doi: 10.3390/jcdd11050141.

Gardner, R. M. (1981). Direct blood pressure measurement: Dynamic response requirements. *Anesthesiology*, *54*(3), 227–236. doi: 10.1097/00000542-198103000-00010.

Gravlee, G. P., Brauer, S. D., O'Rourke, M. F., & Avolio, A. P. (1989). A comparison of brachial, femoral, and aortic intra-arterial pressures before and after cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia and Intensive Care*, *17*(3), 305–311. doi: 10.1177/0310057X8901700308.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (Eds.). (2025). *Miller's anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Hadian, M., Kim, H. K., Severyn, D. A., & Pinsky, M. R. (2010). Cross-comparison of cardiac output trending accuracy of LiDCO, PiCCO, FloTrac and pulmonary artery catheters. *Critical Care*, *14*, Article R212. doi: 10.1186/cc9335.

Hall, J. E., & Hall, M. E. (2026). *Guyton and Hall textbook of medical physiology* (15th ed.). Elsevier.

Halvorsen, S., Mehilli, J., Cassese, S., Halliday, X. X., Abdelhamid, M., Barbato, E., De Herd, S., Doenst, T., Geisler, T., Verma, S., & ESC Scientific Document Group. (2022). 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *European Heart Journal*, *43*(39), 3826–3924. doi: 10.1093/eurheartj/ehac270.

Hirahata, T., Hashimoto, S., Watanabe, H., Nishi, K., Sato, T., & Yamashita, K. (2024). The 10 Hz dynamic response of a fluid-filled pressure monitoring system is a novel alternative to the fast flush test and indicative of unacceptable systolic pressure overshoot. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *38*(3), 715–719. doi: 10.1007/s10877-023-01122-1.

Joosten, A., Chew, M. S., Futier, E., Vincent, J. L., & Saugel, B. (2026). Intraoperative blood pressure management in noncardiac surgery: A narrative review based on current evidence. *Intensive Care Medicine*, *52*(3), 500–511. doi: 10.1007/s00134-026-08326-4.

Joosten, A., Desebbe, O., Suehiro, K., Murphy, L. S.-L., Essiet, M., Alexander, B., Fischer, M. O., Cannesson, M., & Rinehart, J. (2017).

Accuracy and precision of non-invasive cardiac output monitoring devices in perioperative medicine: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*, *118*(3), 298–310. doi: 10.1093/bja/aew461.

Kashlan, B., Kinno, M., & Syed, M. (2024). Perioperative myocardial injury and infarction after noncardiac surgery: A review of pathophysiology, diagnosis, and management. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *11*, Article 1323425. doi: 10.3389/fcvm.2024.1323425.

Kirkpatrick, J. N., Panebianco, N., Díaz-Gomez, J. L., Xu, B., Mitchell, C., & Bremer, M. L. (2024). Recommendations for cardiac point-of-care ultrasound nomenclature. *Journal of the American Society of Echocardiography*, *37*, 809–819. doi: 10.1016/j.echo.2024.05.001.

Klein, A. A., Meek, T., Allcock, E., Cook, T. M., Mincher, N., Morris, C., Nimmo, A. F., Egeler, C., & Association of Anaesthetists. (2021). Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021: Guideline from the Association of Anaesthetists. *Anaesthesia*, *76*(9), 1212–1223. doi: 10.1111/anae.15501.

Kouz, K., Thiele, R., Michard, F., & Saugel, B. (2024). Haemodynamic monitoring during noncardiac surgery: Past, present, and future. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *38*(3), 565–580. doi: 10.1007/s10877-024-01161-2.

Lamarche-Fontaneto, R., Oud, L., Howell, K. D., & Martin, G. S. (2025). Cardiac output monitors in septic shock: Do they deliver what matters? A systematic review and meta-analysis. *Critical Care*, *29*, Article 299. doi: 10.1186/s13054-025-05547-9.

Leather, H. A., & Wouters, P. F. (2001). Oesophageal Doppler monitoring overestimates cardiac output during lumbar epidural anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, *86*(6), 794–797. doi: 10.1093/bja/86.6.794.

Life in the Fast Lane. (n.d.-a). *Oesophageal Doppler*. https://litfl.com/oesophageal-doppler/

Life in the Fast Lane. (n.d.-b). *Pulmonary artery wedge pressure*. https://litfl.com/pulmonary-artery-wedge-pressure/

Lindow, T., Wiiala, J., Lundager Forberg, J., Lassen, A. T., Brabrand, M., Platonov, P. G., & Ekelund, U. (2020). Optimal measuring point for ST deviation in chest pain patients with possible acute coronary syndrome. *Journal of Electrocardiology*, *58*, 165–170. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2019.12.004.

London, M. J., Hollenberg, M., Wong, M. G., Levenson, L., Tubau, J. F., Browner, W., & Mangano, D. T. (1988). Intraoperative myocardial ischemia: Localization by continuous 12-lead electrocardiography. *Anesthesiology*, *69*(2), 232–241. doi: 10.1097/00000542-198808000-00010.

Lu, T.-H., Fan Chiang, Y.-H., & Chang, C.-C. (2026). A wearable cuffless blood pressure monitoring system: Real-time measurement using force sensing and waveform analysis. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *40*(5), 1103–1112. doi: 10.1007/s10877-026-01454-8.

Maddison, B., Wolff, C., Findlay, G., Radermacher, P., Hinds, C., & Pearse, R. M. (2009). Comparison of three methods of extravascular lung water volume measurement in patients after cardiac surgery. *Critical Care*, *13*(4), Article R107. doi: 10.1186/cc7948.

Maheshwari, K., Turan, A., Mao, G., Yang, D., Niazi, A. K., Agarwal, D., Sessler, D. I., & Kurz, A. (2018). The association of hypotension during non-cardiac surgery, before and after skin incision, with postoperative acute kidney injury: A retrospective cohort analysis. *Anaesthesia*, *73*(10), 1223–1228. doi: 10.1111/anae.14416.

Marcucci, M., Painter, T. W., Conen, D., Leslie, K., Lomivorotov, V. V., Sessler, D. I., Chan, M. T. V., Garg, A. X., Chow, C. K., & Devereaux, P. J. (2023). Hypotension-avoidance versus hypertension-avoidance strategies in noncardiac surgery: An international randomized controlled trial. *Annals of Internal Medicine*, *176*(5), 605–614. doi: 10.7326/M22-3157.

Marik, P. E., Baram, M., & Vahid, B. (2008). Does central venous pressure predict fluid responsiveness? A systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest*, *134*(1), 172–178. doi: 10.1378/chest.07-2331.

Marik, P. E., & Cavallazzi, R. (2013). Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Critical Care Medicine*, *41*(7), 1774–1781. doi: 10.1097/CCM.0b013e31828a25fd.

Marik, P. E., Cavallazzi, R., Vasu, T., & Hirani, A. (2009). Dynamic changes in arterial waveform derived variables and fluid responsiveness in mechanically ventilated patients: A systematic review of the literature. *Critical Care Medicine*, *37*(9), 2642–2647. doi: 10.1097/CCM.0b013e3181a590da.

Messina, A., Calabrò, L., Pugliese, L., Lulja, A., Sopuch, A., Rosalba, D., & Cecconi, M. (2022). Fluid challenge in critically ill patients receiving haemodynamic monitoring: A systematic review

and comparison of two decades. *Critical Care*, *26*, Article 186. doi: 10.1186/s13054-022-04056-3.

Michard, F. (2024). Towards the automatic detection and correction of abnormal arterial pressure waveforms. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *38*(4), 749–752. doi: 10.1007/s10877-024-01152-3.

Monnet, X., Messina, A., Greco, M., Bakker, J., Aissaoui, N., Cecconi, M., De Backer, D., & Teboul, J. L. (2025). ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring 2025. *Intensive Care Medicine*, *51*(11), 1971–2012. doi: 10.1007/s00134-025-08137-z.

Monnet, X., Picard, F., Lidzborski, E., Mesnil, M., Duranteau, J., Richard, C., & Teboul, J. L. (2012). The estimation of cardiac output by the Nexfin device is of poor reliability for tracking the effects of a fluid challenge. *Critical Care*, *16*, Article R212. doi: 10.1186/cc11846.

Monnet, X., & Teboul, J. L. (2017). Transpulmonary thermodilution: Advantages and limits. *Critical Care*, *21*, Article 147. doi: 10.1186/s13054-017-1739-5.

Moustafa, A. T., Tang, A. S. L., & Khan, H. R. (2023). Conduction system pacing on track to replace CRT? Review of current evidence and prospects of conduction system pacing. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *10*, Article 1220709. doi: 10.3389/fcvm.2023.1220709.

Nagueh, S. F., Sanborn, D. Y., Oh, J. K., Anderson, B., Billick, K., Derumeaux, G., & Smiseth, O. A. (2025). Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography

and for heart failure with preserved ejection fraction diagnosis: An update from the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, *38*(7), 537–569. doi: 10.1016/j.echo.2025.03.011.

Oh, E. J., Min, J. J., Kwon, E., Choi, E. A., & Lee, J. H. (2023). Evaluation of pre-induction dynamic arterial elastance as an adjustable predictor of post-induction hypotension: A prospective observational study. *Journal of Clinical Anesthesia*, *87*, Article 111092. doi: 10.1016/j.jclinane.2023.111092.

OPTIMISE II Trial Group. (2024). Cardiac output-guided haemodynamic therapy for patients undergoing major gastrointestinal surgery: OPTIMISE II randomised clinical trial. *BMJ*, *387*, Article e080439. doi: 10.1136/bmj-2024-080439.

Philips IntelliVue Patient Monitor. (2019). *Noninvasive blood pressure principles* [Application note]. https://www.philips.com/c-dam/b2bhc/master/resource-catalog/landing/experience/patient-monitoring/NIBP-measurement/nbp-principles-1.pdf

Protti, I., van den Enden, A., Van Mieghem, N. M., Meuwese, C. L., & Meani, P. (2024). Looking back, going forward: Understanding cardiac pathophysiology from pressure–volume loops. *Biology*, *13*(1), Article 55. doi: 10.3390/biology13010055.

Ripollés-Melchor, J., Zorrilla-Vaca, A., Espinosa, Á. V., Aldecoa, C., Quintana-Villamandos, B., Abad-Gurumeta, A., & Calvo-Vecino, J. M. (2026). Impact of hypotension prediction index-guided management on intraoperative hypotension and postoperative outcomes in abdominal surgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, *45*(2), Article 101656. doi: 10.1016/j.accpm.2025.101656.

Romano, S. M., & Pistolesi, M. (2002). Assessment of cardiac output from systemic arterial pressure in humans. *Critical Care Medicine*, *30*(8), 1834–1841. doi: 10.1097/00003246-200208000-00027

Romagnoli, S., Franchi, F., Ricci, Z., Scolletta, S., & Payen, D. (2017). The Pressure Recording Analytical Method (PRAM): Technical concepts and literature review. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *31*(4), 1460–1470. doi: 10.1053/j.jvca.2017.02.012.

Romeu-Bordas, Ó., & Ballesteros-Peña, S. (2017). Validez y fiabilidad del test modificado de Allen: Una revisión sistemática y metanálisis [Validity and reliability of the modified Allen test: A systematic review and meta-analysis]. *Emergencias*, *29*(2), 126–135.

Rollins, K. E., Mathias, N. C., & Lobo, D. N. (2019). Meta-analysis of goal-directed fluid therapy using transoesophageal Doppler monitoring in patients undergoing elective colorectal surgery. *BJS Open*, *3*(5), 606–616. doi: 10.1002/bjs5.50188.

Russell, A., Rivers, E. P., Giri, P. C., Jaehne, A. K., & Nguyen, H. B. (2020). A physiologic approach to hemodynamic monitoring and optimizing oxygen delivery in shock resuscitation. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(7), Article 2052. doi: 10.3390/jcm9072052.

Salmasi, V., Maheshwari, K., Yang, D., Mascha, E. J., Singh, A., Sessler, D. I., & Kurz, A. (2017). Relationship between intraoperative hypotension, defined by either reduction from baseline or absolute thresholds, and acute kidney and myocardial injury after noncardiac surgery. *Anesthesiology*, *126*(1), 47–65. doi: 10.1097/ALN.0000000000001432.

Saugel, B., Bebert, E. J., Briesenick, L., Hoppe, P., Greiwe, G., Yang, D., & Sessler, D. I. (2022). Mechanisms contributing to hypotension after anesthetic induction with sufentanil, propofol, and rocuronium: A prospective observational study. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *36*(2), 341–347. doi: 10.1007/s10877-021-00676-4.

Saugel, B., Buhre, W., Chew, M. S., Cholley, B., Coburn, M., Cohen, B., De Hert, S., & Vincent, J. L. (2025a). Intra-operative haemodynamic monitoring and management of adults having noncardiac surgery: A statement from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology*, *42*(6), 543–556. doi: 10.1097/EJA.0000000000002174.

Saugel, B., Cecconi, M., & Hajjar, L. A. (2019). Noninvasive cardiac output monitoring in cardiothoracic surgery patients: Available methods and future directions. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *33*(6), 1742–1752. doi: 10.1053/j.jvca.2018.06.012.

Saugel, B., Cecconi, M., Wagner, J. Y., & Reuter, D. A. (2015). Noninvasive continuous cardiac output monitoring in perioperative and intensive care medicine. *British Journal of Anaesthesia*, *114*(4), 562–575. doi: 10.1093/bja/aeu447.

Saugel, B., Fletcher, N., Gan, T. J., Grocott, M. P. W., Myles, P. S., & Sessler, D. I. (2024). PeriOperative Quality Initiative (POQI) international consensus statement on perioperative arterial pressure management. *British Journal of Anaesthesia*, *133*(2), 264–276. doi: 10.1016/j.bja.2024.04.046.

Saugel, B., Meidert, A. S., Brunkhorst, F. M., Abel, P., & IMPROVE-multi Trial Group. (2025b). Individualized perioperative

blood pressure management in patients undergoing major abdominal surgery: The IMPROVE-multi randomized clinical trial. *JAMA*, *334*(21), 1893–1904. doi: 10.1001/jama.2025.17235.

Senoner, T., Velik-Salchner, C., & Tauber, H. (2022). The pulmonary artery catheter in the perioperative setting: Should it still be used? *Diagnostics*, *12*(1), Article 177. doi: 10.3390/diagnostics12010177.

Sessler, D. I., Bloomstone, J. A., Aronson, S., Berry, C., Gan, T. J., Kellum, J. A., & POQI-3 workgroup. (2019). Perioperative Quality Initiative consensus statement on intraoperative blood pressure, risk and outcomes for elective surgery. *British Journal of Anaesthesia*, *122*(5), 563–574. doi: 10.1016/j.bja.2019.01.013.

Shirmohamadi, E., Hosseini Dolama, R., Mohammadzadeh, N., Ebrahimi, N., & Ghasemloo, N. (2025). Intraoperative hypotension prediction in cardiac and noncardiac procedures: Is HPI truly worthwhile? A systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiology*, *25*, Article 388. doi: 10.1186/s12871-025-03250-4.

Slagt, C., Malagon, I., & Groeneveld, J. (2014). Systematic review of uncalibrated arterial pressure waveform analysis to determine cardiac output and stroke volume variation. *British Journal of Anaesthesia*, *112*(4), 626–637. doi: 10.1093/bja/aet429.

Taebi, A., Solar, B. E., Bomar, A. J., Sandler, R. H., & Mansy, H. A. (2019). Recent advances in seismocardiography. *Vibration*, *2*(1), Article 5. doi: 10.3390/vibration2010005.

Thomas, J. D., Edvardsen, T., Abraham, T., Badano, L. P., Delgado, V., Flachskampf, F. A., & Popescu, B. A. (2026). Clinical applications of strain echocardiography: A clinical consensus statement from the American Society of Echocardiography

developed in collaboration with the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*, *27*(3), 335–368. doi: 10.1093/ehjci/jeag006.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., Chow, B. J. W., Di Carli, M. F., & Writing Committee Members. (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM guideline for perioperative cardiovascular management for noncardiac surgery. *Journal of the American College of Cardiology*, *84*(19), 1869–1969. doi: 10.1016/j.jacc.2024.06.013.

Toscani, L., Aya, H. D., Antonakaki, D., Bastoni, D., Watson, X., Arulkumaran, N., & Cecconi, M. (2017). What is the impact of the fluid challenge technique on diagnosis of fluid responsiveness? A systematic review and meta-analysis. *Critical Care*, *21*, Article 207. doi: 10.1186/s13054-017-1796-9.

Vegas, A., Wells, B., Braum, P., & American Society of Echocardiography. (2025). Guidelines for performing ultrasound-guided vascular cannulation: Recommendations of the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, *38*(2), 57–91. doi: 10.1016/j.echo.2024.12.004.

Yartsev, A. (2023, December 18). *West's zones of the lung*. Deranged Physiology. https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/respiratory-system/Chapter-072/wests-zones-lung

Yartsev, A. (2025, March 10). *LiDCO: Lithium dilution cardiac output measurement*. Deranged Physiology. https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/cardiovascular-system/Chapter-834/lidco-lithium-dilution-cardiac-output-measurement

Zhang, Z.-X., Liu, Y., Wang, C., Li, H., & Zhao, B. (2026). Intraoperative blood pressure management strategies and outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Anesthesiology and Perioperative Science*, *4*, Article 43. doi: 10.1007/s44254-026-00188-9.

BÖLÜM 23

ERİŞKİN KARDİYAK HASTALARDA ANESTEZİ

HİLMİ AKDAĞ[1]

Özet

Erişkin kardiyak hastalarda anestezi yönetiminin temel amacı, mevcut kardiyovasküler hastalığın fizyopatolojisini ve cerrahinin oluşturacağı hemodinamik stresi birlikte değerlendirerek perioperatif kardiyak olay riskini azaltmaktır. Nonkardiyak cerrahi öncesinde değerlendirme; cerrahinin aciliyeti, aktif/instabil kardiyak durumlar, cerrahi risk, fonksiyonel kapasite ve gerektiğinde biyobelirteç veya kardiyak görüntüleme temelinde basamaklı yapılmalıdır. Güncel yaklaşım gereksiz test ve tedaviden kaçınırken, sonucu değiştirebilecek değerlendirmelere odaklanır (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Bu bölümde iskemik kalp hastalığı, kalp yetersizliği, hipertrofik kardiyomiyopati, mitral ve aort kapak hastalıkları, triküspit yetersizliği, perioperatif aritmiler ve kardiyak implante

[1] Uzm. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Bursa, Türkiye, Orcid: 0000-0002-7976-9773

edilebilir elektronik cihazların anestezi yönetimi ele alınmaktadır (Gropper et al., 2025; Joglar et al., 2024; Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Öğrenme Hedefleri

- Erişkin kardiyak hastada perioperatif risk değerlendirmesini sistematik olarak yapabilmek.
- Aktif kardiyak durumları tanımak ve elektif cerrahinin ertelenmesi gereken durumları ayırt edebilmek.
- İskemik kalp hastalığı ve kalp yetersizliğinde anestezik hedefleri belirleyebilmek.
- Kapak hastalıklarında lezyona özgü preload, afterload, kalp hızı ve ritim hedeflerini uygulayabilmek.
- Perioperatif aritmileri ve pacemaker/ICD bulunan hastaları güvenli yönetebilmek.
- Monitörizasyon ve ileri kardiyak değerlendirme yöntemlerini hastaya ve cerrahiye göre seçebilmek.
- Postoperatif miyokard hasarı kavramını açıklayabilmek ve troponin taraması yapılması gereken riskli hastaları ayırt edebilmek.

Perioperatif Kardiyak Değerlendirme

2024 AHA/ACC multisociety kılavuzu, nonkardiyak cerrahi öncesi kardiyovasküler değerlendirmeyi basamaklı bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır. Kardiyovasküler tarama ve tedavi, cerrahiye özgü nedenlerle gereksiz biçimde genişletilmemeli; nonoperatif hastada aynı endikasyonla yapılacak değerlendirmeler, cerrahiyi

gereksiz yere geciktirmeyecek biçimde planlanmalıdır (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Değerlendirmede dört temel soru öne çıkar: (1) cerrahi acil mi, (2) aktif veya instabil kardiyak durum var mı, (3) cerrahi kardiyak açıdan ne kadar riskli, (4) hastanın fonksiyonel kapasitesi ve klinik risk profili nedir? Gerektiğinde kardiyak biyobelirteçler, elektrokardiyografi, ekokardiyografi veya stres görüntüleme bu basamaklara eklenir (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Aktif veya instabil kardiyak durumlar

- Akut koroner sendrom veya aktif/instabil iskemi.
- Dekompanse kalp yetersizliği.
- Kontrolsüz veya hemodinamik açıdan ciddi aritmiler.
- İleri derecede semptomatik kapak hastalığı.
- Semptomatik ciddi bradikardi veya yüksek dereceli AV blok gibi önemli ileti bozuklukları.

Bu durumların varlığında elektif nonkardiyak cerrahi, kardiyak durumun değerlendirilmesi ve mümkünse optimize edilmesi sonrasında yeniden planlanmalıdır. Acil cerrahide ise ileri testlerin sonucu beklenmeden cerrahi gereksinim ile kardiyak risk birlikte değerlendirilir (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Cerrahi risk ve fonksiyonel kapasite

Cerrahi risk, girişimin türü ve beklenen fizyolojik stresin yanı sıra hastanın komorbiditeleriyle birlikte değerlendirilir. Güncel yaklaşımda yalnızca geleneksel düşük/orta/yüksek cerrahi sınıflaması yerine tahmini perioperatif kardiyovasküler olay riski ve

hastaya özgü klinik risk birlikte ele alınmalıdır (Thompson et al., 2024).

Fonksiyonel kapasite MET cinsinden değerlendirilebilir. Günlük yaşam aktiviteleri yaklaşık 1–4 MET, hızlı yürüme veya merdiven çıkma gibi aktiviteler yaklaşık 4–10 MET ve daha yoğun spor aktiviteleri 10 MET üzerindedir. Ancak fonksiyonel kapasite değerlendirmesi subjektif olabileceğinden, gerektiğinde Duke Activity Status Index gibi yapılandırılmış araçlardan yararlanılabilir (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Kırılganlık, stres faktörlerine karşı artmış savunmasızlığa yol açan, çoklu organ sistemlerinde fizyolojik gerileme ile karakterize klinik bir sendromdur. Fiziksel kapasite ile yakından ilişkili olan bu durum; nonkardiyak cerrahi sonrası miyokard hasarı, infarktüs, atriyal fibrilasyon, akut böbrek hasarı, deliryum, uzamış hastanede yatış süresi ve mortalite gibi advers sonuçlar için yaştan bağımsız bir risk faktörüdür. Yüksek riskli nonkardiyak cerrahi geçirecek 65 yaş ve üzeri tüm hastalarda veya 64 yaş altında olup kırılganlık şüphesi olanlarda, valide edilmiş bir kırılganlık ölçeği (örneğin Clinical Frailty Scale, FRAIL Skalası veya Fried fenotipi) kullanılarak preoperatif kırılganlık değerlendirmesi yapılması önerilmektedir. Bu değerlendirme ile perioperatif yönetimi belirlemede ve uygun hastalarda cerrahi öncesi prehabilitasyon (fiziksel kondisyon, nutrisyonel destek vb.) planlamasında klinisyene rehberlik eder (Thompson et al., 2024).

Preoperatif testlerin seçimi

Rutin olarak herkese stres testi veya ekokardiyografi yapılması önerilmez. Test, sonucu perioperatif yönetimi değiştirecekse düşünülmelidir. Düşük riskli hastada ve düşük riskli

cerrahide gereksiz stres testlerinden kaçınmak güncel yaklaşımın temel ilkelerindendir (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

- EKG: Bilinen kardiyovasküler hastalık, semptom veya uygun klinik risk durumlarında.
- Ekokardiyografi: Yeni veya kötüleşen dispne, kalp yetersizliği bulguları, bilinen ciddi kapak hastalığı veya ventrikül fonksiyonunun sonucu değiştireceği durumlarda.
- Stres testi: Fonksiyonel kapasitesi düşük/bilinmeyen ve klinik riski yeterince yüksek, test sonucunun yönetimi değiştireceği seçilmiş hastalarda.
- Koroner BT/anjiyografi: Perioperatif test amacıyla rutin değil; bağımsız kardiyolojik endikasyon varsa.
- Biyobelirteçler: Seçilmiş yüksek riskli hastalarda BNP/NT-proBNP ve/veya troponin, klinik karar verme sürecine yardımcı olabilir (Thompson et al., 2024).

İskemik Kalp Hastalığı

Miyokard iskemisi, miyokardın oksijen gereksinimi ile oksijen sunumu arasındaki dengesizlikten kaynaklanır. Taşikardi ve hipertansiyon oksijen gereksinimini artırırken hipotansiyon, anemi, hipoksemi ve koroner akımın azalması oksijen sunumunu düşürür (Gropper et al., 2025).

Anestezi sırasında temel hedef, miyokardiyal oksijen dengesini korumaktır. Bunun için belirgin taşikardi, hipotansiyon, ciddi hipertansiyon, hipoksemi ve anemiden kaçınılmalı; koroner perfüzyon basıncı ve ventriküler doluş hastanın fizyolojisine göre korunmalıdır (Gropper et al., 2025).

Preoperatif değerlendirme

- Göğüs ağrısının karakteri, sıklığı, eforla ilişkisi ve istirahatte ortaya çıkıp çıkmadığı.
- Dispne, senkop/presenkop, çarpıntı ve egzersiz toleransı.
- Önceki miyokard infarktüsü, PCI/stent veya CABG öyküsü.
- Kalp yetersizliği, aritmi ve kapak hastalığı varlığı.
- Antiplatelet, antikoagülan, beta-bloker, statin ve diğer kardiyak tedavilerin gözden geçirilmesi.

Kararsız veya yeni gelişen iskemi şüphesinde elektif cerrahinin ertelenmesi ve kardiyolojik değerlendirme gerekir. 2024 kılavuzu, perioperatif kardiyak değerlendirmeyi hastanın cerrahi dışındaki klinik yönetiminden ayrı bir 'izin/clearance' işlemi olarak değil, risk değerlendirmesi ve tıbbi optimizasyon süreci olarak ele almaktadır (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Kardiyak ilaçların perioperatif yönetimi

Kronik beta-bloker tedavisi alan hastalarda tedavinin ani kesilmesinden kaçınılmalıdır. Buna karşılık beta-bloker tedavisinin yalnızca cerrahi günü yüksek dozda başlanması bradikardi, hipotansiyon, inme ve diğer istenmeyen sonuçlar açısından uygun değildir; yeni başlanması gerekiyorsa klinik endikasyon ve zamanlama dikkate alınmalıdır (Thompson et al., 2024).

Statin tedavisi kardiyovasküler endikasyon devam ettiği sürece perioperatif dönemde sürdürülmelidir. Antiplatelet ve antikoagülan tedavinin yönetimi ise cerrahi kanama riski, trombotik

risk, stent öyküsü ve kullanılan ajana göre bireyselleştirilmelidir (Joglar et al., 2024; Thompson et al., 2024).

SGLT2 inhibitörleri kullanan hastalarda perioperatif ketoasidoz riski nedeniyle ilaçların cerrahi öncesi uygun süreyle kesilmesi önemlidir; 2024 AHA/ACC kılavuzu bu ilaçların genellikle 3–4 gün önce kesilmesini vurgulamaktadır (Thompson et al., 2024).

İntraoperatif Yönetim ve Monitörizasyon

Anestezik planın temel hedefleri miyokardiyal oksijen dengesinin korunması, yeterli koroner ve sistemik organ perfüzyonu, uygun intravasküler hacim, ritim stabilitesi ve aşırı sempatik yanıtın önlenmesidir (Gropper et al., 2025).

- EKG ile ritim ve ST-segmentinin uygun derivasyonlarda izlenmesi.
- Kan basıncının hastanın başlangıç değerleri ve organ perfüzyon hedefleri dikkate alınarak yönetilmesi.
- Yüksek riskli hastalarda sürekli invaziv arter basıncı düşünülmesi.
- Seçilmiş hastalarda TEE/TTE ile ventrikül ve kapak fonksiyonunun değerlendirilmesi.
- Kan kaybı, sıvı tedavisi ve vazopressör/inotrop gereksiniminin dinamik değerlendirilmesi.

Tek bir kan basıncı hedefi bütün kardiyak hastalara uygulanamaz. Özellikle kronik hipertansiyon, ciddi aort darlığı, koroner arter hastalığı veya kalp yetersizliğinde hedefler hastanın

bireysel fizyolojisine göre belirlenmelidir (Gropper et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Kalp Yetersizliği

Kalp yetersizliği olan hastalarda sistolik ve diyastolik fonksiyon, volüm durumu, pulmoner konjesyon, sağ ventrikül fonksiyonu, pulmoner hipertansiyon ve kullanılan tedaviler değerlendirilmelidir. Ekokardiyografi ventrikül fonksiyonunun yanı sıra kapaklar ve doluş özellikleri hakkında bilgi sağlar (Gropper et al., 2025).

Anestezi indüksiyonu ve pozitif basınçlı ventilasyon venöz dönüşü ve sempatik tonusu azaltarak hemodinamik bozulmaya yol açabilir. Buna karşılık aşırı sıvı yüklenmesi, özellikle diyastolik disfonksiyonda, pulmoner ödemi tetikleyebilir. Bu nedenle sıvı tedavisi klinik ve hemodinamik yanıtla titre edilmelidir (Gropper et al., 2025).

ACE inhibitörü/ARB/ARNI, beta-bloker, mineralokortikoid reseptör antagonistleri, diüretikler ve SGLT2 inhibitörleri gibi tedavilerin perioperatif yönetimi endikasyona, hemodinamik duruma ve güncel kılavuzlara göre planlanmalıdır (Joglar et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Hipertrofik Kardiyomiyopati

Hipertrofik kardiyomiyopatide özellikle dinamik sol ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonu bulunan hastalarda perioperatif hemodinamik değişiklikler önemlidir. Anestezi yönetiminde yeterli preload'ın korunması, ani SVR düşüşlerinden ve belirgin taşikardiden kaçınılması temel prensiplerdir (Gropper et al., 2025).

Kontraktiliteyi ve kalp hızını azaltan beta-bloker tedavisi birçok hastada önemlidir. Hipovolemi ve vazodilatasyon LVOT obstrüksiyonunu artırabileceğinden, hipotansiyonun mekanizması belirlenerek uygun vazokonstriktör ve sıvı tedavisi uygulanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Kapak Hastalıklarında Anestezi

Kapak hastalığının perioperatif yönetimi, lezyonun stenoz veya regürjitasyon olması, şiddeti, semptomlar, ventrikül fonksiyonu ve pulmoner basınçlar dikkate alınarak yapılır. Güncel ekokardiyografik değerlendirme, ciddi kapak hastalığının yönetiminde temel bileşendir (Gropper et al., 2025).

Mitral darlık

Mitral darlıkta sol ventrikül doluşu kısıtlanır; kalp debisi diyastol süresi ve sinüs ritmine duyarlıdır. Sol atriyum genişlemesi ve AF sık görülür. Taşikardi diyastolü kısaltarak transmitral gradiyenti ve pulmoner konjesyonu artırabilir (Gropper et al., 2025).

Anestezik hedefler; mümkünse sinüs ritmini korumak, taşikardiden kaçınmak, ani SVR düşüşünü ve hipovolemiyi önlemek ve aynı zamanda aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınmaktır. Pulmoner hipertansiyon ve sağ ventrikül fonksiyonu ayrıca değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Mitral yetersizlik

Mitral yetersizlikte sistolik regürjitan akım ileriye yönelik atım hacmini azaltır. Kronik hastalarda sol ventrikül dilatasyonu gelişebilir. Afterload'ın azaltılması ileriye yönelik akımı artırarak regürjitan fraksiyonu azaltabilir (Gropper et al., 2025).

Belirgin bradikardiden kaçınılması, uygun preload'ın korunması ve gereksiz SVR artışının önlenmesi önemlidir. Akut ciddi mitral yetersizlikte hemodinamik bozulma hızlı gelişebileceğinden erken ekokardiyografik değerlendirme ve uygun vazodilatör/inotropik yaklaşım gerekebilir (Gropper et al., 2025).

Aort darlığı

Aort darlığında sol ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonu, konsantrik hipertrofi ve diyastolik disfonksiyona yol açabilir. Ciddi aort darlığında kalp debisi preload, ritim ve uygun SVR'ye daha bağımlıdır. Atriyal kontraksiyonun kaybı ve ani vazodilatasyon ciddi hemodinamik bozulma oluşturabilir (Gropper et al., 2025).

Ciddi ve semptomatik aort darlığı olan hastalarda elektif cerrahi öncesinde kapak hastalığının güncel ekokardiyografik değerlendirmesi ve kardiyoloji/kalp kapak ekibi ile karar verilmesi önemlidir. İntraoperatif olarak ritim, preload ve arteriyel basınç yakından izlenmelidir (Gropper et al., 2025).

Aort yetersizliği

Aort yetersizliğinde diyastol sırasında aorttan sol ventriküle regürjitasyon olur. Bradikardi diyastol süresini uzatarak regürjitan hacmi artırabilir. Bu nedenle belirgin bradikardiden kaçınılır; aşırı SVR artışı da regürjitasyonu artırabileceğinden vazopressörler klinik yanıtla titre edilir (Gropper et al., 2025).

Kronik hastalarda volüm yüküne bağlı sol ventrikül dilatasyonu gelişebilir. Akut ciddi aort yetersizliği ise hızlı gelişen pulmoner ödem ve hipotansiyonla seyredebilir ve acil değerlendirme gerektirir (Gropper et al., 2025).

Triküspit yetersizliği ve sağ ventrikül yetmezliği

Triküspit yetersizliği çoğunlukla sağ ventrikül dilatasyonu ve pulmoner hipertansiyonla ilişkilidir. Yönetimde sağ ventrikül preload'ının korunması, hipoksemi ve asidozun önlenmesi ve pulmoner vasküler direnci artırabilecek faktörlerden kaçınılması önemlidir (Gropper et al., 2025).

Pozitif basınçlı ventilasyon ve yüksek PEEP venöz dönüşü azaltabilir ve sağ ventrikül afterload'ını etkileyebilir. Bu nedenle mekanik ventilasyon stratejisi sağ ventrikül fizyolojisine göre bireyselleştirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Perioperatif Aritmiler

Perioperatif aritmiler; iskemi, elektrolit bozuklukları, hipoksemi, asidoz, otonomik değişiklikler, cerrahi manipülasyon ve ilaçlara bağlı gelişebilir. Yönetimde önce tetikleyici nedenlerin düzeltilmesi, ardından ritmin hemodinamik etkisinin değerlendirilmesi gerekir (Gropper et al., 2025).

Hemodinamik olarak instabil taşiaritmilerde senkronize kardiyoversiyon, ventriküler fibrilasyonda ise derhal defibrilasyon ve ileri yaşam desteği algoritmaları uygulanır. Hemodinamik olarak stabil supraventriküler taşikardilerde ritme ve mekanizmaya göre vagal manevralar ve uygun antiaritmik tedavi düşünülebilir (Gropper et al., 2025).

Atriyal fibrilasyon

AF, özellikle kardiyak cerrahi sonrasında sık görülür ve perioperatif dönemde hemodinamik kontrol ile tromboemboli riskinin birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Hız kontrolü, ritim kontrolü, tetikleyici faktörlerin düzeltilmesi ve antikoagülasyon

gereksinimi ayrı ayrı değerlendirilmelidir (Joglar et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Hemodinamik instabil AF'de senkronize elektriksel kardiyoversiyon tercih edilir. Antikoagülasyon ve kardiyoversiyon zamanlaması AF süresi, tromboemboli riski ve hastanın klinik durumuna göre güncel AF kılavuzları doğrultusunda planlanmalıdır (Joglar et al., 2024).

Ventriküler aritmiler ve torsades de pointes

Ventriküler ektopi ve VT görüldüğünde iskemi, hipokalemi, hipomagnezemi, hipoksemi ve asidoz gibi düzeltilebilir nedenler araştırılmalıdır. Torsades de pointes uzamış QT ile ilişkili polimorfik VT'dir; QT uzatan ilaçlar ve elektrolit bozuklukları düzeltilmelidir (Gropper et al., 2025).

Torsades de pointes geliştiğinde intravenöz magnezyum tedavisi, uygun hastalarda hızlandırılmış pacing/izoproterenol ve elektriksel tedavi ritmin ve klinik durumun özelliklerine göre uygulanabilir (Gropper et al., 2025).

Pacemaker ve ICD Bulunan Hastalarda Anestezi

Ameliyat öncesinde cihazın tipi, implantasyon endikasyonu, pacemaker bağımlılığı, son cihaz sorgulaması ve ICD'nin özellikleri belirlenmelidir. Elektromanyetik girişim yaratabilecek elektrokoter kullanımı planlanmalı ve cihaz yönetimi kardiyoloji/elektrofizyoloji ekibiyle koordine edilmelidir (Gropper et al., 2025).

- Pacemaker bağımlılığı belirlenmelidir.
- Elektrokoter kaynaklı elektromanyetik girişim riski değerlendirilmelidir.

- Gerektiğinde cihazın perioperatif programlaması planlanmalıdır.
- ICD'nin antitaşikardi tedavisi gerekiyorsa uygun şekilde geçici olarak devre dışı bırakılmalıdır.
- Harici defibrilasyon/pacing ekipmanı hazır bulundurulmalıdır.
- Ameliyat sonrası cihaz fonksiyonları yeniden değerlendirilmelidir.

Mıknatıs uygulaması her cihazda aynı sonucu doğurmaz; ICD'lerde antitaşikardi fonksiyonunu baskılayabilir ancak pacemaker'ı otomatik olarak asenkron moda dönüştürmez. Bu nedenle mıknatıs kullanımının cihaz modeline özgü etkisi önceden bilinmelidir (Gropper et al., 2025).

Rejyonel ve Genel Anestezi Seçimi

Rejyonel anestezinin hemodinamik etkileri özellikle preload ve SVR'ye duyarlı kapak hastalıklarında önemlidir. Ciddi aort darlığı gibi sabit debi sınırlılığı bulunan hastalarda ani sempatik blokaj hipotansiyon oluşturabileceğinden teknik ve doz dikkatle seçilmelidir. Güncel yaklaşım, rejyonel anesteziyi mutlak biçimde 'yasaklamak' yerine hastanın kapak hastalığının şiddeti, semptomları, ventrikül fonksiyonu ve cerrahi gereksinimleri ile birlikte değerlendirmektir (Gropper et al., 2025).

Genel anestezide indüksiyonun neden olduğu vazodilatasyon ve miyokard depresyonu, özellikle düşük kardiyak rezervi olan hastalarda belirgin olabilir. İndüksiyon ve hava yolu manipülasyonu sırasında sempatik yanıtın kontrolü, uygun vazopressör hazırlığı ve

gerektiğinde ileri hemodinamik monitörizasyon önemlidir (Gropper et al., 2025).

Postoperatif Kardiyak İzlem: MINS ve Troponin Taraması

- Nonkardiyak cerrahi geçiren hastalarda anestezi, sedasyon ve postoperatif analjezi uygulamaları, miyokard iskemisine bağlı tipik göğüs ağrısı semptomlarının maskelenmesine neden olabilir. Bu durum, asemptomatik miyokard hasarını da içeren ve nonkardiyak cerrahi sonrası miyokard hasarı (MINS - Myocardial Injury After Noncardiac Surgery) olarak tanımlanan klinik tablonun sıklıkla gözden kaçmasına yol açabilmektedir (Thompson et al., 2024).
- Yüksek Riskli Hastalarda: Bilinen kardiyovasküler hastalığı olan, kardiyovasküler hastalık semptomları bulunan veya 65 yaş ve üzerinde olup ek kardiyovasküler risk faktörleri taşıyan hastalarda; yüksek riskli (elevated-risk) nonkardiyak cerrahi sonrasında 24. ve 48. saatlerde rutin kardiyak troponin (cTn) ölçümü yapılması önerilmektedir. Preoperatif dönemde bakılan bazal troponin değeri, postoperatif cTn yüksekliğinin akut veya kronik miyokard hasarını ayırt etmesinde rehberlik sağlar (Thompson et al., 2024).
- Düşük Riskli Hastalarda: Miyokard iskemisi veya miyokard infarktüsünü düşündürecek klinik belirti ve semptomların yokluğunda, düşük riskli cerrahi geçiren hastalarda rutin postoperatif troponin taraması yapılması önerilmez (Thompson et al., 2024).

- Eğer akut ST-elevasyonlu veya ST-elevasyonsuz miyokard infarktüsü (STEMI/NSTEMI) net bir şekilde belgelenirse, hastanın postoperatif kanama ve trombotik riskleri multidisipliner bir yaklaşımla değerlendirilerek invaziv koroner anjiyografi kararı verilmelidir (Thompson et al., 2024).

Perioperatif Hemodinamik Hedeflerin Hastalığa Göre Özeti

- İskemik kalp hastalığı: Miyokardiyal oksijen sunumu/tüketimi dengesini koru; taşikardi ve hipotansiyondan kaçın.
- Kalp yetersizliği: Aşırı volüm yüklenmesinden ve ani vazodilatasyondan kaçın; ventrikül fonksiyonuna göre sıvı ve vazoaktif tedaviyi titre et.
- Hipertrofik kardiyomiyopati: Preload ve SVR'yi koru, taşikardi ve artmış kontraktiliteden kaçın.
- Mitral darlık: Diyastol süresini koru, taşikardiden kaçın, sinüs ritmini mümkünse sürdür, pulmoner konjesyondan kaçın.
- Mitral yetersizlik: Aşırı SVR ve bradikardiden kaçın; ileriye yönelik akımı destekle.
- Ciddi aort darlığı: Sinüs ritmi, uygun preload ve SVR'yi koru; ani hipotansiyondan kaçın.
- Aort yetersizliği: Bradikardiden ve aşırı SVR'den kaçın; ileriye yönelik akımı destekle.

- Sağ ventrikül yetmezliği/triküspit yetersizliği: Hipoksemi, asidoz ve yüksek pulmoner vasküler dirençten kaçın; venöz dönüşü ve RV fonksiyonunu koru.

Sonuç

Erişkin kardiyak hastalarda güvenli anestezi, hastalığın adını bilmekten çok o hastalığın preload, afterload, kalp hızı, ritim, kontraktilite ve koroner/pulmoner dolaşım üzerindeki etkilerini anlamaya dayanır. Güncel perioperatif yaklaşım; cerrahi aciliyet, aktif kardiyak durum, cerrahi risk ve fonksiyonel kapasiteyi basamaklı biçimde değerlendirmekte; yalnızca sonucu değiştirecek testleri seçmekte ve kardiyak tedavileri bireyselleştirmektedir (Thompson et al., 2024; Wong, 2024).

Anestezi sırasında hedef, tek bir ‘normal’ kan basıncı veya kalp hızı elde etmek değil, hastanın kardiyak rezervine uygun hemodinamik dengeyi korumak, organ perfüzyonunu sürdürmek ve miyokardiyal iskemi, dekompansasyon ve aritmi gibi komplikasyonları erken tanıyıp tedavi etmektir (Joglar et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Kaynakça

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Joglar, J. A., Chung, M. K., Armbruster, A. L., Benjamin, E. J., Chyou, J. Y., Cronin, E. M., Deswal, A., Eckhardt, L. L., Goldberger, Z. D., Gopinathannair, R., Gorenek, B., Hess, P. L., Hlatky, M., Hogan, G., Ibeh, C., Indik, J. H., Kido, K., Kusumoto, F., Link, M. S., Linta, K. T., … Peer Review Committee Members (2024). 2023 ACC/AHA/ACCP/HRS Guideline for the Diagnosis and Management of Atrial Fibrillation: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*, *149*(1), e1–e156. doi: 10.1161/CIR.0000000000001193.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. doi: 10.1161/CIR.0000000000001285.

Wong, S. S. (2024). Top Things to Know: 2024 Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery. American Heart Association.

https://professional.heart.org/en/science-news/2024-guideline-for-perioperative-cardiovascular-management-for-noncardiac-surgery/top-things-to-know

BÖLÜM 24

KONJENİTAL KALP CERRAHİSİNDE ANESTEZİ YÖNETİMİ

GÖKÇE SELÇUK SERT[1]

Öğrenme Hedefleri

- Konjenital kalp hastalıklarında temel anatomik ve fizyolojik özellikleri açıklayabilmek ve bu özelliklerin anestezi yönetimine etkilerini değerlendirebilmek,
- Pulmoner ve sistemik kan akımı ile pulmoner ve sistemik vasküler direnç arasındaki ilişkiyi anlayarak hastaya özgü hemodinamik hedefleri belirleyebilmek,
- Konjenital kalp cerrahisi uygulanacak yenidoğan, çocuk ve erişkin hastaların preoperatif değerlendirmesini sistematik olarak yapabilmek,

[1] Uzm. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-8603-0379

- Hastanın anatomisi, dolaşım fizyolojisi ve kardiyak rezervine uygun anestezi indüksiyonu ve idamesini planlayabilmek,
- Uygun standart ve invaziv monitörizasyon yöntemlerini seçebilmek ve perioperatif hemodinamik değişiklikleri yorumlayabilmek,
- Havayolu ve ventilasyon stratejilerini farklı konjenital kalp hastalıklarının fizyolojik özelliklerine göre düzenleyebilmek,
- Sıvı, glukoz, kan ve koagülasyon yönetiminin temel prensiplerini açıklayabilmek,
- Kardiyopulmoner bypass, miyokardiyal koruma, ultrafiltrasyon ve bypass sonrası dönemin temel anestezik/perfüzyon hedeflerini tanımlayabilmek,
- Ventriküler septal defekt (VSD), Fallot tetralojisi, büyük arterlerin transpozisyonu, tek ventrikül fizyolojisi ve Hipoplastik sol kalp sendromu (HLHS) gibi önemli lezyonlarda anestezi yönetiminin temel hedeflerini açıklayabilmek,
- Pulmoner hipertansif kriz, düşük kardiyak output ve nörolojik komplikasyonlar gibi önemli perioperatif sorunları tanıyabilmek ve temel yönetim yaklaşımlarını uygulayabilmek,
- Enhanced Recovery After Surgery (ERAS), nöroproteksiyon ve hastaya özgü hemodinamik yönetim gibi güncel yaklaşımları konjenital kalp cerrahisi pratiğine uyarlayabilmek,

- Erişkin konjenital kalp hastalarında (ACHD) anatomik kompleksite, fizyoloji ve kardiyak rezervi değerlendirerek kardiyak ve nonkardiyak cerrahiler için uygun anestezi planı oluşturabilmek,
- Kompleks konjenital kalp hastalarında "normal" hemodinamik değerlerden ziyade hastaya özgü optimal fizyolojik hedefler doğrultusunda perioperatif karar verebilmek.

Giriş

Bir kız çocuğunun patent duktus arteriyozusunun kapatılması ile başlayan pediatrik kalp cerrahisi serüveni günümüzde düşük doğum ağırlıklı bebekler dahil olmak üzere birçok kompleks kalp cerrahisi vakasının yapılması ile devam etmektedir. Konjenital kalp cerrahisi anestezisinin başarısı hastaya özgü özelliklerin bilinmesi ve vereceği yanıtın öngörülebilmesine bağlıdır. Erişkin kalp cerrahisi anestezisindeki deneyimlerin pediatrik kalp cerrahisinde de muhakkak etkisi olmakla birlikte farklı anomaliler, farklı fizyolojiler ve hastanın küçüklüğü ile anestezisti zorlaması kaçınılmazdır.

Konjenital kalp hastalıkları (KKH), yenidoğan ve çocukluk çağının en sık görülen doğumsal anomalileri arasında yer almakta ve cerrahi tedavi gerektiren hastaların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Kardiyoloji, kardiyak cerrahi, yoğun bakım ve anestezi alanındaki gelişmeler sonucunda kompleks konjenital kalp hastalığı bulunan çocukların yaşam süreleri belirgin şekilde uzamıştır. Bu gelişmeler, anestezistlerin farklı anatomik ve fizyolojik özelliklere sahip hastaların perioperatif yönetimi konusunda ayrıntılı bilgi sahibi olmasını gerekli kılmaktadır.

Konjenital kalp cerrahisinde anestezi yönetiminin temel amacı yalnızca yeterli anestezi derinliği sağlamak değildir. Temel hedefler; sistemik ve pulmoner kan akımının dengelenmesi, miyokardiyal oksijen sunumunun korunması, ventrikül fonksiyonunun desteklenmesi, pulmoner ve sistemik vasküler dirençlerin uygun düzeyde tutulması ve doku perfüzyonunun sürdürülmesidir (Nasr & DiNardo, 2024).

Özellikle yenidoğanlarda düşük kardiyak rezerv, yüksek pulmoner vasküler direnç, immatür miyokard, küçük dolaşım hacmi ve hızlı metabolik değişiklikler perioperatif yönetimi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle anestezi planı yalnızca lezyonun anatomik tanısına değil, hastanın mevcut fizyolojisine ve uygulanacak cerrahi işlemin dolaşım üzerine etkilerine göre oluşturulmalıdır (Nasr & DiNardo, 2024).

Güncel pediatrik kardiyak anestezi literatürü de perioperatif yönetimin anatomik tanıdan ziyade hastanın mevcut hemodinamik durumuna göre bireyselleştirilmesini desteklemektedir (Goodmanson et al., 2025; Goodmanson & Latham, 2026).

Konjenital Kalp Hastalıklarında Fizyolojik Yaklaşım

Anestezi yönetiminde anatomik tanı kadar dolaşım fizyolojisinin anlaşılması önemlidir. Konjenital kalp hastalıkları anestezi açısından genel olarak soldan sağa şantlı lezyonlar, sağdan sola şantlı veya siyanotik lezyonlar, obstrüktif lezyonlar, miks dolaşım gerektiren lezyonlar ve tek ventrikül fizyolojisine sahip lezyonlar şeklinde değerlendirilebilir (Nasr & DiNardo, 2024).

Pulmoner ve sistemik vasküler direnç

Anestezinin en önemli hedeflerinden biri pulmoner ve sistemik vasküler direnç arasındaki dengenin korunmasıdır.

Pulmoner vasküler direnci artıran başlıca faktörler hipoksi, hiperkapni, asidoz, hipotermi, yüksek intratorasik basınç, atelektazi, ağrı ve sempatik aktivasyondur (Nasr & DiNardo, 2024).

Sistemik vasküler direncin ani azalması özellikle sağdan sola şant bulunan hastalarda sağdan sola şantı artırarak arteriyel oksijen satürasyonunun düşmesine neden olabilir. Bu nedenle indüksiyon sırasında hipotansiyon, hipoksi ve ventilasyon bozukluklarından kaçınılması temel prensiplerdir (Nasr & DiNardo, 2024).

Preoperatif Değerlendirme

Preoperatif değerlendirme ayrıntılı ve lezyona özgü yapılmalıdır. Konjenital kalp hastalığının anatomisi, önceki cerrahi girişimler, mevcut rezidüel lezyonlar ve hastanın güncel fizyolojik durumu birlikte değerlendirilmelidir (Nasr & DiNardo, 2024).

Kardiyak anatomi

Öncelikle aşağıdaki sorular yanıtlanmalıdır:

- Kardiyak anatomik tanı nedir?
- Pulmoner ve sistemik dolaşım nasıl düzenlenmektedir?
- Pulmoner kan akımı artmış mı, azalmış mı?
- Sistemik ventrikül hangisidir?
- Ventrikül fonksiyonları nasıldır?
- Pulmoner arter basıncı nedir?
- Rezidüel şant veya obstrüksiyon var mıdır?
- Daha önce cerrahi veya kateterizasyon yapılmış mıdır?

- Önceki cerrahinin mevcut anatomi ve fizyolojiye etkisi nedir?

Klinik değerlendirme

Özellikle yenidoğan ve infantlarda kilo ve büyüme, beslenme durumu, siyanoz, kalp yetmezliği bulguları, hepatomegali, periferik perfüzyon, idrar çıkışı, solunum desteği ihtiyacı ve mevcut inotrop tedavi değerlendirilmelidir (Nasr & DiNardo, 2024).

Laboratuvar değerlendirmesinde hemoglobin/hematokrit, elektrolitler, kan gazı, laktat, koagülasyon testleri ve böbrek fonksiyonları önemlidir.

Preoperatif açlık

Konjenital kalp cerrahisi planlanan çocuklarda preoperatif açlığın temel amacı, aspirasyon riskini azaltırken uzun süreli açlığa bağlı dehidratasyon, hipoglisemi, elektrolit bozuklukları ve hemodinamik instabilitenin önlenmesidir. Özellikle yenidoğanlar ve kritik konjenital kalp hastalığı bulunan infantlarda dolaşım hacminin düşük olması ve kardiyak rezervin sınırlı bulunması nedeniyle gereğinden uzun açlık dönemleri preload azalmasına ve kardiyak outputta düşüşe neden olabilir. Bu nedenle güncel yaklaşım, rutin olarak gece yarısından itibaren aç bırakmak yerine hastanın yaşı, kardiyak fizyolojisi, aspirasyon riski ve cerrahi zamanlaması dikkate alınarak bireyselleştirilmiş açlık protokollerinin uygulanmasıdır. American Society of Anesthesiologists (ASA) kılavuzunda sağlıklı pediatrik hastalarda berrak sıvıların anestezi indüksiyonundan 2 saat öncesine kadar, anne sütünün 4 saat, mama ve diğer sütlerin 6 saat, katı gıdaların ise genel olarak 6 saat öncesine kadar alınabileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte konjenital kalp hastalığı bulunan, özellikle kalp yetmezliği, gastrointestinal motilite bozukluğu, ciddi

gastroözofageal reflü, yüksek doz opioid kullanımı veya acil cerrahi gereksinimi olan hastalarda standart açlık süreleri doğrudan uygulanmamalı ve aspirasyon riski ile uzun süreli açlığın oluşturabileceği hemodinamik/metabolik risk birlikte değerlendirilmelidir. Elektif kardiyak cerrahi planlanan infantlarda berrak sıvıların uygun hastalarda daha uzun süreli açlık yerine kullanılabilmesi, susuzluk ve açlık hissini azaltmanın yanı sıra metabolik stabilitenin korunmasına katkı sağlayabilir. Açlık süresince özellikle yenidoğan ve küçük infantlarda kan glukozu yakından izlenmeli ve gerektiğinde intravenöz glukoz desteği sağlanmalıdır. Kritik hastalarda amaç yalnızca mide içeriğini azaltmak değil, aspirasyon riskini en aza indirirken kardiyak preload, glukoz homeostazı ve doku perfüzyonunu korumaktır.

Anestezi Monitörizasyonu

Standart monitörizasyon elektrokardiyografi, noninvaziv kan basıncı, pulse oksimetri, kapnografi ve sıcaklığı içermelidir. Konjenital kalp cerrahisinde monitörizasyonun kapsamı lezyonun kompleksitesi, ventrikül fonksiyonu ve cerrahi girişimin özelliklerine göre artırılmalıdır (Nasr & DiNardo, 2024).

Arteriyel kateter

Arteriyel kateter sürekli kan basıncı izlemi, seri kan gazı, laktat, elektrolit ve hemoglobin/hematokrit takibine olanak sağlar. Kompleks konjenital kalp hastalıklarında farklı ekstremiteler arasındaki arter basınçlarının karşılaştırılması, özellikle aortik ark ve sistemik çıkış yolu obstrüksiyonu bulunan hastalarda yararlı olabilir (Nasr & DiNardo, 2024).

Santral venöz kateter

Santral venöz erişim vazoaktif ilaçların uygulanması, sıvı tedavisi, santral venöz basınç izlemi ve kan örneklemesi için kullanılabilir. Ancak özellikle tek ventrikül fizyolojisinde santral venöz basınç tek başına kardiyak output göstergesi olarak değerlendirilmemelidir (Nasr & DiNardo, 2024).

NIRS

Serebral ve somatik near-infrared spectroscopy (NIRS), özellikle yenidoğan ve kompleks konjenital kalp cerrahisinde doku oksijenasyonu hakkında ek bilgi sağlayabilir. NIRS'nin önemli avantajlarından biri, pulse oksimetrinin sağlayamadığı bölgesel doku oksijenasyonu hakkında bilgi vermesidir.

Pediatrik konjenital kalp hastalarında nöromonitörizasyon; NIRS, EEG ve uygun hastalarda nörogörüntüleme gibi yöntemlerin birlikte kullanılmasını içeren multimodal bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Massey et al., 2024).

Anestezi İndüksiyonu

Anestezi indüksiyonunda temel hedef hemodinamik stabilitenin korunmasıdır. İndüksiyon tekniği; lezyonun fizyolojisi, ventrikül fonksiyonu, pulmoner hipertansiyon, siyanoz, yaş, damar yolu, preoperatif ventilasyon ve inotrop ihtiyacı göz önünde bulundurularak belirlenmelidir (Nasr & DiNardo, 2024).

Özellikle ciddi ventrikül sistolik disfonksiyonu veya sistemik ya da sistemik üstü pulmoner arter basıncı bulunan hastalarda intravenöz indüksiyon tercih edilebilir. Yenidoğan ve infantlarda opioid temelli anestezi teknikleri de önemli bir yere sahiptir (Nasr & DiNardo, 2024).

Ketamin 1–2 mg/kg iv, 2–10 mg/kg im olarak uygulanabilmektedir. Sempatik tonusu ve kan basıncını görece koruyabilmesi nedeniyle özellikle preload veya kontraktilitenin korunmasının önemli olduğu hastalarda kullanılabilir.

Tiyopental; indüksiyonda kullanıldığında ciddi vazodilatasyon ve kardiyak depresyon etkisi nedeniyle yenidoğan kalp cerrahisinde kullanımı uygun değildir. Kardiyak reservi iyi olan, baroreseptör aktivitesi bozulmamış, kan basıncındaki azalmayı tolere edebilecek infantlarda ve erişkinde tercihi daha uygun olacaktır.

Etomidat, adrenal inhibisyon etkileri nedeniyle yenidoğan kalp cerrahisinde çok tercih edilmemektedir. Kardiyak rezervi çok sınırlı hastalarda dikkatle değerlendirilmelidir. Yenidoğan kullanımı konusunda yeterli bilgi yoktur.

Propofol, küçük çocuklarda yaygınlaşan kullanımı olmasına karşın yenidoğanda kullanımı konusunda yeterli bilgi yoktur. Propofol yenidoğanda neonatal ve postkonsepsiyonel yaşla ters orantılı olarak artan potansiyel nörotoksik etkileri nedeniyle dikkatle kullanılması önerilir. Prematürelerde farmakokinetiği değişkendir. Hipotansiyon, kalp hızında azalmaya neden olabilir. Sistemik vasküler rezistans (SVR) düşüşünün ve kardiyak depresyonun ciddi olabilmesi nedeniyle kalp cerrahisinde sık kullanılan bir ajan değildir.

Opioidler; fentanil genel kullanım dozu 5–10 μg/kg aralığında değişebilir. Hipnotikler ile kombine edilerek doz düşürülebilir. Kardiyopulmoner bypass öncesi 10 μg/kg uygulanması hemodinamik stabilite açısından etkili olmaktadır. Yüksek doz fentanil uygulaması kardiyak cerrahiye stres yanıtı

önemli ölçüde azalttığı için, uzun yıllardır gündemde kalmaya devam etmektedir.

Remifentanil; plazma esterazları tarafından metabolize edilir ve yarı ömrü 3-5 dakikadır. Etkisinin kısa sürede başlaması ve sonlanması ile etkili bir analjezi sağlaması nedeni ile günümüzde postoperatif ilk 6 saatte hastanın ekstübe edilmesi olarak adlandırılan fast-track cerrahi için giderek daha çok tercih edilmektedir. İndüksiyon sonrası anestezi idamesinde ve postoperatif sedasyon ve analjezi için kullanımı yaygındır.

İnhalasyon Anestezikleri: Kardiyak anestezi indüksiyonunda inhalasyon anestezisi birinci tercih değildir. Mutlaka intravenöz yol açıklığı sağlanıp garanti edilmeli ve indüksiyon intravenöz olarak yapılmalıdır. Hali hazırda kardiyak rezervi kısıtlı olan bu hastalara intravenöz yol olmadan anestezi indüksiyonu yapmaktan kaçınılmalıdır. Fakat damar yolu açılamamış infant ve yenidoğanlar için stresi artırmamak adına inhalasyon anestezisi uygulanabilir. Desfluran inhalasyon indüksiyonu için keskin kokusu ve irritan özelliğinden dolayı uygun değildir. Hemodinamik etkileri kardiyak depresyon ve sistolik basıncın düşmesi yönündedir. Anestezi indüksiyonu sonrası idame olarak havayolu desteği sağlandıktan sonra idame amacıyla kullanılabilir.

Sevofluranın kardiyovasküler etkileri diğer inhalasyon ajanlarına benzerdir ve anestezi idamesinde güvenle kullanılabilir. Sevofluran indüksiyonu %7 konsantrasyonda başlanıp sonrasında azaltılarak devam edilebilir.

Kas gevşeticiler; kullanılacak kas gevşeticinin seçiminde, uygulanan ajanın yan etkilerinin olmaması ve hemodinamiyi etkilememesi göz önünde tutulmalıdır.

Atrakuryum, Mivakuryum, Sisatrakuryum: Atrakuryum ve sisatrakuryum plazmada Hoffman eliminasyonu ile mivakuryum pseudokolin esterazlar ile metabolize edilirler. Bu ajanların direkt olarak kardiyovasküler sistem üzerine etkileri olmamakla birlikte atrakuryum ve mivakuryumun mast hücrelerinden histamin salınımını uyarma etkileri bulunmaktadır. Bu durum vazodilatasyona bağlı hipotansiyona hemodinamik cevap olarak sempatik sistem aktivasyonu sonucu hipertansiyon ve taşikardiye yol açabilir. Önerilen dozlar; atrakuryum için 0,5 mg/kg, mivakuryum ve sisatrakuryum için 0,2 mg/kg'dır.

Vekuronyum: Uzun vakalarda tercih edilebilir. Kardiyovasküler etkisi bulunmayan vekuronyum önerilen dozu 0,1 mg/kg'dır.

Rokuronyum: Doza bağımlı olarak süksinil kolinin entübasyon sürelerine yakın entübasyon olanağı sağlayan ve IM olarak da kullanılabilen tek nondepolarizan NMBA'dır. Önerilen dozları IV 0,6–1,2 mg/kg, IM 1,0–1,5 mg/kg'dır. Yüksek dozda kullanıldığında 1 dakikanın altında entübasyon koşullarını sağlayabilir. IM uygulandıktan sonra yaklaşık 4 dakika içinde entübasyon yapılabilmektedir. Rokuronyumun vagolitik etkisi olduğundan kardiyovasküler sistemde taşikardiye yol açabilmektedir.

İlaç dozları hastanın yaşı, kilosu, ventrikül fonksiyonu, dolaşım fizyolojisi ve mevcut hemodinamik durumuna göre bireyselleştirilmelidir. Kritik yenidoğanlarda standart pediatrik dozların aynı hemodinamik etkiyi oluşturacağı varsayılmamalıdır.

Havayolu ve Ventilasyon Yönetimi

Endotrakeal tüp seçimi hastanın yaşına, kilosuna ve anatomik özelliklerine uygun yapılmalıdır. Ventilasyon stratejisi kardiyak fizyolojiye göre düzenlenmelidir (Nasr & DiNardo, 2024).

Özellikle pulmoner kan akımının duktusa veya düşük pulmoner vasküler dirence bağlı olduğu hastalarda aşırı ventilasyon ve düşük $PaCO_2$ pulmoner kan akımını artırarak sistemik perfüzyonu bozabilir.

Buna karşılık pulmoner hipertansiyonu bulunan hastalarda hipoksi, hiperkapni, asidoz ve yüksek intratorasik basınç pulmoner vasküler direnci artırabilir.

Bu nedenle ventilasyon hedefi yalnızca "normal kan gazı" elde etmek değil, mevcut dolaşım fizyolojisi için optimal pulmoner ve sistemik kan akımını sağlamaktır.

Anestezi İdamesi

Anestezi idamesinde volatil ajanlar, opioidler ve kas gevşeticiler birlikte kullanılabilir. Pediatrik kardiyak cerrahide opioid temelli teknikler özellikle yenidoğan ve infantlarda önemli bir yere sahiptir (Nasr & DiNardo, 2024).

İdame; sevofluran, fentanil ve rokuronyum gibi ajanların kombinasyonu ile sağlanabilir. Anestezi derinliği yalnızca kan basıncı ve kalp hızına göre değil; cerrahi stimülasyon, laktat, periferik perfüzyon, NIRS ve uygun hastalarda venöz oksijen satürasyonu gibi parametrelerle birlikte değerlendirilmelidir.

Sıvı ve Glukoz Yönetimi

Yenidoğanlarda özellikle küçük dolaşım hacmi ve hipoglisemi riski nedeniyle sıvı yönetimi son derece önemlidir. Aşırı sıvı ventrikül doluş basınçlarını artırabilir, pulmoner ödem oluşturabilir ve postoperatif ventilasyon süresini uzatabilir. Buna karşılık yetersiz preload kardiyak outputta belirgin düşüşe yol açabilir.

Hipoglisemiyi tedavi etme eşiği konusunda bir fikir birliği olmamasına rağmen, anestezi altındayken yenidoğanlarda serum glukoz düzeyinin 50 mg/dL'den yüksek olmasının sağlanması önerilmektedir.

Genel uygulama yenidoğan ve infantlarda 1/5 glukoz içeren mix serumların 5-10 ml/kg dozdan verilmesi yönündedir, fakat sıvı tedavisinin sabit bir hızdan ziyade hastanın hemodinamisi, idrar çıkışı, kan kaybı, kan şekeri, elektrolitleri ve doku perfüzyon göstergelerine göre bireyselleştirilmesi doğru olacaktır.

Kardiyopulmoner Bypass Yönetimi

Kardiyopulmoner bypass (CPB), konjenital kalp cerrahisinin en kritik aşamalarından biridir.

Pediatrik CPB'de küçük dolaşım hacmi, hemodilüsyon, hipotermi, inflamatuvar yanıt, koagülopati, miyokardiyal iskemi-reperfüzyon hasarı ve nörolojik komplikasyonlar önemli sorunlardır.

Pediatrik ve konjenital perfüzyon uygulamalarına yönelik standartlarda devre hacminin azaltılması, hemodilüsyonun sınırlanması, kan koruma stratejileri, ultrafiltrasyon ve serebral/somatik oksimetri gibi yöntemler vurgulanmaktadır (Oldeen et al., 2020).

CPB yönetimi ayrıca güncel pediatrik kardiyak anestezi kaynaklarında ayrı bir bölüm olarak ele alınmakta ve CPB sırasında perfüzyon, oksijenasyon, hematokrit ve yeniden ısıtma süreçlerinin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (Nasr & DiNardo, 2024).

Doğumsal kalp hastalarında sıklıkla şantlar bulunmaktadır. Bu durum CPB da sistemik perfüzyondan akım kaçağına ve cerrahi alanda kan miktarının artmasına neden olur. Bu nedenle farklı kanülasyon tipleri gerekebilir. Akım oranları da buna bağlı olarak farklılık gösterebilir.

Hemodilüsyon vücut yüzey alanı ve kilonun düşük olması nedeniyle yüksek miktardadır ve bu koagülasyonda ve hemoglobin taşınması ile organ perfüzyonunun sağlanması için birçok soruna yol açmaktadır. Özellikle yenidoğanlarda dilüsyona bağlı koagülopatiler sık görülür.

Metabolik ihtiyacın fazla olması nedeniyle vücut yüzey alanına göre yüksek akım gerekebilmektedir, fakat yüksek debi de intrakranial hadiselere zemin hazırlayabilmektedir, bu nedenle debi ayarı çok hassas ve doğru biçimde yapılmalıdır. Pediatrik kalp cerrahisi ve yenidoğan kalp cerrahisindeki perfüzyonist bilgi ve deneyimi çok önem kazanmaktadır. Isı ayarı ve prime solüsyon ayarlamasını hassas yaparak ve hemodilüsyonda kaybedilen diğer kan ürünleri ve faktörleri göz önünde bulundurarak perfüzyonu sağlamak hayati önem teşkil etmektedir. Kardiyopulmoner bypass sırasında yeterli hemodinamiyi sağlamak ve yüksek perfüzyon ile düşük perfüzyon arasındaki dengeyi sağlamak ince bir çizgidir. Yüksek perfüzyon basınçları intrakranial kanamaya neden olurken normotermi sırasında düşük perfüzyon organ perfüzyonunun bozulmasına ve hasara neden olabilmektedir. KPB uygulaması antikoagülasyonu zorunlu kıldığından heparin kullanımı gerektirir.

KPB sırasında heparinin sağladığı antikoagülasyonun derecesi genelde aktive edilmiş pıhtılaşma zamanı (ACT) ile takip edilir. ACT değeri hipotermi, hemodilüsyon, trombosit fonksiyonu, diğer pıhtılaşma faktörlerinin eksikliği gibi bazı sebeplerle de değişebilir. Bu fenomenler ise çocuk hastalarda sıklıkla erişkinden farklıdır. Antitrombin 3 seviyesi de yenidoğanlarda düşüktür. Aynı ACT seviyeleri için bebeklerde daha yüksek doz heparin kullanımı gerekmektedir. Bu nedenle daha güvenli olması amacıyla son yıllarda kan heparin seviyesine duyarlı olan bir ölçüm cihazı ve sistemi önerilmeye başlanmıştır. 'Hepcon' (Medtronic, Inc., Minneapolis, MN) adlı bu sistem kullanılarak çocuklara göre düzenlenen bir skala yardımıyla ACT ölçümüne oranla daha güvenli sonuçlar bildirilmiştir. Ancak ülkemizde henüz kullanıma girmemiştir. Heparinin 1 ml = 50 mg = 5000 ünite bulunmaktadır. 1 mg = 100 ünitedir. Açık Kalp Ameliyatlarında: Heparin 400 ünite / kg / İV yapılır ve ACT 400 sn üzeri olması yeterlidir. Kardiyopulmoner bypass kullanılmadan yapılacak kalp ameliyatlarında heparin 100 ünite /kg İV olarak uygulanır ve ACT'nin 200 sn üzeri olması yeterlidir. Heparin yapılmadan önce mutlaka bazal ACT değeri görülmelidir.

Aorta cerrahisi konjenital kalp patolojileri içinde en sık derin hipotermi tekniğinin uygulandığı gruptur. Özellikle 20 °C ve altındaki sıcaklıklarda iskemiye en hassas organ olan beyin dokusunun belli bir süre için güvenli bir şekilde korunması sağlanır. Fakat buna rağmen nörolojik hasar ve diğer organlarda oluşan reperfüzyon hasarı ile ilgili sıkıntılar tam olarak ortadan kaldırılamamıştır. Bu tekniğin dezavantajlarını sınırlamak amacıyla 24-28 °C uygulanan alternatif perfüzyon teknikleri uygulanabilir.

Selektif antegrad serebral perfüzyon tekniğinde innominat arter kanülasyonu ile, tek taraflı karotis ve Willis poligonu vasıtasıyla da beyinde hem karşı hemisferin hem de ön ve arka damar sistemlerinin perfüzyonu sağlanabilir. Böylece dolaşım beyin dışındaki tüm diğer organlarda dururken iskemiye en hassas olan beyin dokusu da korunur. Ancak antegrad serebral perfüzyon sırasında innominate arter kanülasyon ve perfüzyonunu doğru uygulanmaması başka sorunlara yol açabilir. Özellikle küçük bebeklerde innominat arter çapı ve duvarın frajilitesine bağlı kanama, yırtılma, diseksiyon, kanülün kıvrılması gibi pozisyon anomalilerine bağlı iskemi, serebral perfüzyon basıncının 50 mmHg'nın üzerine çıkması ile beyinde ödem veya kanama gibi komplikasyonlar tespit edilmiştir.

Farklı bir kanülasyon ve perfüzyon uygulama tekniği de dolaşımın sadece aortanın belli bir kısmında durdurularak diğer kısımların sürekli perfüzyonunu hedefler. Bu yöntemde hem antegrad serebral perfüzyon hem de inen aorta torakal distal segmentten kanüle edilerek perfüze edilir. Böylece splanktik bölge de sürekli perfüze edilerek karaciğer ve böbrek gibi diğer hayati organların iskemiden korunması sağlanır.

Dünyadaki birçok merkezde genellikle hipotermik KPB ve aort cerrahisi için selektif antegrad serebral perfüzyon teknikleri tercih edilip uygulanmaktadır. Ancak her merkez kendi deneyimine göre farklı uygulamalar yapabilir.

Konjenital kalp cerrahisinde kardiyopleji, miyokardın iskemi-reperfüzyon hasarından korunması ve cerrahi sırasında hareketsiz, kansız bir cerrahi alan sağlanması amacıyla kullanılan temel miyokardiyal koruma yöntemidir. Kardiyoplejik arrest ile miyokardın metabolik gereksinimi belirgin şekilde azaltılır ve aortik

kros-klemp süresince miyokardiyal enerji depolarının korunması hedeflenir. Konjenital kalp cerrahisinde soğuk kan kardiyoplejisinin yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir. Temelde potasyumla sağlanan diyastolik arresti hedefleyen kristalloid veya kan kardiyoplejilerinde depolarizasyon üzerine kuruludur. Böylece daha az ihtiyacı olan bir miyokard elde edilmeye çalışılır. Klasik olarak kan kardiyoplejisi kandaki tüm substratları içerdiğinden yapılan çalışmalar da uzamış işlemlerin yoğun uygulandığı pediatrik grupta da daha avantajlı bulunmuştur. İçerikte kliniklerin tecrübe ve tercihlerine dayanan farklı ek maddeler de konulmaktadır. Bunlar arasında magnezyum, lidokain, kalsiyum kanal blokerleri en sık kullanılanlardır. Hipotermik kardiyoplumoner bypassla birlikte 15–20 dakika aralıklarla uygulanması en sık kullanılan yöntemdir. Bu artık alışılmış metoda alternatif olarak cerrahi konforu arttırmak ve en az bu metot kadar etkin kardiyopleji arayışları günümüzde alternatif uygulamalara yol açmıştır. Organ nakli sırasında uzun süreli miyokard koruması amacıyla kullanılan Histidin-Triptofan-Alfa Ketogluterat (HTK) solüsyonları konjenital kalp cerrahisinde de kullanılmaya başlanmıştır. HTK solüsyonu pediatrik kalp cerrahisinde güvenle kullanılabilmektedir yalnız kliniklerin deneyimleri ölçüsünde tercihleri değiştirebilmektedir. Bu kardiyopleji tekniği farklı olarak polarize bir arrest sağlamak için hücre dışı kalsiyum ve sodyum düzeylerine etkir. Sodyum kanallarının fonksiyonu azalır ve membran potansiyeli istirahat değerine ulaşır ve o değerde kalır. Kalsiyumun azalması da kasılma gücünün azalarak diyastolün uzamasına katkıda bulunur. Beraberinde ATP kullanımı da azalır. Teknik olarak uygulama farkı; daha uzun süre ancak daha düşük basınçla infüzyon yapılır. Genelde 120 dakika kadar güvenli arrest sağlar. Ancak miyokardda elektrik

aktivite görülürse tekrarı gerekir. Yan etki olarak sistemik hiponatremi olabilir.

Son yıllarda ortaya atılan ve ilk kez konjenital kalp cerrahisi hastaları için uygulanan Del Nido Kardiyopleji solüsyonu ise tek doz ile uzun süreli güvenli arrest sağlayan başka bir metoddur. Bu solüsyon da potasyum ile diyastolik arrest sağlayan kristalloid yapıda kardiyopleji ile bir miktar kanın substrat olarak eklenmesi ile elde edilir. Özellik olarak 4 °C ve 20 mL/kg dozunda ve 60–90 dakika tekrarı gerekmeden uygulanmaktadır. Ancak miyokardda aktivite tespit edilirse tekrarı gerekebilir. Bu solüsyonun çok kompleks ve uzun süren cerrahilerde dahi güvenli kullanımı bildirilmiştir.

KPB sonrasında vücutta oluşan fazla sıvının uzaklaştırılması için ultrafiltrasyon sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntem hemodilüsyonun daha önemli bir sorun olduğu çocuk hastalarda ise daha da sık olarak uygulanır. Uygulama eğer KPB sırasında yapılırsa konvansiyonel ultrafiltrasyon, KPB sonlandırıldıktan sonra yapılır ise modifiye ultrafiltrasyon olarak adlandırılır ve her iki uygulama tipinde de temel prensip değişmez. Ultrafiltrasyon işlemi sonucunda vücuttaki fazla sıvı atılır. Yapılan çalışmalar bazı inflamatuar medyatörlerin ultrafiltrasyon ile uzaklaştırıldığını bunun da olumlu klinik sonuçları olduğunu göstermişlerdir. Bu sayede hem akciğer fonksiyonlarının hem de kalbin kasılma gücünün korunmasında ultrafiltrasyon kullanımının daha avantajlı olduğu gösterilmiştir. Ultrafiltrasyon için uygulanacak teknik ve sistem dizaynı kliniklere göre farklılık gösterebilir.

Yeterli arteryel basınç sağlandıktan sonra akciğer ventilasyonun tam ve doğru olduğu teyit edilerek kanama kontrolünün tamamlanması ve ısınmanın tamamlanması ile

monitörizasyonlar kontrol edilerek pompa debisi düşürülerek pompadan çıkılır. Bypasstan çıkışın en önemli değişkeni cerrahinin tam ve doğru yapılmış olmasıdır. Pompa çıkışı sonrası ekokardiyografi ile ya da direk gözle miyokard fonksiyonları değerlendirilmelidir. Miyokard fonksiyonlarından emin olunduktan ve kanama kontrolü tamamlandıktan sonra venöz kanüller çekilir ve koagülasyon başlatılır. Protamin ile heparin etkisi geri çevrilerek koagülasyon sağlanır.

Kan Yönetimi ve Koagülasyon

Konjenital kalp cerrahisinde kanama ve transfüzyon ihtiyacı özellikle yenidoğanlarda önemlidir. Bunun nedenleri küçük kan hacmi, CPB nedeniyle hemodilüsyon, trombosit fonksiyon bozukluğu, koagülasyon faktörlerinin tüketimi, hipotermi ve cerrahi kanamadır.

Kan yönetiminde preoperatif aneminin değerlendirilmesi, gereksiz hemodilüsyondan kaçınılması, antifibrinolitik tedavi, point-of-care koagülasyon testleri, hedefe yönelik kan ürünü kullanımı ve ultrafiltrasyon önemlidir (Sebastian & Ahmed, 2021).

Traneksamik asit 10 mg/kg dozunda puşe ve sonrasında cerrahi tipi ve büyüklüğüne göre 1–2 mg/kg infüzyonun operasyon başlangıcından itibaren uygulanması perioperatif kanama kontrolü açısından anlamlıdır. KPB etkisi ile denature olmuş ve parçalanmış trombositleri yerine koymak için trombosit süspansiyonu infüzyon şeklinde verilebilir. Kanamanın devam ettiği durumlarda K vitamini eksikliği özellikle yenidoğanlarda tamamlanmalıdır ve gerekli durumlarda koagülasyon faktörlerini tamamlamak için krioprespitat, koagülasyon faktörü 2, 7, 9, 10 ve fibrinojen de verilebilir. Kardiyopulmoner bypasstan çıktıktan sonra hematokrit seviyeleri

28-30 g/dL arasında tutulacak şekilde transfüzyon yapılmalıdır. Hastanın preoperatif tanısı KPB çıkışı hematokrit değerlendirmesi için önemlidir.

Güncel pediatrik kardiyak anestezi yaklaşımında gelişimsel hemostaz ve hasta kan yönetimi ayrıca ele alınmakta ve kan ürünlerinin yalnızca tek bir laboratuvar değerine göre değil, hastanın klinik ve hemodinamik durumu ile birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (Nasr & DiNardo, 2024).

Ekokardiyografi ve Transözofageal Ekokardiyografi

Transözofageal ekokardiyografi (TEE), uygun yaş ve anatomik koşullarda cerrahi sonrası kardiyak fonksiyon ve rezidüel lezyonların değerlendirilmesinde önemli bir araçtır.

TEE ile ventrikül fonksiyonu, rezidüel şant, kapak fonksiyonu, outflow tract obstrüksiyonu, intrakardiyak hava ve perikardiyal sıvı değerlendirilebilir.

Yenidoğanlarda ve küçük infantlarda TEE probunun boyutu ve özofagus anatomisi nedeniyle dikkatli olunmalıdır (Nasr & DiNardo, 2024).

Spesifik Lezyonlarda Anestezi Yaklaşımı

Ventriküler septal defekt (VSD)

VSD'de pulmoner kan akımı genellikle artmıştır. Anestezi hedefleri pulmoner vasküler direncin aşırı düşmesini önlemek, sistemik hipotansiyondan kaçınmak, kalp yetmezliğini kontrol etmek ve miyokardiyal kontraktiliteyi korumaktır.

Pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda özellikle indüksiyon, entübasyon ve ekstübasyon dönemlerinde pulmoner

hipertansif kriz riski göz önünde bulundurulmalıdır (Nasr & DiNardo, 2024).

Fallot tetralojisi

Fallot tetralojisinde sağ ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonu ve VSD nedeniyle pulmoner kan akımı azalabilir. Anestezi sırasında sistemik vasküler direncin korunması, sağ ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonunun artırılmaması, hipovoleminin önlenmesi ve hipoksi ile asidozdan kaçınılması önemlidir (Nasr & DiNardo, 2024).

Hipotansiyon ve sistemik vasküler dirençte ani düşüş sağdan sola şantı artırabilir.

Hipoksik spell gelişmesi durumunda temel hedefler sağ ventrikül çıkış yolu obstrüksiyonunu azaltmak, sağdan sola şantı sınırlamak ve pulmoner kan akımını artırmaktır. İntravasküler volümün desteklenmesi, anestezi ve analjezinin derinleştirilmesi ve uygun hastalarda beta-adrenerjik blokaj uygulanması tedavi seçenekleri arasında yer alır.

Bu dönemde hipokseminin uzaması miyokardiyal ve sistemik organ oksijen sunumunu bozabileceğinden hızlı müdahale önemlidir.

Transpozisyon ve miks dolaşım

Büyük arterlerin transpozisyonunda yaşamla uyumlu dolaşım için yeterli miksing gereklidir. Özellikle yenidoğanda atriyal miksing, duktal açıklık ve pulmoner ve sistemik vasküler direnç kritik öneme sahiptir (Nasr & DiNardo, 2024).

Arteriyel switch operasyonu öncesinde ve sırasında oksijenizasyon, koroner anatomi, ventrikül fonksiyonu ve sistemik perfüzyon dikkatle değerlendirilmelidir.

Tek ventrikül fizyolojisi

Tek ventrikül fizyolojisi konjenital kardiyak anestezinin en karmaşık alanlarından biridir. Bu hastalarda kardiyak output, pulmoner ve sistemik kan akımları arasındaki dengeye bağlıdır.

Pulmoner kan akımının aşırı artması sistemik perfüzyonu azaltabilir; pulmoner kan akımının yetersiz olması ise hipoksemiye neden olur.

Bu nedenle özellikle neonatal dönemde preload, sistemik vasküler direnç, pulmoner vasküler direnç, ventilasyon, $PaCO_2$, oksijenasyon ve hematokrit birlikte değerlendirilmelidir (Nasr & DiNardo, 2024).

Hipoplastik sol kalp sendromu

Hipoplastik sol kalp sendromu (HLHS), neonatal konjenital kalp cerrahisinin en yüksek riskli gruplarından biridir.

Norwood cerrahisi öncesinde sistemik dolaşım duktusa bağımlıdır. Bu nedenle duktus arteriozusun açıklığı kritik öneme sahiptir.

Anestezi hedefleri sistemik perfüzyonun korunması, pulmoner ve sistemik kan akımı arasındaki dengenin sağlanması, miyokardiyal oksijen sunumunun korunması, metabolik asidozun önlenmesi ve koroner perfüzyonun sürdürülmesidir.

HLHS'de yüksek FiO_2 ve hiperventilasyonun her zaman yararlı olmadığı; pulmoner vasküler direncin aşırı düşürülmesinin sistemik kan akımını azaltabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Pulmoner Hipertansiyon

Pulmoner hipertansiyon, konjenital kalp cerrahisi sonrası morbidite ve mortaliteyi artıran önemli bir durumdur.

Pulmoner vasküler direnci artıran hipoksi, hiperkapni, asidoz, hipotermi, ağrı ve ajitasyon engellenmelidir.

Pulmoner hipertansif kriz geliştiğinde hızlı tanı ve tedavi gerekir. Tedavi seçenekleri oksijenizasyonun düzeltilmesi, ventilasyonun optimize edilmesi, asidozun düzeltilmesi, yeterli anestezi ve analjezi, pulmoner vazodilatörler ve uygun hastalarda inhaler nitrik oksit kullanımını içerir.

Nöroproteksiyon

Konjenital kalp cerrahisi geçiren yenidoğan ve çocuklarda nörolojik hasar önemli bir perioperatif sorundur. Hipoksemi, düşük kardiyak output, hipotansiyon, CPB, derin hipotermi, dolaşım arresti, emboli ve nöbetler nörolojik hasar riskini artırabilir.

Nöromonitörizasyonun amacı yalnızca hasarı saptamak değil, hasar oluşmadan önce riskli fizyolojik değişiklikleri belirlemek ve müdahale etmektir.

EEG, NIRS ve uygun hastalarda nörogörüntüleme bu yaklaşımın temel bileşenleridir (Massey et al., 2024).

Isı Yönetimi

Yenidoğanlarda hipotermi hızlı gelişebilir. CPB sırasında kontrollü hipotermi bazı cerrahi işlemlerde kullanılabilmekle

birlikte yeniden ısıtma döneminde hipertermi, hızlı ısı değişiklikleri ve nörolojik komplikasyonlar açısından dikkatli olunmalıdır.

Verilen mayilerin, infüzyonların ve kan ürünlerinin uygun şekilde ısıtılması önemlidir. Normoterminin korunması özellikle postoperatif dönemde önem taşır.

Ekstübasyon ve Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Yaklaşımı

Günümüzde pediatrik kardiyak cerrahide yalnızca cerrahi mortalitenin azaltılması değil, hızlı ve güvenli iyileşmenin sağlanması da hedeflenmektedir.

Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) yaklaşımı opioid kullanımının azaltılması, multimodal analjezi, erken enteral beslenme, erken mobilizasyon, uygun hastalarda erken ekstübasyon ve yoğun bakım ile hastane yatış süresinin azaltılması gibi hedefleri içerir.

AATS'nin 2021 konsensus dokümanı pediatrik kardiyak cerrahi için kapsamlı perioperatif ERAS yaklaşımını desteklemekte ve hasta ile lezyon özelliklerine göre bireyselleştirilmiş multimodal uygulamaları önermektedir (Fuller et al., 2021).

Avrupa merkezlerinde yapılan güncel değerlendirmeler ise ERAS uygulamalarının merkezler arasında hâlen belirgin heterojenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır (Meier et al., 2025).

Bu nedenle erken ekstübasyon her hasta için rutin bir hedef olmamalı; cerrahi kompleksite, ventrikül fonksiyonu, kanama, gaz değişimi ve hemodinamik stabilite birlikte değerlendirilmelidir.

Postoperatif Yoğun Bakım

Anestezi yönetimi ekstübasyonla sona ermez. Postoperatif dönemde kardiyak output, kan basıncı, ritim, laktat, idrar çıkışı, NIRS, kan gazları, drenaj miktarı, ventilasyon, elektrolitler ve koagülasyon yakından takip edilmelidir.

Özellikle yenidoğanlarda düşük kardiyak output sendromu, pulmoner hipertansiyon, aritmi, kanama, akut böbrek hasarı ve nörolojik komplikasyonlar açısından dikkatli olunmalıdır (Nasr & DiNardo, 2024)

Akut Böbrek Hasarı

Pediatrik kardiyak cerrahi sonrası akut böbrek hasarı önemli bir komplikasyondur. Risk faktörleri arasında CPB süresi, düşük kardiyak output, hipotansiyon, hipoksi, inflamasyon, hemoliz, transfüzyon ve önceden mevcut renal disfonksiyon bulunmaktadır.

Güncel literatür değerlendirmelerinde akut böbrek hasarı, pediatrik konjenital kalp cerrahisi anestezisindeki önemli araştırma alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır (Goodmanson et al., 2025).

Güncel Yaklaşım: Hastaya Özgü Hemodinamik Yönetim

Konjenital kalp cerrahisinde "normal" hemodinamik değerlerden çok, hastaya özgü optimal fizyolojik durum önemlidir.

Anestezist aşağıdaki soruları sürekli olarak değerlendirmelidir:

1. Sistemik kan akımı yeterli mi?
2. Pulmoner kan akımı yeterli mi?
3. Ventrikül doluşu yeterli mi?

4. Ventrikül kontraktilitesi yeterli mi?
5. Sistemik vasküler direnç uygun mu?
6. Pulmoner vasküler direnç uygun mu?
7. Doku oksijen sunumu yeterli mi?
8. Laktat ve idrar çıkışı nasıl seyrediyor?

Bu yaklaşım özellikle tek ventrikül fizyolojisi ve yenidoğanlarda klasik monitörizasyon değerlerinden daha anlamlı olabilir.

Sonuç

Konjenital kalp cerrahisinde anestezi yönetimi; kardiyak anatomi, fizyoloji, cerrahi prosedür, CPB, ventilasyon ve yoğun bakım süreçlerinin birlikte değerlendirilmesini gerektiren multidisipliner bir yaklaşımdır.

Başarılı perioperatif yönetimin temelini ayrıntılı preoperatif değerlendirme, lezyona özgü fizyolojik hedeflerin belirlenmesi, uygun invaziv monitörizasyon, hemodinamik olarak kontrollü indüksiyon, pulmoner ve sistemik kan akımı arasındaki dengenin korunması, CPB ve kan yönetiminin optimize edilmesi, nöromonitörizasyon, multimodal analjezi, uygun hastada erken ekstübasyon ve erken tanı ile tedaviye dayalı postoperatif yoğun bakım oluşturmaktadır.

Özellikle yenidoğan ve kompleks konjenital kalp hastalarında “tek bir anestezi protokolü” yerine hastanın anatomisi ve fizyolojisine göre bireyselleştirilmiş hemodinamik hedefler belirlenmelidir.

Konjenital Kalp Hastalığı Olan Erişkinlerde Anestezi Yönetimi

Erişkin konjenital kalp hastalarının yaşam süresinin uzaması, bu hasta grubunun hem kardiyak hem de kardiyak olmayan cerrahiler sırasında anestezi açısından giderek daha önemli hale gelmesine neden olmuştur. Erişkin konjenital kalp hastalarında anestezi yönetimi yalnızca çocukluk çağındaki anatomik tanının bilinmesine değil, mevcut anatomik ve fizyolojik durumun ayrıntılı değerlendirilmesine dayanır.

Güncel erişkin konjenital kalp hastalığı (KKH) kılavuzları, kompleks erişkin konjenital kalp hastalarında nonkardiyak cerrahi ve invaziv girişimlerin Erişkin konjenital kalp hastalığı (ACHD) konusunda deneyimli ekiplerle planlanmasını önermektedir (Gurvitz et al., 2026).

Erişkin hastada orijinal konjenital kalp defektinin yanı sıra geçirilmiş cerrahiler, protez kapaklar, şantlar, rezidüel defektler, ventriküler fonksiyon, pulmoner hipertansiyon, ritim bozuklukları ve mevcut fonksiyonel kapasite değerlendirilmelidir.

Preoperatif değerlendirme

Özellikle aşağıdaki unsurlar değerlendirilmelidir:

- Konjenital kalp hastalığının anatomisi ve cerrahi öyküsü
- Rezidüel veya rekürren şantlar
- Sağ ve sol ventrikül fonksiyonları
- Pulmoner arter basıncı
- Aort ve pulmoner arter anatomisi
- Kapak fonksiyonları

- Aritmi öyküsü ve mevcut ritim
- Pacemaker/ICD varlığı
- Antikoagülan ve antiagregan kullanımı
- Siyanoz ve sekonder eritrositoz
- Böbrek ve karaciğer fonksiyonları
- Egzersiz kapasitesi
- Önceki kardiyak girişimler

Bu değerlendirme güncel perioperatif kılavuzlarda da özellikle vurgulanmaktadır. Erişkin konjenital kalp hastalığı (ACHD) tanısının ve önceki cerrahilerin netleştirilmesi, rezidüel lezyonların belirlenmesi ve mevcut fonksiyonel durumun değerlendirilmesi nonkardiyak cerrahi öncesi temel basamaklardır (Thompson et al., 2024).

Erişkin konjenital kalp hastalarında risk sınıflaması

ACHD hastalarında perioperatif risk; anatomik kompleksite, fonksiyonel durum ve hemodinamik özelliklerin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenmelidir.

Özellikle Fontan dolaşımı, Eisenmenger sendromu, siyanotik konjenital kalp hastalığı, sistemik sağ ventrikül, ciddi pulmoner hipertansiyon, ileri ventrikül disfonksiyonu ve önemli rezidüel lezyonlar yüksek risk göstergeleridir.

2024 ACC/AHA perioperatif kılavuzu da erişkin KKH'da riskin yalnızca anatomik lezyona değil, siyanoz, kalp yetmezliği, düşük fonksiyonel kapasite, pulmoner hipertansiyon, cerrahinin

aciliyeti ve cerrahi prosedürün özelliklerine göre değerlendirilmesini önermektedir (Thompson et al., 2024).

Bu hastalarda mümkünse cerrahi ve anestezi yönetimi ACHD konusunda deneyimli merkezlerde gerçekleştirilmelidir.

Anestezi indüksiyonu

İndüksiyon sırasında temel hedef hastanın mevcut dolaşım fizyolojisini bozmamaktır.

Özellikle sağdan sola şant bulunan hastalarda sistemik vasküler direncin ani azalması şantı artırabilir ve ciddi desatürasyona neden olabilir.

Pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda hipoksi, hiperkapni, asidoz, hipotermi, ağrı ve sempatik aktivasyon pulmoner vasküler direnci artırarak sağ ventrikül yetmezliğini tetikleyebilir.

Bu nedenle ilaçlar düşük dozlardan başlanarak titre edilmeli ve yeterli hemodinamik monitörizasyon altında uygulanmalıdır.

Fontan dolaşımı

Fontan fizyolojisi bulunan erişkinlerde pulmoner dolaşım için doğrudan bir subpulmoner ventrikül bulunmaz. Pulmoner kan akımı esas olarak santral venöz basınç ile intratorasik basınç arasındaki gradiente bağlıdır. Bu nedenle preload azalması pulmoner kan akımında ve kardiyak outputta azalmaya yol açabilir. Aynı şekilde yüksek PEEP ve yüksek ortalama hava yolu basıncı venöz dönüşü azaltarak Fontan dolaşımını bozabilir. Bu hastalarda hipovolemi, yüksek PEEP, yüksek intratorasik basınç, hiperkapni ve hipoksi önlenmelidir. Güncel perioperatif kılavuzlar da Fontan fizyolojisinde hipovolemi, hiperkapni, metabolik asidoz ve

hipotermiden kaçınılmasını özellikle vurgulamaktadır (Thompson et al., 2024).

Sistemik sağ ventrikül

Mustard veya Senning operasyonu geçirmiş TGA hastaları ile bazı diğer kompleks KKH'larda sağ ventrikül sistemik ventrikül olarak görev yapmaktadır.

Uzun dönemde sistemik sağ ventrikülde dilatasyon, sistolik disfonksiyon, triküspit yetersizliği ve aritmi gelişebilir.

Anestezi sırasında sistemik sağ ventrikül preload ve afterload değişikliklerine duyarlı olduğundan ani sistemik vasküler direnç değişikliklerinden kaçınılmalıdır.

Eisenmenger sendromu

Eisenmenger fizyolojisi bulunan erişkinler anestezi açısından çok yüksek riskli hastalardır.

Sistemik vasküler direncin düşmesi sağdan sola şantı artırabilir ve ciddi hipoksemiye yol açabilir. Bu nedenle hipovolemi, sistemik hipotansiyon, hipoksi, hiperkapni, asidoz ve hipotermi önlenmelidir.

İntravenöz hava girişinin önlenmesi özellikle önemlidir; sağdan sola şant nedeniyle paradoksal emboli riski bulunmaktadır. İntravenöz hatlarda hava filtresi kullanımı, özellikle siyanotik ve sağdan sola şantı bulunan hastalarda güncel perioperatif öneriler arasında yer almaktadır (Thompson et al., 2024).

Gebelik

ACHD hastalarında gebelik özel bir risk grubudur. Gebelikte artan kan hacmi ve kardiyak output, özellikle ventrikül fonksiyon

bozukluğu, pulmoner hipertansiyon veya Fontan fizyolojisi bulunan hastalarda ciddi hemodinamik stres oluşturabilir.

Anestezi planı obstetri, ACHD kardiyolojisi, kardiyak anestezi ve gerektiğinde yoğun bakım ekiplerinin birlikte değerlendirmesiyle yapılmalıdır.

Erişkin Konjenital Kalp Hastalarında Kardiyak Olmayan Cerrahi

ACHD hastalarının önemli bir kısmı hayatlarının ilerleyen dönemlerinde kardiyak olmayan cerrahi gerektirmektedir.

Anestezi planında yalnızca "konjenital kalp hastalığı var mı?" sorusu değil, "Bu hastanın mevcut dolaşımı nasıl çalışıyor?" sorusu sorulmalıdır.

Özellikle Fontan dolaşımı, Eisenmenger sendromu, pulmoner hipertansiyon, sistemik sağ ventrikül, ciddi ventrikül disfonksiyonu ve kompleks siyanotik KKH bulunan hastalarda deneyimli merkezlerde multidisipliner yaklaşım önerilir.

2024 ACC/AHA perioperatif kılavuzuna göre orta ve yüksek riskli KKH lezyonlarında elektif nonkardiyak cerrahi öncesinde ACHD uzmanı tarafından değerlendirme önerilmektedir. Ayrıca güncel 2025 ACHD kılavuzu, kompleks ACHD sınıflarında nonkardiyak girişimler sırasında ACHD konusunda deneyimli anestezist tarafından veya bu uzmanla iş birliği içinde anestezi verilmesini önermektedir (Gurvitz et al., 2026; Thompson et al., 2024).

2025 literatürünü değerlendiren güncel anestezi derlemesinde de erişkin konjenital kalp hastalarında anestezi, kardiyopulmoner bypass ve kan yönetimi, ERAS ve nonkardiyak

prosedür güvenliği ile birlikte konjenital kalp anestezisinin dört ana güncel araştırma alanından biri olarak belirtilmiştir (Goodmanson & Latham, 2026).

Güncel Yaklaşım: Hastaya Özgü Hemodinamik Yönetim

Hastanın sistemik ventrikülü hangi ventriküldür ve mevcut sistolik fonksiyonu nasıldır?

1. Ventrikülün preload değişikliklerini tolere edebilme kapasitesi nedir?
2. Sistemik vasküler dirençteki değişiklik hastanın mevcut dolaşımını nasıl etkileyecektir?
3. Pulmoner vasküler direnç ve sağ ventrikül fonksiyonu perioperatif stres altında yeterli kalabilecek midir?
4. Rezidüel şant veya obstrüksiyon mevcut mudur ve anestezi ile bunun hemodinamik önemi değişecek midir?
5. Ritim ve atriyoventriküler senkronizasyon kardiyak output açısından kritik midir?
6. Hastanın mevcut oksijenlenme düzeyi ve sistemik perfüzyonu yeterli midir?
7. Cerrahi, kanama, pozitif basınçlı ventilasyon ve anestezik ilaçlar mevcut dolaşım fizyolojisini ne ölçüde değiştirecektir?
8. Hastanın kardiyak rezervi, planlanan cerrahinin oluşturacağı fizyolojik stres için yeterli midir?
9. Perioperatif dönemde hangi değişiklik hastanın dolaşımının dekompanse olduğunu en erken gösterecektir?

Bu nedenle erişkin ACHD hastasında hemodinamik değerlendirme yalnızca anlık kan basıncı veya oksijen satürasyonuna göre yapılmamalı; trendler ve çoklu fizyolojik göstergeler birlikte değerlendirilmelidir. Kan basıncı, kalp hızı ve ritmin yanı sıra periferik perfüzyon, idrar çıkışı, laktat düzeyi, kan gazı, venöz oksijen satürasyonu, ekokardiyografik bulgular ve gerektiğinde NIRS gibi yöntemler hastanın sistemik oksijen sunumu ve kardiyak rezervi hakkında daha kapsamlı bilgi sağlayabilir.

Özellikle kompleks ACHD hastalarında "kan basıncı normal mi?" sorusundan önce "bu kan basıncı hastanın mevcut fizyolojisi için yeterli mi?" sorusu sorulmalıdır. Benzer şekilde oksijen satürasyonundaki değişiklik yalnızca pulmoner fonksiyon açısından değil, şant yönü, pulmoner vasküler direnç, ventilasyon, hemoglobin düzeyi ve kardiyak output ile birlikte yorumlanmalıdır.

Bu yaklaşım, erişkin konjenital kalp hastalarında anestezi yönetimini tek bir protokole dayalı uygulamadan, hastanın mevcut anatomik ve fizyolojik özelliklerine göre belirlenen dinamik bir hemodinamik stratejiye dönüştürmektedir.

Bölüm Sonu Notları

1. Fizyolojik Yaklaşım: Anatomiyi değil, fizyolojiyi yönet.
2. Preoperatif Değerlendirme: Tanıyı, dolaşımı ve ventrikül fonksiyonunu birlikte değerlendir.
3. Monitörizasyon: Monitörizasyonu hastanın fizyolojisine göre planla.
4. İndüksiyon: İndüksiyon sırasında hemodinamiyi koru.
5. Havayolu ve Ventilasyon: Ventilasyonu pulmoner–sistemik kan akımı dengesine göre yönet.

6. Anestezi İdamesi: Anestezi derinliğini perfüzyon göstergeleriyle birlikte değerlendir.
7. Sıvı ve Glukoz: Ne eksik ne fazla: volüm ve glukoz dengesini koru.
8. Kardiyopulmoner Bypass: Perfüzyon, hematokrit, ısı ve koagülasyonu birlikte yönet.
9. Miyokardiyal Koruma: Miyokardı iskemi-reperfüzyon hasarından koru.
10. KPB'dan Çıkış: Bypass'tan çıkmadan önce kalbi, akciğeri ve dolaşımı optimize et.
11. Kan Yönetimi: Kanamayı erken fark et, transfüzyonu hedefe yönelik yap.
12. Ekokardiyografi: Kalbin ne yaptığını görmeden bypass sonrası karar verme.
13. Spesifik Lezyonlar: Her lezyonun kendine özgü hemodinamik hedefi vardır.
14. Pulmoner Hipertansiyon: PVR'yi artıran faktörlerden kaçın.
15. Nöroproteksiyon: Beyni korumak için hipoksi ve düşük perfüzyonu önle.
16. Isı Yönetimi: Özellikle yenidoğanda ısıyı kontrol et.
17. ERAS ve Ekstübasyon: Erken ekstübasyon her hasta için değil, uygun hasta için.
18. Postoperatif Yoğun Bakım: Anestezi ameliyathanede bitmez; perfüzyonu ve organ fonksiyonlarını izle.

19. Hastaya Özgü Hemodinami: “Normal ne?” değil, “Bu hasta için optimal ne?”
20. Erişkin KKH: Tanıyı değil, mevcut fizyolojiyi yönet.

Kaynakça

Fuller, S., Kumar, S. R., Roy, N., Mahle, W. T., Romano, J. C., Nelson, J. S., Hammel, J. M., Imamura, M., Zhang, H., Fremes, S. E., McHugh-Grant, S., Nicolson, S. C., & AATS Cardiac Clinical Practice Standards Committee Members. (2021). The American Association for Thoracic Surgery Congenital Cardiac Surgery Working Group 2021 consensus document on a comprehensive perioperative approach to enhanced recovery after pediatric cardiac surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery, 162*(3), 931–954. doi: 10.1016/j.jtcvs.2021.04.072.

Goodmanson, M. M., & Latham, G. J. (2026). The year in review: Anesthesia for congenital heart disease 2025. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 30*(2), 115–125. doi: 10.1177/10892532261438993.

Goodmanson, M. M., Chau, D. F., Landsem, L. M., & Latham, G. J. (2025). The Year in Review: Anesthesia for Congenital Heart Disease 2024. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 29*(2), 103–115. doi: 10.1177/10892532251333682.

Gurvitz, M., Krieger, E. V., Fuller, S., Davis, L. L., Kittleson, M. M., Aboulhosn, J. A., Bradley, E. A., Buber, J., Daniels, C. J., Dimopoulos, K., Egbe, A., Geoffrion, T. R., John, A., Khairy, P., Kim, Y. Y., Kreutzer, J., Lewis, M. J., Menachem, J. N., Moore, J. P., … Wald, R. M. (2026). 2025 ACC/AHA/HRS/ISACHD/SCAI Guideline for the Management of Adults With Congenital Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 153*(8), e115–e251. doi: 10.1161/CIR.0000000000001402.

Massey, S. L., Weinerman, B., & Naim, M. Y. (2024). Perioperative Neuromonitoring in Children with Congenital Heart Disease. *Neurocritical Care, 40*(1), 116–129. doi: 10.1007/s12028-023-01737-x.

Meier, S., Borzel, J., Hellner, N., Catena, D., Beck, C. E., Schindler, E., & Kleine-Brueggeney, M. (2025). Enhanced recovery after surgery (ERAS) in pediatric cardiac surgery: Status quo of implementation in Europe. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 39*(1), 177–186. doi: 10.1053/j.jvca.2024.10.005.

Nasr, V. G., & DiNardo, J. A. (Eds.). (2024). *The pediatric cardiac anesthesia handbook* (2nd ed.). Wiley-Blackwell. doi: 10.1002/9781119835424.

Oldeen, M. E., Angona, R. E., Hodge, A., & Klein, T. (2020). American Society of ExtraCorporeal Technology: Development of standards and guidelines for pediatric and congenital perfusion practice (2019). *The Journal of Extra-Corporeal Technology, 52*(4), 319–326. doi: 10.1182/ject-2000045.

Sebastian, R., & Ahmed, M. I. (2021). Blood conservation and hemostasis management in pediatric cardiac surgery. *Frontiers in Cardiovascular Medicine, 8*, 689623. doi: 10.3389/fcvm.2021.689623.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/ SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative

Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. doi: 10.1161/CIR.0000000000001285.

BÖLÜM 25

AKUT KORONER SENDROMLU HASTADA ANESTEZİ YÖNETİMİ
Tanı, Perioperatif Risk Değerlendirmesi ve Anestezi Yönetimi

MUSTAFA TOPBAŞ[1]

Özet

Akut koroner sendrom (AKS), akut miyokard iskemisi ile ilişkili klinik tabloları kapsar ve başlıca ST-segment elevasyonlu miyokard infarktüsü (STEMI), ST-segment elevasyonsuz miyokard infarktüsü (NSTEMI) ve seçilmiş hastalarda kararsız anjina spektrumunu içerir. Güncel yaklaşım, hızlı tanı, risk sınıflaması, uygun antitrombotik tedavi ve gerektiğinde erken koroner revaskülarizasyona dayanır (Rao et al., 2025).

Anesteziyolog açısından temel sorun, miyokardın oksijen sunumu ile tüketimi arasındaki dengenin korunmasıdır. Taşikardi, hipotansiyon, hipertansiyon, hipoksemi, anemi ve hiperkarbi gibi

[1] Uzm. Dr., Konya Ereğli Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0007-1042-0016

perioperatif stresler miyokardiyal iskemi riskini artırabilir. AKS geçirmiş veya aktif AKS'si bulunan hastalarda elektif nonkardiyak cerrahinin zamanlaması, antiplatelet/antikoagülan tedavi, önceki PCI ve stent özellikleri ile birlikte değerlendirilmelidir (Rao et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Öğrenme Hedefleri

- AKS'nin temel klinik ve patofizyolojik özelliklerini açıklayabilmek.
- STEMI, NSTEMI ve miyokardiyal hasar/infarkt ayrımını anlayabilmek.
- AKS şüphesinde EKG ve yüksek duyarlılıklı kardiyak troponinin rolünü kavrayabilmek.
- AKS'de antitrombotik tedavi ve reperfüzyon stratejilerinin temel ilkelerini bilmek.
- AKS geçirmiş hastada nonkardiyak cerrahi zamanlamasını ve perioperatif riski değerlendirebilmek.
- İntraoperatif miyokardiyal oksijen sunumu-tüketimi dengesini koruyabilmek.
- Perioperatif miyokardiyal hasar ve infarktın tanınması ve izlenmesine yönelik yaklaşımı planlayabilmek.

Akut Koroner Sendrom: Tanım ve Klinik Spektrum

AKS, koroner kan akımının akut olarak azalması sonucunda ortaya çıkan klinik bir sendrom grubudur. 2025 ACC/AHA/ACEP/NAEMSP/SCAI kılavuzu özellikle tip 1 AKS'ye; yani aterotrombotik olayla ilişkili STEMI ve NSTEMI'ye odaklanır (Rao et al., 2025).

- STEMI: Klinik bağlamda akut miyokard iskemisi ile uyumlu ST-segment elevasyonu ve/veya eşdeğer elektrokardiyografik bulguların bulunduğu tablo.
- NSTEMI: Akut miyokard hasarı ile uyumlu troponin değişimi ve klinik iskemik kanıtın bulunması, ancak tanımlayıcı kalıcı ST elevasyonunun olmaması.
- Kararsız anjina: Miyokard iskemisi düşündüren klinik tablo olup miyokard nekrozunu gösteren troponin kriterleri karşılanmaz.

Miyokardiyal hasar, troponin düzeyinin 99. persentil üst referans sınırını aşmasıyla tanımlanır; akut hasar için yükselme ve/veya düşme paterni gerekir. Miyokard infarktüsü tanısı ise akut miyokard hasarına ek olarak iskemi kanıtının bulunmasını gerektirir (Rao et al., 2025; Thygesen et al., 2018).

Patofizyoloji

Tip 1 MI'nin temel mekanizması aterosklerotik plağın rüptürü veya erozyonu sonrasında trombosit aktivasyonu ve trombüs oluşumudur. Koroner kan akımındaki azalma miyokard oksijen sunumunu düşürür. Bunun yanında taşikardi, hipertansiyon, anemi veya hipoksemi gibi durumlar oksijen tüketimini artırarak iskemiye katkıda bulunabilir (Rao et al., 2025).

Tip 2 MI ise akut aterotrombotik koroner oklüzyondan ziyade miyokardın oksijen sunumu ile ihtiyacı arasındaki dengesizlik sonucunda gelişir. Perioperatif dönemde hipotansiyon, taşikardi, ciddi anemi, hipoksemi, hipertansiyon ve koroner spazm bu mekanizmaya katkıda bulunabilir (Thompson et al., 2024).

Klinik Bulgular

Klasik semptom göğüste baskı, sıkışma veya ağırlık hissidir ve sol kol, omuz, boyun, çene veya sırta yayılabilir. Bununla birlikte dispne, bulantı-kusma, terleme, senkop, baş dönmesi, halsizlik veya epigastrik rahatsızlık gibi atipik belirtiler özellikle yaşlılarda, kadınlarda ve diyabetli hastalarda görülebilir (Rao et al., 2025).

- Yeni başlayan veya giderek artan göğüs ağrısı.
- İstirahatte ortaya çıkan göğüs rahatsızlığı.
- Yeni gelişen dispne veya açıklanamayan hemodinamik bozulma.
- Senkop, ciddi aritmi veya akut kalp yetersizliği bulguları.

İlk Değerlendirme

AKS şüphesinde ilk değerlendirme eş zamanlı klinik stabilizasyon ve hızlı tanısal değerlendirmeyi içermelidir. 12 derivasyonlu EKG mümkün olan en kısa sürede çekilmeli; ilk EKG tanısal değilse klinik şüphe devam ettiği sürece seri EKG değerlendirmesi yapılmalıdır (Rao et al., 2025).

- Vital bulgular ve sürekli ritim monitörizasyonu.
- 12 derivasyonlu EKG ve gerektiğinde seri EKG.
- Yüksek duyarlılıklı kardiyak troponin ve uygun seri ölçümler.
- Tam kan sayımı, elektrolitler, böbrek fonksiyonları ve glukoz.
- Seçilmiş hastalarda akciğer grafisi, ekokardiyografi ve diğer görüntüleme yöntemleri.

- Defibrilasyon/ileri yaşam desteği ekipmanının hazır bulundurulması.

Normal bir ilk EKG AKS'yi dışlamaz. Tanı klinik tablo, seri EKG ve troponin değişimi birlikte değerlendirilerek konulmalıdır (Rao et al., 2025).

Elektrokardiyografi

STEMI'de belirgin ST-segment elevasyonu, akut koroner oklüzyon olasılığını düşündürür ve hızlı reperfüzyon değerlendirmesini gerektirir. NSTEMI'de ST depresyonu, T dalga değişiklikleri veya geçici ST elevasyonu görülebilir; ancak EKG normal de olabilir (Rao et al., 2025).

Perioperatif hastada genel anestezi nedeniyle göğüs ağrısı ve semptomların maskelenebileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle yüksek riskli hastalarda EKG ve biyobelirteç izlemi klinik bağlama göre planlanmalıdır (Thompson et al., 2024).

Kardiyak Troponin

Yüksek duyarlılıklı kardiyak troponin, miyokardiyal hasarın temel biyobelirteçlerindendir. Tek bir yüksek değer yerine klinik bağlam ve seri ölçümlerdeki değişim değerlendirilmelidir. Kronik böbrek hastalığı, kalp yetersizliği ve diğer durumlarda kronik troponin yüksekliği bulunabileceğinden, akut değişim paterni ve iskemi kanıtı önemlidir (Rao et al., 2025).

Perioperatif dönemde miyokardiyal hasar sıklıkla sessiz olabilir. Bu nedenle klinik riski yüksek hastalarda ameliyat öncesi ve sonrasında troponin ölçümü, 2024 perioperatif kılavuzun risk temelli yaklaşımı çerçevesinde düşünülebilir (Thompson et al., 2024).

Akut Dönem Tedavisi: Anestezist İçin Temel Noktalar

Bu bölümde akut dönem tedavisi, anestezistin perioperatif kararlarını etkileyen yönleriyle özetlenmiştir; ayrıntılar için güncel AKS kılavuzlarına başvurulmalıdır (Byrne et al., 2023; Rao et al., 2025).

AKS tedavisinin amacı miyokardiyal iskemiyi sonlandırmak, koroner kan akımını mümkün olduğunca erken düzeltmek, trombüs progresyonunu önlemek ve akut komplikasyonları tedavi etmektir (Rao et al., 2025).

- Uygun hastada hızlı invaziv değerlendirme ve revaskülarizasyon.
- Aspirin ve uygun P2Y12 inhibitörü ile antiplatelet tedavi.
- Endikasyona göre antikoagülasyon.
- Yüksek yoğunluklu statin tedavisi ve sekonder korunma.
- Akut kalp yetersizliği, aritmi ve kardiyojenik şokun tedavisi.
- Oksijen tedavisinin hipoksemisi olan hastalarda kullanılması.

Oksijen rutin olarak normoksik hastalara verilmemeli; hipoksemisi bulunan hastalarda oksijenasyon düzeltilmelidir (Rao et al., 2025).

Nitratlar, uygun hastalarda iskemik semptomları ve hipertansiyonu azaltabilir. Ancak hipotansiyon, belirgin sağ ventrikül infarktı şüphesi veya fosfodiesteraz-5 inhibitörü kullanımı gibi durumlarda dikkatli olunmalıdır (Rao et al., 2025).

Morfin, dirençli şiddetli ağrıda seçilmiş hastalarda düşünülebilir; ancak hipotansiyon ve solunum depresyonu yanında oral P2Y12 inhibitörlerinin emilimini geciktirebileceği için rutin kullanımından kaçınılmalıdır (Rao et al., 2025).

Beta-blokör tedavisi, hemodinamik olarak uygun hastalarda bireyselleştirilir. Akut kalp yetersizliği, kardiyojenik şok, belirgin bradikardi veya yüksek dereceli AV blok gibi durumlarda dikkatli olunmalıdır (Rao et al., 2025).

STEMI'de temel hedef, mümkün olan en kısa sürede reperfüzyondur. Primer PCI uygun hastalarda tercih edilen reperfüzyon yöntemidir. PCI'ye zamanında ulaşılamayan ve uygunluk kriterlerini karşılayan hastalarda fibrinoliz değerlendirilebilir (Rao et al., 2025).

NSTEMI'de invaziv yaklaşımın zamanlaması hastanın iskemik riskine, hemodinamik durumuna, aritmi varlığına ve komorbiditelere göre belirlenir. Çok yüksek riskli hastalarda acil invaziv değerlendirme gerekirken, diğer yüksek riskli hastalarda erken invaziv strateji planlanabilir (Lawton et al., 2022; Rao et al., 2025).

AKS'ye bağlı kardiyojenik şok, ciddi mortalite riski taşıyan acil bir tablodur. Hipotansiyon, doku hipoperfüzyonu, oligüri, bilinç değişikliği, soğuk ekstremiteler ve laktat yüksekliği gibi bulgular görülebilir (Rao et al., 2025).

Tedavinin temelini erken revaskülarizasyon, uygun hemodinamik destek ve mekanik dolaşım desteğinin seçilmiş hastalarda değerlendirilmesi oluşturur. 2025 ACC/AHA kılavuzu kardiyojenik şok yönetimine ilişkin güncellenmiş öneriler içermektedir (Rao et al., 2025).

Antiplatelet Tedavi ve Antikoagülasyon

AKS'de aspirin ve oral P2Y12 inhibitöründen oluşan çift antiplatelet tedavi (DAPT) temel tedavidir. 2025 ACC/AHA kılavuzunda yüksek kanama riski olmayan hastalarda varsayılan DAPT süresi taburculuk sonrasında en az 12 aydır; ancak kanama riski ve klinik özelliklere göre tedavi süresi ve stratejisi bireyselleştirilir (Byrne et al., 2023; Rao et al., 2025).

PCI sonrası elektif cerrahi planlanan hastalarda antiplatelet tedavinin kesilmesi kararı stent trombozu ile cerrahi kanama arasındaki dengeye göre multidisipliner verilmelidir. Özellikle yakın zamanda PCI veya AKS nedeniyle stent yerleştirilmiş hastalarda cerrahinin ertelenebilir olup olmadığı belirlenmeli ve kardiyoloji ile görüşülmelidir (Thompson et al., 2024).

Klinik uyarı: Yakın zamanda PCI yapılmış veya AKS geçirmiş hastada antiplatelet tedaviyi kardiyoloji görüşü alınmadan kesmek stent trombozuna yol açabilecek ciddi bir hatadır.

Antikoagülan tedavi, AKS'nin klinik tipi ve uygulanan invaziv stratejiye göre belirlenir. Perioperatif dönemde antitrombotik ilaçların kesilmesi veya yeniden başlanması yalnızca kanama riski üzerinden değil, trombotik risk üzerinden de değerlendirilmelidir (Rao et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Nonkardiyak Cerrahi Öncesi AKS Değerlendirmesi

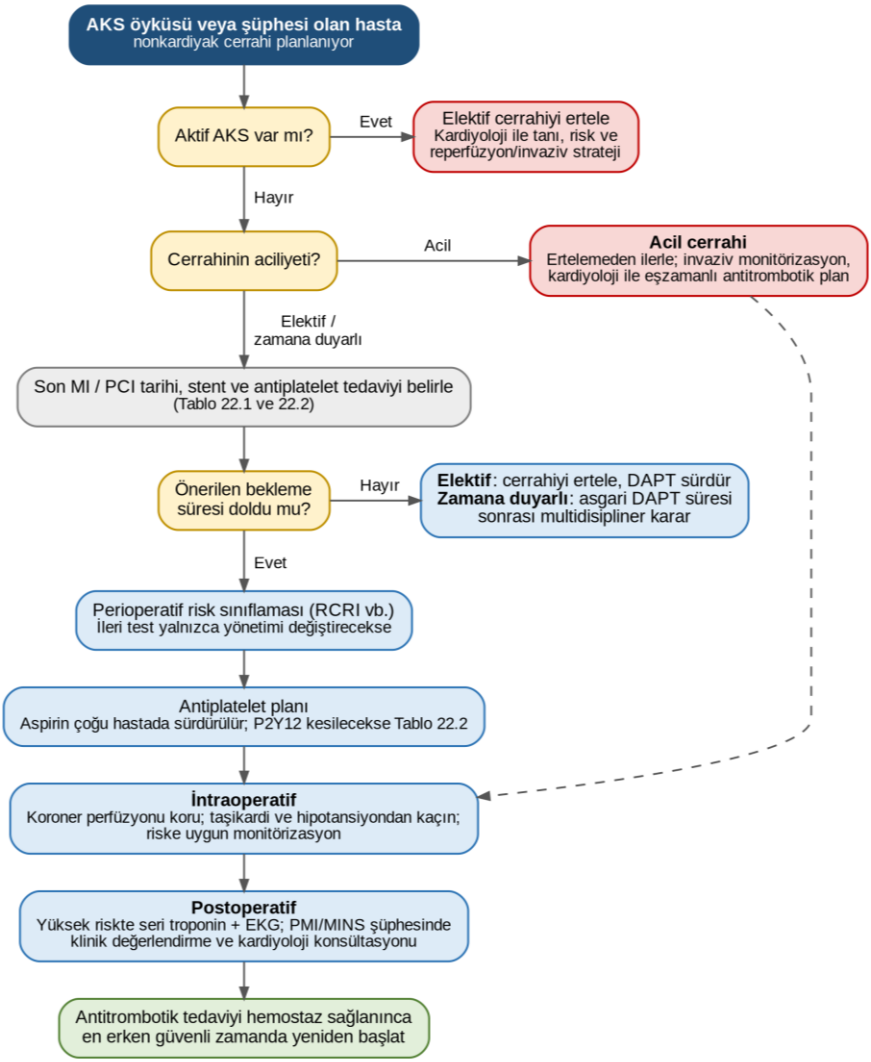
Aktif AKS, elektif nonkardiyak cerrahi için güçlü bir erteleme nedenidir. Cerrahinin aciliyeti, kardiyak risk, kanama/tromboz dengesi ve mümkünse koroner durumun optimize edilmesi birlikte değerlendirilmelidir (Thompson et al., 2024).

2024 AHA/ACC perioperatif kılavuzu, perioperatif kardiyovasküler değerlendirmeyi basamaklı ve risk temelli bir yaklaşım olarak ele alır; stres testi ve diğer ileri kardiyak testlerin yalnızca sonucu yönetimi değiştirecek hastalarda kullanılması vurgulanır (Thompson et al., 2024).

- Aktif kardiyak durumların belirlenmesi.
- Cerrahi aciliyetinin sınıflandırılması.
- Bilinen koroner hastalık ve önceki MI/PCI öyküsünün değerlendirilmesi.
- Fonksiyonel kapasitenin belirlenmesi.
- RCRI veya uygun doğrulanmış başka bir risk aracının kullanılması.
- Gerekiyorsa BNP/NT-proBNP ve yüksek duyarlılıklı troponin değerlendirmesi.
- Stres testi veya ileri görüntülemenin yalnızca klinik olarak gerekli ve yönetimi değiştirecek durumlarda yapılması.

Nonkardiyak cerrahi planlanan AKS öykülü hastada adım adım yaklaşım Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1 AKS öyküsü veya şüphesi olan hastada nonkardiyak cerrahi öncesi, sırası ve sonrasında pratik yaklaşım



Kaynak: Halvorsen et al., 2022; Rao et al., 2025; Thompson et al., 2024

AKS Sonrası Nonkardiyak Cerrahinin Zamanlaması

Cerrahi zamanlaması AKS'nin klinik stabilizasyonuna, uygulanan revaskülarizasyon yöntemine ve özellikle PCI ile yerleştirilen stentin özelliklerine bağlıdır. Yakın zamanda PCI uygulanmış hastalarda antiplatelet tedavinin kesilmesi stent trombozu riskini artırabileceğinden, elektif cerrahi mümkünse ertelenmeli ve cerrahi-kardiyoloji-anestezi ekibi birlikte karar vermelidir (Thompson et al., 2024).

2024 perioperatif kılavuz, PCI sonrası antiplatelet tedavi ve cerrahi zamanlamasını stent trombozu ve perioperatif kanama risklerini birlikte dikkate alan bireyselleştirilmiş bir çerçevede ele almaktadır (Thompson et al., 2024).

Tablo 1 AKS veya koroner girişim sonrası nonkardiyak cerrahinin zamanlaması

Durum	**Elektif Cerrahi**	**Zamana Duyarlı Cerrahi**
Revaskülarizasyon yapılmamış MI	En az 60 gün sonra*	Bireysel risk–yarar değerlendirmesi
Stentsiz balon anjiyoplasti	En az 14 gün sonra*	—
Elektif PCI (kronik koroner hastalık)	6 ay sonra*,**	En az 1 ay DAPT sonrası (ESC)**; ACC/AHA en az 3 ay önerir*
AKS nedeniyle PCI	12 ay sonra*,**	Yüksek riskli AKS'de en az 3 ay DAPT sonrası**

*Kaynak: *Thompson et al., 2024; **Halvorsen et al., 2022*

DAPT: çift antiplatelet tedavi. Zamana duyarlı cerrahi (ör. onkolojik) kararı kardiyoloji ve cerrahi ekiple birlikte verilmelidir.

Tablo 2 Antiplatelet ilaçların perioperatif kesilme süreleri

İlaç	Cerrahi Öncesi Kesme (ESC 2022)	Nöroaksiyel Blok Öncesi (ASRA 2025)
Aspirin	Kanama riski çok yüksek değilse sürdürülür	Tek başına kontrendikasyon oluşturmaz
Klopidogrel	5 gün	5–7 gün
Tikagrelor	3–5 gün	5 gün
Prasugrel	7 gün	7–10 gün

Kaynak: Halvorsen et al., 2022; Kopp et al., 2025

P2Y12 inhibitörü kesildiğinde aspirin mümkünse sürdürülmeli ve P2Y12 inhibitörü postoperatif dönemde güvenli olan en erken zamanda yeniden başlanmalıdır.

Aspirin, intrakraniyal, spinal kanal içi veya bazı ürolojik/oftalmolojik girişimler gibi kanama riskinin çok yüksek olduğu durumlar dışında sürdürülmelidir (Halvorsen et al., 2022; Thompson et al., 2024). ACC/AHA 2024 kılavuzu intravenöz antiplatelet ajanlarla rutin köprülemeyi önermez; ESC 2022 kılavuzu ise trombotik riski çok yüksek seçilmiş hastalarda kangrelor veya glikoprotein IIb/IIIa inhibitörü ile köprülemenin düşünülebileceğini belirtir (Halvorsen et al., 2022; Thompson et al., 2024).

Preoperatif Anestezik Değerlendirme

- Devam eden göğüs ağrısı, dinamik EKG değişikliği veya hemodinamik instabilite.
- Son MI tarihi ve MI tipi.
- PCI/koroner stent tarihi, stent tipi ve endikasyonu.
- Devam eden DAPT veya antikoagülan tedavi.
- Sol ventrikül fonksiyonu ve kalp yetersizliği bulguları.
- Geçirilmiş aritmiler ve implantable cihazlar.

- Anemi, böbrek fonksiyon bozukluğu ve elektrolit bozuklukları.
- Planlanan cerrahinin kanama ve sıvı kaybı potansiyeli.
- Fonksiyonel kapasite ve frailty.

Anestezi planı ‘kardiyak clearance’ kavramından ziyade, hastanın perioperatif riskinin nicel ve nitel değerlendirilmesi, modifiye edilebilir risklerin düzeltilmesi ve cerrahi yarar-risk dengesinin kurulması üzerine kurulmalıdır (Thompson et al., 2024).

Klinik uyarı: Elektif cerrahinin ertelenebilirliğini değerlendirmeden “kardiyak clearance” vermek sık yapılan bir hatadır; asıl soru hastanın riskinin nasıl azaltılabileceği ve cerrahinin zamanlamasıdır.

Kronik β-blokör ve statin tedavisi perioperatif dönemde sürdürülmelidir; ameliyat günü β-blokör başlanması önerilmez (Halvorsen et al., 2022; Thompson et al., 2024).

Anestezinin Temel Hemodinamik Hedefleri

Miyokardiyal oksijen sunumu koroner kan akımı, arteriyel oksijen içeriği ve diyastolik perfüzyon ile ilişkilidir. Oksijen tüketimi ise kalp hızı, kontraktilite ve ventrikül duvar stresinden etkilenir. Bu nedenle anestezi sırasında ani taşikardi, hipertansiyon ve hipotansiyonun önlenmesi temel hemodinamik hedeflerdendir (Thompson et al., 2024).

- Yeterli koroner perfüzyon basıncını koru.
- Belirgin ve uzun süren hipotansiyondan kaçın.
- Taşikardiyi ve aşırı sempatik yanıtı önle.

- Anemiyi ve hipoksemiyi düzelt.
- Aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınırken yeterli preload'u sürdür.
- Kalp yetersizliği ve ventrikül disfonksiyonunda sıvı/vasoaktif tedaviyi bireyselleştir.
- Normotermiyi koru ve cerrahi stres yanıtını azalt.

Pratikte genellikle MAP ≥65 mmHg ve bazal değerden %20'den fazla düşüş olmaması hedeflenir; kalp hızı bazal değere yakın tutulmalı, taşikardiden kaçınılmalıdır (Halvorsen et al., 2022; Thompson et al., 2024). Akut MI ve anemisi olan hastalarda yapılan MINT çalışmasında liberal transfüzyon stratejisi (Hb <10 g/dL) ile restriktif stratejiye (Hb 7–8 g/dL) göre 30 günlük ölüm veya reinfarktüs sayısal olarak daha az görülmüş, ancak fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır; bu nedenle AKS'li hastada transfüzyon eşiği bireyselleştirilmelidir (Carson et al., 2023).

İntraoperatif Monitörizasyon

Monitörizasyon cerrahinin büyüklüğü ve kardiyak risk ile orantılı olmalıdır. Standart monitörizasyona ek olarak yüksek riskli hastalarda invaziv arter basıncı, ileri hemodinamik değerlendirme veya perioperatif TEE/TTE seçilmiş durumlarda kullanılabilir (Thompson et al., 2024).

- Sürekli EKG; ST-segment değişikliklerinin mümkün olduğunca erken fark edilmesi.
- Pulse oksimetri ve uygun ventilasyon izlemi.
- İnvaziv arter basıncı: yüksek riskli veya hızlı hemodinamik değişiklik beklenen cerrahilerde.

- İdrar çıkışı ve seri kan gazı/laktat: klinik gereksinime göre.
- TEE/TTE: ventrikül fonksiyonunun veya yeni hemodinamik bozulmanın değerlendirilmesinde seçilmiş hastalarda.

Anestezi İndüksiyonu

İndüksiyon, özellikle aktif veya yakın zamanda AKS geçirmiş hastalarda hemodinamik olarak kontrollü gerçekleştirilmelidir. Amaç entübasyon ve cerrahi uyarı sırasında belirgin taşikardi ve hipertansiyonu, indüksiyon sonrası hipotansiyonu ve miyokard depresyonunu önlemektir (Gropper et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Ajan seçimi hastanın ventrikül fonksiyonu, kan basıncı ve eşlik eden hastalıklarına göre titre edilmelidir. Tek bir intravenöz veya inhalasyon ajanının tüm koroner hastalarda üstünlüğü gösterilmemiştir. Vazodilatasyon ve miyokard depresyonu oluşturabilecek ilaçların dozları düşük kardiyak rezervde dikkatle titre edilmelidir (Thompson et al., 2024).

Klinik uyarı: İndüksiyon sonrası ciddi hipotansiyonu "beklenen" bir durum olarak kabul etmek sık yapılan bir hatadır; koroner hastada kısa süreli hipotansiyon bile miyokard hasarına yol açabilir. Vazopressör hazır tutulmalı ve ajan dozları titre edilmelidir.

Anestezi İdamesi

Volatil veya intravenöz anestezi teknikleri uygun hastalarda kullanılabilir. Temel hedef, anestezi derinliğini yeterli tutarak sempatik yanıtı baskılamak ancak gereksiz kardiyovasküler

depresyondan kaçınmaktır (Gropper et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Pozitif basınçlı ventilasyon venöz dönüşü azaltabilir; özellikle sağ veya sol ventrikül disfonksiyonu olan hastalarda intratorasik basınç ve PEEP dikkatle titre edilmelidir (Thompson et al., 2024).

Hipotansiyonun Yönetimi

İntraoperatif hipotansiyon miyokardiyal oksijen sunumunu azaltarak perioperatif miyokardiyal hasar riskini artırabilir. 2024 kılavuz, intraoperatif hipotansiyonun tanınması ve tedavisini perioperatif kardiyovasküler yönetimin önemli bir bileşeni olarak ele almaktadır (Thompson et al., 2024).

- Hipovolemi, kanama ve anestezik vazodilatasyonu ayır.
- Uygun hastada kontrollü sıvı tedavisi uygula.
- Vazopressörü klinik duruma göre titre et.
- Kalp yetersizliği veya ciddi miyokard depresyonunda inotrop gereksinimini değerlendir.
- Tek bir kan basıncı eşik değerine bağlı kalmak yerine hastanın başlangıç basıncı, organ perfüzyonu ve klinik durumunu birlikte değerlendir.

Taşikardi ve Hipertansiyon

Taşikardi miyokard oksijen tüketimini artırırken diyastolik koroner doluş süresini kısaltır. Bu nedenle laringoskopi, entübasyon, cerrahi uyarı, yetersiz analjezi, hipovolemi, hipoksi veya hiperkarbi gibi tetikleyiciler hızla düzeltilmelidir (Thompson et al., 2024).

Şiddetli ve kontrolsüz hipertansiyon miyokardın oksijen ihtiyacını artırabilir. Tedavi neden odaklı olmalı; yetersiz anestezi derinliği, ağrı, hiperkapni ve mesane distansiyonu gibi geri döndürülebilir nedenler önce değerlendirilmelidir (Thompson et al., 2024).

Klinik uyarı: Taşikardi ve hipertansiyonu yalnızca bir kan basıncı sorunu olarak görüp doğrudan antihipertansif veya β-blokör vermek hatalıdır; önce yetersiz anestezi/analjezi, hipovolemi, hipoksemi ve hiperkarbi gibi nedenler düzeltilmelidir.

Nöroaksiyel ve Rejyonal Anestezi

Rejyonal ve nöroaksiyel teknikler uygun hastalarda opioid gereksinimini ve sempatik yanıtı azaltabilir. Ancak yüksek düzeyli sempatik blok ani vazodilatasyon ve hipotansiyona yol açabileceğinden ciddi koroner hastalıkta teknik ve doz titrasyonu dikkatle yapılmalıdır (Thompson et al., 2024).

Özellikle DAPT veya antikoagülan kullanan hastalarda nöroaksiyel girişim kararı güncel ASRA (5. baskı, 2025) kılavuzu doğrultusunda verilmelidir; P2Y12 inhibitörleri için önerilen kesilme süreleri Tablo 2'de verilmiştir. Kanama riski ile kardiyak trombotik risk birlikte değerlendirilmelidir (Kopp et al., 2025).

Perioperatif Miyokardiyal Hasar ve İnfarkt

Perioperatif miyokardiyal hasar/infarkt (PMI/MINS), nonkardiyak cerrahi sonrası önemli bir morbidite ve mortalite nedenidir. Hastaların bir bölümünde tipik göğüs ağrısı olmayabilir; bu nedenle yalnızca semptomlara dayalı takip yetersiz kalabilir (Thompson et al., 2024).

Tanıda seri troponin ölçümleri, EKG ve klinik değerlendirme birlikte kullanılır. Troponin yüksekliği tek başına perioperatif MI tanısı koydurmaz; akut değişim ve miyokard iskemisi kanıtı aranmalıdır (Thompson et al., 2024).

Klinik uyarı: Yüksek riskli hastada postoperatif sessiz miyokard hasarını gözden kaçırmak sık yapılan bir hatadır; göğüs ağrısı olmaması PMI/MINS'i dışlamaz.

Postoperatif İzlem

- Yüksek riskli hastalarda uygun düzeyde monitörize bakım.
- Yeni göğüs ağrısı, dispne, hipotansiyon, aritmi veya ST değişikliğinde acil değerlendirme.
- Klinik risk uygunsa seri troponin ve EKG.
- Kalp yetersizliği ve pulmoner ödem açısından yakın izlem.
- Anemi, hipoksemi, hipotansiyon ve taşikardinin hızlı düzeltilmesi.
- Antiplatelet/antikoagülan tedavinin cerrahi hemostaz sağlanır sağlanmaz yeniden başlanması için multidisipliner plan.

Postoperatif antitrombotik tedavinin yeniden başlatılması, cerrahi kanama kontrolü ile stent trombozu ve yeniden iskemi riskleri arasındaki dengeye göre yapılmalıdır (Rao et al., 2025; Thompson et al., 2024).

Özel Durumlar

Sağ ventrikül MI

Sağ ventrikül infarktında preload bağımlılığı belirgin olabilir. Hipotansiyon ve bradikardi gelişebilir. Aşırı vazodilatasyon ve uygunsuz diürezden kaçınılmalı; hemodinamik yanıt klinik ve ekokardiyografik verilerle yönlendirilmelidir (Rao et al., 2025).

Akut kalp yetersizliği

AKS ile ilişkili akut sol ventrikül disfonksiyonunda pulmoner ödem ve düşük kardiyak debi görülebilir. Tedavide oksijenasyon/ventilasyon, uygun diürez, vazodilatasyon veya inotrop/vazopressör desteği hastanın hemodinamik fenotipine göre düzenlenir (Rao et al., 2025).

Aritmiler

Ventriküler taşikardi/fibrilasyon, ciddi bradikardi ve yüksek dereceli AV blok AKS'nin önemli komplikasyonlarıdır. Defibrilasyon ve pacing olanakları hazır tutulmalı; elektrolit, hipoksi, iskemi ve asidoz gibi düzeltilebilir nedenler tedavi edilmelidir (Rao et al., 2025).

Bilinmesi Gerekenler

- Aktif AKS, elektif nonkardiyak cerrahi için erteleme nedenidir.
- Normal ilk EKG AKS'yi dışlamaz; tanı seri EKG ve troponin değişimine dayanır.
- Revaskülarizasyonsuz MI sonrası elektif cerrahi en az 60 gün ertelenmelidir.

- Yakın zamanda PCI yapılmış hastada antiplatelet tedavi kardiyoloji ile birlikte planlanmadan kesilmemelidir; aspirin çoğu hastada sürdürülür.
- Kronik β-blokör ve statin sürdürülür; ameliyat günü β-blokör başlanmaz.
- İntraoperatif temel hedef: taşikardi ve hipotansiyondan kaçınarak miyokard oksijen sunum-tüketim dengesini korumaktır.
- Perioperatif miyokard hasarı çoğu zaman sessizdir; yüksek riskli hastada postoperatif troponin izlemi düşünülmelidir.

Kaynakça

Byrne, R. A., Rossello, X., Coughlan, J. J., Barbato, E., Berry, C., Chieffo, A., Claeys, M. J., Dan, G. A., Dweck, M. R., Galbraith, M., Gilard, M., Hinterbuchner, L., Jankowska, E. A., Jüni, P., Kimura, T., Kunadian, V., Leosdottir, M., Lorusso, R., Pedretti, R. F. E., Rigopoulos, A. G., … ESC Scientific Document Group (2023). 2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes. *European Heart Journal, 44*(38), 3720–3826. doi: 10.1093/eurheartj/ehad191.

Carson, J. L., Brooks, M. M., Hébert, P. C., Goodman, S. G., Bertolet, M., Glynn, S. A., Chaitman, B. R., Simon, T., Lopes, R. D., Goldsweig, A. M., DeFilippis, A. P., Abbott, J. D., Potter, B. J., Carrier, F. M., Rao, S. V., Cooper, H. A., Ghafghazi, S., Fergusson, D. A., Kostis, W. J., Noveck, H., … MINT Investigators (2023). Restrictive or Liberal Transfusion Strategy in Myocardial Infarction and Anemia. *The New England Journal of Medicine, 389*(26), 2446–2456. doi: 10.1056/NEJMoa2307983.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Halvorsen, S., Mehilli, J., Cassese, S., Hall, T. S., Abdelhamid, M., Barbato, E., De Hert, S., de Laval, I., Geisler, T., Hinterbuchner, L., Ibanez, B., Lenarczyk, R., Mansmann, U. R., McGreavy, P., Mueller, C., Muneretto, C., Niessner, A., Potpara, T. S., Ristić, A., Sade, L. E., … ESC Scientific Document Group (2022). 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *European Heart Journal, 43*(39), 3826–3924. doi: 10.1093/eurheartj/ehac270.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine,* rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Lawton, J. S., Tamis-Holland, J. E., Bangalore, S., Bates, E. R., Beckie, T. M., Bischoff, J. M., Bittl, J. A., Cohen, M. G., DiMaio, J. M., Don, C. W., Fremes, S. E., Gaudino, M. F., Goldberger, Z. D., Grant, M. C., Jaswal, J. B., Kurlansky, P. A., Mehran, R., Metkus, T. S., Jr, Nnacheta, L. C., … Zwischenberger, B. A. (2022). 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology, 79*(2), e21–e129. doi: 10.1016/j.jacc.2021.09.006.

Rao, S. V., O'Donoghue, M. L., Ruel, M., Rab, T., Tamis-Holland, J. E., Alexander, J. H., Baber, U., Baker, H., Cohen, M. G., Cruz-Ruiz, M., Davis, L. L., de Lemos, J. A., DeWald, T. A., Elgendy, I. Y., Feldman, D. N., Goyal, A., Isiadinso, I., Menon, V., Morrow, D. A., Mukherjee, D., … Peer Review Committee Members (2025). 2025 ACC/AHA/ACEP/NAEMSP/SCAI Guideline for the Management of Patients With Acute Coronary Syndromes: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology, 85*(22), 2135–2237. doi: 10.1016/j.jacc.2024.11.009.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. doi: 10.1161/CIR.0000000000001285.

Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Chaitman, B. R., Bax, J. J., Morrow, D. A., White, H. D., & Executive Group on behalf of the Joint European Society of Cardiology (ESC)/American College of Cardiology (ACC)/American Heart Association (AHA)/World Heart Federation (WHF) Task Force for the Universal Definition of Myocardial Infarction (2018). Fourth Universal Definition of Myocardial Infarction (2018). *Circulation, 138*(20), e618–e651. doi: 10.1161/CIR.0000000000000617.

BÖLÜM 26

ANESTEZİK İLAÇLARIN SEREBRAL FİZYOLOJİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ARAS AYDEMİR[1]

Özet

Beyin, yüksek metabolik gereksinimi ve sınırlı enerji rezervi nedeniyle kan akımı ve oksijen sunumundaki değişikliklere duyarlı bir organdır. Anestezik ilaçlar nöronal aktiviteyi baskılamanın ötesinde; serebral metabolik hızı, serebral kan akımını, vasküler tonusu ve otoregülasyonu, intrakraniyal basıncı ve nörofizyolojik aktiviteyi doğrudan veya dolaylı olarak etkiler. Bu etkiler, kullanılan ajanın türü ve dozu, arteriyel basınç, $PaCO_2$, oksijenasyon ve mevcut nörolojik patolojiye göre değişebilir. Bu nedenle anestezi uygulamalarında temel amaç belirli bir anestezik ajanı "üstün" veya "nöroprotektif" olarak seçmekten çok, serebral oksijen sunumu ile metabolik gereksinim arasındaki dengeyi korumak, yeterli serebral perfüzyonu sürdürmek ve ikincil beyin hasarına yol açabilecek fizyolojik bozuklukları önlemektir. Anestezik ilaç seçimi serebral

[1] Uzm. Dr., Bakırköy Prof. Dr. Mazhar Osman Ruh ve Sinir Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Orcid: 0000-0002-0726-8240

perfüzyon, intrakraniyal basınç, hemodinamik stabilite, nöromonitörizasyon gereksinimi ve erken nörolojik değerlendirme hedeflerinin birlikte ele alındığı, hastaya ve cerrahiye özgü bir karar süreci olmalıdır.

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümün sonunda okuyucunun;

- Anestezik ilaçların serebral metabolizma, serebral kan akımı, otoregülasyon, serebral oksijen dengesi ve intrakraniyal basınç üzerindeki temel etkilerini açıklayabilmesi,
- Anestezik ilaçların EEG, SSEP ve MEP gibi nörofizyolojik monitörizasyon yöntemleri üzerindeki etkilerini değerlendirebilmesi,
- Travmatik beyin hasarı, intrakraniyal hipertansiyon, epilepsi ve uyanık kraniyotomi gibi özel klinik durumlarda anestezik ilaç ve yöntem seçimini bireyselleştirebilmesi,
- Serebral perfüzyon ve oksijen sunumunu koruyarak ikincil beyin hasarı riskini azaltmaya yönelik anestezi stratejilerini klinik pratiğe aktarabilmesi amaçlanmaktadır.

Temel Serebral Fizyoloji

Beyin işlevlerinin sürdürülmesi, beynin yüksek metabolik gereksinimine karşılık sınırlı enerji depoları nedeniyle yeterli serebral kan akımının (SKA) sürekli olarak sürdürülmesine hayati derecede bağımlıdır. Serebral kan akımı; serebral perfüzyon basıncı (SPB), serebral otoregülasyon, arteriyel $PaCO_2$ ve PaO_2 düzeyleri ile

serebral metabolik gereksinimin karşılıklı etkileşimi sonucunda düzenlenir (Willie et al., 2014). SPB klinik olarak ortalama arter basıncı ile intrakraniyal basınç arasındaki fark olarak ifade edilir. Sağlıklı beyinde serebral otoregülasyon, perfüzyon basıncındaki değişikliklere serebral arteriollerin vazokonstriksiyon veya vazodilatasyonla yanıt vermesi yoluyla SKA'nın belirli sınırlar içerisinde görece stabil tutulmasını sağlar. Bununla birlikte otoregülasyonun sabit ve tüm bireylerde aynı basınç sınırlarına sahip bir mekanizma olmadığı; yaş, kronik hipertansiyon, anestezi, sistemik hastalıklar ve akut beyin hasarı gibi etkenlerden etkilenebildiği bilinmektedir (Vu et al., 2024). Hiperkapni serebral vazodilatasyon ve kan akımında artışa, hipokapni ise vazokonstriksiyon ve kan akımında azalmaya neden olurken belirgin hipoksemi de serebral vazodilatasyonu uyarır (Vu et al., 2024). Nöronal aktivite ile bölgesel kan akımı arasındaki yakın ilişkiyi ifade eden nörovasküler eşleşme, metabolik gereksinimi artan beyin bölgelerine kan akımının yönlendirilmesini sağlar (Meyer-Baese et al., 2025). Serebral metabolizma hızı, beynin enerji gereksinimini karşılamak amacıyla birim zamanda gerçekleştirdiği metabolik aktiviteyi ifade eder ve klinik olarak çoğunlukla serebral oksijen tüketim hızı ($CMRO_2$) ile değerlendirilir (Wehrli, 2024). Serebral oksijen dengesi, beyne sunulan oksijen ile serebral dokunun metabolik oksijen tüketimi arasındaki ilişkiyi ifade eder. Serebral oksijen sunumu (DO_2), başlıca serebral kan akımı (SKA) ve arteriyel oksijen içeriğine (CaO_2) bağlıdır. Serebral metabolik oksijen tüketimi ($CMRO_2$) ise Fick prensibine göre serebral kan akımı ile arteriyovenöz oksijen içerik farkının çarpımı olarak ifade edilebilir (Wehrli, 2024). Beyne sunulan oksijenin ne kadarının doku tarafından kullanıldığını gösteren oksijen ekstraksiyon fraksiyonu (OEF) ise $CMRO_2$'nin serebral oksijen sunumuna oranıdır. Sağlıklı

erişkinlerde OEF yaklaşık %40 düzeyindedir. Serebral kan akımının metabolik gereksinime göre azalması durumunda oksijen ekstraksiyonu artarak oksijen tüketiminin sürdürülmesine katkıda bulunurken, bu kompansasyonun yetersiz kalması doku hipoksisi ve iskemi ile sonuçlanabilir (Wehrli, 2024). Rijit kraniyal kavite içinde beyin dokusu, kan ve beyin omurilik sıvısının (BOS) toplam hacmi arasındaki denge ise Monro–Kellie doktrini ile açıklanır (Benson et al., 2023). Kompansatuvar mekanizmaların aşılması intrakraniyal basıncın hızla yükselmesine, SPB ve SKA azalmasına ve sonuçta sekonder beyin hasarı riskinin artmasına yol açabilir.

Bu fizyolojik tanımlar, anestezik ilaçların serebral metabolizma, kan akımı ve intrakraniyal basınç üzerindeki etkilerinin anlaşılmasının temelini oluşturur.

Anestezik İlaçların Serebral Hemodinami ve Metabolizma Üzerine Etkileri

Anestezik ilaçlar serebral fizyolojinin farklı bileşenlerini doğrudan veya dolaylı olarak etkiler. Birçok anestezik ajan nöronal aktiviteyi ve serebral metabolik oksijen tüketimini ($CMRO_2$) azaltır ve metabolizma ile kan akımı arasındaki nörovasküler eşleşme nedeniyle buna serebral kan akımında azalma eşlik edebilir (Matsumoto & Yamashita, 2024). Bununla birlikte bu ilişki bütün anestezikler için doğrusal değildir. Özellikle volatil anestezikler serebral metabolizmayı baskılarken aynı zamanda serebral vazodilatasyon oluşturarak serebral kan akımında artışa neden olabilir (Ball & Hunt, 2025). İntravenöz ajanlarda ise serebral metabolizma ile kan akımındaki azalma genel olarak daha paralel seyretmektedir. Anestezik ilaçların serebral fizyoloji üzerindeki etkileri ayrıca kullanılan doza, $PaCO_2$'ye, arteriyel kan basıncına,

intrakraniyal kompliyansa ve mevcut serebral patolojiye göre değişir (Matsumoto & Yamashita, 2024).

Serebral otoregülasyon üzerine etkiler

Otoregülasyon klasik olarak serebral kan akımının geniş bir ortalama arter basıncı aralığında sabit kaldığı bir "otoregülasyon platosu" ile tanımlanmış olmakla birlikte, güncel veriler bu ilişkinin sabit sınırlara sahip olmadığını göstermektedir (Vu et al., 2024). Sağlıklı erişkinleri içeren 143 çalışmanın yeniden analizinde (Wang et al., 2024) serebral kan akımının arteriyel basınçtaki azalmaya duyarlılığı, artışına göre daha yüksek bulunmuş; klasik olarak kabul edilen geniş plato yerine yaklaşık 80-100 mm/Hg arasında daha dar bir basınç aralığı tanımlanmıştır (Wang & Payne, 2024).

Otoregülasyon **statik** ve **dinamik** olarak değerlendirilebilir. Statik otoregülasyon, farklı kararlı arteriyel basınç düzeylerinde serebral kan akımındaki değişimi değerlendirirken; dinamik otoregülasyon, saniyeler içerisinde gelişen arteriyel basınç değişikliklerine serebral dolaşımın verdiği hızlı yanıtı tanımlar. Dinamik değerlendirmelerde transkraniyal Doppler ile orta serebral arter kan akım hızı izlenerek transient hiperemik yanıt, otoregülatör indeks veya transfer fonksiyon analizi kullanılabilir. Transfer fonksiyon analizinde arteriyel basınç ile serebral kan akım hızı salınımları arasındaki **gain, phase ve coherence** değerlendirilir. Genel olarak yüksek gain, arteriyel basınç dalgalanmalarının serebral dolaşıma daha fazla iletildiğini; dolayısıyla otoregülatuvar tamponlamanın zayıfladığını düşündürür (Claassen et al., 2021).

Anestezik ilaçların otoregülasyon üzerindeki etkisinin önemli belirleyicilerinden biri serebral vasküler tonustur. Propofol serebral metabolik aktivite ve kan akımını azaltırken relatif serebral

vazokonstriksiyon oluşturur ve basınç-akım ilişkisini büyük ölçüde korur. Buna karşılık volatil anestezikler metabolik baskılanmanın yanında doğrudan serebral vazodilatasyon meydana getirir (van den Dool et al., 2023). Konsantrasyon arttıkça vasküler rezerv azalabilir ve serebral kan akımı arteriyel basınç değişikliklerine daha bağımlı hale gelebilir. İzofluran ve desfluran için doza bağımlı otoregülasyon bozukluğu insan çalışmalarında görece tutarlıdır. Desfluranın 1 MAC düzeyinde otoregülasyonu belirgin olarak zayıflattığı, 1,5 MAC düzeyinde ise otoregülasyonun neredeyse ortadan kalktığı bildirilmiştir (Bedforth et al., 2001). İzofluran için de 1,5 MAC altında dinamik otoregülasyon indeksinin uyanık döneme göre belirgin şekilde azaldığı gösterilmiştir (Engelhard et al., 2001). Sevofluranın serebral otoregülasyon üzerindeki etkisi doz bağımlı görünmekle birlikte literatürde sonuçlar heterojendir. Deneysel çalışmalarda yaklaşık 1 MAC düzeyinde otoregülasyonun büyük ölçüde korunduğu, 2 MAC düzeyinde ise belirgin bozulduğu bildirilmiştir. İnsan çalışmalarında ise bazı veriler klinik konsantrasyonlarda otoregülasyonun korunduğunu gösterirken, bazı çalışmalar 1 MAC civarında dahi otoregülasyon platosunda daralma ve özellikle çok düşük frekanslı dinamik otoregülasyon bileşenlerinde bozulma bildirmiştir (Gao et al., 2026). Ketamin için mevcut insan ve deneysel veriler otoregülasyonun büyük ölçüde korunduğunu düşündürmekle birlikte kanıt miktarı propofolden daha sınırlıdır. Etomidatın serebral kan akımı ve metabolizmayı azaltıcı etkileri iyi tanımlanmış olmasına karşın, doğrudan serebral otoregülasyonu değerlendiren yeterli çalışma bulunmamaktadır (Gao et al., 2026). 2025 yılında supratentoryal tümör cerrahisi uygulanan hastalarda yapılan randomize çalışmada, 1 μg/kg deksmedetomidin yüklemesi sonrasında transient hiperemik yanıt

oranında plaseboya göre anlamlı değişiklik saptanmamıştır (Lamsal et al., 2025).

Bir ajanın otoregülasyonu koruması, hipotansiyonun güvenli olduğu anlamına gelmez. Özellikle akut beyin hasarı, intrakraniyal hipertansiyon veya önceden bozulmuş serebral otoregülasyon varlığında serebral kan akımı arteriyel basınca daha bağımlı hale gelebilir.

Serebral oksijen dengesi üzerine etkiler

Anestezik ilaçlar serebral oksijen dengesini hem metabolik gereksinimi hem de serebral kan akımını değiştirerek etkiler. Çoğu genel anestezik nöronal aktiviteyi baskılayarak $CMRO_2$'yi azaltır; ancak serebral kan akımındaki değişikliğin büyüklüğü ve yönü kullanılan ajana göre farklılık gösterir (Ball & Hunt, 2025).

İntravenöz anesteziklerde, özellikle propofolde, serebral metabolizmadaki azalmaya genellikle serebral kan akımında paralel bir azalma eşlik eder. İnsan çalışmalarında propofolün SKA ve $CMRO_2$'yi birlikte azalttığı ve arteriyovenöz oksijen farkını belirgin değiştirmediği gösterilmiştir (Oshima et al., 2002). Volatil anestezikler serebral metabolik gereksinimi azaltırken aynı zamanda doğrudan serebral vazodilatasyon oluşturabilir. Böylece metabolik baskılanmaya rağmen serebral kan akımındaki azalma daha sınırlı kalabilir veya yüksek konsantrasyonlarda kan akımı artabilir. Pozitron emisyon tomografisi ile yapılan insan çalışmalarında benzer hipnotik derinlikte propofol ve sevofluranın $CMRO_2$'yi benzer oranlarda azalttığı, ancak propofolün serebral kan akımını daha belirgin azalttığı gösterilmiştir (Kaisti et al., 2003). Bu nedenle sevofluran altında SKA/$CMRO_2$ oranı daha yüksek ve oksijen ekstraksiyonu daha düşük olabilir.

Bununla birlikte yüksek serebral kan akımı veya yüksek juguler venöz oksijen satürasyonu ($SjvO_2$), tek başına yeterli doku oksijenasyonunun göstergesi değildir. $SjvO_2$'deki artış serebral kan akımının metabolik gereksinime göre fazla olmasına veya serebral oksijen tüketiminin azalmasına bağlı olabileceği gibi, ağır beyin hasarında oksijen kullanımının bozulmasını da yansıtabilir. Özellikle belirgin yüksek $SjvO_2$ değerleri serebral hiperemi ile birlikte bozulmuş oksijen kullanımında da görülebilir. Ayrıca $SjvO_2$ global serebral oksijen dengesini yansıttığından fokal iskemi alanlarını gözden kaçırabilir. Bu nedenle $SjvO_2$ ve bölgesel serebral oksimetri gibi oksijenasyon göstergeleri tek başına değil; serebral kan akımı ve perfüzyon, arteriyel oksijenasyon, hemoglobin düzeyi, $PaCO_2$, metabolik gereksinim ve mevcut serebral patoloji ile birlikte değerlendirilmelidir (Hwang et al., 2025).

Klinik açıdan anestezik ilaç seçiminde temel hedef metabolik gereksinime uygun serebral oksijen sunumunu sürdürebilmektir. Sistemik hipotansiyon, hipoksemi, anemi, aşırı hipokapni veya artmış intrakraniyal basınç nedeniyle serebral kan akımı kritik düzeylere düşerse, anestezik ilaçların metabolik baskılayıcı etkisi tek başına yeterli koruma sağlamayabilir. Bu nedenle serebral oksijen dengesi, kullanılan anestezik ajanın doğrudan etkileri ile sistemik ve serebral fizyolojik koşulların birlikte değerlendirilmesini gerektirir.

İntrakraniyal basınç üzerine etkiler

Anestezik ilaçların intrakraniyal basınç (KİB) üzerindeki etkileri büyük ölçüde serebral metabolizma, serebral damar tonusu, serebral kan akımı ve buna bağlı serebral kan hacmindeki değişiklikler üzerinden ortaya çıkar. Bununla birlikte aynı anestezik ajanın KİB üzerindeki net etkisi; başlangıç KİB düzeyi, intrakraniyal kompliyans, $PaCO_2$, arteriyel kan basıncı ve serebral

otoregülasyonun durumuna göre değişebilir (Matsumoto & Yamashita, 2024). İntrakraniyal kompliyansı korunmuş bir hastada sınırlı serebral vazodilatasyon KİB'de belirgin değişiklik oluşturmayabilirken, kompliyansın azaldığı bir hastada serebral kan hacmindeki küçük bir artış dahi KİB'de anlamlı yükselmeye yol açabilir (Brasil et al., 2026).

Propofol başta olmak üzere birçok intravenöz anestezik, serebral metabolik oksijen tüketimini ve serebral kan akımını azaltarak serebral kan hacminin ve KİB'nin azalmasına katkıda bulunur (Liu et al., 2024). Bununla birlikte intravenöz anesteziklerin oluşturabileceği sistemik hipotansiyon serebral perfüzyon basıncını azaltabileceğinden, KİB'deki azalma tek başına olumlu bir serebral etki olarak değerlendirilmemelidir (Matsumoto & Yamashita, 2024). Volatil anestezikler serebral metabolik hızı azaltırken aynı zamanda doğrudan serebral vazodilatasyon oluşturur. Bu nedenle düşük konsantrasyonlarda metabolik baskılanmaya bağlı serebral kan akımı azalması ön planda olabilirken, konsantrasyon arttıkça doğrudan vazodilatör etki belirginleşerek serebral kan akımı ve serebral kan hacminde artışa ve intrakraniyal basıncın yükselmesine katkıda bulunabilir. Bu etki özellikle azalmış intrakraniyal kompliyans ve KİBAS bulunan hastalarda önem kazanır (Claassen et al., 2021). Bununla birlikte güncel klinik veriler, düşük klinik konsantrasyonlarda kullanılan modern volatil ajanların her hastada klinik olarak anlamlı KİB artışına yol açtığını göstermemektedir. Bu nedenle volatil anesteziklerin serebral etkileri konsantrasyon, $PaCO_2$ ve hastanın intrakraniyal fizyolojisi dikkate alınarak değerlendirilmelidir (Intarakhao et al., 2025).

Ketamin serebral kan akımını ve serebral kan hacmini artırabilen bir ajandır. Özellikle spontan soluyan hastalarda ketamine

bağlı hipoventilasyon ve gelişebilecek hiperkapninin serebral vazodilatasyonu daha da artırması, intrakraniyal basınçta yükselmeye katkıda bulunabilir (Långsjö et al., 2005). Bu fizyolojik etkiler, ketaminin intrakraniyal patolojisi bulunan hastalarda uzun süre sakıncalı kabul edilmesinin temelini oluşturmuştur. Bununla birlikte travmatik beyin hasarlı hastaları değerlendiren güncel çalışmalar ve sistematik derlemelerde ketaminin intrakraniyal basıncı anlamlı biçimde artırmadığı, bazı çalışmalarda ise intrakraniyal basınçta azalma ve serebral perfüzyon basıncında artma ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Haywood et al., 2026). Bununla birlikte ciddi ve kontrolsüz intrakraniyal hipertansiyonu bulunan hastalara ilişkin yüksek kaliteli veri sınırlı olduğundan, ketaminin KİB üzerindeki etkisi ventilasyon, eşlik eden sedatifler ve sistemik hemodinamik yanıtla birlikte değerlendirilmelidir.

$PaCO_2$, hiperventilasyon ve anestezik ilaç etkileşimleri

$PaCO_2$, serebral damar tonusunun en önemli fizyolojik belirleyicilerinden biridir. Hiperkapni serebral vazodilatasyona yol açarak serebral kan akımı ve serebral kan hacmini artırırken, hipokapni vazokonstriksiyon oluşturarak serebral kan akımı ve kan hacmini azaltır; buna bağlı olarak intrakraniyal basınç da düşebilir (Claassen et al., 2021). Anestezi sırasında serebral damarların $PaCO_2$ değişikliklerine yanıt verme yeteneği çoğunlukla korunur (Mariappan et al., 2015). Bununla birlikte volatil anesteziklerin konsantrasyonu arttıkça belirginleşen doğrudan serebral vazodilatasyon, CO_2'ye verilen serebrovasküler yanıtı etkileyebilir. Hiperventilasyonun oluşturduğu hipokapni intrakraniyal basıncı hızlı biçimde azaltabilse de aşırı veya uzun süreli hipokapni serebral kan akımını kritik düzeylere düşürerek iskemi riskini artırabilir. Bu nedenle belirgin hiperventilasyon rutin bir uygulama olarak değil,

akut intrakraniyal hipertansiyon veya herniasyon tehdidinde geçici bir köprü tedavisi olarak kullanılmalıdır (Gouvea Bogossian et al., 2021).

Anestezik İlaçların Nöromonitörizasyon Üzerine Etkileri

İntraoperatif nöromonitörizasyon, cerrahi sırasında santral ve periferik sinir sisteminin fonksiyonel bütünlüğünün gerçek zamanlı olarak değerlendirilmesini sağlar. Anestezik ilaçlar nöronal eksitabiliteyi, sinaptik iletiyi, kortikal elektriksel aktiviteyi ve nöromüsküler iletimi farklı mekanizmalarla etkileyerek nörofizyolojik sinyallerde cerrahi hasardan bağımsız değişikliklere neden olabilir. Bu etkiler kullanılan ajanın türüne, dozuna ve ilaç kombinasyonlarına göre değişirken; arteriyel kan basıncı, oksijenasyon, $PaCO_2$, hemoglobin düzeyi ve vücut sıcaklığı gibi fizyolojik değişkenler de kaydedilen sinyalleri etkileyebilir. Bu nedenle intraoperatif nöromonitörizasyonda meydana gelen bir değişiklik değerlendirilirken cerrahi nedenlerin yanı sıra anestezik ve fizyolojik nedenler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Serebral elektriksel aktivite ve EEG üzerine etkiler

Kafa derisinden kaydedilen elektrosefalografi (EEG) sinyali, başta kortikal piramidal hücreler olmak üzere geniş nöronal toplulukların senkronize postsinaptik aktivitesini yansıtır. Anestezik ilaçlar; reseptör ve nöronal devre düzeyindeki farklı etki mekanizmaları ile EEG'nin amplitüdünü, frekans içeriğini, osilatuvar yapısını ve farklı beyin bölgeleri arasındaki senkronizasyonu ajan ve doz bağımlı olarak değiştirir (de Rocquigny et al., 2026). Bispektral İndeks (BIS) ve Density Spectral Array (DSA), EEG sinyalinin intraoperatif yorumlanmasını kolaylaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. DSA'nın önemli üstünlüklerinden biri,

farklı anestezik ajanların oluşturduğu karakteristik EEG paternlerini görünür hale getirmesidir.

Anesteziklerin farklı moleküler hedefleri ve nöronal devreleri etkilemesi, ajanlara özgü EEG paternlerinin ortaya çıkmasına neden olur. **Propofol,** bilinç kaybı sonrasında belirgin frontal alfa aktivitesi ve yüksek amplitüdlü yavaş-delta osilasyonları oluşturur. V**olatil anestezikler** de cerrahi konsantrasyonlarda propofole benzer şekilde frontal alfa ve yavaş-delta aktivitesi oluşturur (de Rocquigny et al., 2026). Sevofluran yüksek konsantrasyonlarda epileptiform EEG aktivitesine yol açabilir (Ma et al., 2026). **Ketaminin** EEG etkileri GABAerjik ajanlardan belirgin olarak farklıdır. Anestezik dozlarda ketamin yavaş-delta osilasyonlarla dönüşümlü yüksek frekanslı gamma aktivitesi oluşturabilir; daha düşük dozlarda ise beta-gamma aktivitesinde artış görülebilir. Yüksek frekanslı aktivitedeki bu artış BIS ve diğer işlenmiş EEG indekslerinin yükselmesine yol açarak, gerçekte anestezi derinliği azalmadığı halde yanlış biçimde yüzeyel anestezi izlenimi oluşturabilir (Girombelli et al., 2026). **Deksmedetomidin,** propofolden farklı olarak doğal non-REM uyku mekanizmalarına daha yakın bir EEG paterni meydana getirir. EEG'de düşük frekanslı yavaş-delta aktivitesi ile birlikte yaklaşık 12-16 Hz aralığında frontosantral spindle aktivitesi görülür. Bu nedenle deksmedetomidin altında elde edilen işlenmiş EEG değerleri propofol ile aynı sayısal değerde olsa dahi iki ilaç aynı kortikal durumu oluşturmaz (Akeju et al., 2016). **Benzodiazepinler** özellikle düşük ve orta dozlarda beta aktivitesini artırırken derin sedasyonda yavaş frekanslı aktivitenin belirginleşmesine neden olur. **Opioidler** tek başlarına GABAerjik hipnotikler kadar belirgin ve karakteristik bir EEG paterni oluşturmaz. Artan dozlarda EEG frekansında yavaşlama görülebilir (Girombelli et al., 2026).

Anestezik konsantrasyonu artırıldığında EEG'de yüksek amplitüdlü elektriksel aktivite dönemlerinin düşük voltajlı veya izoelektrik dönemlerle dönüşümlü olarak izlendiği **burst supresyon** paterni gelişebilir. Propofol, barbitüratlar ve volatil anestezikler yeterli dozlarda burst supresyon oluşturabilir. Burst supresyon literatürde farklı şekillerde yorumlanmıştır. Gruenbaum ve ark. burst supresyonu ortaya çıktığı klinik koşullara göre anlam kazanan kortikal enerji durumunun bir biyobelirteci olarak tanımlanmaktadır (Gruenbaum et al., 2026). Anesteziklere bağlı fizyolojik burst supresyon, nöronal aktivitenin enerji gereksinimine bağlı baskılanmasını yansıtırken; patolojik durumlarda görülen burst supresyon nöronal enerji yetersizliği ve hücresel disfonksiyonla ilişkili olabilir. Özellikle yaşlı hastalarda ve düşük frontal alfa gücü bulunan bireylerde düşük dozlarda gelişen EEG supresyonu, azalmış serebral rezervin veya artmış anestezik duyarlılığın bir göstergesi olabilir. İntraoperatif burst supresyon ile postoperatif deliryum arasında çok sayıda gözlemsel ilişki bildirilmiştir (Gruenbaum et al., 2026) . Burst supresyon, bazı klinik durumlarda serebral metabolik gereksinimi azaltmak amacıyla bilinçli olarak da oluşturulabilir. Bunun klasik örneklerinden biri aort ark cerrahisinde hipotermik dolaşım arrestidir (Wahba et al., 2025).

SSEP/MEP üzerine etkiler

Somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), periferik bir sinire verilen elektriksel uyarının duyusal iletim yolları boyunca ilerleyişini değerlendirerek periferik sinir, spinal kord ve somatosensoriyel korteksin fonksiyonel bütünlüğü hakkında bilgi verir. Motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ise transkraniyal elektriksel uyarı ile motor korteksin aktive edilmesi sonrasında oluşan yanıtların periferik kaslardan kaydedilmesi yoluyla

kortikospinal motor yolların bütünlüğünü değerlendirir. Anestezik ilaçlar bu sinyallerin amplitüd ve latanslarını ajan ve doz bağımlı olarak değiştirebilir. Volatil anestezikler SSEP amplitüdünü azaltıp latansı uzatırken (Toleikis et al., 2024), MEP'ler bu depresan etkiye daha duyarlıdır; artan volatil konsantrasyonlarında MEP yanıtlarının elde edilmesi güçleşebilir (Macdonald et al., 2013). Bu nedenle özellikle MEP monitörizasyonunun kritik olduğu cerrahilerde propofol-opioid temelli total intravenöz anestezi sıklıkla tercih edilir. Etomidat, kortikal SSEP amplitüdünü dozla ilişkili olarak artırabilir. MEP üzerindeki etkileri ise doza ve uyarım tekniğine bağlıdır; düşük dozlarda motor yanıt amplitüdünde artış bildirilmiş olmakla birlikte, daha yüksek dozlarda depresyon görülebilir (Meng et al., 2015).

Ketaminin uyarılmış potansiyeller üzerindeki etkileri doz ve eşlik eden anesteziklere göre artırıcı, nötr veya baskılayıcı olabilir; deksmedetomidin için de sonuçlar değişkendir ve özellikle doz bağımlı hemodinamik etkiler sinyalleri etkileyebilir. Lidokain analjezik dozlarda SSEP ve MEP üzerinde minimal etki gösterirken, remimazolamın klinik dozlarda nöromonitörizasyon bütünlüğünü büyük ölçüde koruduğu bildirilmektedir (Ma et al., 2026). Nöromüsküler blokerler SSEP kayıtlarını belirgin olarak etkilemezken kas yanıtına dayalı MEP ve elektromiyografi sinyallerini baskılayabilir ya da tamamen ortadan kaldırabilir. Bu nedenle nöromonitörizasyon sırasında anestezik konsantrasyonların ve nöromüsküler blok düzeyinin mümkün olduğunca stabil tutulması önemlidir.

Tablo 1 Anestezik ajanların serebral etki profilleri

Anestezik İlaç	**$CMRO_2$**	**SKA**	**KİB**	**Otoregülasyon**	**EEG/Nöromonitörizasyon**	**Klinik Not**
Propofol	↓↓	↓↓	↓	Genellikle korunur	Alfa–delta, yüksek dozda burst supresyon; MEP için uygun	KİB kontrolünde avantajlı; hipotansiyon gelişirse SPB azalabilir
Sevofluran	↓	↔/↑	↔/↑	Doz bağımlı, veriler heterojen	SSEP/MEP doz bağımlı baskılanır	Yüksek konsantrasyonda vazodilatasyon ve otoregülasyon bozukluğu belirginleşebilir
İzofluran	↓	↑*	↔/↑	Doza bağlı bozulur	SSEP/MEP baskılanır	Yüksek konsantrasyonda vazodilatasyon ve otoregülasyon bozukluğu belirginleşebilir. Hızlı nörolojik derlenme açısından dezavantajlı olabilir
Desfluran	↓	↑*	↔/↑	Doza bağlı bozulur	SSEP/MEP baskılanır	Hızlı derlenme avantajlıdır. Hızlı konsantrasyon artışı sempatik yanıt yapabilir
Nitröz Oksit	↔/↑	↑	↔/↑	↔ / bozulabilir	Yüksek frekanslı aktiviteyi artışı. SSEP/ özellikle MEP amplitüdü baskılanır	Serebral vazodilatasyon yapar; akım-metabolizma eşleşmesini bozabilir. İntrakraniyal hava/pnömosefali ve hava embolisi riskinde kaçınılır
Ketamin	↔/↑	↑	↔/↑**	Büyük ölçüde korunur	Bera/gamma artışı. BIS yükselir	Hemodinamik olarak kırılgan hastada avantaj sağlayabilir. Travmatik beyin hasarında KİB artışı gösterilmemiş
Etomidat	↓	↓	↓	Sınırlı veri	SSEP amlitüdü artar	Hemodinamik rezervi düşük hastada indüksiyon için avantajlı; adrenal supresyon ve miyoklonus dikkate alınmalıdır
Barbituratlar	↓↓	↓↓	↓	Genellikle korunur	Burst supresyon	Refrakter status epileptikus veya kontrollü metabolik baskılama için kullanılabilir; hipotansiyon riski belirgindir
Midazolam	↓	↓	↔/↓	Genellikle korunur	Beta aktivitesi artar	Antikonvülzan etkilidir; erken nörolojik değerlendirmeyi geciktirebilir

Deksmedeto-midin	↓	↓	↔/↓	Statik korunabilir, dinamik veriler değişken	Spindle + yavaş delta	Solunumu görece koruyarak sedasyon sağlar. Bradikardi ve hipotansiyon serebral perfüzyonu sınırlayabilir
Opioidler	↔/↓	↔	↔	Minimal doğrudan etki	Yüksek dozda EEG yavaşlaması	Doğrudan serebral etkileri sınırlıdır. Hipoventilasyon nedeni ile hiperkapni gelişirse SKA/KİB artışı görülebilir
NMB İlaçlar	↔	↔	↔/↓***	Doğrudan etki beklenmez	EEG ve SSEP üzerine minimal etki. MEP/EMG belirgin baskılanır	Kan-beyin bariyerini anlamlı düzeyde geçmez. MEP/EMG gereken cerrahilerde bloktan kaçınılmalı veya minimal blok kullanılmalıdır

Doz, $PaCO_2$ ve eşlik eden anestezi tekniğine bağlı. **Ventilasyon ve intrakraniyal patolojiye bağlı. * Kas tonusu, öksürme/ıkınma ve intratorasik basıncın azalması üzerinden KİB dolaylı olarak minimal azalabilir (Goder et al., 2026).*

↓: düşürür. ↑: artırır. ↓↓: belirgin düşürür. ↔: değişmez.

$CMRO_2$: Serebral metabolik oksijen tüketimi. SKA: Serebral kan akımı. KİB: Kafa içi basınç. EEG: Elektroensefalogram. SPB: Serebral perfüzyon basıncı. SSEP: Somatosensöriyal uyarılmış potansiyel. MEP: Motor uyarılmış potansiyel. BIS: Bispektral İndeks. NMB: Nöromusküler bloker.

Tablo 2 Anestezik ilaç seçiminde pratik yaklaşım

Klinik Durum	**Anestezik İlaç Seçimi**	**Dikkat edilmesi / Kaçınılması Gerekenler**	**Temel Gerekçe ve Hedefler**
Artmış KİB ve hemodinamik stabilite	Propofol temelli TIVA veya düşük konsantrasyon volatil anestezi	Yüksek volatil konsantrasyonu, N_2O kullanımı ve hipotansiyondan kaçın	SKA/SKH ve KİB artışını sınırlarken SPB'ını korumak
Artmış KİB ve hemodinamik instabilite	Etomidat veya uygun hastada ketamin; dengeli idame	Propofol bolusu ile ciddi hipotansiyon	SPB'yi korumak KİB'yi azaltmak kadar önemlidir
Travmatik beyin hasarı	Hemodinamiye göre propofol veya ketamin	Hipoksi, hipotansiyon, kontrolsüz hiper/hipokapni	Sekonder beyin hasarını önlemek
MEP/SSEP monitörizasyonu	Propofol-opioid TIVA	Yüksek volatil konsantrasyon, N_2O, MEP varsa NMB	Nörofizyolojik sinyallerin korunması
Erken nörolojik değerlendirme gerekli	Propofol-remifentanil, düşük çözünürlüklü volatil ajanlar	Uzun etkili sedatif/yüksek doz opioid, gereksiz benzodiazepin	Hızlı ve öngörülebilir derlenme
Epilepsi / intraoperatif ECoG	Propofol/barbitürat/ benzodiazepin antikonvülzan amaçla	Yüksek sevofluran konsantrasyonu ve belirgin hipokapni dikkatle değerlendirilir	EEG aktivitesi ve nöbet eşiği etkilenebilir
Düşük Hemodinamik Rezerv	Etomidat; bazı hastalarda ketamin	Yüksek doz propofol, ciddi vazodilatasyon	OAB ve dolayısıyla SPB'nin korunması
Uyanık kraniyotomi	Deksmedetomidin, propofol ve kısa etkili opioidlerin titre edilmiş kullanımı	Aşırı sedasyon, hipoventilasyon	Kooperasyonun devamı, hava yolu korunması, $PaCO_2$ kontrolü
İntrakraniyal hava / pnömosefali	N_2O içermeyen teknik	N_2O kullanılmaz	Kapalı gaz boşluklarını genişletebilir
Amaçlı metabolik baskılama / burst supresyon	Propofol veya barbitüratlar	Sistemik hipotansiyon	$CMRO_2$ ve kortikal elektriksel aktivitenin ileri derecede azaltılması

$CMRO_2$: Serebral metabolik oksijen tüketimi. SKA: Serebral kan akımı. SKH: Serebral kan hacmi. KİB: Kafa içi basınç. EEG: Elektroensefalogram. SPB: Serebral perfüzyon basıncı. SSEP: Somatosensöriyal uyarılmış potansiyel. MEP: Motor uyarılmış potansiyel. BIS: Bispektral İndeks. NMB: Nöromusküler bloker. TIVA: Total intravenöz anestezi. N_2O: Nitröz oksit. ECoG: Elektrokortikografi. OAB: Ortalama arter basıncı. $PaCO_2$: Parsiyel Karbondioksit Basıncı

Nöroproteksiyon

Nöroproteksiyon, serebral iskemi, reperfüzyon veya diğer akut beyin hasarları sonrasında gelişen sekonder hücresel hasarın sınırlandırılmasını amaçlar. Bu süreçte eksitotoksisite, oksidatif stres, mitokondriyal disfonksiyon, nöroinflamasyon, hücre içi kalsiyum yüklenmesi ve programlanmış hücre ölümü gibi birbiriyle ilişkili mekanizmalar rol oynar (Yang et al., 2025). Çeşitli anestezik ajanların bu mekanizmaları modüle ederek deneysel nöroprotektif etkiler gösterebildiği bildirilmiştir.

Propofolün serebral iskemi-reperfüzyon modellerinde oksidatif stres, nöroinflamasyon, mitokondriyal disfonksiyon ve programlanmış hücre ölümü ile ilişkili yolakları modüle ettiği gösterilmiştir (Jia et al., 2026). Ketaminin NMDA reseptör antagonizması başta olmak üzere eksitotoksisiteyi ve nöroinflamatuvar yanıtı azaltabileceğine ilişkin deneysel veriler bulunmaktadır (Silva et al., 2025). Deksmedetomidinin ise nöroinflamasyon ve oksidatif stresi azaltma, apoptozu sınırlama ve kan-beyin bariyeri bütünlüğünü koruma gibi mekanizmalarla nöroprotektif etkiler gösterebileceği bildirilmiştir (Shang et al., 2025). Volatil anesteziklerle oluşturulan *anestezik ön koşullama* ve *son koşullama* mitokondriyal fonksiyonun korunması, hücresel sağkalım yolaklarının aktivasyonu ve nöroinflamasyonun azaltılması yoluyla serebral iskemi-reperfüzyon hasarını sınırlayabileceğine ilişkin güçlü preklinik kanıtlar bulunmaktadır (Zhang et al., 2025).

Bununla birlikte deneysel nöroprotektif etkinin klinik nöroproteksiyon ile eş anlamlı olmadığı özellikle vurgulanmalıdır. Anesteziklerle oluşturulan ön koşullama, hayvan modellerinde belirgin nöroprotektif etkiler göstermesine rağmen, bu sonuçlar

insan çalışmalarında tutarlı biçimde klinik yarara dönüşmemiştir (Bilotta et al., 2013; Zhang et al., 2025). Bu nedenle günümüzde nöroprotektif yaklaşımın temelini farmakolojik nöroproteksiyondan çok; yeterli serebral perfüzyon ve oksijenasyonun sürdürülmesi, normokapni ve normoterminin korunması, hipotansiyon ve hipoksemiden kaçınılması, glisemik kontrolün sağlanması, anemi ve kanamanın uygun yönetimi ile intrakraniyal basıncın kontrolünü içeren fizyolojik nöroproteksiyon oluşturmaktadır.

Sık Yapılan Hatalar

- İnrakraniyal basıncı azaltmayı tek başına nöroproteksiyon olarak değerlendirmek
- Hiperventilasyonu rutin ve uzun süreli kullanmak
- Ketaminin intrakraniyal patolojilerde mutlak kontrendike olduğunu kabul etmek
- Propofolün intrakraniyal basıncı azaltıcı etkisini, oluşturabileceği sistemik hipotansiyon ve serebral perfüzyon basıncındaki azalmadan bağımsız değerlendirmek.
- Serebral otoregülasyonu sabit bir 50–150 mmHg basınç platosu veya yalnızca "korunmuş/bozulmuş" şeklinde değerlendirmek
- Anestezik ilaçların serebral etkilerini ajandan bağımsız, sabit özellikler olarak kabul etmek
- Volatil anesteziklerin düşük ve yüksek konsantrasyonlardaki serebral etkilerini aynı kabul etmek

- İşlenmiş EEG indeksini tek başına anestezi derinliği veya serebral durum göstergesi olarak kullanmak
- Anestezik ilaç, konsantrasyon veya uygulama tekniğindeki değişikliklerin nöromonitörizasyon sinyallerini etkileyebileceğini göz ardı etmek.
- Erken nörolojik değerlendirme gereken hastalarda uzun etkili sedatif ve analjezikleri gereksiz yere kullanmak

Bilinmesi Gerekenler

- Serebral kan akımı; serebral perfüzyon basıncı, otoregülasyon, $PaCO_2$, PaO_2 ve serebral metabolik gereksinimin etkileşimi ile belirlenir.
- Serebral otoregülasyon sabit bir basınç platosu değildir; etkinliği arteriyel basınç, klinik durum ve anestezik ajan/konsantrasyona göre değişebilen dinamik bir mekanizmadır.
- Anestezik ilaçların serebral etkileri ajan, doz, $PaCO_2$, arteriyel basınç ve intrakraniyal kompliyansa göre değişir.
- Propofol $CMRO_2$ ve SKA'yı azaltır; ancak hipotansiyon gelişirse serebral perfüzyon olumsuz etkilenebilir.
- Volatil ajanların serebral vazodilatör ve otoregülasyon üzerindeki etkileri konsantrasyon bağımlıdır.
- Ketamin intrakraniyal patolojide mutlak kontrendike değildir.
- MEP, anestezik depresyona SSEP'den daha duyarlıdır; nöromüsküler blok MEP/EMG kayıtlarını bozabilir.

- KİB'nin azaltılması tek başına nöroproteksiyon anlamına gelmez.
- Güncel nöroprotektif yaklaşımın temelini serebral perfüzyon, oksijenasyon, $PaCO_2$, sıcaklık ve metabolik gereksinimin kontrolü oluşturur.

Sonuç

Sonuç olarak, anestezik ilaçların serebral fizyoloji üzerindeki etkileri ilacın farmakolojik özellikleri, kullanılan doz, arteriyel basınç, $PaCO_2$, oksijenasyon, intrakraniyal kompliyans, otoregülasyonun durumu ve mevcut nörolojik patoloji ile birlikte şekillenir. Anestezik ilaç seçimi; serebral metabolik gereksinim ile oksijen sunumu arasındaki dengenin korunması, yeterli serebral perfüzyonun sürdürülmesi, intrakraniyal basıncın kontrolü, nöromonitörizasyon gereksinimleri ve erken nörolojik değerlendirme hedefleri birlikte ele alınarak bireyselleştirilmelidir. Bu yaklaşımın temelinde ikincil beyin hasarına yol açabilecek fizyolojik bozuklukların önlenmesi ve serebral homeostazın korunması vardır.

Kaynakça

Akeju, O., Kim, S. E., Vazquez, R., Rhee, J., Pavone, K. J., Hobbs, L. E., Purdon, P. L., & Brown, E. N. (2016). Spatiotemporal Dynamics of Dexmedetomidine-Induced Electroencephalogram Oscillations. *PloS One, 11*(10), e0163431. doi: 10.1371/journal.pone.0163431.

Ball, D., & Hunt, K. (2025). Pharmacological and pathological modulation of cerebral physiology. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine, 26*(10), 689–694. doi: 10.1016/j.mpaic.2025.08.012.

Bedforth, N. M., Girling, K. J., Skinner, H. J., & Mahajan, R. P. (2001). Effects of desflurane on cerebral autoregulation. *British Journal of Anaesthesia, 87*(2), 193–197. doi: 10.1093/bja/87.2.193.

Benson, J. C., Madhavan, A. A., Cutsforth-Gregory, J. K., Johnson, D. R., & Carr, C. M. (2023). The Monro-Kellie Doctrine: A Review and Call for Revision. *American Journal of Neuroradiology, 44*(1), 2–6. doi: 10.3174/ajnr.A7721.

Bilotta, F., Gelb, A. W., Stazi, E., Titi, L., Paoloni, F. P., & Rosa, G. (2013). Pharmacological perioperative brain neuroprotection: a qualitative review of randomized clinical trials. *British Journal of Anaesthesia, 110* Suppl 1, i113–i120. doi: 10.1093/bja/aet059.

Brasil, S., Kasprowicz, M., Zaccarelli, M., & Gergele, L. (2026). New concepts in intracranial compliance: pathophysiology, monitoring and clinical implications. *Current Opinion in Critical Care, 32*(2), 93–99. doi: 10.1097/MCC.0000000000001340.

Claassen, J. A. H. R., Thijssen, D. H. J., Panerai, R. B., & Faraci, F. M. (2021). Regulation of cerebral blood flow in humans: physiology

and clinical implications of autoregulation. *Physiological Reviews, 101*(4), 1487–1559. doi: 10.1152/physrev.00022.2020.

de Rocquigny, G., Jarrassier, A., Vallée, F., Cartailler, J., Ayeb, K. E., & Touchard, C. (2026). EEG monitoring in the operating room: current uses and perspectives - a narrative review. *Anaesthesia, Critical Care & Pain Medicine, 45*(6), 101861. Advance online publication. doi: 10.1016/j.accpm.2026.101861.

Engelhard, K., Werner, C., Möllenberg, O., & Kochs, E. (2001). Effects of remifentanil/propofol in comparison with isoflurane on dynamic cerebrovascular autoregulation in humans. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 45*(8), 971–976. doi: 10.1034/j.1399-6576.2001.450809.x.

Gao, B., Alwesabi, A. K., Yang, B., Xie, J., Li, F., Su, X., Liu, Q., Liu, Y., Fu, Q., Ji, C., Gao, Z., Xie, J., & Liu, Y. (2026). Monitoring of cerebral autoregulation during major surgery in adults, including cardiac surgery: mechanisms, anesthetic impacts, and clinical applications. *Frontiers in Medicine, 13*, 1782247. doi: 10.3389/fmed.2026.1782247.

Girombelli, A., Volpe, P., Saglietti, F., Shiffer, D., Sette, G., Planinsic, R. M., & Vetrone, F. (2026). Electroencephalographic Patterns Associated with the Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of GABAergic Agents, Opioids, and Ketamine During General Anesthesia: A Systematic Review. *Journal of Personalized Medicine, 16*(8), 406. doi: 10.3390/jpm16080406.

Goder, N., Rubenfeld, G. D., & Amaral, A. C. K. B. (2026). Neuromuscular Blockade for Intracranial Hypertension: Quantifying Real-World Effectiveness on Intracranial Pressure. *Journal of*

Intensive Care Medicine, 8850666261432119. Advance online publication. doi: 10.1177/08850666261432119.

Gouvea Bogossian, E., Peluso, L., Creteur, J., & Taccone, F. S. (2021). Hyperventilation in Adult TBI Patients: How to Approach It?. *Frontiers in Neurology, 11*, 580859. doi: 10.3389/fneur.2020.580859.

Gruenbaum, B. F., Safavynia, S. A., & Bilotta, F. (2026). Intraoperative electroencephalographic burst suppression: a narrative review and clinical framework for interpretation and management. *British Journal of Anaesthesia, 136*(6), 1843–1854. doi: 10.1016/j.bja.2026.03.003.

Haywood, S., Pence, R., & Mudrakola, V. (2026). Ketamine Use in Acute Brain Injury: Debunking the Myth. *Emergency Medicine Clinics of North America, 44*(3), 523–532. doi: 10.1016/j.emc.2026.03.001.

Hwang, I. S., Shin, Y. W., & Ha, E. J. (2025). Brain Oxygenation and Metabolism Monitoring in Acute Brain Injury: Review on Current Trends and Clinical Implications. *Korean Journal of Neurotrauma, 21*(3), 163–171. doi: 10.13004/kjnt.2025.21.e26.

Intarakhao, P., Thiarawat, P., & Dhippayom, T. (2025). Comparison of propofol and inhalational anaesthetics for brain relaxation in neurosurgery: A systematic review and network meta-analysis. *Indian Journal of Anaesthesia, 69*(8), 770–778. doi: 10.4103/ija.ija_189_25.

Jia, J., Cao, M., Zhang, Y., Lang, J., Xiao, R., Peng, J., & Xu, B. (2026). Propofol Attenuates Brain Ischemic Injury Through the

Cannabinoid Type 1 (CB1) Receptor. *Cureus, 18*(4), e106641. doi: 10.7759/cureus.106641.

Kaisti, K. K., Långsjö, J. W., Aalto, S., Oikonen, V., Sipilä, H., Teräs, M., Hinkka, S., Metsähonkala, L., & Scheinin, H. (2003). Effects of sevoflurane, propofol, and adjunct nitrous oxide on regional cerebral blood flow, oxygen consumption, and blood volume in humans. *Anesthesiology, 99*(3), 603–613. doi: 10.1097/00000542-200309000-00015.

Lamsal, R., Rath, G. P., Dube, S. K., Roy, H., & Mishra, S. (2025). Effect of Dexmedetomidine on Dynamic Cerebral Autoregulation in Patients Undergoing Supratentorial Tumor Surgery. *Neurology India, 73*(2), 280–285. doi: 10.4103/neurol-india.Neurol-India-D-24-00131.

Långsjö, J. W., Maksimow, A., Salmi, E., Kaisti, K., Aalto, S., Oikonen, V., Hinkka, S., Aantaa, R., Sipilä, H., Viljanen, T., Parkkola, R., & Scheinin, H. (2005). S-ketamine anesthesia increases cerebral blood flow in excess of the metabolic needs in humans. *Anesthesiology, 103*(2), 258–268. doi: 10.1097/00000542-200508000-00008.

Liu, C. C., Chen, I. W., Liu, P. H., Wu, J. Y., Liu, T. H., Huang, P. Y., Yu, C. H., Fu, P. H., & Hung, K. C. (2024). Efficacy of propofol-based anesthesia against risk of brain swelling during craniotomy: A meta-analysis of randomized controlled studies. *Journal of Clinical Anesthesia, 92*, 111306. doi: 10.1016/j.jclinane.2023.111306.

Ma, K., Pereira, S. M., Bebawy, J. F., Igualada, J., Kishibe, T., & Hemmer, L. B. (2026). Effects of Adjunct Analgesics and Novel Anesthetic Agents on Intraoperative Neuromonitoring: A Scoping

Review. *Anesthesia and Analgesia, 143*(2), 337–346. doi: 10.1213/ANE.0000000000007830.

Macdonald, D. B., Skinner, S., Shils, J., Yingling, C., & American Society of Neurophysiological Monitoring (2013). Intraoperative motor evoked potential monitoring - a position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Clinical Neurophysiology : Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology, 124*(12), 2291–2316. doi: 10.1016/j.clinph.2013.07.025.

Mariappan, R., Mehta, J., Chui, J., Manninen, P., & Venkatraghavan, L. (2015). Cerebrovascular reactivity to carbon dioxide under anesthesia: a qualitative systematic review. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology, 27*(2), 123–135. doi: 10.1097/ANA.0000000000000092.

Matsumoto, M., & Yamashita, A. (2024). Effects of Anesthetic Agents and Other Drugs on Cerebral Blood Flow, Metabolism, and Intracranial Pressure. J. E. Cottrell, P. M. Patel, & S. G. Soriano (Eds.), *Cottrell & Patel's Neuroanesthesia* içinde (7th ed., pp. 77-95). Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-323-93273-8.00004-3.

Meng, X. L., Wang, L. W., Zhao, W., & Guo, X. Y. (2015). Effects of different etomidate doses on intraoperative somatosensory-evoked potential monitoring. *Irish Journal of Medical Science, 184*(4), 799–803. doi: 10.1007/s11845-014-1174-4.

Meyer-Baese, L., Jaeger, D., & Keilholz, S. (2025). Neurovascular coupling: a review of spontaneous neocortical dynamics linking neuronal activity to hemodynamics and what we have learned from the rodent brain. *Journal of Neurophysiology, 133*(2), 644–660. doi: 10.1152/jn.00418.2024.

Oshima, T., Karasawa, F., & Satoh, T. (2002). Effects of propofol on cerebral blood flow and the metabolic rate of oxygen in humans. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 46*(7), 831–835. doi: 10.1034/j.1399-6576.2002.460713.x.

Shang, Z., Wu, Y., Gu, C., Gao, J., & Wang, C. (2025). Neuroprotective mechanisms of dexmedetomidine in perioperative neurocognitive disorders: From molecular pathways to clinical translation. *Journal of Anesthesia and Translational Medicine, 4*(4), 220–230. doi: 10.1016/j.jatmed.2025.11.001.

Silva, G. N., Brandão, V. G. A., Blum, K., Lewandrowski, K. U., & Fiorelli, R. K. A. (2025). Ketamine's Role in Neuroinflammation and Neuroprotection Across Neurological and Psychiatric Disorders: A Narrative Review. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland), 18*(9), 1298. doi: 10.3390/ph18091298.

Toleikis, J. R., Pace, C., Jahangiri, F. R., Hemmer, L. B., & Toleikis, S. C. (2024). Intraoperative somatosensory evoked potential (SEP) monitoring: an updated position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Journal of Clinical Monitoring and Computing, 38*(5), 1003–1042. doi: 10.1007/s10877-024-01201-x.

van den Dool, R. E. C., Sperna Weiland, N. H., Schenk, J., Kho, E., Veelo, D. P., van der Ster, B. J. P., & Immink, R. V. (2023). Dynamic cerebral autoregulation during step-wise increases in blood pressure during anaesthesia: A nonrandomised interventional trial. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(6), 407–417. doi: 10.1097/EJA.0000000000001798.

Vu, E. L., Brown, C. H., 4th, Brady, K. M., & Hogue, C. W. (2024). Monitoring of cerebral blood flow autoregulation: physiologic basis,

measurement, and clinical implications. *British Journal of Anaesthesia, 132*(6), 1260–1273. doi: 10.1016/j.bja.2024.01.043.

Wahba, A., Kunst, G., De Somer, F., Kildahl, H. A., Milne, B., Kjellberg, G., Bauer, A., Beyersdorf, F., Ravn, H. B., Debeuckelaere, G., Erdoes, G., Haumann, R. G., Gudbjartsson, T., Merkle, F., Pacini, D., Paternoster, G., Onorati, F., Ranucci, M., Ristic, N., Vives, M., … EACTS/EACTAIC/EBCP Scientific Document Group (2025). 2024 EACTS/EACTAIC/EBCP Guidelines on cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgery. *British Journal of Anaesthesia, 134*(4), 917–1008. doi: 10.1016/j.bja.2025.01.015.

Wang, Y., & Payne, S. J. (2024). Static autoregulation in humans. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism : Official Journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism, 44*(11), 1191–1207. doi: 10.1177/0271678X231210430.

Wehrli F. W. (2024). Recent Advances in MR Imaging-based Quantification of Brain Oxygen Metabolism. *Magnetic Resonance in Medical Sciences : MRMS : An Official Journal of Japan Society of Magnetic Resonance in Medicine, 23*(3), 377–403. doi: 10.2463/mrms.rev.2024-0028.

Willie, C. K., Tzeng, Y. C., Fisher, J. A., & Ainslie, P. N. (2014). Integrative regulation of human brain blood flow. *The Journal of Physiology, 592*(5), 841–859. doi: 10.1113/jphysiol.2013.268953.

Yang, M., Liu, B., Chen, B., Shen, Y., & Liu, G. (2025). Cerebral ischemia-reperfusion injury: mechanisms and promising therapies. *Frontiers in Pharmacology, 16*, 1613464. doi: 10.3389/fphar.2025.1613464.

Zhang, T., Chung, W., & Orser, B. A. (2025). Revisiting anesthesia-induced preconditioning for neuroprotection in the aging brain: a narrative review. *Korean Journal of Anesthesiology, 78*(3), 187–198. doi: 10.4097/kja.25073.

BÖLÜM 27

NÖROANESTEZİ

ECE DÖNER KANDEMİR[1], MUSTAFA AKSOY[2]

Özet

Nöroanestezi, santral sinir sistemi cerrahisi uygulanacak hastalarda serebral fizyolojinin korunmasını amaçlayan özel bir anestezi alt uzmanlık alanıdır. Temel hedefler; serebral perfüzyonun sürdürülmesi, intrakraniyal basıncın kontrol altında tutulması, yeterli oksijenasyon ve ventilasyonun sağlanması, sistemik hemodinaminin korunması ve sekonder beyin hasarının önlenmesidir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi, serebral kan akımı, serebral metabolizma, intrakraniyal kompliyans ve nörovasküler eşleşme arasındaki karmaşık ilişkinin doğru yönetilmesini gerektirir.

[1] Uzm. Dr., Bayat Devlet Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Çorum, Türkiye, Orcid: 0009-0009-0036-9805

[2] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-3197-5655

İntrakraniyal tümörler, serebrovasküler hastalıklar, travmatik beyin yaralanmaları ve fonksiyonel nöroşirürjik girişimler gibi farklı klinik senaryolarda anestezik yönetim, patolojiye özgü fizyolojik hedeflerin korunmasını, cerrahi koşulların optimize edilmesini ve güvenilir postoperatif nörolojik değerlendirmenin mümkün kılınmasını amaçlamaktadır.

Başarılı nöroanestezik yönetim; güvenli havayolu kontrolü, normokapninin sürdürülmesi, serebral venöz drenajın optimize edilmesi, hedefe yönelik sıvı ve hemodinamik tedavi uygulanması ve gerektiğinde hiperozmolar ajanlardan yararlanılmasını içerir. Özellikle azalmış intrakraniyal kompliyansı bulunan hastalarda uygun baş pozisyonu, ventilasyon stratejileri, osmoterapi ve seçilmiş olgularda kortikosteroid kullanımı cerrahi koşulların iyileştirilmesine önemli katkı sağlayabilmektedir.

İntraoperatif nöromonitörizasyon günümüzde modern nöroanestezi uygulamalarının önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP), elektroensefalografi (EEG), beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyeller (BAEP) ve elektromiyografi (EMG) gibi yöntemler nörolojik fonksiyonların gerçek zamanlı değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle anestezi planı, hemodinamik hedeflerin yanı sıra nörofizyolojik kayıtların güvenilirliğini ve yorumlanabilirliğini koruyacak şekilde düzenlenmelidir (Gropper et al., 2025).

Motor ve dil fonksiyonları açısından kritik bölgelerde gerçekleştirilen uyanık kraniyotomi uygulamaları, hasta konforu, havayolu güvenliği ve güvenilir nörolojik testlerin sürdürülebilmesi arasında hassas bir denge kurulmasını gerektirir. Başarılı sonuçların elde edilmesinde uygun hasta seçimi, etkili hasta iletişimi, skalp

blokları, titrasyona uygun sedasyon teknikleri ve multidisipliner ekip koordinasyonu belirleyici rol oynamaktadır (Alali & Dua, 2025).

Serebrovasküler cerrahilerde ise serebral oksijen sunumunun ve serebral perfüzyonun korunması ön plandadır. Özellikle anevrizmal subaraknoid kanama hastalarında yeniden kanamanın önlenmesi, gecikmiş serebral iskemi riskinin azaltılması, vazospazmın yönetimi, normovoleminin sürdürülmesi ve elektrolit bozukluklarının düzeltilmesi tedavinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır (Hoh et al., 2023).

Postoperatif dönemde erken nörolojik değerlendirme, yeterli analjezi, hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi, bulantı-kusmanın önlenmesi ve intrakraniyal hipertansiyon bulgularının izlenmesi kritik önem taşımaktadır. Ekstübasyon kararı yalnızca solunum parametrelerine göre değil, hastanın nörolojik durumu, havayolu refleksleri ve yeniden cerrahi girişim gereksinimi olasılığı dikkate alınarak verilmelidir (Gropper et al., 2025; Kazancı, 2025).

Son yıllarda multimodal nöromonitörizasyon, serebral oksijenasyon takibi, hedefe yönelik hemodinamik yönetim ve nörolojik sonuç odaklı perioperatif bakım yaklaşımlarında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bununla birlikte güncel literatür, nöroanestezi alanındaki birçok uygulamanın güçlü fizyolojik gerekçelere dayanmasına rağmen yüksek kaliteli çok merkezli randomize klinik çalışma sayısının halen sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle nöroanestezik yaklaşım planlanırken mevcut bilimsel kanıtlar, cerrahi gereksinimler, hastaya özgü risk faktörleri ve merkez deneyimi birlikte değerlendirilmelidir (Elganga et al., 2026).

Öğrenme Hedefleri

- Nöroanestezinin temel fizyolojik ve klinik hedeflerini açıklayabilmek.
- Kraniyal cerrahi öncesi nörolojik ve sistemik değerlendirmeyi sistematik biçimde yapabilmek.
- İndüksiyon, havayolu yönetimi ve anestezi idamesini serebral fizyolojiye göre planlayabilmek.
- İntrakraniyal basınç ve serebral perfüzyonu korumaya yönelik stratejileri uygulayabilmek.
- Beyin gevşemesi için farmakolojik ve nonfarmakolojik yöntemleri değerlendirebilmek.
- Pozisyon, venöz hava embolisi, kanama, hipotansiyon, hipertansiyon ve postoperatif nörolojik kötüleşme gibi komplikasyonları tanıyabilmek.
- Nöromonitörizasyon kullanılan cerrahilerde anestezik ve nöromüsküler ilaçların etkilerini dikkate alabilmek.
- Erken ve güvenilir nörolojik derlenmeyi sağlayacak perioperatif plan oluşturabilmek.

Nöroanestezide Temel Hedefler

Nöroanestezinin temel amacı, beyin dokusunun oksijen sunumu ile metabolik gereksinimi arasındaki dengeyi korumaktır. Bu hedef; yeterli serebral perfüzyon basıncı, uygun oksijenasyon ve ventilasyon, kontrollü arteriyel basınç, normotermi, uygun hemoglobin düzeyi ve intrakraniyal basıncın yönetimiyle sağlanır (Cottrell & Patel, 2025; Gropper et al., 2025).

- Beyin dokusunun korunması ve hassasiyet: Merkezi sinir sistemi (MSS) perioperatif dönemde özel bir dikkat gerektirir; çünkü çok az oksijen rezervine sahip, metabolik olarak aktif bir doku olarak kısa süreli hipoksilere bile son derece hassastır (Pardo, 2023).
- Perfüzyon ve oksijenasyon dengesi: Nöroanestezide temel amaç, beyin dokusunun oksijen sunumu ile metabolik gereksinimi arasındaki hassas dengeyi korumak ve serebral perfüzyon basıncını (CPP) yeterli düzeyde tutmaktır (Pardo, 2023).
- İskemi ve regülasyon kapasitesi: Özellikle serebrovasküler patofizyolojisi bozulmuş ve serebral kan akımı (CBF) regülasyon rezervi azalmış hassas hastalarda iskeminin önlenmesi hayati önem taşır (Pardo, 2023).
- Hemodinamik ve sistemik kontrol: Cerrahi sırasında serebral perfüzyonu tehlikeye atacak göreceli hipotansiyon durumlarından kaçınılmalı, ortalama arter basıncı (MAP) ve intrakraniyal basınç (KİB/ICP) dengesi gözetilmelidir (Pardo, 2023).
- Multidisipliner ve koruyucu hedefler: Serebral ödemin ve intrakraniyal hipertansiyonun önlenmesi/tedavisi, normokapninin sürdürülmesi, intraoperatif nöromonitörizasyon sinyallerinin korunması ve postoperatif dönemde hızlı, ajitasyonsuz bir derlenme sağlanarak erken nörolojik değerlendirmenin yapılması temel hedefler arasında yer alır (Pardo, 2023).

Preoperatif Değerlendirme

Nöroşirürjik hastalarda preoperatif değerlendirme, yalnızca rutin anestezi hazırlığının bir parçası olmayıp perioperatif nörolojik sonlanımları belirleyen temel aşamalardan biridir. Bu değerlendirme sürecinin amacı mevcut nörolojik durumun ayrıntılı olarak ortaya konulması, intrakraniyal patolojinin serebral fizyoloji üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve sekonder beyin hasarına yol açabilecek risk faktörlerinin tanımlanmasıdır (Gropper et al., 2025).

Bilinç düzeyi, fokal nörolojik defisitler, kranial sinir fonksiyonları, nöbet öyküsü ve intrakraniyal hipertansiyon bulgularının sistematik olarak değerlendirilmesi, postoperatif dönemde ortaya çıkabilecek yeni nörolojik değişikliklerin doğru şekilde yorumlanabilmesi açısından kritik önem taşımaktadır (Alali & Dua, 2025; Gropper et al., 2025).

Preoperatif nörolojik değerlendirmenin ayrılmaz bir diğer bileşeni ise radyolojik incelemelerin dikkatli biçimde gözden geçirilmesidir. Görüntüleme bulgularının ayrıntılı değerlendirilmesi; kitle etkisi, serebral ödem, hidrosefali ve orta hat kayması gibi özelliklerin ortaya konulmasına olanak sağlayarak anestezik planlamaya yön verir (Gropper et al., 2025; Hoh et al., 2023).

Nöroşirürjik hastalarda optimal perioperatif bakımın sağlanabilmesi için nörolojik değerlendirme, intrakraniyal patolojinin analizi ve sistemik inceleme birlikte ele alınmalı; serebral perfüzyonu ve nörolojik fonksiyonları etkileyebilecek tüm faktörler operasyon öncesinde gözden geçirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Kapsamlı preoperatif değerlendirme, perioperatif morbiditenin azaltılması ve cerrahi öncesinde hastanın mümkün olan en iyi fizyolojik duruma getirilmesi açısından temel öneme sahiptir.

Güncel yaklaşım, değerlendirmenin multidisipliner ekip anlayışı ile yürütülmesini; hastanın nörolojik durumu, eşlik eden hastalıkları ve fizyolojik rezervinin birlikte değerlendirilmesini önermektedir. Risklerin önceden belirlenmesi, gerekli optimizasyonun sağlanması ve ortak karar verme sürecinin desteklenmesi, perioperatif güvenliği artırarak cerrahi sonuçların iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Hoyte et al., 2025).

Nörolojik değerlendirme

Nörolojik hastalığı bulunan veya nöroşirürjik girişim planlanan hastalarda preoperatif nörolojik değerlendirme, mevcut nörolojik durumun objektif olarak kaydedilmesi ve postoperatif dönemde ortaya çıkabilecek yeni defisitlerin doğru yorumlanabilmesi açısından temel öneme sahiptir. Değerlendirme; bilinç düzeyi ve kognitif fonksiyonlar, kranial sinir muayenesi, motor ve duyusal sistem, konuşma ve dil fonksiyonları, koordinasyon, yürüme, nöbet öyküsü ve intrakraniyal hipertansiyon bulgularını içermelidir (Gropper et al., 2025).

Bilinç düzeyi ve kognitif durum

Akut nörolojik hastalığı bulunan bireylerde bilinç değişikliği, afazi, nöbet sonrası dönem veya mevcut nörolojik defisitler nedeniyle güvenilir anamnez alınamayabilir. Bu nedenle hasta yakınlarından, önceki tıbbi kayıtlardan ve mevcut klinik belgelerden elde edilen bilgiler değerlendirmeye dâhil edilmelidir. Hastanın bazal bilinç düzeyinin ve nörolojik durumunun ameliyat öncesinde ayrıntılı biçimde belgelenmesi, postoperatif nörolojik değişikliklerin değerlendirilmesinde referans oluşturur (Gropper et al., 2025). Özellikle ileri yaştaki hastalarda preoperatif bilişsel bozukluk varlığı, postoperatif deliryum ve perioperatif nörokognitif bozukluk

gelişimi açısından önemli bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle bazal kognitif fonksiyonların değerlendirilmesi ve preoperatif dönemde belgelenmesi önerilmektedir. Hastanın mevcut bilişsel performansının bilinmesi, postoperatif dönemde ortaya çıkabilecek yeni nörolojik veya nörokognitif değişikliklerin yorumlanmasını kolaylaştırır (Aguiar et al., 2024; Budiansky et al., 2025; Hernández- Ren et al., 2025).

Kranial sinir muayenesi

Kranial sinir disfonksiyonuna ait mevcut bulgular operasyon öncesinde ayrıntılı olarak kaydedilmelidir. Özellikle kafa tabanı lezyonları, posterior fossa patolojileri ve serebrovasküler hastalıklarda mevcut kranial sinir defisitlerinin belgelenmesi, ameliyat sonrası gelişebilecek yeni nörolojik bozuklukların ayırt edilmesine yardımcı olur (Gropper et al., 2025).

Motor ve duyu defisitleri

Geçirilmiş serebrovasküler olay öyküsü bulunan veya mevcut fokal nörolojik defisiti olan hastalarda motor güç, kas tonusu, refleksler ve duyusal fonksiyonlar sistematik olarak değerlendirilmelidir. Akut nörolojik hastalarda yeni gelişen güçsüzlük veya duyu kaybının başlangıç zamanı ve progresyonu ayrıca sorgulanmalıdır. Postoperatif nörolojik değerlendirmelerde karşılaştırma yapılabilmesi için bazal bulguların ayrıntılı olarak kayıt altına alınması gereklidir (Gropper et al., 2025).

Konuşma ve dil fonksiyonları

Konuşma ve dil fonksiyonlarının değerlendirilmesi özellikle dominant hemisferde veya eloquent kortikal alanlara komşu yerleşimli lezyonlarda kritik öneme sahiptir. Uyanık kraniyotomi

planlanan hastalarda hastanın komutları anlayabilmesi, iş birliği yapabilmesi ve intraoperatif dil testlerine katılabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle operasyon öncesinde konuşma ve dil fonksiyonları ayrıntılı olarak değerlendirilmeli, gerekiyorsa ameliyat sırasında kullanılacak görevler önceden uygulanmalıdır (Lunardi & Dinsmore, 2025).

Koordinasyon ve yürüme

Serebellar fonksiyonlar, denge ve yürüme paterninin değerlendirilmesi nörolojik incelemenin tamamlayıcı bir parçasıdır. Koordinasyon bozuklukları, ataksi ve yürüme anomalileri preoperatif dönemde belgelenmeli ve ameliyat sonrası nörolojik değerlendirmelerde referans olarak kullanılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Nöbet öyküsü ve antiepileptik tedavi

Nöbetlerin tipi, sıklığı, son nöbet zamanı ve kullanılan antiepileptik ilaçlar ayrıntılı olarak sorgulanmalıdır. Kortikal tümörler, intraparenkimal hematomlar ve subaraknoid kanama gibi durumlarda nöbet riski artmaktadır. Özellikle uyanık kraniyotomi sırasında kortikal stimülasyona bağlı nöbet gelişebileceğinden mevcut epilepsi öyküsünün bilinmesi önemlidir. Antiepileptik ilaçların perioperatif dönemde kesintiye uğramasından kaçınılmalı, oral alımın mümkün olmadığı durumlarda uygun alternatif uygulama yolları planlanmalıdır (Alali & Dua, 2025; Hoh et al., 2023).

Baş ağrısı, kusma ve intrakraniyal hipertansiyon bulguları

Artmış intrakraniyal basıncın klinik olarak tanınması preoperatif değerlendirmenin temel unsurlarından biridir. Baş ağrısı,

bulantı-kusma, görme bulanıklığı, bilinç düzeyinde değişiklik ve papilödem intrakraniyal hipertansiyonu düşündüren başlıca bulgulardır. Bu bulguların varlığında anestezi indüksiyonu, havayolu yönetimi ve hemodinamik hedefler intrakraniyal basınç artışını önleyecek şekilde planlanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Önceki nöroşirürjik girişimler ve komplikasyonlar

Geçirilmiş kraniyotomi, dekompresif kraniektomi, ventriküloperitoneal şant, eksternal ventriküler drenaj veya endovasküler girişimler ayrıntılı olarak sorgulanmalıdır. Daha önce gelişmiş enfeksiyon, serebrospinal sıvı kaçağı, hidrosefali, şant disfonksiyonu, nöbet veya kalıcı nörolojik defisit öyküsünün belirlenmesi hem anestezik planlama hem de postoperatif değerlendirme açısından önem taşımaktadır. Mevcut nörolojik bulguların önceki girişimlere ait sekellerden mi yoksa aktif patolojiden mi kaynaklandığı mümkün olduğunca açıklığa kavuşturulmalıdır (Cottrell & Patel, 2025; Gropper et al., 2025).

İntrakraniyal patolojinin değerlendirilmesi

İntrakraniyal patolojinin değerlendirilmesinde klinik bulgular ile radyolojik incelemeler birlikte ele alınmalıdır. Orta hat kayması, bazal sisternlerin silinmesi, ventrikül kompresyonu, hidrosefali, sulkal silinme ve serebral ödem gibi görüntüleme bulguları azalmış intrakraniyal kompliyansı düşündürmektedir. Monro-Kellie doktrini doğrultusunda intrakraniyal kompansatuvar mekanizmaların tükenmesi sonrasında küçük hacim artışları dahi belirgin intrakraniyal basınç yükselmesine yol açabilir. Bu nedenle kitle etkisinin derecesi, serebral ödem ve BOS dolaşımındaki bozukluklar ameliyat öncesinde dikkatle değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Lezyonun anatomik lokalizasyonu, boyutu ve fonksiyonel alanlarla ilişkisi preoperatif anestezik planlama açısından da önem taşır. Beyin sapı, posterior fossa ve eloquent kortikal alanları ilgilendiren lezyonlarda nörofizyolojik monitörizasyon gereksinimi, pozisyonlama stratejileri ve erken postoperatif nörolojik değerlendirme hedefleri ameliyat öncesinde belirlenmelidir (Rahim et al., 2025).

Anevrizmal subaraknoid kanamalı hastalarda erken dönemde gelişebilecek hidrosefali, serebral ödem ve yeniden kanama riski ayrıca göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle akut hidrosefali varlığında bilinç düzeyinde hızlı kötüleşme gelişebileceğinden ventrikül sisteminin ayrıntılı değerlendirilmesi gereklidir (Hoh et al., 2023).

Sistemik değerlendirme

Nöroşirürjik hastalarda sistemik değerlendirme yalnızca rutin preoperatif incelemeleri değil, aynı zamanda serebral perfüzyonu ve nörolojik sonuçları etkileyebilecek kardiyovasküler, pulmoner ve metabolik faktörlerin araştırılmasını da kapsamalıdır. Geçirilmiş serebrovasküler olay öyküsü bulunan hastalarda atriyal fibrilasyon, kapak hastalığı, kardiyomiyopati ve diğer kardiyoembolik kaynaklar araştırılmalıdır. Ayrıca aspirin, P2Y12 inhibitörleri, varfarin veya direkt oral antikoagülan kullanan hastalarda perioperatif antitrombotik tedavi stratejisi, cerrahi kanama riski ve tromboembolik risk birlikte değerlendirilerek bireyselleştirilmelidir. Akut nörolojik yaralanması bulunan hastalarda hipotansiyon, hipoksemi, hiperkapni ve metabolik bozukluklar sekonder beyin hasarını artırabileceğinden kardiyopulmoner değerlendirme titizlikle yapılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Preoperatif anemi

Preoperatif anemi nöroşirürjik hastalarda sık görülmekte olup perioperatif transfüzyon gereksinimi, uzamış hastanede kalış süresi ve kötü klinik sonuçlarla ilişkilidir. Merkezi sinir sisteminin oksijen sunumundaki azalmalara duyarlı olması nedeniyle hemoglobin düzeylerinin ameliyat öncesinde değerlendirilmesi ve düzeltilmesi önem taşımaktadır. Özellikle ileri yaş, malnütrisyon, kronik hastalıklar, antikoagülan kullanımı ve yüksek kan kaybı beklenen girişimlerde anemi açısından dikkatli değerlendirme yapılmalıdır (Domi et al., 2026). Preoperatif anemi saptanan hastalarda nedenin araştırılması ve mümkün olduğunda cerrahi öncesinde düzeltilmesi önerilmektedir. Demir eksikliği, kronik hastalık anemisi ve böbrek hastalığına bağlı anemiler en sık nedenler arasındadır. Hasta Kanı Yönetimi (Patient Blood Management, PBM) ilkeleri doğrultusunda uygun olgularda demir tedavisi ve diğer düzeltici yaklaşımlar değerlendirilmelidir (Shander et al., 2022).

Kırılganlık ve geriatrik değerlendirme

İleri yaştaki nöroşirürji hastalarında kronolojik yaştan çok biyolojik yaş ve fizyolojik rezerv perioperatif sonuçları belirlemektedir. Kırılganlık (Frailty); fizyolojik rezervlerde azalma ve cerrahi strese karşı kırılganlık ile karakterize klinik bir sendrom olup postoperatif komplikasyonlar, mortalite, fonksiyonel kayıp, bakım gereksinimi ve uzamış hastanede kalış süresi ile ilişkilidir. Bu nedenle kırılganlık değerlendirmesinin preoperatif risk sınıflandırmasının rutin bir parçası olarak ele alınması önerilmektedir (Budiansky et al., 2025; Hernández-Aguiar et al., 2024).

Mevcut nöroşirürji literatürü, kırılganlığın postoperatif sonuçların öngörülmesinde yaş tek başına değerlendirildiğinde elde edilen prognostik bilgilerden daha güçlü bir belirteç olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle Risk Analysis Index (RAI), Modified Frailty Index (mFI-5) veya benzeri doğrulanmış araçların kullanılması risk tahminini iyileştirebilir (Bowers et al., 2023; Paiz et al., 2024; Roy et al., 2024).

Kırılganlık saptanan hastalarda preoperatif hazırlık; komorbid hastalıkların optimizasyonu, fonksiyonel kapasitenin değerlendirilmesi, bilişsel durumun incelenmesi ve beslenme desteğini içeren multidisipliner bir yaklaşımla yürütülmelidir. Bu yaklaşım hasta merkezli perioperatif planlamayı kolaylaştırarak komplikasyon riskinin azaltılmasına katkıda bulunabilir (Budiansky et al., 2025; Hernández-Aguiar et al., 2024).

Monitörizasyon

Nöroşirürjik girişimlerde monitörizasyonun amacı yalnızca sistemik fizyolojik değişkenlerin izlenmesi değil, aynı zamanda serebral kan akımı, oksijen sunumu, metabolizma ve elektrofizyolojik fonksiyonlardaki bozulmaları mümkün olan en erken dönemde saptayarak sekonder beyin hasarını önlemektir. Günümüzde nöroanestezi pratiği giderek multimodal monitörizasyon yaklaşımına yönelmekte olup, farklı monitörizasyon tekniklerinden elde edilen verilerin bütüncül şekilde yorumlanması önerilmektedir (Gropper et al., 2025).

Standart monitorizasyon

Tüm nöroşirürjik olgularda elektrokardiyografi, noninvaziv arter basıncı ölçümü, nabız oksimetresi, kapnografi ve sıcaklık monitörizasyonunu içeren standart monitörizasyon uygulanmalıdır.

Bu parametreler yalnızca sistemik fizyolojinin değerlendirilmesini değil, aynı zamanda serebral perfüzyonu etkileyebilecek değişikliklerin erken tanınmasını da sağlar. Özellikle hipoksemi, hiperkapni, hipotansiyon ve hipertermi sekonder nörolojik hasarı artırabileceğinden sürekli takip edilmelidir (Gropper et al., 2025).

İnvaziv arter basıncı monitorizasyonu

İnvaziv arter basıncı monitörizasyonu, nöroanestezi uygulamalarında en sık kullanılan ileri monitörizasyon yöntemlerinden biridir. Sürekli arteriyel basınç ölçümü sayesinde serebral perfüzyon basıncını etkileyebilecek ani hemodinamik değişiklikler anlık olarak takip edilebilir. Ayrıca arter kan gazı örneklerinin tekrarlayan şekilde alınabilmesine olanak sağlaması nedeniyle ventilasyonun ve asit-baz dengesinin değerlendirilmesinde de önemli avantaj sağlar. Özellikle intrakraniyal patolojisi bulunan hastalarda, vasküler nöroşirürjik girişimlerde ve uyanık kraniyotomi olgularında invaziv arter basıncı monitörizasyonu sıklıkla tercih edilmektedir. Yüksek intrakranial basınç şüphesi bulunan olgularda, serebral perfüzyonun indüksiyon sırasında bozulmaması amacıyla arteriyel kateterizasyon sıklıkla anestezi indüksiyonundan önce gerçekleştirilir (Alali & Dua, 2025; Gropper et al., 2025).

İntrakraniyal basınç monitorizasyonu

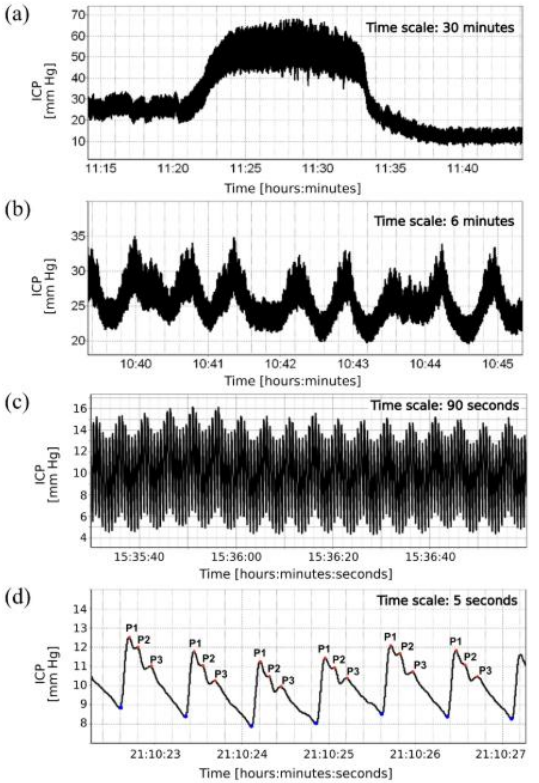
İntrakraniyal basınç (İKB) monitörizasyonu, nörolojik yaralanması bulunan hastalarda intrakraniyal hipertansiyonun erken dönemde saptanması, sekonder beyin hasarının önlenmesi ve tedavi yanıtının değerlendirilmesi amacıyla kullanılan temel nöromonitörizasyon yöntemlerinden biridir. İntrakraniyal basınç izlemi yalnızca basınç değerlerinin takibine olanak sağlamakla

kalmaz, aynı zamanda serebral perfüzyon basıncının hesaplanmasına ve serebral hemodinamik durumun değerlendirilmesine de katkıda bulunur. Günümüzde özellikle nörolojik kötüleşme, hidrosefali, serebral ödem, intrakraniyal kitle etkisi veya beyin omurilik sıvısı (BOS) drenajı gereksinimi bulunan hastalarda önemli bir monitörizasyon aracı olarak kabul edilmektedir (Addis et al., 2023; Gropper et al., 2025; Hawryluk et al., 2022).

İntrakraniyal basınç ölçümünde en sık kullanılan yöntemler ventriküler kateterler ve intraparenkimal monitörlerdir. Ventriküler kateterler, intrakraniyal basıncın ölçülmesine ek olarak terapötik BOS drenajı sağlayabilmeleri ve gerektiğinde yeniden kalibre edilebilmeleri nedeniyle intrakraniyal basınç monitörizasyonunda altın standart yöntem olarak kabul edilmektedir. İntraparenkimal monitörler ise daha kolay uygulanabilmeleri ve sürekli ölçüm sağlayabilmeleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmakla birlikte BOS drenajına olanak vermez ve yerleştirildikten sonra yeniden kalibre edilemezler (Addis et al., 2023; Gropper et al., 2025; Hawryluk et al., 2022).

İntrakraniyal basınç monitörlerinin yerleştirilmesi intrakraniyal kanama, enfeksiyon ve cihaz ilişkili teknik komplikasyonlar gibi riskler taşıdığından, monitörizasyon kararı beklenen klinik yarar ile olası komplikasyonlar dengelenerek bireyselleştirilmelidir. Bu nedenle invaziv İKB monitörizasyonunun özellikle monitörizasyon sonucunun tedavi stratejisini değiştirme potansiyeli bulunan hastalarda uygulanması önerilmektedir (Addis et al., 2023).

Resim 1 Yüksek çözünürlüklü kafa içi basınç (ICP) kaydının farklı bileşenlerinin açıklayıcı örnekleri (a) ICP plato dalgası — genellikle 5 ila 20 dakika süren ani, hızlı bir ICP yükselmesi (b) B dalgaları — dakikada 0.3–3 devir frekansına sahip yavaş osilasyonlar (dalgalanmalar) (c) Solunumla ilişkili osilasyonlar — dakikada 8–20 devir frekansına sahip dalgalanmalar (d) ICP nabız dalga formu — dakikada 40–180 devir frekansına sahip kardiyak (kalp) kaynaklı osilasyonlar.



Nabız başlangıç noktaları mavi noktalarla işaretlenmiştir. P1, P2 ve P3 tepeleri kırmızı noktalarla işaretlenmiştir.

Kaynak: Kazimierska et al., 2023

Son yıllarda intrakraniyal basınç monitörizasyonunda yalnızca sayısal İKB değerlerinin değerlendirilmesinden uzaklaşılarak, intrakraniyal kompliyans ve serebrovasküler

reaktiviteyi yansıtan fizyolojik parametrelerin analizi giderek daha fazla önem kazanmıştır. İntrakraniyal basınç dalga formu klasik olarak P1 (percussion), P2 (tidal) ve P3 (dicrotic) komponentlerinden oluşur. P2 amplitüdündeki artış veya P2/P1 oranının yükselmesi, azalmış intrakraniyal kompliyansın göstergesi olarak kabul edilmektedir.

İntrakraniyal kompliyans ve kompansatuvar rezervin değerlendirilmesinde çeşitli türetilmiş parametreler kullanılmaktadır. Bunlardan RAP indeksi, intrakraniyal basınç ile pulse amplitüdü arasındaki ilişkiyi değerlendirerek mevcut kompansatuvar rezerv hakkında bilgi sağlayabilmektedir. Serebrovasküler otoregülasyonun sürekli izlenmesinde ise pressure reactivity index (PRx) en yaygın kullanılan parametrelerden biridir. PRx, arteriyel basınç değişikliklerine karşı serebrovasküler yanıtın değerlendirilmesine olanak sağlayarak otoregülasyonun korunup korunmadığı hakkında bilgi verir.

PRx verilerinden yararlanılarak hesaplanan optimal serebral perfüzyon basıncı (CPPopt), bireyselleştirilmiş hemodinamik yönetim stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlayabilecek umut verici bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. CPPopt kavramı, her hasta için serebrovasküler otoregülasyonun en iyi korunduğu serebral perfüzyon basıncı aralığının belirlenmesini amaçlamaktadır. Bununla birlikte CPPopt temelli yönetimin rutin klinik uygulamadaki yeri henüz tam olarak netleşmemiş olup bu alandaki araştırmalar devam etmektedir (Islam et al., 2024; Kazimierska et al., 2023; Tsigaras et al., 2023).

Serebral perfüzyon basıncı takibi

Serebral perfüzyon basıncı (SPB), ortalama arter basıncı ile intrakraniyal basınç arasındaki fark olarak tanımlanır ve serebral dolaşımın temel belirleyicilerinden biridir. İntrakraniyal basınçta veya sistemik arter basıncında meydana gelen değişiklikler doğrudan serebral perfüzyonu etkileyebilir. Bu nedenle ileri nöroşirürjik olgularda tedavi yalnızca intrakraniyal basıncı düşürmeye değil, aynı zamanda yeterli serebral perfüzyonun sürdürülmesine yönelik planlanmalıdır (Gropper et al., 2025). İntrakraniyal basınç izlemi, serebral perfüzyon basıncının hesaplanmasına olanak tanır ve güncel veriler serebral perfüzyon basıncı temelli yönetimin yalnızca intrakraniyal basınç hedefli yaklaşımlara göre daha güçlü bir fizyolojik temel oluşturabileceğini düşündürmektedir. Anevrizmal subaraknoid kanamalı hastalarda yayımlanan güncel uzlaşı önerilerinde, arteriyel transdüserin tragus seviyesine göre sıfırlandığı koşullarda serebral perfüzyon basıncının yaklaşık 70 mmHg düzeyinde tutulması önerilmektedir (Addis et al., 2023). Serebral perfüzyon basıncına ilişkin optimal hedefler tüm hasta grupları için aynı değildir. Travmatik beyin hasarı, subaraknoid kanama ve diğer nörolojik hastalıklarda bireysel serebrovasküler otoregülasyon kapasitesi ve eşlik eden patolojilere göre farklı hedefler benimsenebilmektedir. Bu nedenle güncel yaklaşım, sabit CPP hedefleri yerine hasta bazlı fizyolojik optimizasyon stratejilerine yönelmektedir (Beqiri et al., 2023).

Serebral perfüzyon basıncının (SPB) doğru hesaplanabilmesi için ortalama arter basıncının ölçüldüğü referans seviyenin standartlaştırılması önemlidir. Baş elevasyonu uygulanan nöroşirürjik hastalarda kalp seviyesi ile beyin arasındaki hidrostatik basınç farkı nedeniyle, arteriyel transdüserin dış kulak yolu (tragus)

veya orta kranial fossa seviyesine göre sıfırlanması serebral dolaşıma ulaşan gerçek perfüzyon basıncının daha doğru değerlendirilmesini sağlayabilir. Özellikle başı yükseltilmiş veya oturur pozisyondaki hastalarda transdüser seviyesindeki farklılıklar hesaplanan SPB değerlerinde klinik açıdan anlamlı değişikliklere yol açabileceğinden, ölçüm yönteminin tutarlı biçimde uygulanması önerilmektedir (Dillon & Dougan, 2016; Thomas et al., 2015).

Noninvaziv intrakraniyal basınç ve nörolojik değerlendirme yöntemleri

Optik sinir kılıfı, intrakraniyal subaraknoid boşluk ile anatomik devamlılık göstermesi nedeniyle artmış intrakraniyal basıncın noninvaziv değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Ultrasonografi ile ölçülen optik sinir kılıf çapının yükselmiş intrakraniyal basınç ile ilişkili olduğu gösterilmiş olmakla birlikte, güncel veriler bu yöntemin invaziv intrakraniyal basınç monitörizasyonunun yerine geçemeyeceğini göstermektedir. İntrakraniyal tümör cerrahisi uygulanan hastalarda optik sinir kılıf çapının postoperatif dönemde azalması, yöntemin serebral basınç değişikliklerine duyarlı dinamik bir belirteç olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilen kitle etkisi, orta hat kayması ve ventrikül kompresyonu gibi bulgular intrakraniyal basınç hakkında önemli bilgiler sağlamakla birlikte doğrudan fizyolojik ölçüm değildir. Benzer biçimde optik sinir kılıf çapı ölçümü de intrakraniyal basıncı doğrudan ölçmez. Bu nedenle güncel yaklaşım, noninvaziv yöntemlerin invaziv monitörizasyonun yerine değil, tamamlayıcısı olarak değerlendirilmesi yönündedir (Tarimah et al., 2026). Çeşitli çalışmalarda ONSD için farklı eşik değerler tanımlanmış olmakla birlikte ölçüm tekniğindeki değişkenlik, hasta popülasyonlarındaki

heterojenite ve kullanılan referans yöntemlerdeki farklılıklar nedeniyle evrensel kabul görmüş tek bir kesim değeri bulunmamaktadır (Martínez-Palacios et al., 2023).

Kantitatif pupillometri, pupiller ışık refleksinin otomatik kızılötesi pupillometreler kullanılarak objektif ve tekrarlanabilir biçimde değerlendirilmesini sağlayan noninvaziv bir nöromonitörizasyon yöntemidir. Geleneksel el feneri ile yapılan pupil muayenesine kıyasla gözlemci bağımlılığını azaltmakta ve pupiller reaktivitedeki küçük değişikliklerin daha güvenilir şekilde saptanmasına olanak sağlamaktadır. Son yıllarda özellikle nörokritik bakım ve nöroşirürji uygulamalarında kullanımı giderek artmaktadır. Modern pupillometreler tarafından hesaplanan Neurological Pupil Index (NPi), pupiller ışık refleksinin çeşitli bileşenlerini bir araya getirerek sayısal bir skor oluşturur ve pupiller fonksiyonun standartlaştırılmış değerlendirilmesini sağlar. Nicel pupillometri ile elde edilen anormal NPi değerlerinin travmatik beyin hasarı, inme, subaraknoid kanama ve diğer akut beyin yaralanmalarında nörolojik kötüleşme ve olumsuz klinik sonuçlarla ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Hsu & Kuo, 2023). Kantitatif pupillometri, beyin sapı fonksiyonunun değerlendirilmesi, artmış intrakraniyal basınç açısından riskli hastaların izlenmesi ve sedasyon altında nörolojik değerlendirmenin güç olduğu durumlarda tamamlayıcı bilgi sağlaması nedeniyle nörokritik bakım pratiğinde giderek daha fazla yer bulmaktadır. Bununla birlikte pupillometri bulgularının nörolojik muayene, görüntüleme yöntemleri ve diğer monitörizasyon verileri ile birlikte yorumlanması önerilmektedir (Hsu & Kuo, 2023; Martínez-Palacios et al., 2024).

Serebral oksijen monitorizasyonu

Serebral oksijen sunumu ile tüketimi arasındaki dengenin değerlendirilmesinde çeşitli monitörizasyon yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Juguler venöz oksijen satürasyonu ($SjvO_2$) ölçümü, beyin doku oksijen parsiyel basıncı ($PbtO_2$) izlemi ve yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS) en sık kullanılan yöntemlerdir. Bu teknikler serebral hipoksinin erken saptanmasına yardımcı olarak oksijen sunumunun optimize edilmesine olanak sağlayabilir. Bununla birlikte her yöntem serebral oksijenasyonun farklı bir yönünü değerlendirdiğinden, elde edilen veriler klinik bağlam içerisinde ve diğer monitörizasyon yöntemleri ile birlikte yorumlanmalıdır (Gropper et al., 2025; Robba et al., 2022).

Juguler venöz oksijen satürasyonu ($SjvO_2$), serebral oksijen sunumu ile tüketimi arasındaki global denge hakkında bilgi verir. Juguler bulbustan alınan venöz kan örnekleri veya sürekli fiberoptik kateterler aracılığıyla ölçülebilir. Düşük $SjvO_2$ değerleri serebral oksijen sunumunun yetersizliğini veya metabolik gereksinimin arttığını düşündürürken, yüksek değerler serebral hiperemi, azalmışoksijen tüketimi veya ileri serebral hasar ile ilişkili olabilmektedir. Ancak yöntemin global bir ölçüm sağlaması nedeniyle bölgesel iskemi alanlarını saptamadaki duyarlılığı sınırlıdır (Ansar et al., 2025; Sun et al., 2024).

Beyin doku oksijen parsiyel basıncı ($PbtO_2$) monitörizasyonu, serebral parankim içerisine yerleştirilen problar aracılığıyla lokal doku oksijenasyonunun değerlendirilmesini sağlar. Özellikle ciddi beyin hasarı bulunan hastalarda bölgesel serebral hipoksinin erken dönemde saptanmasına yardımcı olabilmektedir. Bununla birlikte ölçüm yalnızca probun yerleştirildiği bölgeyi temsil

ettiğinden elde edilen sonuçların lokal özellik taşıdığı unutulmamalıdır (Santana et al., 2024).

Yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS), bölgesel serebral doku oksijenizasyonunun noninvaziv olarak değerlendirilmesine olanak sağlar. Temel prensibi, oksijenize ve deoksijenize hemoglobinin farklı ışık absorbsiyon özelliklerinden yararlanılarak serebral dokudaki oksijen sunumu ile tüketimi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesine dayanır. NIRS, gerçek zamanlı ve sürekli ölçüm sağlayabilmesi nedeniyle özellikle yüksek riskli nöroşirürjik girişimlerde ve serebral perfüzyonun izlenmesinin önemli olduğu durumlarda kullanılabilmektedir.

Bununla birlikte NIRS ile elde edilen sinyal yalnızca serebral dokudan kaynaklanmamaktadır. Saçlı deri, kafatası, dura ve diğer ekstrakraniyal dokular da ölçümlere katkıda bulunabilmekte, ekstrakraniyal perfüzyondaki değişiklikler elde edilen değerleri etkileyebilmektedir. Ayrıca farklı cihazlar arasında ölçüm yöntemleri ve mutlak değerlerde değişkenlik bulunması nedeniyle NIRS verilerinin mutlak değerlerden ziyade trend monitörizasyonu amacıyla kullanılması önerilmektedir. Bireysel bazal değerden sapmalar çoğu zaman tek bir ölçüm değerinden daha anlamlı klinik bilgi sağlamaktadır (Ali et al., 2022; Thomas et al., 2023).

NIRS tabanlı serebrovasküler otoregülasyon monitörizasyonu son yıllarda giderek daha fazla araştırılmaktadır. Bu amaçla kullanılan parametrelerden biri olan serebral oksimetri indeksi (cerebral oximetry index, COx), ortalama arter basıncı ile bölgesel serebral oksijen satürasyonu (rSO_2) arasındaki ilişkinin analiz edilmesine dayanır. Korunmuş otoregülasyon varlığında arter basıncındaki değişiklikler serebral oksijenasyona sınırlı ölçüde yansırken, bozulmuş otoregülasyon durumunda bu iki değişken

arasındaki korelasyon artmaktadır. Bu nedenle COx, serebrovasküler otoregülasyonun noninvaziv ve sürekli değerlendirilmesine olanak sağlayabilecek umut verici yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte ölçüm yöntemlerindeki farklılıklar, standardizasyon eksikliği ve sonuçların klinik çıktılarla ilişkisinin henüz tam olarak ortaya konulamamış olması nedeniyle rutin klinik uygulamadaki yeri halen araştırılmaktadır. COx verilerinden yararlanılarak bireysel otoregülasyon sınırlarının belirlenmesi ve hasta bazlı arter basıncı hedeflerinin oluşturulması amaçlanmaktadır.

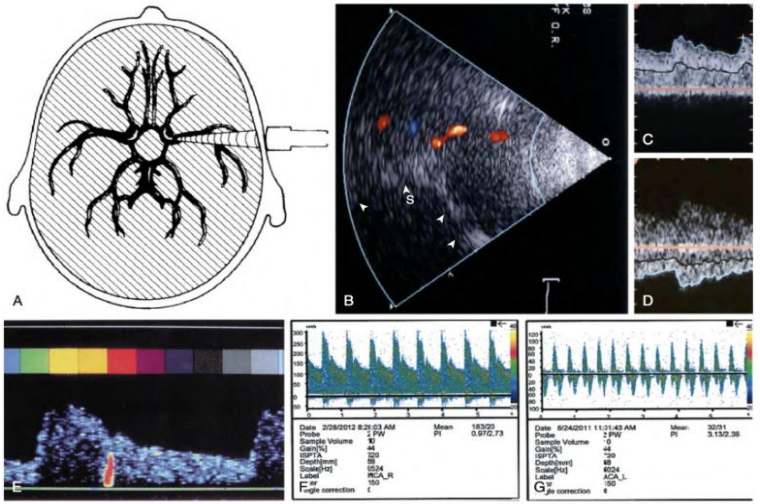
Serebral oksijen monitörizasyon yöntemlerinin hiçbiri tek başına serebral oksijenasyonun tüm yönlerini değerlendiremez. Bu nedenle $SjvO_2$, $PbtO_2$ ve NIRS gibi yöntemlerden elde edilen veriler; hemodinamik parametreler, nörolojik değerlendirme ve diğer monitörizasyon bulguları ile birlikte yorumlanmalıdır (Ali et al., 2022; Ansar et al., 2025; Thomas et al., 2023). İzole $PbtO_2$ veya NIRS değerleri yerine serebral oksijenasyon verilerinin CPP, $PaCO_2$, hemoglobin konsantrasyonu ve sistemik oksijen sunumu parametreleri ile birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (Fan & Rosenthal, 2023).

Transkraniyal doppler ultrasonografi

Transkraniyal Doppler ultrasonografi (TCD), intrakraniyal büyük arterlerdeki kan akım hızlarının noninvaziv ve yatak başında değerlendirilmesine olanak sağlayan bir ultrasonografi yöntemidir. Serebral hemodinamiğin gerçek zamanlı olarak izlenebilmesi nedeniyle nöroanestezi ve nörokritik bakım uygulamalarında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle orta serebral arter, ön serebral arter, arka serebral arter ve baziler arter gibi major serebral damarların değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir. TCD, serebral dolaşım

hakkında dinamik bilgi sağlaması, tekrarlanabilir olması ve iyonizan radyasyon içermemesi nedeniyle klinik uygulamada değerli bir monitörizasyon aracı olarak kabul edilmektedir (Baska et al., 2024; Pan et al., 2022).

Resim 2 (A) Transkraniyal Doppler monitorizasyonu, temporal kemiğin ince bir kısmından beyin tabanındaki arterler insone edilerek (ses dalgaları gönderilerek) yapılır (B) Bu işlem bir görüntüleme probu ile gerçekleştirilirse, serebral pedinküller (beyaz üçgenler) veya sella kompleksi ("S" harfiyle etiketlenmiş beyaz üçgen) gibi bazı intrakraniyal yapılar görselleştirilebilir. Yakalanan Doppler sinyalleri sağ orta, sağ anterior ve sol anterior serebral arterlerden kaynaklanır (C) Orta serebral arterden elde edilen normal Doppler spektrumu. Kural olarak, proba doğru olan akım taban hattının üzerinde bir dalga formu olarak görüntülenir (D) Terminal internal karotis arterin, orta serebral artere (transdüsere doğru akan) ve anterior serebral artere (uzaklaşan yönde akan) dallandığı yerdeki bifurkasyonunun Doppler profili. Bu akım sinyali, transdüser A'da gösterildiği gibi odaklandığında elde edilebilir (E–G) Transkraniyal Doppler'in üç klinik uygulamasına örnekler (E) Emboliler yüksek derecede ekojeniktir ve yüksek enerjili geçici sinyaller olarak görünür. İşitsel çıkışta bu emboliler kısa bip sesleri veya cıvıltılar şeklinde kolayca fark edilir (F) Anevrizmal subaraknoid kanama sonrası şiddetli vazospazmı olan bir hastada orta serebral arterin Doppler profili (C ile karşılaştırın) (G) İntrakraniyal sirkülatuar arrest (dolaşım durması) ile uyumlu transkraniyal Doppler incelemesi. Kısa bir sistolik iç akımı ve ardından diyastol sırasında retrograd (geriye doğru) akım izlenmektedir.



Kaynak: Gropper et al., 2025

Anevrizmal subaraknoid kanama sonrasında gelişen serebral vazospazmın izlenmesi, TCD'nin en yaygın kullanım alanlarından biridir. Seri ölçümlerle serebral arterlerdeki akım hızlarının değerlendirilmesi, vazospazm gelişiminin ve gecikmiş serebral iskemi riskinin erken dönemde tanınmasına yardımcı olabilir. Bunun yanı sıra TCD; serebral dolaşım arrestinin değerlendirilmesi, intrakraniyal stenozların araştırılması, serebral emboli sinyallerinin saptanması ve çeşitli serebrovasküler hastalıkların takibinde de kullanılmaktadır (Pan et al., 2022). Transkraniyal Doppler ayrıca karotis cerrahisi, kardiyak cerrahi ve bazı endovasküler işlemler sırasında mikroembolik sinyallerin saptanmasında da kullanılabilmektedir (Heo, 2024).

Son yıllarda TCD'nin yalnızca damar akım hızlarının ölçümünde değil, aynı zamanda serebrovasküler otoregülasyonun değerlendirilmesinde de kullanılabileceği gösterilmiştir. Serebral otoregülasyon, serebral kan akımının sistemik arter basıncındaki

değişikliklere rağmen göreceli olarak sabit tutulabilmesini sağlayan temel fizyolojik mekanizmalardan biridir. TCD ile elde edilen serebral akım hızı verilerinin sistemik hemodinamik parametrelerle birlikte analiz edilmesi, otoregülasyonun korunup korunmadığı konusunda bilgi sağlayabilmektedir. Güncel sistematik derlemeler, serebral otoregülasyon monitörizasyonunun çeşitli serebrovasküler hastalıklarda bireyselleştirilmiş hemodinamik yönetim stratejilerine katkı sağlayabileceğini, ancak rutin klinik uygulamadaki yerinin netleşmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu bildirmektedir (Al-Kawaz et al., 2022).

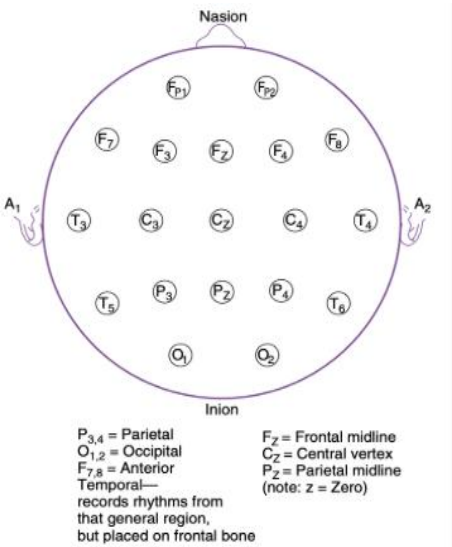
Bununla birlikte TCD'nin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Ölçümler operatör deneyiminden etkilenebilmekte, uygun akustik pencerenin elde edilemediği hastalarda görüntüleme güçleşebilmekte ve yöntem çoğunlukla damar akım hızını değerlendirdiğinden serebral kan akımını doğrudan ölçmemektedir. Ayrıca akım hızındaki değişikliklerin damar çapındaki değişikliklerden etkilenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle TCD bulguları klinik değerlendirme, diğer monitörizasyon yöntemleri ve nörogörüntüleme bulguları ile birlikte yorumlanmalıdır. Özellikle yoğun bakım ve perioperatif dönemde yatak başında uygulanabilir olması, tekrarlanabilirliği ve noninvaziv yapısı nedeniyle TCD, serebral dolaşımın değerlendirilmesinde önemli tamamlayıcı yöntemlerden biri olmaya devam etmektedir (Baska et al., 2024; Pan et al., 2022).

Elektroensefalografi

Elektroensefalografi (EEG), kortikal nöronların senkronize elektriksel aktivitelerinin saçlı deri üzerinden kaydedilmesine dayanan noninvaziv bir monitörizasyon yöntemidir. Serebral kortikal fonksiyonun değerlendirilmesinde uzun yıllardır

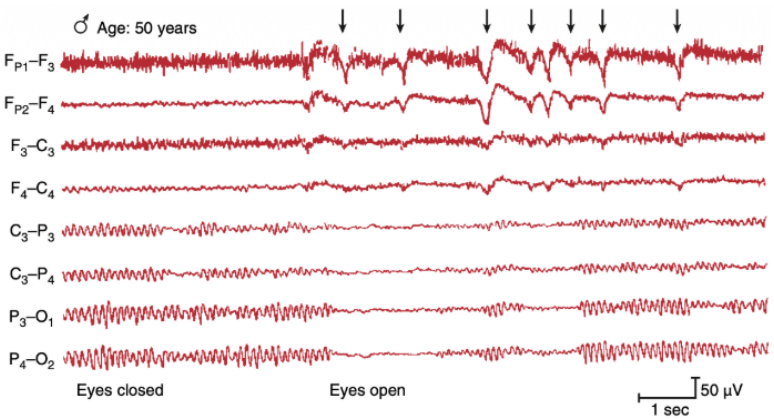
kullanılmakta olup, nörolojik fonksiyonların izlenmesi, anestezi derinliğinin değerlendirilmesi ve intraoperatif değişikliklerin erken dönemde saptanmasında önemli bilgiler sağlar. Normal erişkin bireylerde alfa, beta, theta ve delta dalgaları farklı bilinç düzeylerini ve kortikal aktivite durumlarını yansıtır; anestezi derinliği arttıkça EEG paternlerinde karakteristik değişiklikler ortaya çıkar ve bu değişiklikler anestezik etkinin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Serebral iskemi ilerledikçe EEG'de önce yüksek frekanslı aktivitede azalma, ardından elektriksel yavaşlama ve ileri evrelerde EEG aktivitesinin kaybı görülebilir. Bu nedenle EEG, özellikle serebral perfüzyonun risk altında olduğu vasküler nöroşirürjik girişimlerde serebral kortikal fonksiyonun izlenmesine katkı sağlayan değerli bir monitörizasyon yöntemidir (Gropper et al., 2025; Liu & Song, 2025).

Resim 3 Elektroensefalogram ve duyusal uyarılmış yanıtların kaydedilmesi için uluslararası 10-20 elektrot yerleştirme sistemi



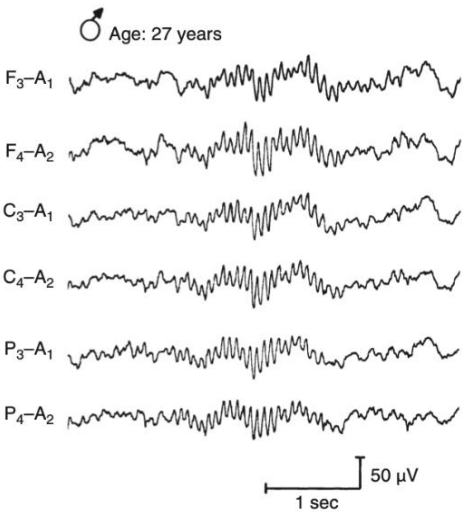
Kaynak: Gropper et al., 2025

Resim 4 Gözler açılıp kapatıldığında alfa aktivitesinin kaybolduğu ve geri döndüğü görülebilir. Büyük sivri dalgalar ($\downarrow$), göz kırpmalarından kaynaklanan kas artefaktıdır ve bu nedenle en iyi frontal elektrotları içeren kanallarda (F ile belirtilmiştir) görülebilir.



Kaynak: Gropper et al., 2025

Resim 5 Normal uykudaki karakteristik uyku iğcikleri (spindle) ortada gösterilmektedir.



Kaynak: Gropper et al., 2025

Tablo 1 Anestezik İlaçlar ve Elektroensefalogram (EEG)

İlaç	EEG Frekansına Etkisi	EEG Genliğine Etkisi	Burst Suppression?
İsofluran, Sevofluran, Desfluran			**Evet, >1.5 MAC**
Subanestezik	Alfa kaybı, ↑ frontal beta		
Anestezik	Frontal 4–13 Hz aktivite		
Artan doz >1.5 MAC	Diffüz teta ve delta → burst suppression → sessizlik	↓ 0	
Nitröz oksit (tek başına)	Frontal hızlı osilatuar aktivite (>30 Hz)	↓, özellikle >%50 inspire edilen konsantrasyonda	Hayır
Barbitüratlar			**Evet, yüksek dozlarda**
Düşük doz	Hızlı frontal ↑ beta aktivitesi	Hafif	
Orta doz	↑ Frontal alfa frekans iğcikleri (spindle)		
Artan yüksek doz	Diffüz delta → burst suppression → sessizlik	↓ 0	
Etomidat			**Evet, yüksek dozlarda**
Düşük doz	Hızlı frontal beta aktivitesi		
Orta doz	Frontal alfa frekans iğcikleri		
Artan yüksek doz	Diffüz delta → burst suppression → sessizlik	↓ 0	
Propofol			**Evet, yüksek dozlarda**
Düşük doz	Alfa kaybı; frontal beta		
Orta doz	Frontal delta; azalan/artan (waxing/waning) alfa		
Artan yüksek doz	Diffüz delta → burst suppression → sessizlik	↓ 0	
Ketamin			**Hayır**
Düşük doz	Alfa kaybı, değişkenlik	↓	
Orta doz	Frontal ritmik delta		
Yüksek doz	Polimorfik delta; bir miktar beta	Beta düşük genliklidir	
Benzodiazepinler			**Hayır**
Düşük doz	Alfa kaybı; artmış frontal beta aktivitesi		
Yüksek doz	Frontal baskın delta ve teta		
Opioidler			**Hayır**
Düşük doz	Beta kaybı; alfa yavaşlaması	Yok (None)	
Orta doz	Diffüz teta, bir miktar delta		
Yüksek doz	Delta, genellikle senkronize		
Deksmetomidin	Orta düzeyde yavaşlama, belirgin iğcikler (spindle)		Hayır

Alfa = 8–13 Hz frekans; beta ≥13 Hz frekans; delta ≤4 Hz frekans; teta = 4–7 Hz frekans. EEG, elektroensefalogram; MAC, minimum alveolar konsantrasyon.

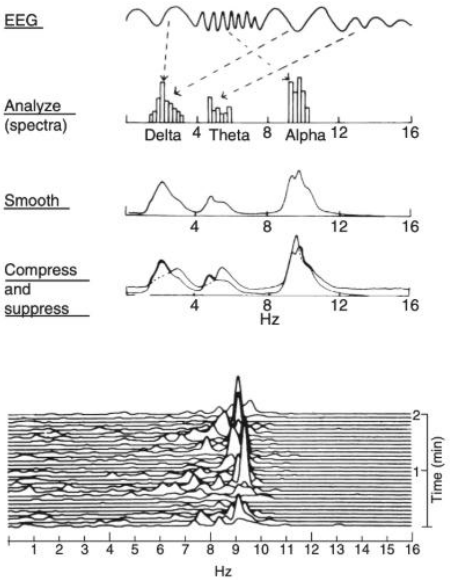
Kaynak: Gropper et al., 2025

İşlenmiş EEG ve anestezi derinliği monitörizasyonu

Günümüzde EEG verilerinin çeşitli matematiksel algoritmalar kullanılarak işlenmesiyle oluşturulan anestezi derinliği monitörleri yaygın olarak kullanılmaktadır. İşlenmiş elektroensefalografi (processed EEG, pEEG), frontal EEG kayıtlarının analiz edilerek klinisyene sadeleştirilmiş sayısal veriler sunulması esasına dayanır. Bispektral indeks (BIS), Patient State Index (PSI), entropi analizleri ve Narcotrend en yaygın kullanılan sistemler arasındadır. Bu yöntemler özellikle derin sedasyon uygulanan veya nöromüsküler blok nedeniyle klinik değerlendirmenin güvenilir olmadığı hastalarda anestezi derinliğinin izlenmesine yardımcı olabilir (Gropper et al., 2025; Liu & Song, 2025; Rasulo et al., 2022).

İşlenmiş EEG sistemleri, uygulanan hipnotik ajanların serebral etkilerinin değerlendirilmesini kolaylaştırmakla birlikte bilinç durumunu mutlak doğrulukla göstermez. BIS değerindeki düşüş artan sedasyon ve bilinç kaybı ile ilişkilidir; ancak bu sistemler serebral kortikal aktiviteyi yansıttıklarından ağrılı uyaranlara verilen yanıtlar veya spinal düzeyde gerçekleşen refleks aktiviteler hakkında doğrudan bilgi sağlamaz. Bu nedenle elde edilen sayısal indeksler her zaman ham EEG kayıtları, spektrogram bulguları ve klinik değerlendirme ile birlikte yorumlanmalıdır (Liu & Song, 2025; Rasulo et al., 2022).

Resim 6 Sıkıştırılmış spektral dizi oluşturmak için kullanılan bir tekniğin şeması



Şeklin altındaki örnek, normal bir olguya ait alfa ritminin sıkıştırılmış spektrumlarını göstermektedir.

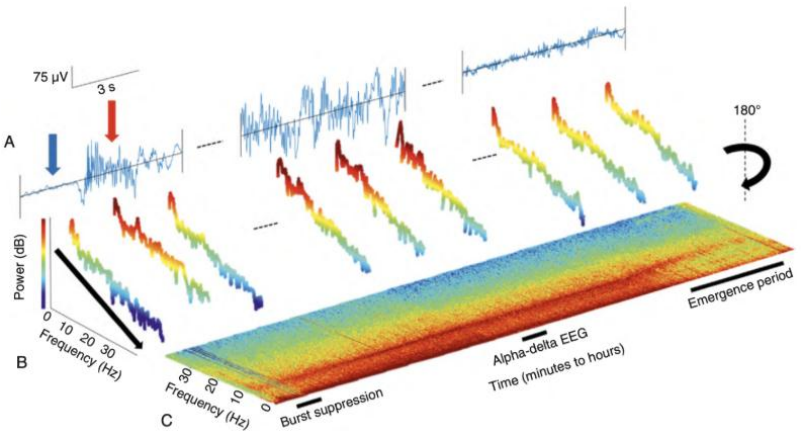
Kaynak: Gropper et al., 2025

İşlenmiş EEG indeksleri hasta özelliklerinden, mevcut nörolojik hastalıklardan, elektromiyografik aktiviteden, teknik artefaktlardan ve kullanılan ilaçlardan etkilenebilmektedir. Özellikle ketamin ve deksmedetomidin gibi ajanlar indeks değerlerinin yorumunu güçleştirebilir. Bu durum, anestezi yönetiminde yalnızca sayısal değerlere dayanmanın yetersiz olabileceğini göstermektedir (Rasulo et al., 2022).

Yaşla birlikte EEG spektral özelliklerinde belirgin değişiklikler meydana gelir. Frontal alfa gücündeki azalma ve anestetiklere karşı artmış burst-supresyon eğilimi, ileri yaş hastalarda nörokognitif kırılganlığın biyobelirteçleri olarak

değerlendirilmektedir. Bu nedenle yaşlı hastalarda ham EEG ve spektrogram değerlendirmesi, yalnızca işlenmiş EEG indekslerine güvenilmesine kıyasla daha fazla klinik bilgi sağlayabilir (Reese et al., 2023; Song, 2025).

Resim 7 Bir spektrogramın oluşturulmasındaki üç temel adım (A) Ham elektroensefalografi (EEG), zaman içinde mikrovolt (μV) cinsinden gösterilmektedir (B) Güç spektrumları, hızlı Fourier dönüşümü kullanılarak birkaç saniyelik EEG'den oluşturulur. Burada güç (genliğin karesidir) her bir frekans aralığı (bin) için gösterilmiştir. Y eksenindeki güç ayrıca kırmızıdan (yüksek güç) maviye (düşük güç) kadar değişen bir renk skalasıyla kodlanmıştır. Genel olarak spektrumlar, artan frekansla birlikte azalan güçle (geniş bant veya 1/f etkisi; en soluk güç spektrumundaki siyah oka bakın) karakterize edilir; sinüzoidal osilasyonlar (delta ve alfa osilasyonları gibi) geniş bant etkisine ek olarak güç piki (zirvesi) şeklinde görünür (C) Spektrogram için ardışık tüm spektrumlar dikey bir eksen etrafında 180 derece döndürülür ve yukarıdan izlenir (böylece 1 Hz'lik dalgalar izleyiciye en yakın, 50 Hz'lik dalgalar ise en uzaktadır).



En soldaki EEG ve spektrumlar, bir bastırma (suppression) dönemi örneğini (ham EEG'nin üzerindeki mavi okla işaretlenmiştir) ve ardından gelen bir alevlenmeyi (burst) (kırmızı okla işaretlenmiştir) göstermektedir. Spektrogramda bu durum, yüksek güç dönemleriyle (kırmızı) değişen düşük güçteki (mavi) dikey şeritler olarak görülür. Ortadaki EEG bölümü ve üç spektrum, intraoperatif bir "alfa-

delta" EEG örneğini göstermektedir. Spektrogramda alfa osilasyonları 10 Hz civarında koyu kırmızı bir güç bandı ile gösterilir ve delta osilasyonları grafiğin alt kısmındaki koyu kırmızı banttır. En sağdaki EEG ve spektrumlar, spektral eğimin daha az dik olduğu (güç spektrumlarının daha fazla turuncu ve açık yeşil güç seviyeleri gösterdiği) ve alfa osilasyonunun daha yüksek bir frekansa kaydığı derlenme döneminden bir örnek göstermektedir.

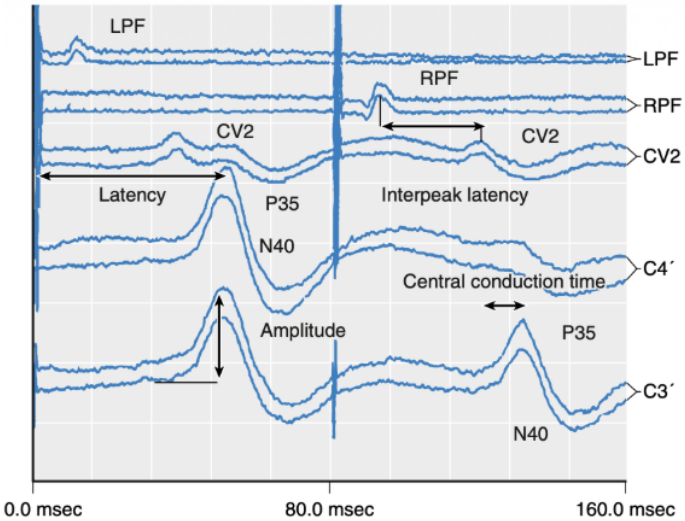
Kaynak: Gropper et al., 2025

Burst-supresyon paterni derin serebral baskılanmanın önemli göstergelerinden biridir. Gereksiz burst-supresyon oluşturulmasından kaçınılması önerilmekle birlikte, refrakter intrakraniyal hipertansiyon ve bazı seçilmiş nörolojik durumlarda terapötik amaçla kullanılabilir. Bu tür durumlarda baskılanma düzeyinin dikkatli şekilde izlenmesi ve EEG bulgularının sürekli değerlendirilmesi gerekmektedir (Rasulo et al., 2022). Son yıllarda anestezi derinliği değerlendirilmesinde yalnızca sayısal indekslerin değil, ham EEG kayıtları, trend analizleri ve zaman-frekans spektrogramlarının birlikte yorumlanması önerilmektedir (Liu & Song, 2025; Rasulo et al., 2022).

Somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller

Somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), periferik duyusal sinirlerin elektriksel olarak uyarılması sonrasında santral sinir sisteminden elde edilen yanıtların kaydedilmesine dayanır. Özellikle dorsal kolon-medial lemniskal sistemin fonksiyonel bütünlüğünün değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Genlikte belirgin azalma veya latansta uzama gelişmesi, omurilik veya serebral iskemi açısından uyarıcı bulgu olarak kabul edilmektedir (Gropper et al., 2025).

Resim 8 Somatosensoriyel uyarılmış yanıtlar



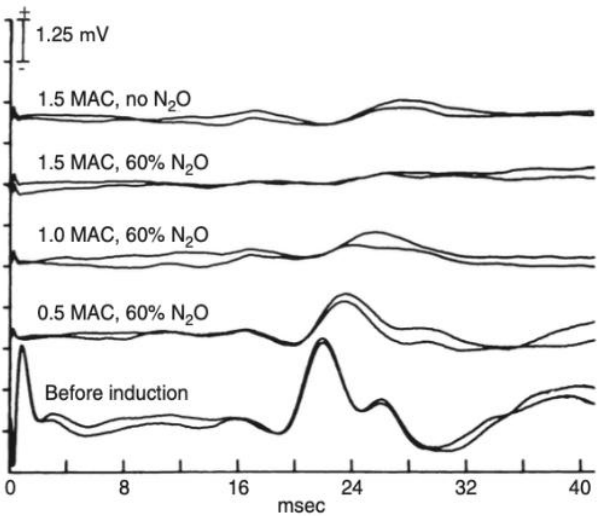
Latens (gecikme süresi) ve amplitüt (genlik) cinsinden tanımlanır. Tepe noktaları arası latens, iki tepe noktası arasında ölçülen süredir. Tepe noktaları arası latens, aynı kanaldaki iki tepe noktası arasında veya farklı kanallardaki tepe noktaları arasında (şekilde gösterildiği gibi) ölçülebilir. Tepe noktalarının polaritesinin (kutupluluğunun) standart kuralın aksine ters gösterildiğine dikkat edin. Örnekte posterior tibial somatosensoriyel uyarılmış potansiyellerin bir kaydı gösterilmektedir. Bir dalga formunun tekrarlanabilirliği sinyali yapıttan (artefakt) ayırt etmeye yardımcı olduğu için her bir kayıt iki kez yinelenmiştir. Sol ve sağ posterior tibial sinirler sırasıyla 0. ve 90. milisaniyelerde uyarımlanmaktadır. İlk uyarılmış yanıt sırasıyla sol ve sağ popliteal fossadan (sırasıyla LPF ve RPF) kaydedilir. CV2 olarak etiketlenen tepe noktası, kraniyoservikal bileşkeden kaydedilen beyin sapı yanıtını temsil eder. Uzak alan (far-field) potansiyeli olarak bu potansiyel, sağ ve sol taraflı stimülasyon için benzer görünmektedir. Primer kortikal yanıtlar kontrlateral hemisferden kaydedilir (P35 ve N40 olarak etiketlenmiştir).

Kaynak: Gropper et al., 2025

SSEP kayıtları anestezik ajanlar ile çeşitli fizyolojik ve farmakolojik faktörlerden etkilenebilmektedir. Güçlü inhalasyon

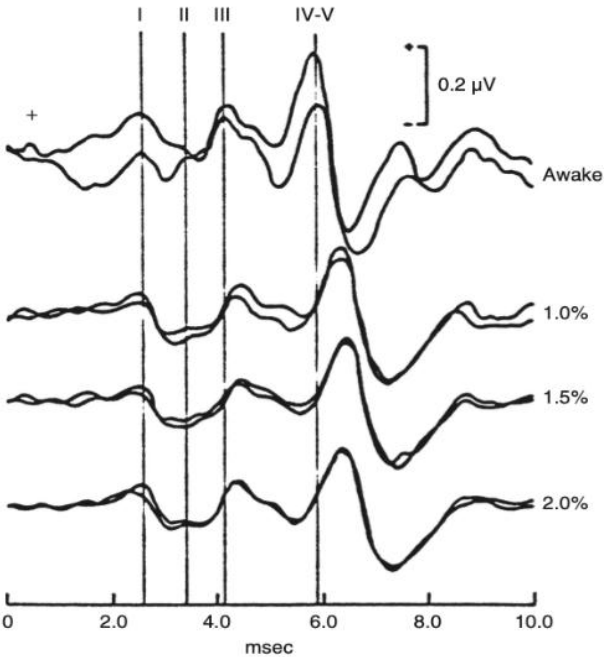
anestetikleri amplitüdlerde azalmaya ve latanslarda uzamaya neden olurken, bu etkiler yüksek konsantrasyonlarda daha belirgin hâle gelmektedir. Buna karşılık intravenöz ajanların SSEP üzerindeki etkileri daha sınırlıdır. Ayrıca hipotermi, anemi, hipotansiyon, şok ve anestetik derinlikteki değişiklikler SSEP yanıtlarını anlamlı düzeyde etkileyebilmektedir. Bu nedenle nöromonitörizasyon sırasında anestezik planlamanın ve fizyolojik stabilitenin korunması büyük önem taşımakta; elde edilen bulguların yalnızca cerrahi manipülasyona bağlanmayıp klinik bağlam içerisinde yorumlanması gerekmektedir (Liu & Song, 2025; Toleikis et al., 2024).

Resim 9 İsofluranın çeşitli minimum alveolar konsantrasyon (MAC) düzeylerinde temsilî somatosensoriyel uyarılmış potansiyel kortikal yanıtları (C-3, C-4-FPz)



Kaynak: Gropper et al., 2025

Resim 10 Tipik bir olguda yalnız isofluranın beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyeli üzerindeki etkisi



III. ve IV-V. tepelerin latensi (gecikme süresi) %1.0'de artmış, ancak artan anestezi derinliğiyle birlikte stabil hale gelmiştir.

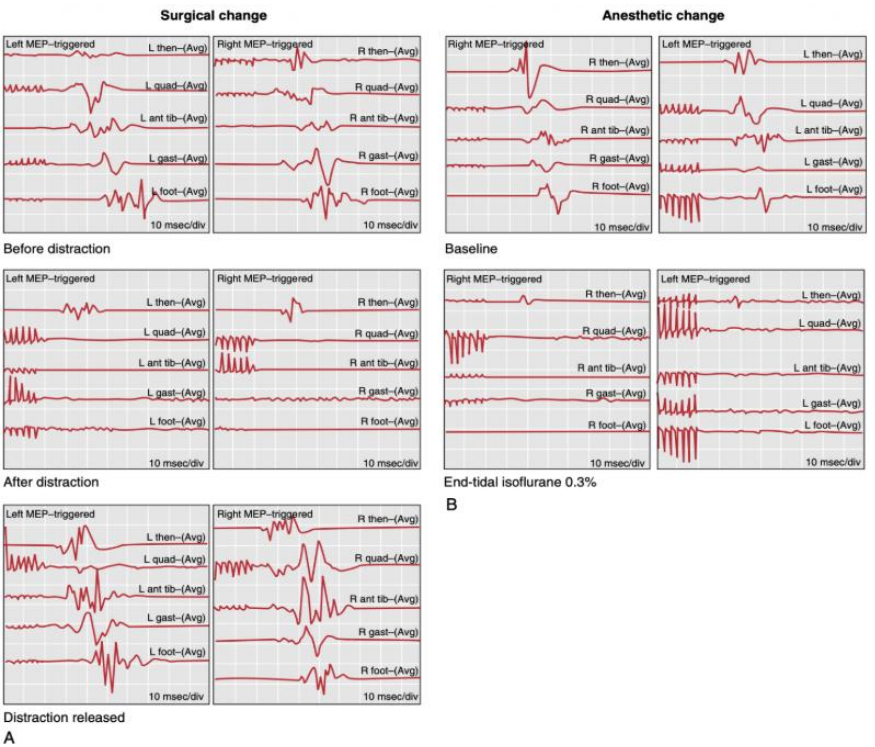
Kaynak: Gropper et al., 2025

Motor uyarılmış potansiyeller

Motor uyarılmış potansiyeller (MEP), motor korteksin stimulasyonu sonrasında kortikospinal trakt boyunca oluşan yanıtların değerlendirilmesini sağlar. Özellikle omurga cerrahileri, intramedüller tümör cerrahileri ve motor korteks veya kortikospinal traktın risk altında olduğu girişimlerde motor yol bütünlüğünün değerlendirilmesinde önemli rol oynar. Motor sistem yaralanmalarının erken dönemde saptanmasına olanak tanıdığı için

günümüzde multimodal nöromonitörizasyonun temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir (Gropper et al., 2025). MEP kayıtları nöromüsküler blokajdan belirgin şekilde etkilenmektedir. Rezidüel nöromüsküler blokajın MEP amplitüdünü azaltabileceği ve kayıt başarısını düşürebileceği gösterilmiş; TOF oranı yükseldikçe MEP elde etme başarısının arttığı bildirilmiştir. Özellikle TOF oranının ≥0,75 olduğu olgularda MEP kayıt başarı oranlarının daha yüksek olduğu saptanmıştır (Hayashi et al., 2022). Bu nedenle MEP monitörizasyonu planlanan olgularda nöromüsküler blokaj düzeyinin kantitatif olarak izlenmesi önerilmektedir. Nöromüsküler blokajın derecesi, kullanılan ajan dozu, hasta yaşı, karaciğer fonksiyonu ve diğer hasta özelliklerinden etkilenebileceğinden, elde edilen MEP yanıtları anestezik yönetim ve nöromüsküler monitörizasyon verileri ile birlikte değerlendirilmelidir. Güncel yaklaşımlarda MEP monitörizasyonunun güvenilirliğini artırmak amacıyla çoğunlukla total intravenöz anestezi tercih edilmekte ve gerektiğinde sugammadeks ile nöromüsküler blokajın geri döndürülmesi kullanılabilmektedir. Sugammadeks uygulamasının nöromüsküler iletimin daha hızlı düzelmesini sağladığı, MEP amplitüdlerini artırabildiği ve MEP monitörizasyonunun başlatılması için gereken süreyi kısaltabildiği bildirilmiştir (Hayashi et al., 2022; Phoowanakulchai & Kawaguchi, 2023).

Resim 11 (A) Omurga cerrahisi (skolyoz onarımı) sırasında cerrahi kaynaklı değişikliği gösteren transkraniyal elektriksel motor uyarılmış potansiyel (MEP) kaydı (B) Anestezi kaynaklı değişiklik gösteren MEP.



Anestezi kaynaklı değişiklikte üst ekstremite yanıtlarının da değişmiş olması haricinde, değişiklik örüntüsünün benzerliğine dikkat edin. Sol ve sağ taraflı yanıtlar ilgili panelde gösterilmiştir. Her panelde tek bir üst ekstremite yanıtı (üst çizim) gösterilmektedir. Her bir alt ekstremitedeki dört kas grubundan alınan yanıtlar doğrudan bunların altında yer almaktadır. Ant tib, m. tibialis anterior; gast, m. gastrocnemius; L, sol; quad, m. quadriceps femoris; R, sağ; then, thenar (tenar).

Kaynak: Gropper et al., 2025

Beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyeller

Beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyeller (BAEP), koklea ile beyin sapı arasındaki işitsel yolların fonksiyonel bütünlüğünün değerlendirilmesini sağlayan nörofizyolojik bir monitörizasyon yöntemidir. Özellikle posterior fossa ve serebellopontin köşe cerrahilerinde, vestibülokoklear sinirin ve santral işitsel yolakların intraoperatif izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İntraoperatif dönemde dalga latanslarında uzama, amplitüdde azalma veya yanıt kaybı; beyin sapı ya da vestibülokoklear sinir üzerindeki cerrahi etkilenmenin erken göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Özellikle dalga V'deki değişiklikler postoperatif işitme fonksiyonları açısından uyarıcı bulgular olarak değerlendirilmekte olup, BAEP değişikliklerinin cerrahi evreler ve diğer nöromonitörizasyon verileri ile birlikte yorumlanması önerilmektedir. Bununla birlikte alarm kriterleri ve eşik değerler çalışmalar arasında farklılık gösterebilmektedir (Gropper et al., 2025; Gu et al., 2022; Park et al., 2023).

Görsel uyarılmış potansiyeller (VEP)

Görsel uyarılmış potansiyeller (VEP), optik sinir, optik kiazma ve santral görme yollarının fonksiyonel bütünlüğünü değerlendirmek amacıyla kullanılan nörofizyolojik monitörizasyon yöntemlerinden biridir. Özellikle ön görme yollarının risk altında olduğu transsfenoidal cerrahiler, sellar-parasellar bölge girişimleri, kraniyofarenjiyom cerrahileri ve optik aparata komşu kafa kaidesi operasyonlarında kullanılmaktadır. İntraoperatif VEP monitörizasyonunun temel amacı, cerrahi manipülasyon sırasında gelişebilecek görme yolu hasarını erken dönemde saptayarak kalıcı postoperatif görme kaybını önlemektir.

Literatürde VEP amplitüdündeki belirgin azalmalar optik yol yaralanması açısından uyarıcı bulgu olarak kabul edilmekte ve birçok merkezde bu değişiklikler cerrahi manipülasyonun geçici olarak durdurulmasına neden olmaktadır. Modern VEP monitörizasyonunda, retina uyarımının gerçekten gerçekleştiğinin doğrulanabilmesi amacıyla elektroretinografi (ERG) ile eş zamanlı kayıt alınması önerilmektedir. Retina düzeyindeki ışık uyarısındaki değişiklikler VEP amplitüdünde yalancı değişikliklere yol açabileceğinden, ERG kayıtları VEP verilerinin yorumlanmasında önemli bir tamamlayıcı unsur olarak kabul edilmektedir. VEP monitörizasyonunun güvenilirliği uygulanan anestezi tekniği ve kayıt kalitesinden etkilenmekte olup, total intravenöz anestezi (TIVA), LED tabanlı görsel uyarım sistemleri ve eş zamanlı ERG kullanımının kayıtların tekrarlanabilirliğini artırdığı bildirilmektedir. Ayrıca ışık stimülasyonunun ameliyathane ışıklarından etkilenmemesi için gözlerin uygun şekilde korunması ve kayıt sistemlerinin dikkatli şekilde yerleştirilmesi önerilmektedir.

VEP amplitüdündeki değişiklikler için kullanılan alarm eşikleri çalışmalar arasında farklılık göstermektedir. Transsfenoidal cerrahiye ilişkin sistematik derlemede birçok merkez tarafından %50 amplitüd azalması alarm kriteri olarak kullanılmış olmakla birlikte, daha güncel çalışmalarda ERG ile düzeltilmiş VEP kayıtları için %20 azalma eşiği önerilmiştir. Bu bulgular, intraoperatif VEP monitörizasyonunda evrensel olarak kabul edilmiş standart bir alarm kriterinin henüz bulunmadığını düşündürmektedir (Cochard et al., 2024; Jashek-Ahmed et al., 2021).

Elektromiyografi

Elektromiyografi (EMG), kranial ve periferik sinirlerin fonksiyonel bütünlüğünün değerlendirilmesinde kullanılan önemli

bir yöntemdir. Fasiyal sinir, rekürren laringeal sinir ve diğer periferik sinirlerin risk altında olduğu cerrahilerde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Spontan nörotonik deşarjların veya uyarılmış kas yanıtlarının değerlendirilmesi, sinir yaralanmalarının erken tanınmasına yardımcı olur (Gropper et al., 2025). Elektromiyografi, serbest (free-running) ve uyarılmış (triggered) kayıt teknikleri kullanılarak uygulanabilmektedir. Serbest EMG, cerrahi manipülasyon sırasında ortaya çıkan nörotonik deşarjların gerçek zamanlı olarak izlenmesine olanak sağlarken, uyarılmış EMG sinir yapılarını tanımlamak ve cerrahi saha içerisindeki anatomik ilişkileri doğrulamak amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle kafa kaidesi ve posterior fossa cerrahilerinde kranial sinirlerin korunmasına yönelik nöromonitörizasyonun önemli bileşenlerinden biri olan EMG, cerrahi manipülasyona bağlı sinir irritasyonunun veya yaralanmasının erken dönemde saptanmasına katkı sağlayabilmektedir. Kranial sinir III, IV ve VI monitörizasyonunda serbest EMG'de gözlenen nörotonik deşarjların postoperatif okülomotor fonksiyon bozukluğu ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Oishi et al., 2024).

Fasiyal sinir monitörizasyonunda serbest EMG, mekanik veya termal sinir irritasyonuna bağlı gelişen elektriksel aktivitenin değerlendirilmesine olanak sağlamakta; özellikle sürekli ve yüksek frekanslı deşarj paternlerinin postoperatif sinir fonksiyonları açısından prognostik değer taşıyabileceği belirtilmektedir. Ayrıca fasiyal sinir cerrahilerinde EMG, diğer nörofizyolojik yöntemlerle birlikte kullanılarak sinirin fonksiyonel bütünlüğünün korunmasına yardımcı olmaktadır (Jeon et al., 2023).

Multimodal nöromonitörizasyon

Tek bir monitörizasyon yönteminin serebral ve spinal sinir sisteminin tüm fonksiyonel bileşenlerini eksiksiz değerlendirmesi mümkün değildir. Bu nedenle günümüzde EEG, somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP), beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyeller (BAEP), görsel uyarılmış potansiyeller (VEP) ve elektromiyografi (EMG) gibi farklı nörofizyolojik yöntemlerin birlikte kullanıldığı multimodal nöromonitörizasyon yaklaşımı giderek daha fazla benimsenmektedir. Farklı modalitelerin eş zamanlı kullanılması, duyusal ve motor yolaklar ile kranial sinir fonksiyonlarının tamamlayıcı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlayarak nörolojik yaralanmaların daha erken dönemde saptanmasına yardımcı olmaktadır (Gropper et al., 2025; Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

Multimodal yaklaşımın temel avantajı, tek bir yöntemin sınırlılıklarının diğer monitörizasyon teknikleri ile dengelenebilmesidir. Örneğin SSEP dorsal kolon-medial lemniskal sistemi değerlendirirken, MEP kortikospinal trakt hakkında bilgi sağlar; BAEP ve VEP sırasıyla işitsel ve görsel yolların izlenmesine olanak tanır. EEG ve işlenmiş EEG yöntemleri ise serebral kortikal fonksiyonlar ile anestezik etkinin değerlendirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle özellikle kompleks omurga cerrahileri, posterior fossa girişimleri, beyin sapı cerrahileri, kafa kaidesi operasyonları ve yüksek riskli nörovasküler girişimlerde multimodal nöromonitörizasyon tercih edilmektedir (Gropper et al., 2025; Liu & Song, 2025; Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

Güncel yaklaşımlar ayrıca intrakraniyal basınç (İKB), serebral perfüzyon basıncı (SPB), beyin doku oksijenizasyonu

($PbtO_2$) ve serebrovasküler otoregülasyon göstergeleri gibi fizyolojik monitörizasyon verilerinin nörofizyolojik bulgularla birlikte değerlendirilmesini önermektedir. Böylece serebral hemodinamik durum, doku oksijenasyonu ve nöronal fonksiyon aynı anda izlenebilmekte; gelişmekte olan sekonder beyin hasarının daha kapsamlı değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bu bütünleşik yaklaşım modern nöroanestezi ve nörokritik bakım uygulamalarında giderek daha önemli hale gelmektedir (Addis et al., 2023; Al-Kawaz et al., 2022; Fan & Rosenthal, 2023; Hawryluk et al., 2022; Santana et al., 2024; Vitt et al., 2023).

Havayolu ve İndüksiyon

Nöroşirürjik girişimlerde havayolu yönetimi ve anestezi indüksiyonu, serebral fizyolojiyi etkileyebilecek kritik olayların en sık meydana geldiği dönemlerden biridir. Bu aşamada temel amaç güvenli havayolu sağlanırken serebral perfüzyonun korunması, intrakraniyal basınç artışına yol açabilecek uyarıların azaltılması ve sekonder beyin hasarından kaçınılmasıdır. Özellikle intrakraniyal kompliyansın azaldığı veya serebral perfüzyonun risk altında olduğu hastalarda indüksiyon sırasında ortaya çıkabilecek hipoksi, hipotansiyon veya belirgin hemodinamik dalgalanmalar nörolojik sonuçları olumsuz yönde etkileyebilir (Gropper et al., 2025).

Havayolu değerlendirmesi tüm nöroşirürjik hastalarda standart anestezi uygulamalarındaki prensiplere göre yapılmalıdır. Bununla birlikte servikal hareket kısıtlılığı, kafa tabanı patolojileri, önceki cerrahi girişimler, kraniofasiyal anomaliler ve acil cerrahi koşulları havayolu yönetimini zorlaştırabilecek ek faktörler olarak değerlendirilmelidir (Alali & Dua, 2025). Özellikle kranioservikal bileşke patolojileri, servikal travma, romatoid artrite bağlı atlantoaksiyel instabilite, Down sendromu ile ilişkili üst servikal

anomaliler ve belirgin servikal omurga deformitesi bulunan hastalarda havayolu planlaması yapılırken servikal omurgada ikincil yaralanma riskini azaltmak amacıyla havayolu yönetimi sırasında servikal hareketin mümkün olan en düşük düzeyde tutulması hedeflenmelidir. Bu hasta grubunda ayrıntılı nörolojik değerlendirme ve görüntüleme incelemelerinin gözden geçirilmesi önem taşırken, gerekli durumlarda manuel in-line stabilizasyon, videolaringoskopi veya fleksibl bronkoskopi gibi servikal hareketi azaltan teknikler tercih edilebilir. Ayrıca sekonder nörolojik hasarın yalnızca servikal hareketle değil, hipoksi ve hipotansiyon gibi fizyolojik bozukluklarla da ilişkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Manlapaz et al., 2022). Özellikle uyanık kraniyotomi uygulanacak hastalarda zor havayolu öyküsü, obstrüktif uyku apnesi, morbid obezite ve kronik solunum yolu problemleri ayrıntılı olarak sorgulanmalıdır (Alali & Dua, 2025).

Preoperatif görüntülemede unkal, subfalsin veya tonsiller herniasyonu düşündüren bulgular bulunan hastalarda anestezi indüksiyonu öncesinde serebral perfüzyonun korunmasına yönelik stratejiler planlanmalıdır. İntrakraniyal hipertansiyon ve herniasyon gelişimi, tedavi edilmediğinde ilerleyici beyin dokusu yer değiştirmesine, beyin sapı fonksiyonlarının bozulmasına ve ciddi nörolojik sekellere yol açabilen yaşamı tehdit eden bir durumdur. Bu nedenle indüksiyon süresince serebral perfüzyon basıncının korunması, yeterli oksijenasyonun sürdürülmesi ve intrakraniyal basıncı artırabilecek sekonder fizyolojik bozukluklardan kaçınılması temel hedefler arasında yer almalıdır (Blacker et al., 2026). İndüksiyonun temel hedeflerinden biri serebral perfüzyonun korunmasıdır. İntrakraniyal basıncı artmış hastalarda sistemik arter basıncındaki düşüşler serebral perfüzyon basıncında belirgin azalmaya yol açabilir. Özellikle serebral iskemi riski bulunan

olgularda hipotansiyon, metabolik olarak kritik sınırda bulunan beyin dokusunun geri dönüşümsüz hasara ilerlemesine neden olabilir. Bu nedenle indüksiyon sırasında arteriyel kan basıncı dikkatle izlenmeli ve anlamlı hipotansiyon gelişmesine izin verilmemelidir (Gropper et al., 2025).

İntrakraniyal hipertansiyon veya herniasyon riski bulunan hastalarda acil nörolojik kötüleşmenin önlenebilmesi için perioperatif dönemde serebral perfüzyonun hızla yeniden sağlanması ve korunması önerilmektedir. Bu nedenle indüksiyon sırasında ani hipotansiyon, hipoksi ve serebral perfüzyonu olumsuz etkileyebilecek belirgin hemodinamik dalgalanmalardan kaçınılmalıdır (Wooding et al., 2023).

Travmatik beyin hasarı bulunan veya intrakraniyal uyumun azaldığı nöroşirürjik hastalarda hızlı seri indüksiyonun temel amacı, havayolunu mümkün olan en kısa sürede güvence altına alırken hipoksi, hipotansiyon, hiperkapni ve intrakraniyal basınç artışı gibi sekonder beyin hasarına katkıda bulunabilecek fizyolojik bozuklukların önlenmesidir. Bu nedenle endotrakeal entübasyon yalnızca hızlı değil, aynı zamanda serebral perfüzyonu koruyacak şekilde hemodinamik stabilite sağlanarak gerçekleştirilmelidir. Özellikle havayolu yönetimi sırasında gelişen hipoksemi ve hipotansiyonun nörolojik sonuçları olumsuz etkilediği, bu nedenle indüksiyon sürecinin sekonder hasarın önlenmesi prensibi doğrultusunda planlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu nedenle indüksiyon ilaçlarının ve nöromüsküler blokajın seçimi, hastanın nörolojik ve hemodinamik özellikleri göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir (Dao et al., 2023). Güncel hızlı seri indüksiyon yaklaşımında, işlem öncesinde ayrıntılı havayolu değerlendirmesi yapılması, güvenilir intravenöz erişimin

sağlanması, etkili preoksijenasyon uygulanması ve olası güç havayolu senaryoları için kurtarma planlarının önceden hazırlanması önerilmektedir. Ayrıca ciddi nöroşirürjik veya kritik hastalarda hemodinamik instabilite riski nedeniyle gerekli olgularda invaziv arter basıncı monitörizasyonunun indüksiyon öncesinde kurulması ve vazoaktif ilaçların hazır bulundurulması önerilmektedir (Collins & O'Sullivan, 2022). Hızlı seri indüksiyon sırasında nöromüsküler blokör seçimi hastanın nörolojik durumu, eşlik eden yaralanmaları ve klinik gereksinimleri göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Süksinilkolin hızlı başlangıç ve kısa etki süresi nedeniyle uzun yıllardır RSI için tercih edilen ajanlardan biri olmuştur. Bununla birlikte, sugammadeks ile hızlı geri döndürme olanağının bulunması nedeniyle roküronyum günümüzde giderek daha sık kullanılmaktadır. Uygun dozlarda uygulanan roküronyumun süksinilkoline benzer entübasyon koşulları sağlayabildiği ve özellikle kontrendikasyonların bulunduğu hastalarda güvenilir bir alternatif olduğu bildirilmektedir (Dao et al., 2023).

Nöroşirürjik hastalarda ideal indüksiyon ajanının seçimi, serebral oksijenasyonun korunması ve hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi açısından önem taşımaktadır. Travmatik beyin hasarı hastalarında gerçekleştirilen gözlemsel bir çalışmada, etomidat, tiyopenton ve propofol ile indüksiyon sonrasında bölgesel serebral oksijen satürasyonunun tüm gruplarda arttığı gösterilmiş; ancak etomidat kullanılan hastalarda hemodinamik değişikliklerin daha sınırlı olduğu ve serebral oksijenasyondaki artışın daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada propofol ile indüksiyonun etomidata kıyasla ortalama arter basıncında daha belirgin azalma ile ilişkili olduğu, buna karşın nörolojik sonuçların taburculuk sırasında gruplar arasında benzer bulunduğu bildirilmiştir (Sharma et al., 2025). Ketaminin nörotravma hastalarındaki kullanımı uzun yıllar

intrakraniyal basınç üzerindeki olası etkileri nedeniyle tartışmalı kabul edilmiş olmakla birlikte, güncel sistematik derlemelerde ketamin uygulamasının intrakraniyal basınç üzerinde tutarlı bir artışa neden olduğuna ilişkin kesin kanıt bulunmadığı, bazı çalışmalarda intrakraniyal basınçta azalma ve serebral perfüzyon basıncında artış bildirildiği gösterilmiştir. Bununla birlikte mevcut veriler heterojen olup, ketaminin intrakraniyal basınç, serebral perfüzyon basıncı ve diğer nörofizyolojik parametreler üzerindeki etkileri çalışmalar arasında değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle ketamin kullanımına ilişkin karar verilirken hastanın nöropatolojik özellikleri, hemodinamik durumu ve eşlik eden tedaviler birlikte değerlendirilmelidir (Sameer & Al Abbas, 2024).

Laringoskopi ve trakeal entübasyon sempatik sinir sistemi aktivasyonuna bağlı olarak taşikardi ve hipertansiyona neden olabilir. Bu hemodinamik yanıtlar serebral kan hacmini artırarak intrakraniyal basınç yükselmesine katkıda bulunabilir. Özellikle intrakraniyal hipertansiyon, serebral anevrizma veya kitle etkisi bulunan hastalarda bu dönemde oluşan belirgin kan basıncı yükselmeleri istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle kısa etkili opioidler ve uygun hemodinamik kontrol stratejileri kullanılarak entübasyon yanıtının azaltılması hedeflenmelidir (Gropper et al., 2025).

İndüksiyon süresince yeterli oksijenasyonun sürdürülmesi temel önceliklerden biridir. Hipoksemi serebral hasarın ilerlemesine katkıda bulunan en önemli sistemik faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Gropper et al., 2025). Benzer şekilde hiperkapni serebral vazodilatasyona yol açarak serebral kan hacmini ve intrakraniyal basıncı artırabilir. Bununla birlikte akut beyin hasarlı hastalarda $PaCO_2$'nin aşırı düşürülmesine dayanan rutin profilaktik

hiperventilasyon yaklaşımı da önerilmemektedir. Derin hipokapniye bağlı serebral vazokonstriksiyon serebral kan akımını azaltabileceğinden, ventilasyon stratejileri uygulanırken $PaCO_2$'nin yakından izlenmesi ve serebral perfüzyonun korunmasına yönelik normokapnik yaklaşımın sürdürülmesi hedeflenmelidir. Güncel öneriler akut beyin hasarlı hastalarda hiperkapniden kaçınılmasını vurgularken, koruyucu ventilasyon stratejilerinin $PaCO_2$ kontrolü sağlanarak uygulanabileceğini ve ventilasyon hedeflerine ulaşmak için tidal volüm yerine solunum sayısının ayarlanmasının daha uygun bir yaklaşım olabileceğini bildirmektedir (Asehnoune et al., 2023). Bu nedenle indüksiyon ve entübasyon süresince etkili preoksijenasyon sağlanmalı, ventilasyon sürekliliği korunmalı ve normokapni hedeflenmelidir (Gropper et al., 2025).

Uyanık kraniyotomi uygulanan hastalarda havayolu yönetimi özel önem taşımaktadır. Sedasyonun yeterli konfor sağlayacak ancak spontan ventilasyonu bozmayacak düzeyde sürdürülmesi gerekir. Nazal oksijen uygulaması, nazofaringeal airway veya supraglottik havayolu araçları gerekli durumlarda kullanılabilir. Bununla birlikte havayolu obstrüksiyonu, hiperkapni ve hipoksemi gelişme olasılığı nedeniyle ileri havayolu ekipmanı her zaman hazır bulundurulmalıdır (Alali & Dua, 2025). Son yıllarda yüksek akımlı nazal oksijen (HFNO/HFNC) sistemleri, uyanık kraniyotomi sırasında oksijenasyonun sürdürülmesine destek amacıyla giderek daha sık kullanılmaktadır. Bu yöntem özellikle obezite, obstrüktif uyku apnesi veya desatürasyon riski yüksek hastalarda oksijen rezervinin artırılmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte nöroşirürjik hastalarda ventilasyonun da yakından izlenmesi gereklidir; zira sedasyona bağlı hipoventilasyon ve karbondioksit retansiyonu serebral kan akımında artışa ve intrakraniyal basınçta yükselmeye neden olabilir (Karim et al., 2022).

Anestezi İdamesi

Nöroşirürjik girişimlerde anestezi idamesinin temel amacı, yeterli anestezi derinliği sağlanırken serebral perfüzyonun korunması, intrakraniyal basıncın kontrol altında tutulması ve cerrahi gereksinimlere uygun fizyolojik koşulların sürdürülmesidir. Uygulanacak anestezi tekniği; cerrahi patolojinin özellikleri, intrakraniyal kompliyans durumu, nöromonitörizasyon gereksinimi ve erken postoperatif nörolojik değerlendirme ihtiyacı göz önünde bulundurularak seçilmelidir (Gropper et al., 2025).

Total intravenöz anestezi

Propofol bazlı total intravenöz anestezi (TIVA), serebral metabolik hızdaki azalma ile serebral kan akımındaki azalmanın büyük ölçüde eş zamanlı gerçekleşmesi ve serebral otoregülasyonun klinik olarak anlamlı dozlarda büyük ölçüde korunabilmesi nedeniyle nöroşirürjide yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu özellikler serebral kan hacmi ve intrakraniyal basıncın azaltılmasına katkı sağlayarak özellikle intrakraniyal kompliyansın azaldığı olgularda avantaj oluşturabilir. Propofol-remifentanil temelli TIVA uygulamaları ise hızlı titre edilebilmeleri, öngörülebilir derlenme özellikleri ve erken nörolojik değerlendirmeye olanak sağlamaları nedeniyle özellikle kraniyotomi ve intraoperatif nöromonitörizasyon gerektiren girişimlerde sık tercih edilmektedir (Elganga et al., 2026; Gropper et al., 2025; Kumar & Sebastian, 2022; Loo et al., 2022; Nguyen et al., 2023).

Motor uyarılmış potansiyel (MEP) ve somatosensoriyel uyarılmış potansiyel (SSEP) monitörizasyonunun gerekli olduğu girişimlerde, total intravenöz anestezi sıklıkla tercih edilmektedir. Volatil ajanların uyarılmış potansiyel amplitüdleri üzerinde

baskılayıcı etkileri bulunurken, propofol bazlı tekniklerin kayıt kalitesini daha iyi koruyabildiği gösterilmiştir (Gropper et al., 2025). Ayrıca TIVA, postoperatif bulantı ve kusma insidansını azaltması ve hızlı, tutarlı nörolojik değerlendirmeye olanak sağlayan kontrollü derlenme özellikleri nedeniyle nöroşirürjik uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir (Kumar & Sebastian, 2022; Nguyen et al., 2023).

Volatil anestezikler

Volatil anestezikler nöroşirürjide uzun yıllardır güvenle kullanılmaktadır. Ancak bu ajanlar doz bağımlı serebral vazodilatasyon oluşturarak serebral kan hacminde artışa neden olabilirler. Bu etkinin klinik önemi özellikle intrakraniyal kompliyansın azaldığı, belirgin ödem veya kitle etkisinin bulunduğu hastalarda ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle volatil ajanlar kullanılırken konsantrasyonlar dikkatli biçimde titre edilmeli ve serebral fizyoloji üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmalıdır (Gropper et al., 2025).

Bununla birlikte modern volatil ajanlarla bu etkilerin klinik önemi geçmişte düşünüldüğünden daha sınırlı görünmektedir. Desfluran için yaklaşık 1 MAC'a, sevofluran için ise yaklaşık 1.5 MAC'a kadar serebral otoregülasyonun büyük ölçüde korunabildiği bildirilmiştir. Özellikle remifentanil gibi opioidlerle birlikte kullanıldığında MAC gereksiniminin azalması, serebral hemodinamik etkilerin sınırlandırılmasına katkı sağlayabilmektedir. Nöromonitörizasyon gereksiniminin sınırlı olduğu olgularda veya bazı merkezlerin uygulamalarında, düşük konsantrasyonlu volatil anesteziklerin remifentanil infüzyonu ile kombine edildiği dengeli anestezi teknikleri de kullanılabilmektedir (Guzzi et al., 2024; Kumar & Sebastian, 2022). Deneysel çalışmalarda volatil

anesteziklerin çeşitli nöroprotektif etkileri gösterilmiş olmakla birlikte, klinik çalışmalarda bu etkilerin hasta sonuçlarına belirgin olarak yansıdığı kesin şekilde gösterilememiştir. Günümüzde herhangi bir volatil ajanın nörolojik sonlanımlar açısından belirgin üstünlük sağladığını destekleyen güçlü kanıtlar bulunmamaktadır (Gropper et al., 2025).

Total intravenöz ve volatil anestezinin karşılaştırılması

Elektif kraniyotomi hastalarında gerçekleştirilen çok merkezli çalışmalar, total intravenöz anestezi ve volatil bazlı anestezi tekniklerinin erken klinik sonuçlar açısından büyük ölçüde benzer performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Erken derlenme, cerrahi alan koşulları ve nörolojik değerlendirme açısından çeşitli farklılıklar bildirilmiş olsa da, mevcut veriler herhangi bir tekniğin uzun dönem nörolojik sonuçlar açısından açık üstünlüğünü göstermemektedir (Elganga et al., 2026; Gropper et al., 2025). Güncel karşılaştırmalı çalışmalar, TIVA'nın beyin gevşemesi, intrakraniyal basınç kontrolü ve intraoperatif nöromonitörizasyon açısından bazı avantajlar sağlayabildiğini; buna karşın modern volatil ajanların da hızlı derlenme ve erken nörolojik değerlendirme açısından benzer sonuçlar sunabildiğini göstermektedir. Dolayısıyla mevcut kanıtlar, hasta sonuçları açısından belirgin bir üstünlükten ziyade her iki yaklaşımın uygun hasta seçimi ile güvenle uygulanabileceğini desteklemektedir (Kumar & Sebastian, 2022; Nguyen et al., 2023).

Bu bağlamda anestezi tekniği seçimi; hasta özellikleri, cerrahi gereksinimler, intrakraniyal kompliyans durumu ve nöromonitörizasyon planı doğrultusunda bireyselleştirilmelidir. Büyük tümörler, yaygın serebral ödem veya azalmış intrakraniyal kompliyans bulunan hastalarda TIVA'nın beyin gevşemesi açısından

avantaj sağlayabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte bu durum, tüm nöroşirürji hastalarında TIVA'nın volatil anesteziye mutlak üstün olduğu anlamına gelmemektedir (Elganga et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Nöromonitörizasyon ile uyumlu anestezi yönetimi

İntraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon uygulanacak olgularda seçilecek anestezi tekniği, kayıt kalitesini koruyacak şekilde planlanmalıdır. Volatil anestezikler SSEP amplitüdlerini azaltabilir ve latansları uzatabilirken, motor uyarılmış potansiyeller üzerinde daha belirgin baskılayıcı etkiler oluşturabilir. Bu nedenle özellikle MEP monitörizasyonu gereken hastalarda total intravenöz anestezi sıklıkla tercih edilmektedir. Nöromüsküler bloke edici ilaçlar da motor uyarılmış potansiyeller ve elektromiyografik kayıtlar üzerinde önemli etki gösterebilmektedir. Bu nedenle MEP veya EMG monitörizasyonu uygulanacak hastalarda nöromüsküler blokaj düzeyi dikkatle yönetilmelidir (Gropper et al., 2025). Nörofizyolojik sinyallerde meydana gelen değişikliklerin yorumlanmasında hipotansiyon, hipoksemi, hipokapni, hipotermi, anemi ve anestezik derinlikteki değişiklikler gibi cerrahi dışı faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu fizyolojik değişkenler uyarılmış potansiyel kayıtlarının amplitüd ve latanslarını etkileyerek yanlış pozitif alarm bulgularına yol açabileceğinden, sinyal değişiklikleri cerrahi manipülasyonlarla ilişkilendirilmeden önce sistematik olarak değerlendirilmelidir (Dulfer et al., 2024).

EEG ve anestezi derinliği

Anestezi idamesi sırasında elektroensefalografi, serebral kortikal aktivitenin değerlendirilmesine olanak sağlayabilir.

GABAerjik ajanlarla anestezi derinliği arttıkça EEG'de karakteristik değişiklikler ortaya çıkmakta; sedasyon döneminde beta aktivitesi belirginleşirken, bilinç kaybı sonrasında alfa ve delta aktivitesinin baskın olduğu paternler görülmektedir. Daha derin anestezi düzeylerinde burst-supresyon paternleri ortaya çıkabilmektedir. Bispesktral indeks (BIS) ve diğer işlenmiş EEG yöntemleri anestezi derinliğinin sayısal olarak değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Ancak bu yöntemlerin bilinç durumunu mutlak doğrulukla gösteremediği ve sonuçların her zaman klinik değerlendirme ile birlikte yorumlanması gerektiği unutulmamalıdır (Gropper et al., 2025). Özellikle ileri yaş hastalarda frontal alfa gücünde azalma, serebral kırılganlığın potansiyel bir elektrofizyolojik göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu bulgu; artmış kırılganlık, postoperatif deliryum ve postoperatif nörokognitif bozukluk riski ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle ham EEG dalga formları ve zaman-frekans spektrogramlarının değerlendirilmesi, anestezi derinliğine ilişkin bilgilerin klinik bağlamda yorumlanmasına yardımcı olabilir ve hastanın nörofizyolojik rezervi hakkında ek ipuçları sağlayabilir (Boncompte et al., 2023; Fang et al., 2023; Kim et al., 2023).

Ventilasyon ve $PaCO_2$ Yönetimi

Ventilasyon yönetimi nöroanestezinin temel bileşenlerinden biridir. Arteriyel karbondioksit basıncı serebral damar tonusunun en güçlü fizyolojik düzenleyicilerinden biri olup, serebral kan akımı ve intrakraniyal basınç üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu nedenle ventilasyon stratejileri belirlenirken yalnızca gaz değişiminin sağlanması değil, aynı zamanda serebral perfüzyonun korunması ve intrakraniyal dinamiklerin optimize edilmesi de hedeflenmelidir (Gropper et al., 2025).

Güncel nöroanestezik yaklaşımda temel hedef normokapninin korunmasıdır. $PaCO_2$ düzeyindeki değişiklikler serebral damar çapını hızla etkileyerek serebral kan akımında belirgin değişikliklere yol açmaktadır. Hiperkapni serebral vazodilatasyona neden olarak serebral kan hacmini ve intrakraniyal basıncı artırabilir; ayrıca serebral ödem ve intrakraniyal hipertansiyonun eşlik ettiği hastalarda mevcut fizyolojik bozuklukların ağırlaşmasına katkıda bulunabilir. Buna karşılık hipokapni serebral vazokonstriksiyon oluşturarak serebral kan akımını azaltmaktadır. Bu nedenle intrakraniyal hipertansiyon veya herniasyon tehdidi bulunmayan olgularda normokapnik ventilasyon tercih edilmektedir (Gropper et al., 2025; Liu & Song, 2025). Çoğu nöroşirürjik olguda normokapninin sürdürülmesi ve hipoksemiden kaçınılması hedeflenmektedir. Bu yaklaşım serebral kan akımının korunmasına katkıda bulunurken hiperkapniye bağlı intrakraniyal basınç artışı ve hipokapniye bağlı serebral iskemi riskini de sınırlandırmaktadır (Iavarone et al., 2024; Taran et al., 2023).

Hiperventilasyon, $PaCO_2$ düzeyini düşürerek serebral vazokonstriksiyon oluşturur ve buna bağlı olarak serebral kan hacmi ile intrakraniyal basıncı azaltabilir. Uzun yıllar nöroanestezinin rutin bileşenlerinden biri olarak uygulanmış olmakla birlikte, güncel bilgiler hiperventilasyonun serebral kan akımını da azaltarak serebral iskemi riskini artırabileceğini göstermektedir. Özellikle serebral otoregülasyonun bozulduğu veya iskemi riski bulunan hastalarda aşırı hipokapni, kritik düzeyde perfüze edilen beyin bölgelerinde ek hasara yol açabilir (Gropper et al., 2025; Liu & Song, 2025).

Bu nedenle günümüzde kontrollü hiperventilasyonun rutin ve uzun süreli uygulanması önerilmemektedir. Hiperventilasyonun

kullanım kararı, intrakraniyal basınç durumu, cerrahi gereksinimler ve serebral perfüzyon hedefleri birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Elganga et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Akut intrakraniyal hipertansiyon veya yaklaşan herniasyon bulgularının bulunduğu hastalarda ise hiperventilasyon geçici bir kurtarıcı tedavi olarak kullanılabilir. Bu yaklaşım intrakraniyal basınçta hızlı ancak geçici bir düşüş sağlayabilmekle birlikte kesin tedavinin yerini tutmaz. Ayrıca hipokapniye karşı gelişen biyokimyasal adaptasyonlar nedeniyle serebral vazokonstriktör etkinin zamanla azalabileceği ve serebral kan akımının birkaç saat içerisinde yeniden artabileceği bilinmektedir. Bu nedenle hiperventilasyonun etkisi geçici olup mümkün olan en kısa süreyle uygulanması önerilmektedir (Gropper et al., 2025).

Ventilasyon yönetiminin bir diğer temel hedefi yeterli oksijenasyonun sürdürülmesidir. Hipoksemi, sekonder beyin hasarına katkıda bulunan en önemli sistemik faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Hipoksiye bağlı serebral vazodilatasyon intrakraniyal basınç artışına katkıda bulunabileceği gibi, yetersiz oksijen sunumu nedeniyle nöronal hasarın derinleşmesine de yol açabilir. Bu nedenle nöroşirürjik girişimler boyunca yeterli oksijenizasyonun sağlanması ve hipoksiden kaçınılması esastır (Gropper et al., 2025).

Son yıllarda nöroşirürjik hastalarda akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinin kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Düşük tidal volüm uygulamaları ve uygun düzeyde pozitif ekspiryum sonu basıncı (PEEP), ventilatör ilişkili akciğer hasarını ve postoperatif pulmoner komplikasyonları azaltabilir. Bununla birlikte ventilasyon ayarları planlanırken serebral venöz dönüş, intrakraniyal basınç ve serebral perfüzyon üzerindeki olası etkiler göz önünde

bulundurulmalı; pulmoner ve nörolojik hedefler arasında denge sağlanmalıdır (Iavarone et al., 2024).

İntrakraniyal kompliyansı korunmuş hastalarda orta düzey PEEP uygulaması genellikle serebral hemodinamikler üzerinde klinik olarak anlamlı olumsuz etkiler oluşturmadan uygulanabilmektedir. Buna karşın intrakraniyal hipertansiyonun belirgin olduğu olgularda serebral venöz dönüş, intrakraniyal basınç ve serebral perfüzyon basıncı üzerindeki olası etkiler nedeniyle PEEP düzeyi bireyselleştirilerek uygulanmalıdır (Giardina et al., 2023).

End-tidal karbondioksit ($ETCO_2$) monitorizasyonu nöroanestezi pratiğinde ventilasyonun sürekli değerlendirilmesi açısından değerli olmakla birlikte, $ETCO_2$ her zaman arteriyel $PaCO_2$ düzeyini doğru olarak yansıtmaz. Özellikle ileri yaş, kronik akciğer hastalığı, ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu, düşük kardiyak debi, uzun süren nöroşirürjik girişimler ve venöz hava embolisi gelişebilecek oturur pozisyondaki cerrahilerde $PaCO_2$-$ETCO_2$ gradyenti artabilir. Bu nedenle serebral hemodinamiklerin kritik önem taşıdığı olgularda ventilasyon hedeflerinin belirlenmesinde arteriyel kan gazı analizleri ile $PaCO_2$ düzeyinin doğrulanması önerilmektedir (Le Gall et al., 2024).

Sonuç olarak nöroanestezide ventilasyon yönetimi yalnızca yeterli gaz değişiminin sağlanmasını değil, aynı zamanda serebral kan akımı, serebral oksijen sunumu ve intrakraniyal basıncın dengeli biçimde yönetilmesini amaçlamaktadır. Normokapninin korunması temel yaklaşım olmakla birlikte, hiperventilasyon yalnızca seçilmiş durumlarda ve geçici bir tedavi aracı olarak kullanılmalıdır. Ventilasyon stratejileri belirlenirken pulmoner ve nörolojik hedefler birlikte değerlendirilmeli, gerektiğinde arteriyel kan gazı analizleri

ve diğer nöromonitörizasyon yöntemleri ile bireyselleştirilmiş bir yaklaşım benimsenmelidir (Liu & Song, 2025).

Beyin Gevşemesi

Kraniyotomi sırasında yeterli beyin gevşemesi sağlanması, cerrahi ekspozisyonun kolaylaştırılması ve gereksiz serebral retraksiyonun önlenmesi açısından temel hedeflerden biridir. Beyin gevşemesi; serebral kan hacmi, beyin omurilik sıvısı (BOS) hacmi ve serebral ödemin kontrolü ile yakından ilişkilidir. İntrakraniyal kompartmanın kompansatuvar kapasitesi korunduğu sürece hacimdeki sınırlı artışlar tolere edilebilmekte, ancak bu rezerv tükendiğinde küçük hacim değişiklikleri dahi intrakraniyal basınçta belirgin yükselmeye neden olabilmektedir. Bu nedenle nöroanestezik yaklaşımın temel amaçlarından biri cerrahi boyunca intrakraniyal kompliyansın korunması ve optimal cerrahi koşulların sürdürülmesidir.

Serebral venöz drenajın optimize edilmesi beyin gevşemesi sağlanmasında en basit ve en etkili yöntemlerden biridir. Başın elevasyonu venöz dönüşü artırarak intrakraniyal kan hacmini azaltabilir. Buna karşın servikal venöz yapılara bası uygulanması, aşırı boyun fleksiyonu veya rotasyonu venöz dönüşü bozarak serebral konjesyona neden olabilir. Bu nedenle başın kalp seviyesinin üzerinde ve boynun nötral pozisyonda tutulması önerilmektedir. Ayrıca intratorasik basıncı artıran durumlar serebral venöz dönüşü olumsuz etkileyebileceğinden bunlardan kaçınılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Arteriyel karbondioksit düzeyi serebral damar tonusunun önemli belirleyicilerinden biridir. Hipokapni serebral vazokonstriksiyon oluşturarak serebral kan hacmini azaltabilir ve

beyin gevşemesine katkıda bulunabilir. Bununla birlikte aşırı veya uzun süreli hiperventilasyon serebral kan akımını düşürerek iskemik risk oluşturabileceğinden rutin uygulama olarak önerilmemektedir. Güncel yaklaşım normokapninin korunması, hiperventilasyonun ise yalnızca seçilmiş klinik durumlarda geçici bir girişim olarak kullanılması yönündedir (Elganga et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Anestezik ajan seçimi de beyin gevşemesini etkileyebilen önemli faktörlerden biridir. Propofol bazlı total intravenöz anestezi, serebral metabolik hızı azaltırken serebral kan akımı ve serebral kan hacminde eş zamanlı azalma sağlayarak intrakraniyal basıncın düşürülmesine katkıda bulunabilmektedir. Volatil anestezikler ise uygun dozlarda yeterli cerrahi koşullar sağlayabilmekle birlikte serebral hemodinamikler üzerindeki etkileri nedeniyle intrakraniyal basınç kontrolü açısından farklı özellikler gösterebilir. Bununla birlikte güncel randomize çalışmaların meta-analizi, propofol ile volatil anestezi arasında cerrah tarafından değerlendirilen beyin gevşemesi skorları açısından belirgin bir üstünlük göstermemiştir. Dolayısıyla anestetik ajan seçimi yapılırken yalnızca beyin gevşemesi değil, hemodinamik durum, nöromonitörizasyon gereksinimi, derlenme özellikleri ve hasta bazlı faktörler de dikkate alınmalıdır (Cao et al., 2023; Jonathan et al., 2024).

Tablo 2 İntraoperatif Beyin Gevşetme Yöntemleri

Yöntem	**Etki Mekanizması**	**Sınırlılıklar**
Baş yükseltme	Venöz dönüşün iyileştirilmesi	Aşırı pozisyon CPP'yi azaltabilir
BOS drenajı	İntrakraniyal hacmi azaltır	Aşırı drenaj riski
Mannitol	Osmotik etki	Hipovolemi
Hipertonik salin	Osmotik etki + hemodinamik stabilite	Hipernatremi
Geçici hiperventilasyon	Vazokonstriksiyon	İskemi riski

Kaynak: Bernhardt et al., 2023; Holden et al., 2023; Park et al., 2024

Beyin omurilik sıvısı kompartmanının azaltılması, uygun hastalarda etkili bir beyin gevşemesi sağlayabilmektedir. Ventriküler drenaj sistemleri gerektiğinde BOS drenajı yoluyla intrakraniyal hacmin azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Seçilmiş olgularda lomber drenaj uygulanabilmekle birlikte, belirgin kitle etkisi veya herniasyon riski bulunan hastalarda dikkatli değerlendirme yapılmalıdır (Gropper et al., 2025). Özellikle posterior fossa lezyonlarında veya belirgin kitle etkisi bulunan hastalarda lomber BOS drenajı uygulanırken aşırı drenaj sonucunda ortaya çıkabilecek transtentorial veya tonsiller herniasyon riski göz önünde bulundurulmalı ve drenaj dikkatle titrasyon edilmelidir. Hızlı ve aşırı BOS drenajı, özellikle posterior fossa veya supratentoryal kitlelerde parankimal kaymaya, venöz kanamaya veya uzak sahada kanamaya yol açabileceğinden kontrollü uygulanmalıdır (M. Zheng et al., 2023). Buna rağmen bazı olgularda yeterli beyin gevşemesi sağlanamayabilir veya cerrahi sırasında beklenmedik beyin şişmesi gelişebilir. Kraniyotomi sırasında yetersiz beyin gevşemesi veya beklenmedik intraoperatif beyin şişmesi geliştiğinde, hiperkapni, bozulmuş serebral venöz dönüş, sistemik hipertansiyon, akut intrakraniyal hematom, BOS dolaşımındaki bozukluklar ve serebral ödem gibi potansiyel nedenler sistematik biçimde araştırılmalıdır. Sorunun erken tanınması ve altta yatan nedenin hızla düzeltilmesi, cerrahi güvenliğin ve serebral perfüzyonun sürdürülmesi açısından önem taşımaktadır (Zhang et al., 2023).

Osmoterapi günümüzde beyin gevşemesi ve intrakraniyal basınç kontrolü için kullanılan temel yöntemlerden biridir. Mannitol, serum osmolaritesini artırarak beyin parankiminden intravasküler alana su geçişini sağlar ve nöroanestezide en yaygın kullanılan hiperozmolar ajanlardan biridir. Kullanılacak doz klinik koşullara göre belirlenmekte olup, yüksek dozlar daha belirgin beyin

gevşemesi sağlamakla birlikte daha fazla diürez ve elektrolit değişikliği riski taşımaktadır. Hipertonik salin son yıllarda intrakraniyal hipertansiyon tedavisinde ve beyin gevşetilmesinde giderek daha sık kullanılmaktadır. Osmotik etkisinin yanı sıra intravasküler hacmi destekleyebilmesi, sistemik kan basıncını görece koruyabilmesi ve serebral perfüzyon basıncının korunmasına katkı sağlayabilmesi önemli avantajları arasında yer almaktadır. Özellikle hipovolemi riski taşıyan veya belirgin hipotansiyon gelişme olasılığı bulunan hastalarda yarar sağlayabileceği bildirilmektedir. Mannitolün aksine belirgin ozmotik diüreze yol açmaması nedeniyle hemodinamik stabilitenin korunmasına katkıda bulunabileceği de düşünülmektedir. Bununla birlikte mevcut randomize çalışmalar ve güncel meta-analizler, hipertonik salinin uzun dönem nörolojik sonuçlar, mortalite veya hastanede kalış süresi açısından mannitole belirgin üstünlüğünü henüz ortaya koyamamıştır. Bu nedenle hiperozmolar ajan seçimi hasta özellikleri, hemodinamik durum ve tedavi hedefleri göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir. Her iki hiperozmolar ajan uygulanırken serum sodyum düzeyi, serum osmolaritesi, sıvı dengesi ve böbrek fonksiyonları yakından izlenmelidir (Bernhardt et al., 2023; Gropper et al., 2025; Holden et al., 2023; Park et al., 2024).

Kortikosteroidler özellikle vazojenik ödem ile seyreden intrakraniyal tümörlerde beyin gevşemesine katkı sağlayabilmektedir. Peritümöral ödemin belirgin olduğu olgularda deksametazon kullanımı serebral ödemin azaltılmasına yardımcı olabilir ve cerrahi ekspozisyonu kolaylaştırabilir. Bu etki özellikle intrakraniyal kitle lezyonları ve tümör çevresindeki vazojenik ödem varlığında önem kazanmaktadır. Bununla birlikte travmatik beyin hasarı veya sitotoksik ödem tablolarında rutin kortikosteroid kullanımı önerilmemektedir (Gropper et al., 2025).

Beyin gevşemesi sağlanırken yeterli intravasküler hacmin korunması da önem taşımaktadır. Geçmişte nöroşirürji hastalarında "kuru hasta" yaklaşımı önerilmiş olmakla birlikte, güncel bilgiler bu yaklaşımı desteklememektedir. Aşırı hemokonsantrasyon serebral kan akımını azaltabilirken, gereksiz sıvı yüklenmesi serebral ödemin artmasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle hedef, normovoleminin korunması ve aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınılmasıdır (Gropper et al., 2025).

Beyin gevşemesi çoğu zaman cerrah tarafından yapılan subjektif değerlendirmeler ile ölçülmektedir. Cerrahi alan kalitesinin iyileştirilmesi nöroanestezinin önemli hedeflerinden biri olmakla birlikte, güncel yaklaşımlar yalnızca cerrahi koşulların değil, aynı zamanda nörolojik sonuçların da değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu nedenle beyin gevşetme stratejilerinin başarısı yalnızca intraoperatif görüntüleme veya cerrahi memnuniyet ile değil, postoperatif nörolojik sonuçlarla birlikte değerlendirilmelidir (Elganga et al., 2026).

Sıvı ve Hemodinamik Yönetim

Nöroşirürjik hastalarda sıvı ve hemodinamik yönetimin temel amacı, yeterli serebral perfüzyon ve oksijen sunumunu korurken serebral ödem, intrakraniyal hipertansiyon ve sekonder nörolojik hasarı önlemektir. Serebral perfüzyon basıncı (CPP), serebral kan akımının temel belirleyicilerinden biri olduğundan perioperatif dönemde sistemik hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi kritik önem taşır. Özellikle serebral otoregülasyonun bozulduğu veya serebral iskemi riskinin arttığı durumlarda arteriyel basınçta meydana gelen küçük değişiklikler dahi serebral kan akımı üzerinde klinik açıdan anlamlı etkiler oluşturabilir (Gropper et al., 2025).

Hipotansiyon, serebral kan akımını ve oksijen sunumunu azaltarak sekonder beyin hasarını ağırlaştırabilir. Bu nedenle nöroanestezi pratiğinde arteriyel basınç düşüşleri erken dönemde tanınmalı ve hızla düzeltilmelidir. Bununla birlikte aşırı hipertansiyon da serebral ödem, kan-beyin bariyeri disfonksiyonu ve cerrahi saha kanaması riskini artırabilmektedir. Özellikle vasküler nöroşirürjide kan basıncı yönetimi, serebral perfüzyonun korunması ile cerrahi hemostaz gereksinimleri arasında denge kuracak şekilde bireyselleştirilmelidir (Hoh et al., 2023).

İntravasküler hacim yönetimi

Modern nöroanestezide temel hedef euvoleminin sürdürülmesidir. Geçmişte önerilen restriktif veya "kuru beyin" yaklaşımı günümüzde desteklenmemektedir. Hipovolemi serebral hipoperfüzyona yol açabilirken, aşırı sıvı yüklenmesi serebral ödem ve doku şişmesini artırabilir. Bu nedenle sıvı tedavisi, yeterli organ perfüzyonunu sağlayacak ancak aşırı interstisyel sıvı birikimine neden olmayacak şekilde dengelenmelidir (Gropper et al., 2025).

Anevrizmal subaraknoid kanamalı hastalarda da güncel yaklaşım hipervolemi oluşturulmasından ziyade euvoleminin korunmasıdır. Profilaktik hipervoleminin gecikmiş serebral iskemi veya klinik sonuçlar üzerinde belirgin yarar sağladığı gösterilememiştir; buna karşın pulmoner ödem ve kardiyak komplikasyon riskinde artışla ilişkili bulunmuştur (Hoh et al., 2023).

Sıvı seçimi

Nöroşirürjik girişimlerde sıvı tedavisinin temel amacı normovoleminin korunması ve serum osmolaritesinde azalmaya yol açabilecek uygulamalardan kaçınılmasıdır. Hipotonik solüsyonlar serebral ödem gelişimine katkıda bulunabileceğinden rutin kullanım

için uygun kabul edilmemektedir. Bu nedenle izotonik kristalloid solüsyonlar nöroanestezi pratiğinde temel sıvı tedavisini oluşturmaktadır (Gropper et al., 2025).

İzotonik kristalloidler nöroşirürjik hastalarda ilk tercih edilen sıvılardır. Dengeli kristalloid solüsyonlar, %0.9 sodyum klorüre kıyasla daha düşük hiperkloremi ve hiperkloremik metabolik asidoz insidansı ile ilişkilendirilmiş olsa da, nöroşirürjik hastalarda nörolojik sonuçlar açısından belirgin üstünlükleri gösterilememiştir. Bu nedenle günümüzde hangi izotonik kristalloidin tercih edilmesi gerektiği konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır (Vignarajah et al., 2023).

Kan-beyin bariyerinin özellikleri nedeniyle serebral sıvı hareketi büyük ölçüde plazma osmolaritesi tarafından belirlenmektedir. Plazma osmolaritesindeki azalma serebral ödem gelişimini kolaylaştırabileceğinden serum sodyumu ve osmolarite değerleri dikkatle izlenmelidir (Gropper et al., 2025).

Vazopressör tedavisi

Perioperatif dönemde gelişen hipotansiyonun düzeltilmesi ve serebral perfüzyonun korunması amacıyla vazopressör tedavisi gerekebilir. Vazopressör seçimi hastanın hemodinamik durumu, eşlik eden hastalıkları ve serebral dolaşımın özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Özellikle serebral perfüzyonun korunmasının ön planda olduğu durumlarda sistemik arter basıncının hedef seviyelerde sürdürülmesi önem taşımaktadır (Gropper et al., 2025).

Vazopressörler, nöroşirürjik hastalarda serebral perfüzyon basıncının korunması ve intraoperatif hipotansiyonun düzeltilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bununla birlikte aynı ortalama arter basıncı veya serebral perfüzyon basıncı değerleri sağlansa dahi farklı

vazopressörlerin serebral oksijenasyon ve serebral kan akımı üzerindeki etkileri birbirinden farklı olabilmektedir (Faisal Mohamad et al., 2025; Salvagno et al., 2024).

Noradrenalin ve fenilefrin nöroanestezi pratiğinde en sık kullanılan vazopressörler arasındadır. Fenilefrin temel olarak α_1-adrenerjik etkiler gösterirken, noradrenalin hem α hem de β reseptörler üzerinden etki göstermektedir. Vazopressörler ile benzer ortalama arter basıncı ve serebral perfüzyon basıncı değerleri sağlanabilse de, farklı ajanların serebral dolaşım ve oksijenasyon üzerindeki etkileri aynı değildir. Fenilefrin, arteriyel basıncı etkili şekilde artırırken kardiyak outputta azalma ile ilişkilendirilebilmekte ve NIRS ile değerlendirilen serebral doku oksijen satürasyonunda düşüşe neden olabilmektedir. Bununla birlikte bu değişikliğin serebral iskemi göstergesi olmadığı, kısmen ekstrakraniyal dolaşımdaki değişiklikler ve ölçüm yönteminin özellikleri ile ilişkili olabileceği bildirilmektedir. Güncel veriler, noradrenalin ve diğer vazopressörlerin serebral kan akımı, bölgesel oksijen sunumu ve mikrosirkülasyon üzerindeki etkilerinin heterojen olduğunu göstermekte olup, optimal vazopressör seçimi konusunda kesin bir üstünlük ortaya koymamaktadır. Bu nedenle vazopressör tedavisi yalnızca kan basıncı hedeflerine göre değil, hastanın kardiyak performansı, serebral fizyolojisi ve mevcut nöromonitörizasyon verileri birlikte değerlendirilerek bireyselleştirilmelidir (Faisal Mohamad et al., 2025; Fu et al., 2026; Meng et al., 2024; Salvagno et al., 2024).

Glisemik yönetim

Hiperglisemi serebral iskemi sırasında kötü nörolojik sonuçlarla ilişkilendirilmiştir. Artmış glukoz düzeyleri anaerobik metabolizmayı ve laktat oluşumunu artırarak hücresel hasara katkıda

bulunabilir. Bununla birlikte aşırı agresif glisemik kontrol uygulamaları hipoglisemi riskini artırdığından önerilmemektedir. Bu nedenle güncel yaklaşım, hiperglisemi ve hipoglisemiden kaçınılarak orta düzeyde glisemik kontrol sağlanmasıdır (Hoh et al., 2023). Çoğu kılavuz perioperatif glukoz düzeylerinin yaklaşık 140-180 mg/dL aralığında tutulmasını önermekte, yoğun insülin tedavisi ile normoglisemi hedeflenmesi ise artmış hipoglisemi riski nedeniyle desteklenmemektedir (Sreedharan et al., 2023).

Elektrolit yönetimi

Sodyum dengesi, özellikle subaraknoid kanama ve diğer ağır nörolojik hastalıklarda dikkatle izlenmelidir. Hiponatremi natriürezis ve intravasküler hacim kaybına yol açarak serebral perfüzyonu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle elektrolit bozukluklarının erken tanınması ve uygun şekilde düzeltilmesi önemlidir. Bazı seçilmiş hastalarda mineralokortikoid tedavisinin sodyum kaybını azaltabileceği bildirilmiştir. Subaraknoid kanama sonrasında gelişen hiponatreminin en sık nedenleri uygunsuz antidiüretik hormon salgılanması (SIADH) ve serebral tuz kaybı sendromudur (cerebral salt wasting, CSW). Her iki tablo benzer biyokimyasal özellikler gösterebilmesine rağmen intravasküler hacim durumu farklılık gösterebilir. Bu nedenle ayırıcı tanıda volüm durumunun dikkatli değerlendirilmesi önem taşımakta ve tedavi stratejileri bu değerlendirme doğrultusunda belirlenmelidir (Hoh et al., 2023).

Anemi ve transfüzyon yönetimi

Hemoglobin konsantrasyonu arteriyel oksijen taşıma kapasitesinin temel belirleyicilerinden biridir. Beyin yüksek metabolik gereksinime sahip bir organ olduğundan, hemoglobin

düzeyindeki azalma serebral oksijen sunumunun bozulmasına ve sekonder nörolojik hasarın ağırlaşmasına katkıda bulunabilir. Özellikle serebral otoregülasyonun bozulduğu akut nörolojik yaralanmalarda aneminin etkileri daha belirgin hale gelebilmektedir. Bu nedenle hemoglobin düzeyleri serebral perfüzyon ve oksijenasyon hedefleri ile birlikte değerlendirilmelidir (Domi et al., 2026).

Travmatik beyin yaralanması, subaraknoid kanama ve intraserebral hemorajide anemi, serebral hipoksi ve kötü nörolojik sonuçlarla ilişkilendirilmektedir. Aneminin derinleşmesiyle birlikte serebral doku oksijenizasyonunun bozulduğu ve gecikmiş serebral iskemi riskinin arttığı bildirilmiştir. Ancak mevcut çalışmalar, yalnızca hemoglobin düzeyine dayanan sabit transfüzyon eşiklerinin tüm hastalar için uygun olmayabileceğini göstermektedir. Serebral oksijen sunumu; hemoglobin düzeyi, serebral kan akımı, serebral perfüzyon basıncı ve oksijen tüketimi arasındaki ilişki tarafından belirlenmektedir. Transfüzyon gereksinimi değerlendirilirken hemoglobin düzeyleri serebral oksijenizasyon, hemodinamik durum ve nörolojik risk faktörleri ile birlikte ele alınmalı ve hemoglobin değerleri serebral perfüzyon, nöromonitörizasyon verileri ve hastanın klinik durumu ile birlikte yorumlanmalıdır. Günümüzde nöroşirürjik ve nörokritik hastalarda optimal eritrosit transfüzyon eşiği kesin olarak belirlenmemiştir. Birçok merkezde stabil hastalarda restriktif transfüzyon stratejileri uygulanmakla birlikte, akut beyin hasarı, gecikmiş serebral iskemi, devam eden serebral hipoksi veya belirgin serebral oksijen sunum bozukluğu bulunan seçilmiş hastalarda daha yüksek hemoglobin hedefleri tercih edilebilmektedir. Bu nedenle transfüzyon kararları yalnızca hemoglobin düzeyine göre değil, serebral oksijenasyon,

nöromonitörizasyon bulguları ve hastanın klinik durumu birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Domi et al., 2026; Fu et al., 2026).

Serebral oksijenasyonun değerlendirilmesinde yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS), beyin doku oksijen basıncı ve juguler venöz oksijen satürasyonu gibi yöntemlerden yararlanılabilmektedir. Fizyoloji temelli yaklaşımlar, transfüzyon kararlarının yalnızca hemoglobin düzeylerine değil, serebral oksijenizasyon verilerine de dayandırılabileceğini göstermektedir. Böylece gereksiz transfüzyonlardan kaçınılırken yeterli serebral oksijen sunumu korunabilir (Domi et al., 2026).

Goal-directed fluid therapy

Goal-directed fluid therapy (GDFT), sıvı tedavisinin hastaya özgü hemodinamik hedefler doğrultusunda bireyselleştirilmesini amaçlayan bir yaklaşımdır. Bu yöntemde sıvı yönetimi yalnızca hesaplanan kayıplara veya statik parametrelere dayandırılmaz; stroke volume, kardiyak output, stroke volume varyasyonu (SVV) ve pulse pressure variation (PPV) gibi dinamik göstergeler kullanılarak hastanın sıvı yanıtlılığı değerlendirilir. Amaç, yeterli organ perfüzyonunu sağlarken gereksiz sıvı yüklenmesinden kaçınmak ve hemodinamik stabiliteyi sürdürmektir. Günümüzde perioperatif hemodinamik tedavinin bir bileşeni olarak sıvılar, vazopressörler ve gerektiğinde inotroplar birlikte değerlendirilmektedir. Nöroşirürji hastalarında yapılan çalışmalar, noninvaziv hemodinamik monitörizasyon eşliğinde uygulanan goal-directed tedavi stratejilerinin güvenli ve uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte nöroşirürjik hastalarda klinik sonuçlar üzerindeki etkisini ve üstünlüğünü kesin olarak ortaya koyan yüksek kaliteli çalışmalar halen sınırlıdır (Edwards et al., 2025; Hrdy et al., 2023; Kothekar et al., 2023; Liu et al., 2022; Saugel et al., 2019).

Nöroşirürjik hastalarda sıvı yönetimi özel önem taşımaktadır; çünkü hem hipovolemi serebral hipoperfüzyona yol açabilmekte hem de aşırı sıvı yüklenmesi serebral ödem riskini artırabilmektedir. Bu nedenle nöroşirürjide GDFT, serebral perfüzyonun korunması ile aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınma arasında denge kurmayı amaçlamaktadır. Dinamik parametrelerin kullanıldığı PPV-temelli yaklaşımların, geleneksel CVP temelli yöntemlere kıyasla daha düşük sıvı gereksinimi ile birlikte daha iyi hemodinamik stabilite sağlayabildiği bildirilmiştir (Hrdy et al., 2023; Kothekar et al., 2023). PPV ve SVV gibi dinamik göstergelerin sıvı yanıtlılığını öngörmedeki performansı bazı klinik koşullarda azalabilmekte olup, bu parametrelerin çeşitli sınırlılıkları bulunduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Saugel et al., 2019).

Supratentorial tümör cerrahisi uygulanan erişkin hastalarda gerçekleştirilen randomize kontrollü bir çalışmada, PPV rehberliğinde yürütülen sıvı tedavisinin CVP temelli yaklaşıma göre daha düşük intraoperatif sıvı kullanımı ile ilişkili olduğu ve hemodinamik stabilitenin korunabildiği gösterilmiştir. Aynı çalışmada beyin gevşemesi, laktat düzeyleri ve postoperatif sonuçlar açısından olumsuz bir etki saptanmamıştır. Bu bulgular, PPV'nin nöroşirürji hastalarında sıvı yanıtlılığının değerlendirilmesinde kullanılabilecek güvenilir dinamik göstergelerden biri olduğunu düşündürmektedir (Hrdy et al., 2023).

Serebral oksijen sunumu ve hemodinamik yönetim

Hemodinamik yönetimin nihai amacı yalnızca arteriyel kan basıncının sürdürülmesi değil, aynı zamanda serebral oksijen sunumunun korunmasıdır. Serebral oksijenlenme; serebral kan akımı, arteriyel oksijen içeriği ve metabolik gereksinimler arasındaki karmaşık ilişki tarafından belirlenmektedir. Bu nedenle

hemodinamik tedavi planlanırken yalnızca sistemik parametreler değil, serebral dolaşımın gereksinimleri de dikkate alınmalıdır. Juguler venöz oksijen satürasyonu, beyin doku oksijen parsiyel basıncı ve yakın kızılötesi spektroskopi gibi yöntemler serebral oksijen sunumu ile tüketimi arasındaki dengeyi değerlendirmeye yardımcı olabilir. Bu monitörizasyon yöntemleri, sıvı tedavisi ve hemodinamik destek gereksiniminin serebral fizyoloji temelinde değerlendirilmesine katkı sağlayabilmektedir. Serebral dokunun yüksek metabolik aktivitesi nedeniyle oksijen taşıma kapasitesindeki azalmalar beyin fonksiyonlarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle hemoglobin düzeyi, serebral perfüzyon ve oksijenizasyon birbirinden bağımsız değil, birbiriyle ilişkili değişkenler olarak değerlendirilmelidir. Klinik kararlar verilirken bu parametrelerin birlikte yorumlanması önerilmektedir (Liu & Song, 2025). Güncel hemodinamik tedavi anlayışı yalnızca arteriyel kan basıncının veya serebral perfüzyon basıncının korunmasına değil, aynı zamanda doku perfüzyonu ve oksijen sunumunun sürdürülmesine odaklanmaktadır. Bu yaklaşım, makrodolaşım ile mikrodolaşım arasındaki ilişkinin her zaman paralel olmayabileceğini ifade eden “hemodynamic coherence” kavramı ile uyumludur. Bu nedenle serebral oksijenasyon monitörizasyonu ve multimodal nöromonitörizasyon yöntemlerinin bireyselleştirilmiş hemodinamik ve nörofizyolojik yönetimin önemli bileşenleri arasında yer alacağı öngörülmektedir (Salvagno et al., 2024).

Pozisyon ve Pozisyona Bağlı Komplikasyonlar

Nöroşirürjik girişimlerde pozisyonlandırma yalnızca cerrahi erişimin sağlanması amacıyla uygulanmaz; aynı zamanda serebral venöz drenaj, serebral perfüzyon basıncı, havayolu güvenliği, kardiyovasküler fonksiyonlar ve solunum mekanikleri üzerinde

belirgin etkiler oluşturur. Bu nedenle pozisyon seçimi cerrahi gereksinimlerle birlikte hastanın nörolojik, kardiyovasküler ve pulmoner özellikleri dikkate alınarak planlanmalıdır. Uygun pozisyonlandırma yeterli cerrahi ekspozisyon sağlarken, pozisyona bağlı nörolojik ve sistemik komplikasyonların önlenmesinde de kritik rol oynar. Nöroşirürjide en sık kullanılan pozisyonlar supin, prone, lateral, park-bench ve oturur pozisyonlardır. Her bir pozisyon farklı anatomik bölgelere erişim kolaylığı sağlamakla birlikte serebral hemodinamikler, venöz dönüş ve periferik sinirler üzerinde farklı etkiler oluşturabilmektedir. Bu nedenle pozisyon seçimi yapılırken cerrahi hedeflerle birlikte olası fizyolojik sonuçlar da göz önünde bulundurulmalıdır (Gropper et al., 2025).

Pozisyonlandırma sonrasında havayolu açıklığı, endotrakeal tüp yerleşimi, vasküler girişimler ve monitörizasyon sistemleri sistematik olarak yeniden değerlendirilmelidir. Özellikle uzun süreli girişimlerde pozisyon değişikliği sırasında gelişebilecek tüp deplasmanları, ventilasyon bozuklukları veya monitörizasyon kayıpları ciddi komplikasyonlara yol açabileceğinden yapılandırılmış bir kontrol yaklaşımı önerilmektedir. Baş ve boyun pozisyonu serebral venöz drenaj üzerinde doğrudan etkili olduğundan servikal bölgenin nötral pozisyonda tutulması önemlidir. Aşırı fleksiyon, ekstansiyon veya rotasyon juguler venöz dönüşü bozarak serebral venöz konjesyona ve intrakraniyal basınç artışına yol açabilir. Bu nedenle boyun anatomik eksene yakın yerleştirilmeli ve venöz yapılara dış bası oluşmamasına dikkat edilmelidir (Gropper et al., 2025).

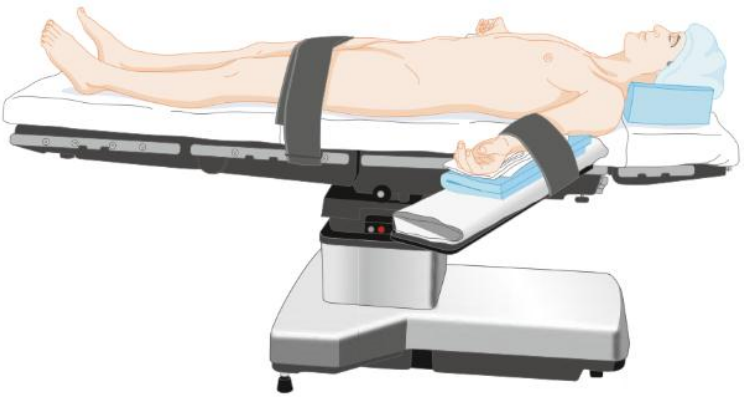
Supin pozisyon

Supin pozisyon kraniyal nöroşirürjide en sık kullanılan pozisyonlardan biridir. Başın hafif elevasyonu serebral venöz drenajı

desteklerken, boynun aşırı fleksiyon veya rotasyonundan kaçınılması serebral venöz dönüşün korunması açısından önem taşır. Pozisyonlandırma sonrasında havayolu, vasküler girişimler ve monitörizasyon sistemleri sistematik olarak yeniden değerlendirilmelidir (Hussein et al., 2023).

Özellikle başın kalp seviyesinin üzerinde bulunduğu pozisyonlarda serebral perfüzyon basıncının doğru değerlendirilmesi önem taşır. Bu olgularda arteriyel basınç transdüserinin dış kulak yolu (tragus) düzeyine referanslanması, beyin seviyesindeki gerçek perfüzyon basıncının daha doğru tahmin edilmesine yardımcı olabilir. Sağ atriyum düzeyinde yapılan ölçümler ise baş elevasyonu bulunan hastalarda serebral dolaşımdaki gerçek ortalama arter basıncını olduğundan yüksek gösterebilir ve potansiyel serebral hipoperfüzyonun gözden kaçmasına neden olabilir (Mikkonen et al., 2023).

Resim 12 Supin pozisyon



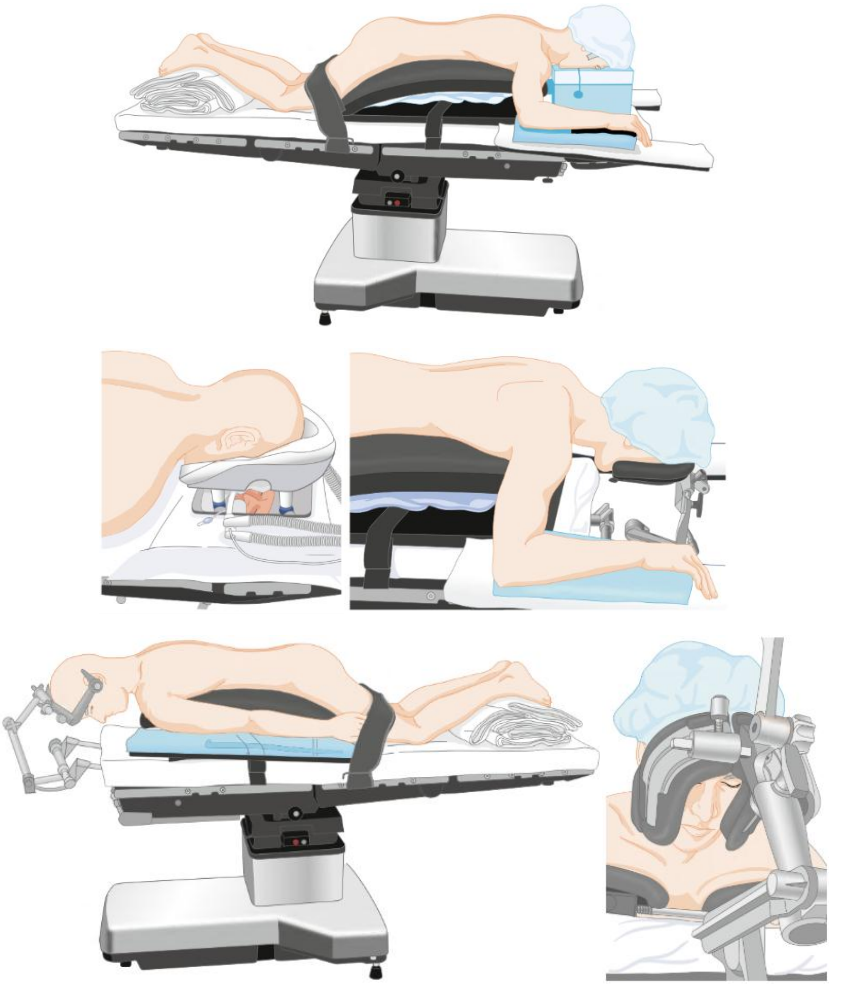
Kaynak: Gropper et al., 2025

Prone pozisyon

Prone pozisyon posterior fossa, servikal omurga, torakal omurga ve oksipital bölge cerrahilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hastanın supin pozisyondan prone pozisyona çevrilmesi ekip koordinasyonu gerektiren kritik bir aşamadır. Pozisyon değişikliği sonrasında havayolu güvenliği ve ventilasyon yeterliliği mutlaka yeniden doğrulanmalıdır. Prone pozisyonda abdominal kompresyonun önlenmesi önem taşımaktadır. İntraabdominal basınç artışı venöz dönüşü azaltabilir ve epidural venöz pleksuslarda konjesyona neden olarak intraoperatif kanamayı artırabilir. Bu nedenle modern destek sistemleri karın duvarının serbest kalmasına olanak sağlayacak şekilde kullanılmaktadır (Gropper et al., 2025).

Uzun süreli prone pozisyon uygulamalarında yüz ve üst havayolu ödemi, makroglossi ve ekstübasyon sonrası havayolu obstrüksiyonu gelişebileceğinden operasyon sonunda ekstübasyon kararı verilmeden önce üst havayolu açıklığı dikkatle değerlendirilmelidir (Singha et al., 2023).

Resim 13 Prone pozisyon



Kaynak: Gropper et al., 2025

Lateral ve park-bench pozisyonları

Lateral ve park-bench pozisyonları özellikle serebellopontin açı, posterior fossa ve lateral kraniyal taban cerrahilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu pozisyonlarda bağımlı omuz ve üst

ekstremitede gelişebilecek aşırı gerilmeye bağlı brakiyal pleksus yaralanmaları önemli komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Aksiller bölgeye yerleştirilen uygun destekler torasik çıkış basısını azaltarak nörovasküler yapıların korunmasına katkı sağlayabilir. Baş ve boyun pozisyonu juguler venöz dönüşü bozmayacak şekilde düzenlenmeli, aşırı rotasyon ve lateral fleksiyondan kaçınılmalıdır. Ayrıca bağımlı göz üzerinde gelişebilecek dış bası ve periorbital ödem açısından dikkatli takip yapılmalıdır. Uzun süreli girişimlerde ventilasyon-perfüzyon dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler nedeniyle oksijenasyon ve ventilasyon parametreleri de yakından izlenmelidir (Hara et al., 2024; Hussein et al., 2023).

Resim 14 Lateral dekubit pozisyon



Kaynak: Gropper et al., 2025

Oturur pozisyon

Oturur pozisyon özellikle posterior fossa ve üst servikal bölge cerrahilerinde kullanılmaktadır. Bu pozisyonun temel avantajları arasında serebral venöz drenajın artması, cerrahi sahada kanamanın azalması ve cerrahi görüş kalitesinin iyileşmesi yer almaktadır. Bununla birlikte oturur pozisyon önemli fizyolojik değişikliklere neden olabilmektedir. Yerçekimine bağlı venöz göllenme venöz dönüşü azaltarak kardiyak debi ve arteriyel basınçta düşüş oluşturabilir. Bu nedenle pozisyona geçiş sırasında hemodinamik değişiklikler yakından izlenmeli ve serebral perfüzyonun korunmasına yönelik önlemler alınmalıdır (Gropper et al., 2025) Oturur pozisyona özgü fizyolojik etkiler, venöz hava embolisi ve ilişkili komplikasyonlar "Oturur Pozisyon ve Venöz Hava Embolisi" başlığında ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Resim 15 Oturur pozisyon



Kaynak: Gropper et al., 2025

Tablo 3 Nöroşirürjik pozisyonlar, avantajları ve başlıca komplikasyonları

Pozisyon	Avantaj	Başlıca Komplikasyon
Supin	Kolay havayolu erişimi	Bası yaralanmaları
Prone	Posterior yaklaşım	Görme kaybı
Lateral	Serebellopontin açı	Brakiyal pleksus yaralanması
Oturur	Cerrahi görüş üstünlüğü	VAE, pnömosefali

Kaynak: Drosos et al., 2025; Ghosh & Ninave, 2024; Sperber et al., 2024

Oküler komplikasyonlar

Pozisyona bağlı komplikasyonlar arasında oküler yaralanmalar özel öneme sahiptir. Özellikle prone pozisyonda göz küresi üzerine doğrudan bası uygulanması retinal dolaşımın bozulmasına ve ciddi görme kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle pozisyonlandırma sonrasında gözlerin serbest olduğu, çevresel dokular tarafından sıkıştırılmadığı ve dış basıya maruz kalmadığı mutlaka kontrol edilmelidir. Başın uygun yükseklikte tutulması ve orbital venöz konjesyonun önlenmesi de oküler komplikasyonların azaltılması açısından önem taşımaktadır (Gropper et al., 2025).

Nadir ancak yıkıcı sonuçlara yol açabilen perioperatif görme kaybı olgularında iskemiye bağlı optik nöropati ve santral retinal arter oklüzyonu en sık bildirilen mekanizmalar arasında yer almakta olup, özellikle uzun süreli prone cerrahilerde risk artmaktadır (Sperber et al., 2024).

Periferik sinir yaralanmaları

Pozisyona bağlı periferik sinir yaralanmaları uzun süreli nöroşirürjik girişimlerin önemli komplikasyonları arasında yer almaktadır. Özellikle brakiyal pleksus ve ulnar sinir travmaları uygunsuz ekstremite yerleşimine bağlı olarak gelişebilmektedir.

Omuz abdüksiyonunun aşırı olması, dirsek çevresinde yetersiz destek bulunması ve uzun operasyon süreleri risk faktörleri arasında sayılmaktadır. Bu nedenle tüm bası noktaları uygun şekilde desteklenmeli, ekstremiteler nötral anatomik pozisyonlara yerleştirilmeli ve periferik sinirlerde gerilme oluşturabilecek pozisyonlardan kaçınılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Uzun süreli ve kompleks girişimlerde intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyonda ortaya çıkan yeni değişiklikler pozisyona bağlı sinir veya pleksus basısının erken göstergesi olabilir. Özellikle somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ve elektromiyografide (EMG) gelişen yeni değişiklikler, pozisyona bağlı nörolojik yaralanmaların erken tanınmasına ve zamanında pozisyon düzeltmesine olanak sağlayabilir (Yao et al., 2024).

Oturur Pozisyon ve Venöz Hava Embolisi

Oturur pozisyon posterior fossa, pineal bölge, kranioservikal bileşke ve üst servikal omurga cerrahilerinde seçilmiş olgularda kullanılmaktadır. Bu pozisyonun sağladığı cerrahi avantajlara rağmen belirgin hemodinamik değişiklikler ve venöz hava embolisi riski nedeniyle dikkatli hasta seçimi ve yakın monitörizasyon gerektirir. Yerçekiminin etkisiyle venöz kanın cerrahi sahadan uzaklaşması operasyon alanındaki görüş kalitesini artırabilmekte ve cerrahi ekspozisyonu kolaylaştırabilmektedir. Ayrıca yüz ve hava yolu ödeminin daha az görülmesi ile havayoluna erişimin korunması bu pozisyonun diğer avantajları arasında yer almaktadır. Bununla birlikte oturur pozisyonun uygulanması sırasında ortaya çıkabilecek kardiyovasküler, solunumsal ve nörolojik etkiler dikkatle değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Oturur pozisyona geçiş sonrasında alt ekstremitelerde venöz göllenme gelişebilmekte, buna bağlı olarak venöz dönüş ve kardiyak debi azalabilmektedir. Bu durumda hipotansiyon ve serebral perfüzyon basıncında düşüş meydana gelebilir. Özellikle serebral dolaşımın korunmasının kritik olduğu nöroşirürjik girişimlerde pozisyon değişikliğinin hemodinamik etkileri dikkatle izlenmeli ve gerekli durumlarda sıvı tedavisi veya vazoaktif destek uygulanmalıdır. Kalp ile beyin arasındaki hidrostatik yükseklik farkı nedeniyle serebral perfüzyon basıncında beklenenden daha belirgin azalma gelişebilir. Bu nedenle arteriyel kan basıncı beyin seviyesine göre yorumlanmalı ve serebral dolaşımın korunmasına yönelik gerekli önlemler alınmalıdır (Gropper et al., 2025; Mikkonen et al., 2023).

Özellikle başın kalp seviyesinin üzerinde bulunduğu oturur pozisyonda serebral perfüzyon basıncının doğru değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Arteriyel basınç transdüserinin dış kulak yolu (tragus) düzeyine referanslanması beyin seviyesindeki gerçek perfüzyon basıncının daha doğru tahmin edilmesine yardımcı olabilir. Sağ atriyum düzeyinde yapılan ölçümler ise serebral dolaşımdaki gerçek ortalama arter basıncını olduğundan yüksek gösterebilir ve potansiyel serebral hipoperfüzyonun gözden kaçmasına neden olabilir (Mikkonen et al., 2023).

Venöz hava embolisi, oturur pozisyonda gerçekleştirilen nöroşirürjik girişimlerin en önemli komplikasyonlarından biridir. Cerrahi alanın kalp seviyesinin üzerinde bulunması ve açık venöz yapıların atmosferik basınç ile temas etmesi, venöz sisteme hava girişini kolaylaştırmaktadır. Özellikle dural venöz sinüslerin açık kaldığı girişimlerde bu risk daha belirgin hale gelmektedir. Küçük hacimli hava embolileri asemptomatik seyredebilirken, daha büyük

miktarlarda hava embolisi pulmoner vasküler dirençte artışa, sağ ventrikül fonksiyon bozukluğuna ve ciddi hemodinamik instabiliteye neden olabilir (Gropper et al., 2025).

Oturur pozisyonda venöz hava embolisi riski belirgin olarak artmaktadır. Ayrıca patent foramen ovale veya diğer sağ-sol şantların varlığında paradoksik hava embolisi gelişerek serebral veya sistemik embolik komplikasyonlara neden olabilir. Bu nedenle oturur pozisyonda cerrahi planlanan hastalarda sağ-sol şant varlığına ilişkin değerlendirme yapılması ve hava embolisinin erken tanınmasına yönelik uygun monitörizasyon yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir (Drosos et al., 2025; Khan et al., 2019).

Venöz hava embolisinin erken dönemde saptanabilmesi amacıyla çeşitli monitörizasyon yöntemlerinden yararlanılmaktadır. End-tidal karbondioksit düzeyinde ani ve açıklanamayan düşüşler hava embolisinin önemli göstergelerinden biri olabilir; ancak bu bulgu özgül değildir ve diğer klinik veriler ile birlikte değerlendirilmelidir. Transözofageal ekokardiyografi çok küçük miktarlardaki hava embolilerini dahi gösterebilmesi nedeniyle en duyarlı yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Prekordiyal Doppler ultrasonografi ve transtorasik ekokardiyografi de yaygın olarak kullanılan diğer monitörizasyon yöntemleri arasında yer almaktadır. Hemodinamik değişikliklerin ve oksijenasyon parametrelerinin sürekli izlenmesi embolinin klinik etkilerinin erken tanınmasına katkı sağlar (Gropper et al., 2025).

Venöz hava embolisinden şüphelenildiğinde cerrahi saha irrigasyonu ve hava girişinin mümkün olduğunca engellenmesi sağlanmalı, %100 oksijen uygulanmalı ve uygun olgularda santral venöz kateter aracılığıyla hava aspirasyonu düşünülmelidir (Ghosh & Ninave, 2024).

Oturur pozisyonda gerçekleştirilen cerrahiler sonrasında intrakraniyal hava birikimi görülebilmektedir. Bu nedenle pnömosefali gelişme riski bulunan olgularda hava hacmindeki artışın klinik sonuçları dikkate alınmalı ve anestezik yönetim bu risk göz önünde bulundurularak planlanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Nöromonitörizasyon ile Anestezi Yönetimi

İntraoperatif nörofizyolojik monitörizasyonun temel amacı, gelişmekte olan nöral yaralanmayı kalıcı nörolojik hasar ortaya çıkmadan önce saptamak ve düzeltici girişimlere olanak sağlamaktır. Bu nedenle nöromonitörizasyon yalnızca tanısal bir araç değil, aynı zamanda intraoperatif karar verme sürecini yönlendiren önemli bir güvenlik bileşeni olarak değerlendirilmelidir. Monitörizasyonun başarısı; uygun yöntemin seçilmesi, teknik artefaktların en aza indirilmesi, anestezik etkilerin iyi bilinmesi ve cerrahi ekip ile nörofizyoloji ekibi arasında etkin iletişim kurulmasına bağlıdır (Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

İntraoperatif İntraoperatif nörofizyolojik sinyaller cerrahi manipülasyonların yanı sıra uygulanan anestezik ilaçlardan, sistemik hemodinamik değişikliklerden ve metabolik faktörlerden etkilenmektedir. Bu nedenle monitörizasyon sırasında ortaya çıkan tüm sinyal değişiklikleri klinik bağlam içerisinde değerlendirilmelidir. Nörofizyolojik sinyallerde meydana gelen ani değişikliklerin değerlendirilmesinde sistematik ve yapılandırılmış bir yaklaşım benimsenmesi önerilmektedir (Angelliaume et al., 2023; Ryalino et al., 2024).

İntraoperatif nöromonitörizasyon sırasında ani sinyal kaybı veya belirgin sinyal kötüleşmesi saptandığında sistematik bir değerlendirme yaklaşımı izlenmelidir. İlk olarak teknik nedenler

dışlanmalı; elektrot yerleşimleri, bağlantılar, kayıt kalitesi ve kullanılan uyarı parametreleri gözden geçirilmelidir. Teknik bir sorun saptanmaması durumunda anestezik faktörler değerlendirilmeli; volatil anestezik konsantrasyonunda artış, yakın zamanda uygulanan propofol bolusu veya nöromüsküler blokaj düzeyindeki değişiklikler araştırılmalıdır. Sinyal değişikliği devam ediyorsa fizyolojik faktörler gözden geçirilmelidir. Ortalama arter basıncı, oksijenasyon, ventilasyon durumu, hemoglobin konsantrasyonu ve vücut sıcaklığı değerlendirilmeli; saptanan bozukluklar hızla düzeltilmelidir. Bu aşamada özellikle hipotansiyon, hipoksemi, hipokapni veya anemiye bağlı azalmış nöral oksijen sunumu göz önünde bulundurulmalıdır. Teknik, anestezik ve fizyolojik nedenlerin düzeltilmesine rağmen sinyal kaybının devam etmesi durumunda cerrahi faktörler araştırılmalıdır. Cerrahi retraksiyon, damar kliplemesi, deformite düzeltme manevraları veya diğer potansiyel mekanik etkiler gözden geçirilmeli; gerekli durumlarda son cerrahi adımın geri alınması düşünülmelidir. Güncel yaklaşımlar, kalıcı sinyal değişikliklerinde cerrah, nörofizyolog ve anestezi ekibi arasında hızlı ve yapılandırılmış iletişimin nörolojik sonuçların iyileştirilmesinde kritik öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır (Angelliaume et al., 2023; Ryalino et al., 2024).

Total intravenöz anestezi (TIVA), birçok nöromonitörizasyon uygulamasında tercih edilen anestezi tekniğidir. Propofol ve kısa etkili opioid infüzyonları altında hem somatosensoriyel hem de motor uyarılmış potansiyellerin daha güvenilir şekilde elde edilebildiği gösterilmiştir. Volatil anestezikler ise doz bağımlı olarak uyarılmış potansiyel amplitüdlerini azaltmakta ve latansları uzatmaktadır. Özellikle motor uyarılmış potansiyeller (MEP), volatil ajanların baskılayıcı etkilerine belirgin derecede duyarlıdır. Bu

nedenle MEP monitörizasyonunun kritik olduğu girişimlerde TIVA sıklıkla tercih edilmekte, volatil ajan kullanılacaksa genellikle düşük minimum alveoler konsantrasyonlarda uygulanmaktadır (Angelliaume et al., 2023; Reysner et al., 2024).

Somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), dorsal kolon-medial lemniskal sistemin fonksiyonel bütünlüğünün değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Uyarılmış potansiyeller değerlendirilirken amplitüd, latans ve dalga morfolojisi temel parametrelerdir. Genel olarak amplitüdde yaklaşık %50 azalma veya latansta %10 uzama anlamlı sinyal değişikliği kabul edilmekte ve cerrahi ekibe bildirilmesi önerilmektedir. Volatil anestezikler kortikal SSEP yanıtları üzerinde belirgin baskılayıcı etki oluştururken, propofolün etkileri daha sınırlıdır. Ketamin ve etomidatın ise bazı çalışmalarda SSEP amplitüdlerini artırabildiği bildirilmiştir (Gropper et al., 2025; Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

Motor uyarılmış potansiyeller (MEP), kortikospinal sistemin fonksiyonel bütünlüğünü değerlendiren ve motor defisitlerin erken saptanmasını sağlayan önemli bir monitörizasyon yöntemidir. MEP kayıtları hem volatil anesteziklerden hem de nöromüsküler bloke edici ajanlardan belirgin şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle MEP izleminin kritik olduğu cerrahilerde nöromüsküler blokaj genellikle yalnızca entübasyon amacıyla uygulanmakta veya minimum düzeyde sürdürülmektedir. Kantitatif nöromüsküler monitörizasyonun kullanılması kayıtların yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Propofol-remifentanil veya propofol-sufentanil bazlı TIVA teknikleri altında güvenilir MEP kayıtları elde edilebildiği gösterilmiştir. Ketamin MEP amplitüdlerini artırabilirken yüksek doz barbitüratlar belirgin

baskılanmaya yol açabilmektedir. Cerrahinin türüne göre başlangıç amplitüdüne kıyasla %50-100 arasında değişen amplitüd kayıpları alarm kriteri olarak kullanılabilmektedir. Ancak sinyal değişiklikleri değerlendirilirken hipotansiyon, anemi, hipoksemi, anestezik fade fenomeni ve ilaç değişiklikleri gibi nedenler de dikkate alınmalıdır (Dulfer et al., 2023; Gadella et al., 2023; Gropper et al., 2025; Ryalino et al., 2024; Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

Nöromonitörizasyon verileri yalnızca uygulanan anestetiklerden değil, fizyolojik değişikliklerden de etkilenmektedir. Hipotansiyon, hipoksemi, anemi ve ciddi hipokapni nöral dokuda oksijen sunumunu azaltarak amplitüd düşüşüne ve latans uzamasına neden olabilir. Özellikle hiperventilasyona bağlı hipokapni serebral vazokonstriksiyon oluşturarak serebral kan akımını azaltabilmektedir. Benzer şekilde hipotermi sinir ileti hızını yavaşlatarak uyarılmış potansiyeller üzerinde olumsuz etki oluşturabilmektedir. Bu nedenle nöromonitörizasyon uygulanan tüm olgularda fizyolojik homeostazın korunması büyük önem taşımaktadır (Dulfer et al., 2023; Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

Beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyeller (BAEP), koklea ile beyin sapı arasındaki işitsel yolların değerlendirilmesini sağlar ve özellikle posterior fossa cerrahilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dalga latanslarında uzama veya yanıt kaybı, vestibülokoklear sinir ya da beyin sapı üzerindeki traksiyon, kompresyon veya iskemi açısından erken uyarıcı bulgu olabilir. BAEP'lerin önemli avantajlarından biri, volatil ve intravenöz anesteziklerden diğer birçok nörofizyolojik yönteme göre daha az etkilenmesidir (Gropper et al., 2025).

Elektromiyografi (EMG), özellikle kranial sinirlerin veya periferik sinirlerin risk altında olduğu cerrahilerde önemli bilgiler sağlar. Serbest EMG kayıtları sinir irritasyonuna bağlı nörotonik deşarjları saptayabilirken, uyarılmış EMG sinir yapılarını tanımlamak ve fonksiyonel bütünlüğünü değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır. EMG yanıtları nöromüsküler bloke edici ilaçlardan etkilendiğinden blok düzeyinin dikkatli yönetilmesi gereklidir (Gropper et al., 2025).

Elektroensefalografi (EEG), serebral kortikal aktivitenin değerlendirilmesini sağlar ve özellikle serebral iskemi riski taşıyan nörovasküler girişimlerde yararlı bilgiler sunabilir. İşlenmiş EEG yöntemleri (BIS, PSI, entropi vb.) anestezi derinliğinin değerlendirilmesine yardımcı olmakla birlikte bilinç durumunu doğrudan ölçmez. Bu nedenle elde edilen indeksler ham EEG kayıtları ve klinik bulgular ile birlikte yorumlanmalıdır. Özellikle yaşlı hastalarda ham EEG ve spektrogram analizlerinin sayısal indekslere ek bilgi sağlayabileceği bildirilmektedir (Gropper et al., 2025).

Tablo 4 Nörofizyolojik monitörizasyon modalitelerinin anesteziklerden etkilenme özellikleri

Modalite	**En Çok Etkilendiği Anestezik/İlaç Grubu**	**Başlıca Etki**
SSEP	Volatil anestetikler (sevofluran, desfluran, izofluran)	Amplitüdde azalma, latansta uzama
MEP	Volatil anestetikler ve nöromüsküler bloke edici ajanlar	Belirgin amplitüd azalması veya yanıt kaybı
EMG	Nöromüsküler bloke edici ajanlar	Kas yanıtlarında belirgin baskılanma
BAEP	Anesteziklerden minimal etkilenir; yüksek doz volatil ajanlar hafif latans uzatabilir	Görece stabil kayıt
VEP	Volatil anestetikler	Amplitüd azalması, kayıt değişkenliğinde artış
EEG / pEEG	Hipnotik ajanlar (özellikle propofol, volatil anestetikler, barbitüratlar)	Frekans ve amplitüd değişiklikleri, burst-supresyon gelişimi

MEP ve EMG monitörizasyonu nöromüsküler blokajdan en fazla etkilenen yöntemlerdir. Buna karşılık BAEP, nörofizyolojik monitörizasyon yöntemleri arasında anesteziklerden görece en az etkilenen modalitelerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle MEP monitörizasyonunun kritik olduğu girişimlerde sıklıkla total intravenöz anestezi (TIVA) tercih edilmekte ve nöromüsküler blokaj minimum düzeyde tutulmaktadır (Dulfer et al., 2023; Gropper et al., 2025; Gu et al., 2022; Hayashi et al., 2022; Jashek-Ahmed et al., 2021; Liu & Song, 2025; Ryalino et al., 2024; Toleikis et al., 2024; Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

Wake-up test (Stagnara testi), intraoperatif dönemde spinal kordun fonksiyonel bütünlüğünü değerlendirmek amacıyla kullanılan klinik bir nörolojik değerlendirme yöntemidir. Test sırasında anestezik ilaçların geçici olarak azaltılması veya

kesilmesiyle hastanın uyandırılması sağlanır ve hastadan üst veya alt ekstremitelerini hareket ettirmesi istenir. Amaç, kortikospinal trakt fonksiyonlarının korunup korunmadığının doğrudan değerlendirilmesidir. Somatosensoriyel ve motor uyarılmış potansiyel monitörizasyonunun yaygın olarak kullanılmasından önce spinal kord bütünlüğünün değerlendirilmesinde temel yöntem olarak kabul edilen wake-up test, günümüzde daha seçilmiş durumlarda kullanılmaktadır. Günümüzde multimodal nörofizyolojik monitörizasyonun yaygınlaşması nedeniyle wake-up test çoğu merkezde birincil yöntem olmaktan çıkmış ve daha çok tamamlayıcı veya kurtarma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Paunikar et al., 2023; Sultan & Afify, 2023). Ayrıca son literatürlerde, gelişmiş nöromonitörizasyon yöntemlerinin bulunmadığı merkezlerde veya nörofizyolojik bulguların güvenilir şekilde yorumlanamadığı durumlarda halen değerli bir kurtarma yöntemi olarak kabul edilmektedir.

Wake-up testin başlıca endikasyonları arasında nöromonitörizasyon olanaklarının bulunmaması, SSEP veya MEP kayıtlarının elde edilememesi, monitörizasyon verilerinde açıklanamayan ve kalıcı sinyal kayıplarının ortaya çıkması veya nörofizyolojik bulgular ile klinik durum arasında uyumsuzluk bulunması yer almaktadır. Özellikle yüksek nörolojik risk taşıyan deformite cerrahilerinde ve bazı kompleks omurga girişimlerinde tamamlayıcı değerlendirme yöntemi olarak kullanılabilmektedir (Nikhar et al., 2023; Paunikar et al., 2023).

Wake-up testin en önemli avantajı, spinal motor fonksiyonun doğrudan değerlendirilmesine olanak sağlamasıdır. Elektrofizyolojik kayıtların aksine sonuçların yorumlanması görece kolaydır ve teknik ekipman arızalarından etkilenmez. Hastanın

istemli hareket oluşturabilmesi, kortikospinal yolların fonksiyonel olarak korunduğunu gösteren güçlü bir klinik bulgu kabul edilmektedir (Paunikar et al., 2023; Sultan & Afify, 2023).

Bununla birlikte yöntemin önemli sınırlılıkları bulunmaktadır. Wake-up test yalnızca uygulandığı andaki nörolojik durumu değerlendirir ve sürekli monitörizasyon sağlamaz. Hastanın yeterli düzeyde kooperasyon gösterebilmesi gerekir ve test sırasında oluşabilecek hareketler cerrahi işlemi geçici olarak kesintiye uğratabilir. Ayrıca duyusal fonksiyonlar, kranial sinirler veya nörolojik sistemin diğer bileşenleri hakkında bilgi sağlamaz. Bu nedenle günümüzde çoğu merkezde SSEP ve MEP temelli nöromonitörizasyon yöntemleri tercih edilmekte, wake-up test ise tamamlayıcı veya kurtarma yöntemi olarak kullanılmaktadır (Angelliaume et al., 2023; Nikhar et al., 2023; Paunikar et al., 2023).

Wake-up test sırasında hava yolu güvenliği özel önem taşımaktadır. Kısmi uyanıklık döneminde öksürük, endotrakeal tüp intoleransı, ajitasyon, istemsiz hareketler ve ventilasyon güçlükleri gelişebilmektedir. Bu durum özellikle yüzüstü pozisyonda opere edilen hastalarda ek güvenlik sorunları yaratabilir. Bu nedenle test öncesinde hava yolu güvenliğinin sağlanması, yeterli analjezinin sürdürülmesi ve anestezi ekibi ile cerrahi ekip arasında yakın koordinasyon bulunması gereklidir (Paunikar et al., 2023; Sultan & Afify, 2023).

Psikolojik açıdan değerlendirildiğinde, intraoperatif dönemde geçici farkındalık yaşanması bazı hastalarda stres, korku ve anksiyeteye neden olabilmektedir. Bu nedenle preoperatif dönemde test olasılığı hakkında hasta bilgilendirilmeli ve uygun onam alınmalıdır. Modern anestezi uygulamaları ve gelişmiş nöromonitörizasyon tekniklerinin yaygınlaşmasıyla wake-up testin

kullanım sıklığı azalmış olmakla birlikte, seçilmiş hastalarda spinal kord fonksiyonunun değerlendirilmesinde halen önemli bir alternatif yöntem olarak değerini korumaktadır (Paunikar et al., 2023; Nikhar et al., 2023).

Nöromonitörizasyon sırasında elde edilen veriler, nörofizyolojik kayıtlar, sistemik fizyolojik değişkenler ve cerrahi olaylar birlikte değerlendirilerek yorumlanmalıdır. Günümüzde amaç yalnızca sinyal değişikliklerini saptamak değil, bu değişikliklerin altında yatan geri dönüşümlü nedenleri hızla belirleyerek uygun düzeltici girişimleri gerçekleştirmektir. Bu nedenle cerrah, nörofizyolog ve anestezi ekibi arasında etkin iletişim ve koordinasyon nöromonitörizasyonun başarısının temel belirleyicilerinden biridir. Multidisipliner yaklaşım sayesinde gelişmekte olan nöral hasarın erken dönemde tanınması, sekonder yaralanmanın önlenmesi ve nörolojik sonuçların iyileştirilmesi mümkün olabilmektedir (Dulfer et al., 2023; Fan & Rosenthal, 2023; Gadella et al., 2023; Ryalino et al., 2024; Vitt et al., 2023; Yu Wing-hay & Chung Chun-kwong, 2019).

İntrakraniyal Tümör Cerrahisinde Anestezi

İntrakraniyal tümör cerrahisinde anestezik yaklaşımın temel hedefleri; intrakraniyal basıncın kontrol altında tutulması, yeterli beyin gevşemesinin sağlanması, serebral perfüzyonun korunması, cerrahi ekspozisyonun kolaylaştırılması ve ameliyat sonrasında erken nörolojik değerlendirmenin mümkün kılınmasıdır. Cerrahi planlama yapılırken tümörün lokalizasyonu, büyüklüğü, çevre dokular üzerindeki kitle etkisi ve serebral ödem varlığı dikkate alınmalıdır. Özellikle belirgin kitle etkisi bulunan hastalarda perioperatif dönemde intrakraniyal dinamikler dikkatle yönetilmelidir. İntrakraniyal tümörlü hastalarda preoperatif

değerlendirme sırasında kitle etkisine bağlı semptomlar, mevcut nörolojik defisitler ve intrakraniyal hipertansiyon bulguları ayrıntılı olarak araştırılmalıdır. Baş ağrısı, bulantı, kusma, bilinç düzeyinde değişiklikler ve fokal nörolojik bulgular serebral kompliyansın bozulduğunu gösterebilir. Özellikle belirgin intrakraniyal basınç artışı bulunan hastalarda sedatif premedikasyona dikkat edilmeli ve hipoventilasyona bağlı karbondioksit retansiyonundan kaçınılmalıdır (Gropper et al., 2025; Kazancı, 2025). İntrakraniyal tümörlü hastalarda preoperatif değerlendirme sırasında nöbet öyküsü ayrıntılı olarak sorgulanmalı ve mevcut antiepileptik tedavi gözden geçirilmelidir. Tümöre bağlı epilepsi, özellikle kortikal yerleşimli lezyonlarda sık görülmekte olup, perioperatif dönemde antiepileptik ilaçların sürekliliğinin sağlanması önem taşımaktadır. Daha önce nöbet geçirmiş hastalarda antiepileptik tedavi genellikle sürdürülürken, nöbet öyküsü bulunmayan tüm hastalarda rutin profilaktik antiepileptik kullanımını destekleyen kanıtlar sınırlıdır ve yaklaşım hasta bazında değerlendirilmelidir (Hauff & Storstein, 2023).

Radyolojik incelemelerde orta hat kayması, ventrikül kompresyonu, hidrosefali ve yaygın ödem varlığı değerlendirilmelidir. Bu bulgular intrakraniyal kompliyansın azaldığını düşündürebilir ve anestezi planlamasını doğrudan etkileyebilir (Gropper et al., 2025).

Büyük tümörler, yaygın peritümöral ödem veya belirgin orta hat kayması bulunan hastalarda beyin kompliyansı azalabilmektedir. Bu olgularda cerrahi ekspozisyonun sağlanabilmesi ve serebral retraksiyon gereksiniminin azaltılması amacıyla beyin gevşetici stratejiler uygulanmaktadır. Baş elevasyonu, serebral venöz drenajın optimize edilmesi, uygun ventilasyon ve hiperozmolar tedaviler bu

yaklaşımın temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Obstrüktif hidrosefali veya ventriküler genişleme bulunan seçilmiş olgularda ventriküler drenaj yoluyla BOS boşaltılması da intrakraniyal hacmin azaltılmasına ve beyin gevşemesinin iyileştirilmesine katkı sağlayabilmektedir. Lomber BOS drenajı bazı hastalarda yararlı olabilmekle birlikte, belirgin kitle etkisi veya herniasyon riski bulunan olgularda dikkatli değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025; M. Zheng et al., 2023).

Peritümöral vazojenik ödem varlığında kortikosteroid tedavisi önemli yarar sağlayabilmektedir. Özellikle deksametazon uygulaması serebral ödemin azaltılmasına katkıda bulunmakta ve cerrahi koşulların iyileştirilmesini kolaylaştırabilmektedir. Bununla birlikte deksametazon tedavisi sırasında hiperglisemi, enfeksiyon eğiliminde artış, proksimal kas güçsüzlüğü ve gastrointestinal komplikasyonlar gelişebileceğinden hastalar bu açıdan da dikkatle izlenmelidir (Gropper et al., 2025; Mistry, 2023). Hiperozmolar tedavi amacıyla mannitol ve hipertonik salin kullanılabilmektedir. Her iki yöntem de intrakraniyal hacmin azaltılmasına yardımcı olarak beyin gevşemesine katkıda bulunur (Gropper et al., 2025).

Normokapninin sürdürülmesi serebral kan akımı ve intrakraniyal volümün dengelenmesi açısından önem taşımaktadır. Bununla birlikte uzun süren kraniyotomilerde, ileri yaşlı hastalarda, eşlik eden pulmoner hastalıklarda veya ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunun arttığı diğer klinik durumlarda $ETCO_2$-$PaCO_2$ gradyenti genişleyebilir ve $ETCO_2$ ölçümleri gerçek arteriyel karbondioksit düzeyini olduğundan düşük yansıtabilir. Bu nedenle yüksek riskli olgularda ventilasyon hedefleri gerektiğinde arter kan gazı analizleri ile doğrulanmalıdır (Le Gall et al., 2024; Sardesai et al., 2024). Son yıllarda nöroşirürjik ve nörokritik hastalarda düşük

tidal volüm ve uygun düzeyde PEEP içeren akciğer koruyucu ventilasyon stratejilerinin kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte PEEP uygulamasının intrakraniyal basınç, serebral perfüzyon basıncı ve serebral venöz dönüş üzerindeki etkileri hastanın akciğer mekaniği, intrakraniyal kompliyansı ve hemodinamik durumu ile yakından ilişkili olduğundan ventilasyon ayarları bireyselleştirilmelidir (Giardina et al., 2023).

İntrakraniyal tümör cerrahisinde hem volatil anestezikler hem de total intravenöz anestezi teknikleri kullanılabilmektedir. Bununla birlikte büyük tümörler, belirgin ödem ve azalmış intrakraniyal kompliyansı bulunan hastalarda total intravenöz anestezi tercih edilebilmektedir. İntravenöz ajanların serebral metabolik hız ve serebral kan akımını azaltıcı etkileri beyin gevşemesi açısından avantaj sağlayabilmektedir (Gropper et al., 2025).

Propofol temelli anestezi teknikleri hızlı titre edilebilmeleri ve erken nörolojik değerlendirmeye olanak sağlamaları nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak serebral perfüzyonun korunabilmesi için hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi gereklidir (Kazancı, 2025).

Perioperatif hemoglobin hedefleri sabit transfüzyon eşikleri yerine hastanın serebral oksijen sunumu, serebral perfüzyon durumu, tümörün vaskülaritesi, beklenen kan kaybı ve eşlik eden kardiyopulmoner komorbiditeler dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Domi et al., 2026; Shander et al., 2022).

Motor korteks, konuşma alanları veya derin nörolojik yapılara komşu tümörlerde intraoperatif nöromonitörizasyon kullanılabilmektedir. Somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller ve motor uyarılmış potansiyeller, kritik nörolojik yolların fonksiyonel

bütünlüğünün değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Bu durumda anestezik plan nöromonitörizasyonun güvenilirliğini bozmayacak şekilde düzenlenmelidir (Gropper et al., 2025).

Kraniyofarenjiyomlar ve suprasellar yerleşimli hipofiz tümörlerinde cerrahi manipülasyon sırasında hipotalamik yapıların etkilenmesi mümkündür. Bu durum intraoperatif hemodinamik değişikliklere yol açabileceği gibi, postoperatif dönemde su dengesi bozukluklarının gelişmesine de neden olabilir. Özellikle diabetes insipidus erken postoperatif dönemde görülebilen önemli komplikasyonlardan biridir. Bu nedenle sıvı dengesi, serum sodyumu ve idrar çıkışı dikkatle izlenmelidir (Gropper et al., 2025).

İntrakraniyal tümör cerrahisinin ardından erken nörolojik değerlendirmenin yapılabilmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle anestezik yönetim nörolojik muayeneyi geciktirmeyecek şekilde planlanmalıdır. Özellikle frontal lob retraksiyonunun uygulandığı girişimlerden sonra geçici bilinç değişiklikleri ve davranışsal bozukluklar ortaya çıkabileceğinden postoperatif değerlendirme dikkatle yapılmalıdır (Gropper et al., 2025). Malign beyin tümörü bulunan hastalarda hiperkoagülabilite ve venöz tromboembolizm riski artmış olup, postoperatif tromboprofilaksi planlanırken tromboembolik komplikasyon riski ile intrakraniyal kanama riski birlikte değerlendirilmelidir. Erken mobilizasyon ve mekanik tromboprofilaksi yöntemleri çoğu hastada farmakolojik profilaksinin tamamlayıcı bileşenlerini oluşturmaktadır (Liu et al., 2023a).

Postoperatif dönemde nöbet gelişimi açısından dikkatli klinik izlem yapılmalıdır. Tümöre bağlı epilepsi öyküsü bulunan hastalarda mevcut antiepileptik tedavinin kesintisiz sürdürülmesine özen gösterilmeli ve nöbet kontrolü yakından değerlendirilmelidir.

Status epileptikus gelişimi daha yüksek morbidite ve olumsuz klinik sonuçlarla ilişkili olduğundan erken tanı ve zamanında tedavi kritik önem taşımaktadır (Hauff & Storstein, 2023).

Hipofiz ve Sellar Bölge Cerrahileri

Hipofiz ve sellar bölge cerrahileri, nöroendokrin sistem üzerindeki etkileri, optik yapılara yakın anatomik yerleşimleri ve havayolu yönetimine ilişkin özgün gereksinimleri nedeniyle nöroanestezinin özel ilgi alanlarından birini oluşturmaktadır. Günümüzde çoğu hipofiz adenomu ve sellar bölge lezyonu endoskopik endonazal transsfenoidal yaklaşımla tedavi edilmekte olup, bu cerrahilerde başarılı perioperatif yönetim multidisipliner iş birliği gerektirmektedir. Endokrinolog, nöroşirürjiyen, anesteziyolog ve kulak burun boğaz cerrahının koordineli yaklaşımı perioperatif komplikasyonların azaltılmasına ve klinik sonuçların iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır. Özellikle hormon salgılayan adenomlarda sistemik fizyolojik etkiler yalnızca cerrahi planlamayı değil, anestezik yaklaşımı da doğrudan etkileyebilmektedir (Cheng et al., 2023; Raveendran et al., 2024).

Preoperatif değerlendirmede tüm hastalarda ayrıntılı nörolojik muayenenin yanı sıra hormonal eksiklikler ve hipersekresyon sendromları araştırılmalıdır. Hipokortizolizm, hipotiroidi ve hipopitüitarizm varlığı perioperatif hemodinamik instabilite riskini artırabileceğinden uygun replasman tedavileri operasyon öncesinde optimize edilmelidir. Fonksiyonel adenomlarda ise büyüme hormonu, ACTH veya prolaktin fazlalığına bağlı gelişen sistemik etkiler göz önüne alınmalıdır. Özellikle Cushing hastalığı bulunan olgularda hipertansiyon, diyabetes mellitus, hipokalemi, proksimal miyopati ve tromboembolik komplikasyon riski artarken; akromegalide kardiyomiyopati,

hipertansiyon, obstrüktif uyku apnesi ve zor havayolu daha sık görülmektedir. Bu nedenle hastaların kardiyovasküler ve solunumsal rezervleri dikkatle değerlendirilmelidir (Batch et al., 2023; Raveendran et al., 2024).

Akromegali bulunan hastalarda havayolu yönetimi özel önem taşımaktadır. Dil büyümesi, yumuşak doku kalınlaşması, prognatizm, vokal kord değişiklikleri ve üst havayolu daralması nedeniyle zor maske ventilasyonu ve zor entübasyon riski artabilmektedir. Mallampati sınıflaması normal olsa dahi supraglottik ve subglottik darlık görülebileceğinden, gerektiğinde videolaringoskop veya ileri havayolu ekipmanlarının hazır bulundurulması önerilmektedir. Ayrıca obstrüktif uyku apnesi prevalansının yüksek olması nedeniyle postoperatif dönemde opioid duyarlılığı ve solunumsal komplikasyon riski de göz önünde bulundurulmalıdır (Raveendran et al., 2024).

Tablo 5 Hipofiz adenomlarında endokrin bozuklukların anestezik sonuçları

Klinik Durum	**Temel Özellik**	**Anestezik Önem**
Akromegali	Büyük dil, OSA	Zor havayolu
Cushing hastalığı	HT, DM, hipokalemi	Hemodinamik risk
Hipopituitarizm	Hormon eksiklikleri	Perioperatif replasman

Kaynak: Cheng et al., 2023; Raveendran et al., 2024

İntraoperatif dönemde nöroanestezinin temel hedefleri korunmakla birlikte bazı özel noktalar bulunmaktadır. Kontrollü hemodinami sağlanmalı, yeterli serebral perfüzyon korunmalı ve cerrahi kanamayı artırabilecek hipertansif yanıtlar önlenmelidir. Endoskopik transsfenoidal girişimlerde cerrahi görüş kalitesini artırmak amacıyla hafif kontrollü hipotansiyon bazı merkezlerde uygulanabilmekle birlikte serebral ve optik sinir perfüzyonunu tehlikeye atabilecek aşırı arteriyel basınç düşüşlerinden

kaçınılmalıdır. Ekstübasyon sırasında öksürme ve ajitasyonun önlenmesi, nazal rekonstrüksiyon bölgelerinin korunması ve postoperatif hematom riskinin azaltılması açısından önemlidir. Erken nörolojik değerlendirmeyi mümkün kılacak kısa etkili ve titre edilebilir anestezik ajanlar tercih edilmelidir (Cheng et al., 2023; Raveendran et al., 2024).

Postoperatif dönemde nörolojik değerlendirmenin yanı sıra sıvı-elektrolit dengesi ve nöroendokrin fonksiyonların yakın izlemi gereklidir. Hipotalamo-hipofizer sapın cerrahi manipülasyonu sonrasında diabetes insipidus (DI), uygunsuz antidiüretik hormon salınımı sendromu (SIADH) ve daha nadir olarak cerebral salt wasting gelişebilmektedir. Bu nedenle erken dönemde idrar çıkışı, serum sodyum düzeyi, serum ve idrar osmolaliteleri yakından takip edilmelidir. Özellikle poliüri ve gelişen hipernatremi DI açısından uyarıcı olmalı; hiponatremi saptanan hastalarda ise volüm durumu değerlendirilerek SIADH ile cerebral salt wasting ayrımı yapılmalıdır. Elektrolit bozuklukları yeni gelişen bilinç değişikliği, nöbet ve nörolojik kötüleşme ile ilişkili olabileceğinden erken tanı büyük önem taşımaktadır (Almalki et al., 2021; Felbabić et al., 2024).

Cerrahi sonrasında görme fonksiyonları, okülomotor sinir bulguları, BOS kaçağı ve sellar hematom açısından dikkatli izlem gereklidir. Ani görme kaybı, şiddetli baş ağrısı, oftalmopleji veya bilinç düzeyinde kötüleşme gelişmesi durumunda postoperatif hematom veya optik yapılara bası olasılığı düşünülmeli ve acil görüntüleme yapılmalıdır. Ayrıca hipofiz cerrahisi sonrasında uygulanan güncel ERAS protokolleri erken mobilizasyon, erken oral alım, uygun hormonal replasman ve standardize izlem stratejileri sayesinde hastanede kalış süresini azaltabilmektedir (Cheng et al., 2023; Cossu et al., 2023).

Serebrovasküler Cerrahide Anestezi

Serebrovasküler cerrahiler; anevrizma klipleme, arteriovenöz malformasyon (AVM) cerrahisi ve çeşitli nörovasküler girişimleri kapsayan, serebral dolaşımın doğrudan etkilenebildiği yüksek riskli işlemlerdir. Bu girişimlerde anestezik yönetimin temel amacı, serebral perfüzyonun korunması, serebral iskemi riskinin azaltılması ve cerrahi sırasında oluşabilecek kanama komplikasyonlarının önlenmesidir. Serebral kan akımı ile sistemik hemodinami arasındaki ilişkinin korunması, nörolojik sonucun belirlenmesinde temel unsurlardan biridir (Pardo, 2023).

Anevrizma cerrahisinde temel hedeflerden biri, anevrizma güvenli şekilde oblitere edilinceye kadar yeniden kanama riskini en aza indirmektir. Cerrahi diseksiyon sırasında ortaya çıkabilecek ani hipertansif ataklar anevrizma duvarındaki gerilimi artırarak rüptür riskine katkıda bulunabilir. Buna karşılık aşırı hipotansiyon serebral kan akımını azaltarak iskemi gelişimine neden olabileceğinden kaçınılmalıdır. Bu nedenle kan basıncı yönetimi hastanın bazal değerleri, serebral dolaşım durumu ve cerrahinin aşamasına göre bireyselleştirilmelidir. Anevrizma cerrahisinde hemodinamik stabilite özellikle indüksiyon, laringoskopi, kafa tespiti amacıyla uygulanan pin yerleştirilmesi, cerrahi diseksiyon ve ekstübasyon dönemlerinde önem taşımaktadır. Bu süreçlerde ortaya çıkabilecek ani arter basıncı değişikliklerinin önlenmesi serebral dolaşımın korunmasına katkıda bulunmaktadır (Gropper et al., 2025; Hoh et al., 2023).

Anevrizma cerrahisi sırasında geçici arter kliplemesi uygulanabilmektedir. Geçici oklüzyon süresince kollateral dolaşımın sürdürülebilmesi amacıyla yeterli serebral perfüzyonun korunması önemlidir. Oklüzyon süresi uzadıkça serebral iskemi riski

artabileceğinden, geçici klipleme mümkün olan en kısa süreyle sınırlandırılmalıdır. Bu dönemde hipotansiyon, hipoksemi, anemi ve belirgin hipokapni gibi serebral oksijen sunumunu azaltabilecek fizyolojik bozukluklardan kaçınılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Anevrizma cerrahisinin en ciddi intraoperatif komplikasyonlarından biri anevrizma rüptürüdür. İntraoperatif rüptür gelişmesi durumunda cerrahi ekiple yakın koordinasyon içinde hızlı ve hedefe yönelik hemodinamik yönetim gereklidir. Kanama kontrolünün sağlanabilmesi amacıyla geçici arter kliplemesi uygulanabileceğinden cerrah ile sürekli iletişim sürdürülmelidir. Bu süreçte aşırı ve kontrolsüz hipotansiyondan kaçınılmalı, yeterli serebral perfüzyonun devamı sağlanırken intravasküler hacim durumu, kan kaybı ve kan ürünü gereksinimi hızla değerlendirilmelidir. Kanama kontrolü sonrasında serebral iskemiye yol açabilecek fizyolojik bozuklukların düzeltilmesi ve hedeflenen hemodinamik parametrelerin yeniden sağlanması önem taşır (Cottrell & Patel, 2025; Robba et al., 2024).

Anevrizmal subaraknoid kanamanın en önemli komplikasyonlarından biri gecikmiş serebral iskemidir. Güncel bilgiler bu tablonun yalnızca büyük damar vazospazmına bağlı olmadığını; mikrovasküler disfonksiyon, nöroinflamasyon, kortikal yayılma depolarizasyonları, mikrotromboz oluşumu ve bozulmuş serebral otoregülasyon gibi mekanizmaların da sürece katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu nedenle perioperatif yönetimde yalnızca vazospazmın değil, serebral perfüzyonu etkileyen tüm faktörlerin değerlendirilmesi gereklidir. Subaraknoid kanamalı hastalarda hipotansiyon serebral iskemi riskini artırabileceğinden dikkatle önlenmelidir. Semptomatik gecikmiş serebral iskemi gelişen hastalarda serebral perfüzyonun desteklenmesine yönelik

hemodinamik stratejiler uygulanabilmektedir (Gropper et al., 2025; Hoh et al., 2023).

Nimodipin, anevrizmal subaraknoid kanama sonrasında nörolojik sonuçları iyileştirdiği gösterilmiş temel farmakolojik tedavilerden biridir. Erken dönemde başlanması gecikmiş serebral iskemi riskini azaltabilmekte ve fonksiyonel sonuçları iyileştirebilmektedir. Bu nedenle kontrendikasyon bulunmadığı sürece tedavinin sürdürülmesi önerilmektedir (Gropper et al., 2025; Hoh et al., 2023).

Subaraknoid kanamalı hastalarda sıvı tedavisinin amacı normovoleminin korunmasıdır. Güncel yaklaşım hipervolemiden çok euvolemi stratejisini desteklemektedir. Hipervoleminin nörolojik sonuçları iyileştirdiğini gösteren güçlü kanıtlar bulunmamakta, buna karşın kardiyopulmoner komplikasyon riskini artırabileceği bildirilmektedir. Bu nedenle intravasküler hacim dikkatle değerlendirilmeli ve aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınılmalıdır. Serebral perfüzyonun korunması amacıyla sistemik arter basıncındaki değişiklikler dikkatle yönetilmelidir. Hem hipotansiyon hem de kontrolsüz hipertansiyon nörolojik sonuçlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceğinden, hemodinamik hedefler hasta özelliklerine göre belirlenmelidir. Subaraknoid kanama sonrasında hiponatremi sık karşılaşılan metabolik bozukluklardan biridir. Natriürezis ve buna bağlı intravasküler hacim kaybı serebral perfüzyonu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle serum sodyumu ve sıvı dengesi düzenli olarak değerlendirilmelidir. Elektrolit bozukluklarının erken tanınması ve düzeltilmesi nörolojik stabilitenin korunmasına katkıda bulunmaktadır (Hoh et al., 2023).

Perioperatif dönemde glukoz homeostazisinin korunması önemlidir. Hiperglisemi akut nörolojik hasar sonrasında sık

görülmekte olup, çeşitli çalışmalarda olumsuz nörolojik sonuçlarla ilişkilendirilmiştir. Buna karşılık yoğun glisemik kontrol uygulamaları hipoglisemi riskini artırabileceğinden kaçınılmalıdır. Bu nedenle serebrovasküler cerrahi uygulanan hastalarda düzenli glukoz izlemi yapılmalı, hem belirgin hiperglisemi hem de hipoglisemiden kaçınılacak şekilde hedefe yönelik metabolik yönetim sağlanmalıdır (Santana et al., 2025).

Arteriovenöz malformasyon (AVM) cerrahileri, yüksek akımlı arteriyovenöz şantların neden olduğu karmaşık serebral hemodinamik değişiklikler nedeniyle kendine özgü anestezik zorluklar içerir. Özellikle büyük ve yüksek akımlı AVM'lerde önemli intraoperatif kan kaybı gelişebileceğinden yeterli damar yolu erişimi, uygun kan ürünü hazırlığı ve yakın hemodinamik monitörizasyon sağlanmalıdır. AVM çevresindeki beyin dokusunda kronik vazodilatasyon ve bozulmuş otoregülasyon gelişebilmektedir. Cerrahi öncesinde embolizasyon uygulanmış olgularda rezidüel şant akımı, embolik materyale bağlı vasküler değişiklikler ve olası periprosedürel komplikasyonlar göz önünde bulundurulmalıdır. AVM rezeksiyonu sonrasında kronik olarak hipoperfüze kalan beyin dokusuna normal perfüzyon basıncının yeniden ulaşması sonucunda gelişebilen "normal perfusion pressure breakthrough" (NPPB) fenomeni nedeniyle postoperatif hiperemi, serebral ödem veya intrakraniyal kanama gelişebilmektedir. Bu nedenle postoperatif dönemde kan basıncı dikkatle kontrol edilmeli ve nörolojik durum yakın izlenmelidir (Samaniego et al., 2024; Theiss & Alaraj, 2024).

Kompleks serebrovasküler girişimlerde ve masif kanama riski bulunan olgularda yeterli damar yolu erişimi, uygun kan ürünü hazırlığı ve yakın hemodinamik monitörizasyon sağlanmalıdır.

Anemi serebral oksijen sunumunu azaltarak sekonder iskemik hasar riskine katkıda bulunabileceğinden hemoglobin düzeyleri dikkatle izlenmelidir. Bununla birlikte transfüzyon kararları yalnızca sabit hemoglobin eşiklerine göre değil, hastanın klinik durumu, devam eden kanama, serebral perfüzyon gereksinimleri ve eşlik eden komorbiditeler dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Hoh et al., 2023; Terrett et al., 2023).

Serebrovasküler cerrahiler sırasında serebral ve sistemik hemodinaminin yakından izlenmesi önemlidir. İntraoperatif invaziv arter basıncı monitörizasyonu serebrovasküler cerrahilerin çoğunda standart uygulamalar arasında yer almaktadır. Seçilmiş olgularda elektroensefalografi, somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller veya motor uyarılmış potansiyeller gibi nörofizyolojik monitörizasyon yöntemleri serebral iskemi gelişiminin erken tanınmasına yardımcı olabilir (Gropper et al., 2025).

Subaraknoid kanama sonrasında transkraniyal Doppler ultrasonografi serebral vazospazmın izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle orta serebral arter akım hızlarındaki değişiklikler gecikmiş serebral iskemi riskinin değerlendirilmesine katkıda bulunabilir (Gropper et al., 2025; Hoh et al., 2023).

Serebrovasküler cerrahi sonrasında erken nörolojik değerlendirmenin yapılabilmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle postoperatif dönemde yeterli analjezi sağlanırken aşırı sedasyondan kaçınılmalı, serebral perfüzyonu etkileyebilecek fizyolojik bozukluklar düzeltilmelidir. Normokapninin korunması, ağrı kontrolünün sağlanması ve bulantı-kusmanın önlenmesi postoperatif bakımın önemli bileşenleridir. Uygun hastalarda erken ekstübasyon ve erken nörolojik değerlendirme hedeflenmelidir (Hoh et al., 2023). Postoperatif dönemde hastalar nörolojik kötüleşme açısından yakın

izlenmelidir. Yeni gelişen bilinç değişikliği, fokal nörolojik defisit veya beklenmeyen klinik kötüleşme durumunda erken görüntüleme ile intrakraniyal kanama, serebral infarkt veya hidrosefali araştırılmalıdır. Anevrizmal subaraknoid kanamalı hastalarda vazospazm ve gecikmiş serebral iskemi gelişimi açısından düzenli klinik değerlendirme yapılmalı, gerekli durumlarda transkraniyal Doppler ultrasonografi ve diğer görüntüleme yöntemlerinden yararlanılmalıdır. Postoperatif dönemde akut veya gecikmiş hidrosefali gelişebileceği göz önünde bulundurulmalı ve serebral perfüzyonu etkileyebilecek komplikasyonlar erkenden tanınmalıdır (Hoh et al., 2023; Robba et al., 2024).

Posterior Fossa Cerrahisi

Posterior fossa cerrahileri, beyin sapı, serebellum, alt kranial sinirler ve uzun traktlarla yakın anatomik ilişkileri nedeniyle nöroanestezinin en yüksek riskli uygulama alanlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu bölgedeki sınırlı hacim içerisinde gelişen küçük hacim değişiklikleri veya cerrahi manipülasyonlar dahi ciddi nörolojik sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle anestezik yaklaşım planlanırken cerrahi pozisyon, serebral venöz drenaj, havayolu yönetimi, hemodinamik hedefler ve nörofizyolojik monitörizasyon gereksinimleri ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Posterior fossa girişimlerinde beyin sapının cerrahi manipülasyona duyarlı olması nedeniyle intraoperatif dönemde ani kardiyovasküler değişiklikler ortaya çıkabilmektedir. Beyin sapı veya kranial sinirlerin gerilmesi sırasında bradikardi, hipotansiyon, hipertansiyon ve çeşitli kardiyak ritim bozuklukları gelişebilmektedir. Bu nedenle sürekli invaziv arter basıncı izlemi ve yakın elektrokardiyografik takip önerilmektedir. Cerrahi ekiple

sürekli iletişim kurulması ve hemodinamik değişikliklerin cerrahi manipülasyonlarla ilişkisinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır (Gropper et al., 2025; Kazancı, 2025).

Posterior fossa cerrahilerinde pozisyonlandırma özel önem taşımaktadır. Oturur pozisyon kullanıldığında cerrahi görüş kalitesi artabilmekte ve venöz drenaj kolaylaşabilmektedir; ancak venöz hava embolisi ve pnömosefali riski de belirgin şekilde yükselmektedir. Venöz hava embolisinin tanı ve yönetimine ilişkin ayrıntılar Bölüm 10'da, pnömosefaliye ilişkin değerlendirme ve tedavi yaklaşımları ise Bölüm 27.2'de ele alınmıştır. Ayrıca pozisyon değişikliğine bağlı venöz dönüş azalması nedeniyle hipotansiyon gelişebilir ve serebral perfüzyon basıncı olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle pozisyon sonrasında hemodinamik durum yeniden değerlendirilmeli ve serebral dolaşımın korunmasına yönelik gerekli önlemler alınmalıdır. Baş ve boyun pozisyonunun dikkatli şekilde ayarlanması gereklidir. Aşırı fleksiyon veya rotasyon venöz dönüşü bozarak serebral venöz konjesyona neden olabilir. Servikal yapıların kompresyonundan kaçınılmalı ve cerrahi boyunca başın uygun pozisyonda kaldığı düzenli olarak doğrulanmalıdır. Venöz drenajdaki bozulma hem cerrahi ekspozisyonu güçleştirebilmekte hem de intrakraniyal basınç artışına katkıda bulunabilmektedir (Gropper et al., 2025).

Posterior fossa kitleleri, dördüncü ventrikül veya serebral BOS dolaşım yollarını obstrükte ederek obstrüktif hidrosefali ve intrakraniyal basınç artışına yol açabilir. Bu nedenle preoperatif değerlendirmede bilinç düzeyi, papilödem ve diğer intrakraniyal hipertansiyon bulguları ayrıntılı olarak sorgulanmalı; mevcut eksternal ventriküler drenaj (EVD), ventrikülоperitoneal şant veya endoskopik üçüncü ventrikülostomi öyküsü gözden geçirilmelidir.

Hidrosefali varlığında perioperatif dönemde BOS drenaj sistemlerinin işlevselliği doğrulanmalı ve ani intrakraniyal basınç değişikliklerinden kaçınılmalıdır. Özellikle akuadukt veya ventriküler sistem invazyonu bulunan lezyonlarda postoperatif hidrosefali gelişme riski arttığından erken nörolojik ve radyolojik değerlendirme planlanmalıdır (Eguiluz-Melendez et al., 2023; Taussky et al., 2022).

Posterior fossa cerrahilerinde nörofizyolojik monitörizasyon sıklıkla kullanılmaktadır. Beyin sapı işitsel uyarılmış potansiyeller (BAEP) işitsel yolların ve beyin sapı fonksiyonlarının değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Özellikle vestibüler schwannoma rezeksiyonu gibi girişimlerde BAEP monitörizasyonu işitme fonksiyonunun korunmasına katkı sağlayabilmektedir. Buna ek olarak elektromiyografik monitörizasyon, fasiyal sinir başta olmak üzere çeşitli kranial sinirlerin fonksiyonel bütünlüğünün izlenmesine olanak tanımaktadır. Özellikle serebellopontin köşe ve beyin sapı cerrahilerinde somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP) ve motor uyarılmış potansiyeller (MEP) de uzun traktların bütünlüğünün değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir (Adkins et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Posterior fossa girişimlerinin sonunda ekstübasyon kararı dikkatle verilmelidir. Cerrahi manipülasyon veya postoperatif ödem nedeniyle alt kranial sinir fonksiyonlarında bozulma gelişebilir. Özellikle IX., X. ve XII. kranial sinirlerin etkilenmesi durumunda yutma fonksiyonu, koruyucu havayolu refleksleri ve üst havayolu açıklığı bozulabilmektedir. Bu nedenle ekstübasyon öncesinde kranial sinir fonksiyonları ve solunum yeterliliği değerlendirilmeli, gerekli görülen olgularda mekanik ventilasyon desteğine devam edilmelidir. Beyin sapı cerrahisi, belirgin alt kranial sinir

disfonksiyonu, uzamış cerrahi süre veya havayolu güvenliği konusunda kuşku bulunan hastalarda planlı postoperatif ventilasyon ve yoğun bakım izlemi tercih edilebilir (Gropper et al., 2025; Kazancı, 2025).

Cerrahi sonrasında beyin sapı manipülasyonu, cerrahi alan ödemi, hematom veya gelişen hidrosefali nedeniyle solunum komplikasyonları ortaya çıkabilir. Özellikle medüller solunum merkezlerinin etkilenmesine bağlı santral hipoventilasyon, düzensiz solunum paterni veya apne gelişebileceğinden hastalar yakın solunumsal ve nörolojik izlem altında tutulmalıdır. Alt kranial sinir disfonksiyonları da havayolu koruma reflekslerini bozarak aspirasyon ve solunum yetmezliği riskini artırabilir. Yeni gelişen solunum bozukluğu veya bilinç değişikliği durumunda acil nörogörüntüleme ile beyin sapı ödemi, posterior fossa hematomu ve hidrosefali açısından değerlendirme yapılmalıdır (Atallah et al., 2023; Taussky et al., 2022).

Postoperatif dönemde posterior fossa hematomu, cerrahi alan ödemi veya gelişen hidrosefali nedeniyle ani nörolojik kötüleşme ortaya çıkabileceğinden yakın nörolojik takip gereklidir. Yeni gelişen motor defisit, kranial sinir tutulumu, bilinç düzeyinde bozulma veya beklenmeyen nörolojik bulgular gelişmesi durumunda acil nörogörüntüleme yapılmalıdır (Saad et al., 2022; Taussky et al., 2022).

Nöroşirürjik Travma Hastasında Anestezi

Travmatik beyin hasarında temel hedef sekonder beyin hasarının önlenmesidir. Hipoksi ve hipotansiyon, mortaliteyi ve nörolojik kötüleşmeyi belirgin biçimde artırdığından erken dönemde düzeltilmelidir. Şiddetli travmatik beyin yaralanmasında serebral

perfüzyon basıncının korunması, yeterli oksijenasyonun sağlanması ve intrakraniyal basınç kontrolü tedavinin temel bileşenleridir (Gropper et al., 2025).

Travmatik beyin yaralanmalı hastalarda erken hava yolu güvenliğinin sağlanması tedavinin öncelikli hedeflerinden biridir. Özellikle bilinç düzeyi bozulmuş, aspirasyon riski taşıyan, ventilasyon yeterliliği bozulmuş veya Glasgow Koma Skoru ≤8 olan hastalarda erken endotrakeal entübasyon düşünülmelidir. Travma hastalarında servikal omurga yaralanması olasılığı bulunduğundan, yaralanma dışlanıncaya kadar servikal stabilizasyon korunmalı ve hava yolu girişimleri bu durum göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmelidir. Hava yolu yönetimi planlı ekip çalışması, başarısız girişimlere yönelik önceden belirlenmiş stratejiler ve servikal omurganın korunmasını içeren sistematik bir yaklaşımla yürütülmelidir. Endotrakeal entübasyon sırasında amaç yalnızca hava yolunun güvence altına alınması değil, aynı zamanda sekonder beyin hasarına yol açabilecek hipoksemi ve hipotansiyonun önlenmesidir. Bu nedenle preoksijenasyonun optimize edilmesi, entübasyon girişimlerinin süresinin en aza indirilmesi ve işlem boyunca hemodinamik stabilitenin korunması büyük önem taşır. Güncel RSI yaklaşımlarında apneik oksijenasyon teknikleri, gelişmiş monitörizasyon yöntemleri ve uygun nöromüsküler blok stratejileri entübasyon güvenliğinin artırılmasına katkı sağlayabilir (Athanassoglou et al., 2024; Del Santo et al., 2024; Okeke et al., 2024; Sharma et al., 2025; Siebers & Steiner, 2024).

İndüksiyon ajanı seçimi hastanın hemodinamik durumu ve serebral fizyolojisi göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Travmatik beyin yaralanmalı hastalarda yapılan güncel bir çalışmada etomidat kullanımının propofole kıyasla daha sınırlı kan basıncı

değişiklikleri ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte hiçbir ajanın bütün hastalar için üstün olduğu gösterilmemiştir ve ilaç seçimi mevcut fizyolojik durum, eşlik eden yaralanmalar ve tedavi hedeflerine göre bireyselleştirilmelidir (Sharma et al., 2025).

Hızlı ardışık indüksiyon (rapid sequence induction, RSI), aspirasyon riskinin yüksek olduğu travma hastalarında sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Güncel uygulamalarda nöromüsküler blok için rokuronyum kullanımı yaygınlaşmış olup, preoksijenasyon stratejilerindeki gelişmeler ve yeni monitörizasyon yöntemleri entübasyon güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunmaktadır (Del Santo et al., 2024).

İndüksiyon ve hava yolu kontrolü sırasında amaç yalnızca trakeal entübasyonun sağlanması değil, aynı zamanda serebral oksijen sunumunun korunmasıdır. Bu nedenle işlem boyunca oksijenizasyon, ventilasyon ve sistemik arter basıncı yakından izlenmeli, serebral perfüzyon basıncında düşüşe yol açabilecek fizyolojik dalgalanmalardan kaçınılmalıdır (Gomez et al., 2025; Okeke et al., 2024).

İntrakraniyal basınç monitörizasyonu, beyin dokusu oksijenizasyonu ölçümü ve multimodal nöromonitörizasyon yöntemleri sekonder iskemi riskinin değerlendirilmesinde kullanılabilmektedir. Hiperventilasyon yalnızca seçilmiş durumlarda geçici bir kurtarma tedavisi olarak önerilmekte, rutin profilaktik kullanımı desteklenmemektedir (Gropper et al., 2025).

Akut intrakraniyal hipertansiyon gelişen hastalarda hiperozmolar tedavi önemli bir tedavi seçeneğidir. Mannitol ve hipertonik salin uygulamaları intrakraniyal basıncın düşürülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ajanlar, serebral ödemin azaltılması ve serebral perfüzyonun sürdürülmesine katkı

sağlayabilmekle birlikte, tedavi sırasında hemodinamik durum ve serum ozmolaritesi dikkatle izlenmelidir (Okeke et al., 2024; Siebers & Steiner, 2024).

Traneksamik asit, travmatik beyin yaralanmasında intrakraniyal kanama progresyonunu azaltmaya yönelik yardımcı bir tedavi olarak araştırılmıştır. Güncel meta-analizler, özellikle erken dönemde uygulandığında mortalite ve hematom genişlemesi üzerinde potansiyel yararlar bildirmekle birlikte, hasta seçim kriterleri ve en fazla yarar gören alt gruplar konusunda belirsizlikler devam etmektedir (Sigmon et al., 2023; Song et al., 2024).

Travmatik beyin yaralanmalı hastalarda normotansiyonun korunması, hiperterminin önlenmesi, glukoz kontrolü ve nöbetlerin tedavisi nöroprotektif yaklaşımın temel unsurlarıdır. Erken posttravmatik nöbetler serebral metabolik gereksinimleri artırarak sekonder beyin hasarına katkıda bulunabilir. Bu nedenle özellikle şiddetli travmatik beyin yaralanması olan hastalarda erken dönem nöbet profilaksisi önerilmekte olup, antiepileptik tedavinin ilk yedi günlük dönemde nöbet insidansını azaltabildiği bildirilmektedir. Güncel uygulamada levetirasetam ve fenitoin en sık kullanılan ajanlar arasında yer almaktadır (Gropper et al., 2025; Okeke et al., 2024).

Güncel yaklaşımda travmatik beyin hasarı, yalnızca intrakraniyal patolojilerin değil, aynı zamanda sistemik fizyolojik bozuklukların da eş zamanlı olarak yönetilmesini gerektiren kompleks bir durum olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle anestezik ve yoğun bakım yönetimi; oksijen sunumu, serebral perfüzyon ve metabolik gereksinimler arasındaki dengenin korunmasına odaklanmalıdır. Hipoksemi, hipotansiyon, hiperkapni, hipokapni, hipertermi ve glisemik düzensizlikler gibi potansiyel olarak

önlenebilir sekonder hasar nedenlerinin erken tanınması ve düzeltilmesi hasta prognozunu belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır (Okeke et al., 2024).

Son yıllarda tedavi stratejileri, yalnızca intrakraniyal basınç ve serebral perfüzyon basıncı gibi klasik parametrelerin izlenmesinin ötesine geçerek bireyselleştirilmiş nörofizyolojik izleme yaklaşımlarına yönelmiştir. Beyin dokusu oksijen basıncı monitörizasyonu, serebral oksijenizasyon değerlendirmesi ve diğer multimodal nöromonitörizasyon teknikleri, serebral fizyolojinin daha kapsamlı değerlendirilmesine olanak sağlayarak sekonder yaralanmanın erken saptanmasına katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, bu teknolojilerin hasta bazında klinik bağlam içerisinde yorumlanması gerektiğini ve izole monitörizasyon değerlerinden çok bütüncül fizyolojik değerlendirmeye odaklanılması gerektiğini göstermektedir.

Travmatik beyin yaralanmasında anestezik yönetimin önemli hedeflerinden biri de serebral oksijen sunumu ile metabolik gereksinimler arasındaki dengenin korunmasıdır. Bu amaçla yeterli intravasküler volümün sağlanması, sistemik kan basıncının sürdürülmesi ve hipokseminin önlenmesi esastır. Hipotansiyonun düzeltilmesi amacıyla uygulanan sıvı tedavisinde hipotonik solüsyonlardan kaçınılmalı, serebral ödem riskini artırmayan izotonik kristalloid çözeltiler tercih edilmelidir. Güncel literatürde, standartlaştırılmış yaklaşımların yanında hastaya özgü fizyolojik hedeflerin belirlenmesine yönelik ilgi giderek artmakta olup, özellikle intrakraniyal basınç ve serebral perfüzyon yönetiminde kişiselleştirilmiş tedavi stratejileri ön plana çıkmaktadır (Gomez et al., 2025; Okeke et al., 2024; Siebers & Steiner, 2024).

Ayrıca travmatik beyin yaralanmalı hastalarda nöroşirürjik girişimler sırasında veya eşlik eden ekstrakraniyal cerrahilerde uygulanacak anestezik yaklaşımın, sekonder beyin hasarını artırabilecek fizyolojik dalgalanmaları en aza indirecek şekilde planlanması önerilmektedir. Bu nedenle anestezi uygulamalarında temel prensip, serebral perfüzyonun korunması ve serebral fizyolojinin mümkün olduğunca stabil tutulmasıdır (Gomez et al., 2025; Okeke et al., 2024; Siebers & Steiner, 2024).

Travmatik spinal kord yaralanmasında nörolojik hasar yalnızca travma anında ortaya çıkan primer mekanik yaralanmaya bağlı değildir. Takip eden saatler ve günler içerisinde gelişen iskemi, mikrovasküler bozulma, inflamasyon ve hücresel ölüm mekanizmaları sekonder yaralanmaya katkıda bulunur. Bu nedenle perioperatif yönetimin temel amacı, geri dönüşümlü sekonder hasarın sınırlandırılması ve spinal kord perfüzyonunun korunmasıdır (Bhattacharyya & Izzy, 2024; Valdez-Resendiz et al., 2025).

Özellikle T6 seviyesinin üzerindeki spinal kord yaralanmalarında sempatik tonusun kaybına bağlı olarak nörojenik şok gelişebilir. Hipotansiyon ve bradikardi ile karakterize bu tablo, spinal kord perfüzyonunu bozarak sekonder yaralanmayı ağırlaştırabilir. Bu nedenle dolaşım desteği ve spinal kord perfüzyonunun sürdürülmesi perioperatif yönetimin temel hedefleri arasında yer almalıdır. Yüksek servikal spinal kord yaralanmaları diyafram ve yardımcı solunum kaslarının fonksiyonlarını etkileyerek erken dönemde solunum yetmezliği ve mekanik ventilasyon gereksinimine yol açabilir. Ventilatör bağımlılığı riski, özellikle servikal seviyedeki yüksek spinal kord yaralanmalarında belirgin olarak artmaktadır. Bu nedenle servikal spinal travması bulunan hastalarda hava yolu güvenliği ve ventilatuvar yeterlilik

dikkatle değerlendirilmeli, gerektiğinde erken solunum desteği sağlanmalıdır (Valdez-Resendiz et al., 2025; W. K. Kwon et al., 2024).

Güncel veriler, spinal kord kompresyonu veya spinal instabilite bulunan hastalarda erken cerrahi dekompresyon ve stabilizasyonun nörolojik sonuçları iyileştirebileceğini göstermektedir. Bu nedenle uygun hastalarda ilk 24 saat içerisinde gerçekleştirilen cerrahi girişimler giderek daha fazla desteklenmektedir (Bhattacharyya & Izzy, 2024; W. K. Kwon et al., 2024).

Travmatik beyin yaralanmalı hastaların bir kısmında eş zamanlı toraks, batın veya ekstremite travmalarına bağlı olarak nöroşirürjik girişim dışında acil cerrahi gereksinimi ortaya çıkabilmektedir. Bu hastalarda anestezik yönetim, eşlik eden cerrahi patolojilerin gereksinimleri ile nöroprotektif hedefler arasında denge kuracak şekilde planlanmalıdır. Ekstrakraniyal cerrahi sırasında da hipoksemi, hipotansiyon, hipokapni veya hiperkapni gibi serebral fizyolojiyi olumsuz etkileyebilecek durumların önlenmesi ve serebral perfüzyonun korunması temel öncelik olmaya devam etmektedir (Siebers & Steiner, 2024; Gomez et al., 2025).

Nöroşirürjik Acillerde Anestezi

Nöroşirürjik acillerde anestezik yaklaşımın temel hedefi serebral perfüzyonun sürdürülmesi ve intrakraniyal hipertansiyonun kontrolüdür. Artmış intrakraniyal basınç; baş ağrısı, bulantı, kusma, somnolans ve papilödem ile ilişkili olabilir. Bilgisayarlı tomografide orta hat kayması, bazal sistern silinmesi ve yaygın ödem intrakraniyal hipertansiyon lehine bulgulardır (Gropper et al., 2025).

Akut epidural hematom, travmatik nöroşirürjik acillerin klasik örneklerinden biridir. Genellikle arteriyel kaynaklı kanama sonucu gelişir ve kısa sürede belirgin kitle etkisine yol açabilir. Epidural hematomlu hastalarda başlangıçta nörolojik durum korunmuş olsa bile hızlı klinik kötüleşme gelişebileceğinden yakın izlem ve zamanında cerrahi değerlendirme gereklidir. Erken tanı ve uygun cerrahi boşaltım, nörolojik sonuç üzerinde belirleyici rol oynar (Pisică et al., 2024).

Akut subdural hematom, travmatik beyin yaralanmasının en sık cerrahi tedavi gerektiren formlarından biridir. Kitle etkisi, orta hat kayması, bazal sisternlerin silinmesi ve pupiller anormallikler kötü prognoz göstergeleri arasında yer alır. Nörolojik kötüleşme, artmış intrakraniyal basınç bulguları veya belirgin radyolojik kitle etkisi bulunan hastalarda acil nöroşirürjik girişim gerekebilir. Mortalite ve fonksiyonel sonuçlar üzerinde başvuru sırasındaki Glasgow Koma Skoru, pupiller muayene bulguları ve cerrahi zamanlaması önemli belirleyiciler olarak bildirilmektedir (Beucler, 2023; Scruton, 2024).

İntraparenkimal hemoraji ve diğer intrakraniyal kanamalar da hızlı nörolojik kötüleşme potansiyeline sahip nöroşirürjik aciller arasında yer alır. Bu hastalarda temel hedefler hematom genişlemesinin önlenmesi, serebral perfüzyonun korunması ve intrakraniyal hipertansiyonun kontrol altına alınmasıdır. Kan basıncı yönetimi, koagülopatilerin düzeltilmesi ve uygun hastalarda cerrahi veya minimal invaziv girişimlerin değerlendirilmesi güncel tedavi stratejilerinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır (Murthy, 2024).

İntrakraniyal hacim artışına bağlı klinik kötüleşme geliştiğinde; venöz dönüşün düzeltilmesi, normokapninin sağlanması, ozmoterapi uygulanması ve gerektiğinde BOS drenajı

gibi yöntemler kullanılabilir. Çeşitli nöroşirürjik acillerde intrakraniyal boşlukta kompansasyon kapasitesi tükenmiş olabileceğinden, özellikle belirgin kitle etkisi bulunan hastalarda intravenöz ağırlıklı anestezi teknikleri tercih edilmelidir (Addy & Tan, 2023; Gropper et al., 2025; Okeke et al., 2024).

Ani bilinç düzeyi kötüleşmesi, pupiller asimetri veya ışık refleksinin kaybı, progresif motor defisitler ve Cushing yanıtının ortaya çıkması yaklaşan beyin herniasyonunun habercisi olabilir ve acil müdahale gerektirir. Medikal tedavilere rağmen nörolojik kötüleşmenin devam ettiği olgularda acil cerrahi dekompresyon yaşam kurtarıcı olabilir.

Akut hidrosefali veya refrakter intrakraniyal hipertansiyon gelişen hastalarda dış ventriküler drenaj (EVD) hem intrakraniyal basınç monitörizasyonu hem de terapötik BOS drenajı amacıyla kullanılabilmektedir.

Anevrizmal subaraknoid kanama olgularında ise erken yeniden kanamanın önlenmesi amacıyla anevrizmanın mümkün olan en kısa sürede cerrahi ya da endovasküler yöntemlerle güvence altına alınması önerilmektedir. Anestezik yönetim sırasında kan basıncında ani yükselmelerden kaçınılması ve serebral perfüzyonun korunması önem taşır (Addy & Tan, 2023; Bertuccio et al., 2023; Hoh et al., 2023; Siebers & Steiner, 2024; Treggiari et al., 2023).

Nöroşirürjik acillerde başarılı anestezik yönetim, yalnızca intrakraniyal patolojinin kontrolünü değil, aynı zamanda sekonder beyin hasarına yol açabilecek sistemik fizyolojik bozuklukların erken tanınmasını ve düzeltilmesini de gerektirir. Hipoksemi, hipotansiyon ve yetersiz serebral oksijen sunumu kötü nörolojik sonuçlarla ilişkili olduğundan, hava yolu güvenliği, yeterli ventilasyon ve hemodinamik stabilitenin sağlanması acil tedavinin

temel bileşenleri arasında yer alır (Gomez et al., 2025; Okeke et al., 2024).

Güncel yaklaşımda nöroşirürjik acillerin yönetimi, klasik intrakraniyal basınç ve serebral perfüzyon basıncı takibinin ötesine geçerek serebral fizyolojinin daha kapsamlı değerlendirilmesine yönelmektedir. Multimodal nöromonitörizasyon yöntemleri, serebral oksijenizasyon ve perfüzyon durumunun daha ayrıntılı değerlendirilmesine olanak sağlayarak tedavinin bireyselleştirilmesine katkıda bulunabilir (Gomez et al., 2025; Siebers & Steiner, 2024).

Nöroşirürjik girişimler ve nöroradyolojik işlemler sırasında gelişebilecek acil durumlar arasında bradiaritmiler, nöbetler, venöz hava embolisi, hemorajik veya oklüzif vasküler komplikasyonlar ve kardiyak arrest yer almaktadır. Bu komplikasyonların yönetiminde erken tanı, hızlı müdahale ve nöroşirürji, anestezi ve yoğun bakım ekipleri arasındaki etkin koordinasyon kritik öneme sahiptir.

Akut beyin hasarı bulunan hastalarda ventilasyon stratejileri de tedavinin önemli bir parçasıdır (Addy & Tan, 2023). Mekanik ventilasyon uygulanırken yeterli oksijenizasyon sağlanmalı ve karbondioksit düzeyleri serebral kan akımını olumsuz etkilemeyecek şekilde dikkatle yönetilmelidir. Güncel veriler, ventilasyon parametrelerinin yalnızca pulmoner fonksiyonlar açısından değil, serebral fizyoloji üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerektiğini göstermektedir (Asehnoune et al., 2023).

Son yıllarda nöroanestezi pratiğinde, tüm hastalara aynı hedeflerin uygulanmasından ziyade hasta özelliklerine ve gerçek zamanlı fizyolojik verilere dayanan bireyselleştirilmiş tedavi stratejileri ön plana çıkmıştır. Özellikle akut nörolojik kötüleşme

riski taşıyan hastalarda serebral perfüzyonun, oksijen sunumunun ve sistemik fizyolojik parametrelerin eş zamanlı optimizasyonu modern nöroşirürjik acil yönetiminin temelini oluşturmaktadır (Gomez et al., 2025; Siebers & Steiner, 2024).

Posterior fossa yerleşimli hematomlar ve kitle lezyonları, sınırlı infratentoryal kompartman içerisinde beyin sapı basısı ve akut obstrüktif hidrosefaliye yol açabilmeleri nedeniyle hızlı nörolojik kötüleşme riski taşırlar; bu olguların ayrıntılı perioperatif yönetimi başka bölümde ele alınmıştır.

Fonksiyonel Nöroşirürji ve Stereotaktik Cerrahide Anestezi

Derin beyin stimülasyonu

Derin beyin stimülasyonu (DBS), ileri evre Parkinson hastalığı başta olmak üzere esansiyel tremor ve distoni gibi çeşitli hareket bozukluklarının tedavisinde kullanılan yerleşik bir nöromodülasyon yöntemidir. DBS uygulamasında en sık hedeflenen yapılar subtalamik nükleus (STN), globus pallidus internus (GPi) ve ventral intermediate talamik çekirdektir (VIM). Cerrahinin temel amacı, stereotaktik yöntemlerle hedef çekirdeğe elektrot yerleştirilmesi ve ardından implante edilebilir pulse jeneratörü aracılığıyla sürekli elektriksel stimülasyon uygulanmasıdır. Derin beyin stimülasyonu sisteminin ikinci aşamasında, intrakraniyal elektrotlar uzatma kabloları aracılığıyla genellikle subklaviküler bölgeye yerleştirilen implante edilebilir pulse jeneratörüne bağlanmaktadır. Bu işlem birçok merkezde ayrı bir cerrahi aşama olarak ve çoğunlukla genel anestezi altında gerçekleştirilmektedir (M. L. Lim et al., 2024; Maroufi et al., 2024; Roldán et al., 2025; Scheitler et al., 2024).

Nörogörüntüleme teknolojilerindeki gelişmeler ve stereotaktik hedefleme doğruluğunun artmasıyla birlikte DBS cerrahisinin teknik yapısı önemli ölçüde değişmiş, buna paralel olarak anestezik yaklaşımlar da evrim geçirmiştir.

Geleneksel olarak DBS cerrahisi, mikroelektrot kayıtlarının (MER) ve intraoperatif klinik testlerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla hastanın uyanık olduğu koşullarda uygulanmıştır. Uyanık cerrahi sırasında hastanın tremor, rijidite, konuşma ve motor fonksiyonları değerlendirilebilmekte, bu sayede hedef çekirdeğin doğrulanması ve stimülasyona bağlı yan etkilerin erken belirlenmesi mümkün olmaktadır. Ancak uzun operasyon süresi, stereotaktik çerçeveye bağlı rahatsızlık hissi, anksiyete ve hasta hareketlerinin cerrahi süreci zorlaştırabilmesi bu yaklaşımın önemli dezavantajlarıdır (M. L. Lim et al., 2024; Maroufi et al., 2024).

Son yıllarda yüksek çözünürlüklü manyetik rezonans görüntüleme, intraoperatif bilgisayarlı tomografi ve görüntü füzyonu tekniklerinin gelişmesiyle birlikte genel anestezi altında gerçekleştirilen “asleep DBS” giderek daha yaygın hale gelmiştir. Görüntüleme temelli doğrudan hedefleme yöntemleri sayesinde birçok merkezde elektrot yerleşimi hasta uyutularak gerçekleştirilebilmekte ve klinik sonuçların geleneksel uyanık DBS ile benzer düzeyde olduğu bildirilmektedir. Sistematik derlemeler ve meta-analizler, motor sonuçlar, elektrot yerleşim doğruluğu ve komplikasyon oranları açısından genel anestezi ile lokal anestezi arasında belirgin farklılıklar bulunmadığını göstermektedir (M. L. Lim et al., 2024; Zhou et al., 2024).

Anestezistin temel hedefleri stereotaktik doğruluğun korunması, hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi, hava yolu güvenliğinin sağlanması ve nörofizyolojik kayıtların kalitesinin

mümkün olduğunca etkilenmemesidir. Uyanık DBS uygulamalarında sedasyon düzeyinin dikkatle titre edilmesi gerekir. Aşırı sedasyon; havayolu obstrüksiyonu, hipoventilasyon ve karbondioksit retansiyonuna yol açabileceği gibi nörofizyolojik kayıtların kalitesini de bozabilir. Bu nedenle sedatif ajan seçimi ve doz ayarlaması cerrahi aşamaya göre bireyselleştirilmelidir (M. L. Lim et al., 2024; Maroufi et al., 2024).

Propofol, benzodiazepinler ve bazı volatil ajanlar subtalamik nükleustaki nöronal aktiviteyi ve ateşleme paternlerini etkileyerek mikroelektrot kayıtlarının özelliklerini değiştirebilir. Bu nedenle MER kullanılan olgularda anestezik ajan seçimi ve doz titrasyonu dikkatle planlanmalıdır. Düşük doz deksmedetomidin sedasyonunun MER kalitesi üzerindeki etkisinin daha sınırlı olduğu bildirilmiştir (P. H. Huang et al., 2025).

DBS sırasında kullanılan anestezik ajanların temel özelliği hızlı titre edilebilir olmaları ve nörolojik değerlendirmeyi mümkün olduğunca korumalarıdır. Propofol, remifentanil ve deksmedetomidin en sık kullanılan ajanlardır. Özellikle deksmedetomidin, sedasyon sağlarken spontan ventilasyonu büyük ölçüde koruyabilmesi nedeniyle önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte bradikardi ve hipotansiyon gelişebileceği akılda tutulmalıdır. Genel anestezi uygulanan olgularda ise kısa etkili intravenöz ajanlar ve düşük doz volatil ajanlar tercih edilerek hızlı nörolojik iyileşme hedeflenmektedir (M. L. Lim et al., 2024; Zhou et al., 2024).

Parkinson hastalarında perioperatif dönemde dopaminerjik tedavinin mümkün olduğunca sürdürülmesi önerilmektedir. Uzun süreli ilaç kesintileri ciddi rijidite, immobilite ve nadiren parkinsonizm-hiperpireksi sendromuna yol açabilmektedir. Bu

nedenle cerrahi planlama sırasında ilaç uygulama saatleri dikkate alınmalı ve postoperatif dönemde tedavinin en kısa sürede yeniden başlanması hedeflenmelidir (Yim et al., 2022).

Derin beyin stimülasyonu sistemi implante edilmiş hastalarda elektrokoter ve diğer elektromanyetik kaynaklarla cihaz etkileşimi gelişebileceği unutulmamalıdır. Özellikle monopolar elektrokoter kullanımı sırasında elektromanyetik girişim sonucunda cihaz fonksiyonlarında bozulma veya istenmeyen akım iletimi ortaya çıkabileceğinden gerekli önlemler alınmalı ve mümkün olduğunda alternatif enerji kaynakları tercih edilmelidir. Bazı durumlarda cihazın geçici olarak kapatılması veya işlem sonrasında yeniden programlanması gerekebilir. Postoperatif dönemde stimülatör fonksiyonlarının doğrulanması önerilmektedir (Park & Paek, 2022).

Güncel çalışmalar, genel anestezi altında gerçekleştirilen STN-DBS uygulamalarında hasta konforunun belirgin şekilde arttığını göstermektedir. Ayrıca perioperatif anksiyete düzeylerinin daha düşük olduğu, cerrahi sürenin kısalabildiği ve hastanede kalış süresinin azalabildiği bildirilmiştir. Genel anestezi özellikle ileri anksiyetesi bulunan, hareketsiz kalmakta zorlanan veya uzun süren stereotaktik işlemleri tolere edemeyen hastalarda önemli avantajlar sağlayabilmektedir (Guo & Gao, 2023).

Bununla birlikte uyanık ve genel anestezi altında gerçekleştirilen DBS uygulamaları birbirinin rakibi değil, tamamlayıcısı olarak değerlendirilmelidir. Cerrahi hedef, mevcut görüntüleme altyapısı, mikroelektrot kayıt stratejisi, hastanın klinik özellikleri ve merkezin deneyimi göz önünde bulundurularak en uygun yaklaşım seçilmelidir. Günümüzde birçok merkezde görüntüleme eşliğinde gerçekleştirilen asleep DBS uygulamalarının

güvenli ve etkili sonuçlar sağladığı gösterilmiş olup, bu yaklaşımın kullanım sıklığı giderek artmaktadır (Maroufi et al., 2024; Roldán et al., 2025).

İntrakraniyal hemoraji, derin beyin stimülasyonunun en ciddi cerrahi komplikasyonlarından biridir. Sistematik derlemelerde intraoperatif sistolik kan basıncının 140 mmHg üzerinde seyretmesinin kanama riskinde artışla ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle stereotaktik çerçeve yerleştirilmesinden elektrot implantasyonuna kadar tüm aşamalarda kan basıncı dikkatle izlenmeli ve belirgin hipertansif ataklardan kaçınılmalıdır (Cheyuo et al., 2024).

DBS cerrahisinin perioperatif komplikasyonları arasında intrakraniyal kanama, nöbet, enfeksiyon, elektrot malpozisyonu, havayolu komplikasyonları ve hemodinamik instabilite yer almaktadır. Bu nedenle anestezi ekibi operasyon boyunca nörolojik durum, ventilasyon, oksijenasyon ve kardiyovasküler parametreleri yakından izlemelidir. Modern stereotaktik teknikler ve gelişmiş görüntüleme yöntemleri sayesinde komplikasyon oranları düşük olmakla birlikte, başarılı sonuçların elde edilmesinde multidisipliner ekip çalışması temel belirleyici olmaya devam etmektedir (Roldán et al., 2025; Zhou et al., 2024).

Epilepsi cerrahisi

Cerrahi olarak tedavi edilebilir epilepsili hastalarda nöbet odağının doğru lokalizasyonu esastır. Modern görüntüleme yöntemleri, nöronavigasyon ve subdural ya da derinlik elektrotları kullanılarak yapılan kayıtlar sayesinde epileptojenik bölgenin çoğu zaman preoperatif dönemde belirlenmesi mümkündür. Bu nedenle intraoperatif elektrokortikografinin rolü azalmıştır.

Elektrokortikografi, açık korteks üzerine yerleştirilen subdural elektrotlar aracılığıyla spontan elektriksel aktivitenin kaydedilmesine dayanır. Ancak bu yöntemin kayıt süresinin kısa olması, interiktal deşarjlarla sınırlı kalması ve genel anesteziklerin EEG üzerindeki etkilerinden etkilenmesi önemli sınırlılıklar oluşturur (Gropper et al., 2025). İntraoperatif elektrokortikografik kayıtların yorumlanmasında kullanılan anestezik ajanların etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle propofolün kortikal elektrofizyolojik aktivite üzerinde doz bağımlı değişikliklere neden olabildiği gösterilmiştir. Glioma ilişkili epilepsi cerrahisinde yapılan bir çalışmada, propofol uygulamasının kortikal elektroensefalografik aktiviteyi belirgin şekilde değiştirdiği ve epileptiform deşarjların görünürlüğünü etkileyebileceği bildirilmiştir. Bu nedenle elektrokortikografi sırasında elde edilen bulgular yorumlanırken kullanılan anestezik rejimin özellikleri dikkate alınmalıdır (X. Li et al., 2023).

Preoperatif epilepsi cerrahisi değerlendirmesinin amacı, epileptojenik bölgenin mümkün olan en doğru şekilde lokalize edilmesi ve rezeksiyonun güvenli bir biçimde planlanmasıdır. Bu süreçte video-EEG monitörizasyonu, yüksek çözünürlüklü manyetik rezonans görüntüleme ve gerektiğinde invaziv intrakraniyal EEG teknikleri kullanılmaktadır. Özellikle stereotaktik elektroensefalografi (SEEG), kompleks veya ekstratemporal epilepsilerde epileptojenik ağın üç boyutlu olarak değerlendirilmesine olanak sağlayarak cerrahi planlamada önemli bir rol üstlenmektedir (Avigdor et al., 2026).

Epilepsi cerrahisi sırasında kortikal stimülasyon, intrakraniyal elektrot yerleştirilmesi veya epileptojenik dokunun manipülasyonu nöbet aktivitesini tetikleyebilir. Bu nedenle anestezi

ve cerrahi ekipleri intraoperatif nöbet gelişimine hazırlıklı olmalıdır. Nöbet geliştiğinde ilk yaklaşım genellikle cerrahi uyarının sonlandırılması ve operasyon alanının irrigasyonudur. Nöbet aktivitesinin devam ettiği durumlarda kısa etkili intravenöz anestezikler veya uygun antiepileptik tedaviler uygulanabilir. Perioperatif dönemde antiepileptik ilaç tedavisinin sürdürülmesi ve olası ilaç etkileşimlerinin göz önünde bulundurulması nöbet kontrolünün optimizasyonu açısından önem taşımaktadır (Smiley et al., 2025). Perioperatif dönemde kullanılan antiepileptik ilaçların farmakokinetik özellikleri dikkate alınmalıdır. Özellikle fenitoin, karbamazepin ve fenobarbital gibi enzim indükleyici antiepileptik ilaçlar sitokrom P450 enzim aktivitesini artırarak eş zamanlı uygulanan bazı anestezik ilaçların metabolizmasını etkileyebilir. Bu durum propofol, opioidler ve nondepolarizan nöromüsküler blokerlere verilen yanıtı değiştirebileceğinden anestezik ilaçların titrasyonu bireyselleştirilmelidir (Cohen et al., 2024).

İlaç dirençli epilepside cerrahi tedavi, nöbet kontrolü ve yaşam kalitesinde iyileşme sağlayabilen etkili bir tedavi seçeneğidir. Cerrahi başarı, epilepsinin lokalizasyonu, altta yatan patoloji ve uygulanan cerrahi yönteme göre değişiklik göstermektedir.

Cerrahi sonuçlar özellikle temporal lob epilepsisinde daha yüz güldürücüdür. Buna karşılık parietal ve oksipital bölge epilepsilerinde epileptojenik odağın sınırlarının belirlenmesindeki güçlükler ve fonksiyonel korteks yakınlığı nedeniyle cerrahi başarı oranları daha düşük bulunmuştur (Avigdor et al., 2026).

Stereotaktik cerrahi ve tümör biyopsileri

Stereotaktik biyopsi, özellikle derin yerleşimli, eloquent bölgelerde bulunan, multifokal özellik gösteren veya güvenli cerrahi

rezeksiyonun mümkün olmadığı intrakraniyal lezyonlarda histopatolojik tanı elde etmek amacıyla kullanılan minimal invaziv bir nöroşirürjik girişimdir. Güncel serilerde stereotaktik biyopsinin yüksek tanısal doğruluk sağladığı ve modern nöro-onkolojik tedavi planlamasında önemli bir yer tuttuğu bildirilmiştir.

Anestezi yönetimi işlemin özelliklerine, kullanılan stereotaktik sisteme ve hastanın klinik durumuna göre bireyselleştirilmelidir. Stereotaktik biyopsiler çerçeveli veya navigasyon destekli tekniklerle gerçekleştirilebilmekte olup, uygun olgularda lokal anestezi ve sedasyon altında uygulanabilse de hasta kooperasyonunun yetersiz olduğu veya hareketin görüntüleme doğruluğunu etkileyebileceği durumlarda genel anestezi tercih edilebilmektedir. Özellikle derin yerleşimli lezyonlarda stereotaktik hedefleme doğruluğunun korunması kritik öneme sahiptir. Bu nedenle anestezik yaklaşım, hasta hareketini en aza indirecek düzeyde yeterli immobilite sağlarken gereksiz kardiyorespiratuvar baskılanma ve uzamış derlenmeye yol açmayacak şekilde planlanmalıdır. Lokal anestezi, monitorize anestezi bakımı veya genel anestezi seçimi; lezyon lokalizasyonu, stereotaktik sistemin özellikleri ve hastanın kooperasyonuna göre belirlenmelidir. Navigasyon destekli ve çerçeveli yöntemlerin güvenlik ve tanısal başarı açısından benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

Özellikle derin yerleşimli lezyonlarda stereotaktik hedefleme doğruluğunun korunması kritik öneme sahiptir. Bu nedenle anestezik yaklaşım, hasta hareketini en aza indirecek düzeyde yeterli immobilite sağlarken gereksiz kardiyorespiratuvar baskılanma ve uzamış derlenmeye yol açmayacak şekilde planlanmalıdır. Lokal anestezi, monitorize anestezi bakımı veya genel anestezi seçimi; lezyon lokalizasyonu, stereotaktik sistemin özellikleri ve hastanın

kooperasyonuna göre belirlenmelidir. Navigasyon destekli ve çerçeveli yöntemlerin güvenlik ve tanısal başarı açısından benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir (Barth et al., 2024; Katzendobler et al., 2022; Laskowski et al., 2024; Osawa et al., 2025)

Stereotaktik biyopsi genel olarak güvenli bir girişim olmakla birlikte, işlem sonrası intrakraniyal kanama, yeni nörolojik defisit gelişimi ve nöbet en önemli komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte geniş hasta serilerinde komplikasyon oranlarının düşük olduğu ve stereotaktik biyopsinin yüksek tanısal verimlilikle uygulanabildiği bildirilmiştir (Katzendobler et al., 2022; Laskowski et al., 2024).

Fonksiyonel açıdan kritik (eloquent) kortikal alanlara komşu yerleşimli tümörlerde, güvenli rezeksiyon sınırlarının belirlenmesi amacıyla uyanık kraniyotomi uygulanabilmektedir. Bu yaklaşım sırasında motor, konuşma ve diğer yüksek kortikal fonksiyonlar intraoperatif olarak değerlendirilerek fonksiyonel dokunun korunması hedeflenir (Gropper et al., 2025). Uyanık kraniyotominin anestezik yönetimi, hasta seçimi, havayolu stratejileri, skalp blokları, sedasyon teknikleri ve intraoperatif nörolojik haritalama yöntemleri başka bölümde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Uyanık Kraniyotomi

Uyanık kraniyotomi, eloquent kortikal alanlara komşu yerleşimli lezyonların cerrahisinde nörolojik fonksiyonların korunmasını amaçlayan özel bir nöroşirürjik yaklaşımdır. Temel amaç, maksimum güvenli rezeksiyon sağlanırken motor, duysal ve dil fonksiyonlarının gerçek zamanlı değerlendirilmesine olanak tanımaktır. Kortikal ve subkortikal haritalama sırasında hastanın aktif katılımı sayesinde fonksiyonel sınırlar belirlenebilmekte ve

postoperatif nörolojik defisit riski azaltılabilmektedir. Uyanık kraniyotominin başarısı hasta seçimi, ekip koordinasyonu ve uygun anestezik yönetimin birlikte sağlanmasına bağlıdır. Anestezik yaklaşım planlanırken hasta konforu ile güvenilir nörolojik değerlendirmenin sürdürülebilmesi arasında denge kurulmalıdır. Bu nedenle cerrah, anestezist, nörofizyoloji ekibi ve hasta arasında etkili iletişim sağlanması büyük önem taşımaktadır (Alali & Dua, 2025).

Başarılı bir uyanık kraniyotominin temel koşullarından biri uygun hasta seçimidir. Hastanın operasyon boyunca komutları anlayabilmesi, iletişim kurabilmesi ve gerekli nörolojik testlere katılabilecek düzeyde iş birliği gösterebilmesi gerekir. Şiddetli anksiyete, belirgin bilişsel bozukluk, ileri derecede dil bozukluğu, kontrolsüz nöbet varlığı ve kooperasyonu engelleyen psikiyatrik durumlar yöntemin uygulanmasını güçleştirebilir. Ayrıca ciddi obezite, obstrüktif uyku apnesi, öngörülen zor havayolu, kronik veya inatçı öksürük ve ameliyat sırasında yeterli iş birliğini engelleyebilecek iletişim güçlükleri hasta seçimi sırasında dikkatle değerlendirilmelidir.

Bununla birlikte bu özelliklerin birçoğu günümüzde mutlak kontrendikasyon olarak kabul edilmemekte, deneyimli merkezlerde bireyselleştirilmiş değerlendirme ile olgu bazında karar verilmektedir. Preoperatif hazırlığın önemli bir bölümünü hasta eğitimi oluşturmaktadır. Hastaya ameliyatın aşamaları, operasyon sırasında karşılaşabileceği çevresel uyaranlar ve nörolojik testlerin niteliği ayrıntılı biçimde açıklanmalıdır. Dil ve motor fonksiyonların değerlendirileceği testlerin önceden uygulanması, hasta ile ekip arasında güven ilişkisinin kurulmasına katkı sağlayabilmektedir (Alali & Dua, 2025; Izzi et al., 2024; Min, 2025).

Uyanık kraniyotomide farklı anestezik yaklaşımlar kullanılabilmektedir. Monitored anesthesia care (MAC) tekniğinde hasta spontan solunumunu sürdürürken sedasyon düzeyi cerrahi aşamalara göre titre edilmektedir. Ağrılı dönemlerde sedasyon artırılırken, kortikal haritalama sırasında azaltılmakta veya tamamen sonlandırılabilmektedir. Bu yaklaşım spontan ventilasyonun korunmasına ve güvenilir nörolojik değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Asleep-awake-asleep tekniğinde ise kraniyotomi ve dura açılması genel anestezi altında gerçekleştirilmekte, fonksiyonel haritalama döneminde hasta uyandırılmakta ve cerrahi tamamlandıktan sonra yeniden anestezi uygulanmaktadır. Bu yöntem havayolu güvenliği açısından bazı avantajlar sağlayabilmekle birlikte yeniden havayolu yönetimi gerektirebilir (Alali & Dua, 2025).

Uyanık kraniyotomide kullanılan ajanların temel özelliği hızlı titre edilebilir olmaları ve nörolojik değerlendirmeyi mümkün olduğunca korumalarıdır. Propofol, remifentanil ve deksmedetomidin en sık kullanılan ajanlar arasında yer almaktadır. Özellikle deksmedetomidin, minimal solunum depresyonu oluşturması nedeniyle önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Bununla birlikte hipotansiyon ve bradikardi gelişebileceği unutulmamalıdır. Sedasyon düzeyi, hastanın spontan ventilasyonunu sürdürebileceği ve nörolojik testlere katılabileceği şekilde ayarlanmalıdır. Kortikal haritalama sırasında güvenilir sonuçlar elde edebilmek için aşırı sedasyondan kaçınılmalı ve gerektiğinde anestezik derinlik azaltılmalıdır (Alali & Dua, 2025).

Uyanık kraniyotomi sırasında solunum ve hemodinamik parametrelerin yakın izlemi büyük önem taşımaktadır. Standart ASA monitörizasyonuna ek olarak kapnografi, invaziv arteriyel kan

basıncı monitörizasyonu ve seçilmiş olgularda nörofizyolojik monitörizasyon yöntemleri kullanılabilir (Mestdagh et al., 2023; Min, 2025).

Havayolu yönetimi uyanık kraniyotominin en kritik bileşenlerinden biridir. Sedasyonun spontan ventilasyonu bozmayacak düzeyde tutulması gerekir. Nazal oksijen uygulaması, yüksek akımlı nazal oksijen (HFNO) sistemleri, nazofaringeal airway veya diğer yardımcı havayolu araçları gerektiğinde kullanılabilmektedir. Son yıllarda HFNO uygulamaları, oksijenizasyonun desteklenmesi ve kısa süreli üst havayolu obstrüksiyonu dönemlerinde güvenlik marjının artırılması amacıyla bazı merkezlerde kullanılmaktadır. Bununla birlikte HFNO kullanımının ventilasyonun yeterliliğini garanti etmediği, özellikle sedasyon altında hipoventilasyon ve karbondioksit retansiyonunun ek monitörizasyon yöntemleri ile yakından değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Havayolu obstrüksiyonu, hiperkapni ve hipoksemi gelişme riski nedeniyle ileri havayolu ekipmanları her zaman hazır bulundurulmalıdır. Spontan ventilasyonun korunması ve karbondioksit retansiyonundan kaçınılması, serebral fizyolojinin korunmasına ve güvenilir nörolojik değerlendirmenin sürdürülebilmesine katkı sağlamaktadır (Alali & Dua, 2025; Karim et al., 2022). Her ne kadar uyanık kraniyotomi yüksek başarı oranlarıyla uygulanabilse de, havayolu obstrüksiyonu, kontrol altına alınamayan nöbetler, ajitasyon veya yetersiz hasta kooperasyonu nedeniyle genel anesteziye dönüşüm gereksinimi ortaya çıkabilir. Bu nedenle tüm olgularda acil havayolu yönetimi ve genel anesteziye geçiş için önceden yapılandırılmış bir kurtarma planı bulunmalıdır (Min, 2025).

Uyanık kraniyotomi sırasında gelişen bulantı ve kusma, hasta kooperasyonunu bozabileceği gibi aspirasyon riski ve intrakraniyal basınç artışına da yol açabilir. Bu nedenle risk altındaki hastalarda profilaktik antiemetik tedavi uygulanması ve bulantıyı tetikleyebilecek faktörlerin azaltılması önerilmektedir. Son yıllarda deksametazonun intraoperatif bulantının önlenmesinde etkili olabileceği bildirilmiştir (Sato, 2024).

Uyanık kraniyotomide ağrının önemli bölümü skalp, periost ve dura kaynaklıdır. Bu nedenle skalp blokları yöntemin temel analjezik bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Supraorbital, supratroklear, aurikulotemporal, zigomatikotemporal, büyük oksipital ve küçük oksipital sinirlerin bloke edilmesi etkili analjezi sağlayabilmektedir. Skalp bloklarının uygulanması opioid gereksinimini azaltabilmekte, hemodinamik stabiliteyi desteklemekte ve nörolojik değerlendirmenin daha güvenilir koşullarda yapılmasına katkı sağlamaktadır (Alali & Dua, 2025). Postoperatif dönemde erken nörolojik değerlendirmenin sürdürülebilmesi amacıyla analjezi planlanırken aşırı opioid kullanımının sedasyon ve nörolojik değerlendirmeyi güçleştirebileceği dikkate alınmalı; parasetamol, nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar ve bölgesel analjezi tekniklerini içeren multimodal analjezi stratejileri tercih edilmelidir (Mestdagh et al., 2023; Min, 2025).

Direkt kortikal stimülasyon uyanık kraniyotominin temel unsurlarından biridir. Kortikal yüzeye uygulanan elektriksel uyarılar sırasında dil, motor ve duyusal fonksiyonların değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bu yöntem sayesinde fonksiyonel olarak kritik alanlar belirlenebilmekte ve rezeksiyon sınırları nörolojik

fonksiyonlar korunacak şekilde planlanabilmektedir (Alali & Dua, 2025).

Haritalama sırasında uygulanacak nörolojik görevler lezyonun lokalizasyonuna göre bireyselleştirilmelidir. Motor ve dil fonksiyonlarının yanı sıra okuma, adlandırma, semantik çağrışım, dikkat ve yürütücü işlevleri değerlendiren görevler de kullanılabilmektedir. Güncel fonksiyonel nöroşirürji yaklaşımında yalnızca kortikal bölgelerin değil, bu bölgeleri birbirine bağlayan ağ yapılarının korunmasına yönelik connectome-temelli haritalama stratejileri giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Altieri et al., 2026; Tariq & Aziz, 2024).

Uyanık kraniyotomi sırasında nöbetler, havayolu obstrüksiyonu, hiperkapni, hipoksemi, bulantı-kusma ve hemodinamik değişiklikler görülebilmektedir. Kortikal stimülasyona bağlı gelişen nöbetlerde ilk yaklaşım olarak korteksin soğuk serum fizyolojik ile irrigasyonu önerilmektedir. Persistan nöbetlerde ek farmakolojik tedavi uygulanabilmektedir. Operasyon sonrasında motor, dil ve diğer nörolojik fonksiyonlar yeniden değerlendirilmeli, yeni gelişen defisitler araştırılmalı ve nöbet kontrolü takip edilmelidir. Uyanık kraniyotominin önemli avantajlarından biri, nörolojik fonksiyonların ameliyat sonrasında gecikmeksizin değerlendirilebilmesine olanak sağlamasıdır. Başarılı sonuçların elde edilmesinde uygun hasta seçimi, etkin ekip koordinasyonu, havayolu güvenliği ve hemodinamik stabilitenin korunması belirleyici rol oynamaktadır (Alali & Dua, 2025; Izzi et al., 2024; Min, 2025).

Tablo 5 Uyanık kraniyotomi endikasyonlar ve göreceli kontrendikasyonlar

Endikasyonlar	**Göreceli Kontrendikasyonlar**
Dominant hemisfer gliomları	Ciddi obezite
Dil alanı komşuluğu	Belirgin OSA
Motor korteks yakınındaki lezyonlar	Beklenen zor havayolu
Fonksiyonel haritalama gereken olgular	İnatçı öksürük
Tekrarlayan tümör cerrahileri	Şiddetli anksiyete
	İletişim kuramama
	Kooperasyon eksikliği

Kaynak: Izzi et al., 2024; Min, 2025

Nöroradyolojik Tanı ve Tedavi Girişimlerinde Anestezi

Endovasküler işlemler sırasında anestezik yönetimin temel amaçları hasta hareketsizliğinin sağlanması, serebral perfüzyonun korunması ve işlem sırasında gelişebilecek tromboembolik veya hemorajik komplikasyonlara bağlı nörolojik değişikliklerin erken tanınmasıdır. Nöroradyolojik girişimler sıklıkla anjiyografi ünitesinde gerçekleştirildiğinden, anestezi ekibi radyasyon maruziyeti, hasta erişiminin kısıtlı olması ve uzak çalışma alanı gibi kendine özgü zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle monitörizasyon, hava yolu güvenliği ve ekip içi iletişim işlem başlamadan önce dikkatle planlanmalıdır (Boisseau et al., 2023; Deshmukh et al., 2024; Gaub et al., 2024).

Akut iskemik inme ve mekanik trombektomi

Akut iskemik inmede serebral dokunun korunmasındaki en önemli yaklaşım erken reperfüzyondur. Mekanik trombektomi, büyük damar oklüzyonlarında tedavi penceresini önemli ölçüde genişletmiştir. DAWN ve DEFUSE-3 çalışmalarında uygun hasta seçimi ile son iyi durumda görülme zamanından sonraki 16 ila 24

saate kadar mekanik trombektominin nörolojik sonuçları iyileştirdiği gösterilmiştir (Gropper et al., 2025).

Bu hastalarda anestezik yönetim sırasında normotansiyonun korunması, hipoksemi ve hiperterminin önlenmesi ve serebral perfüzyonun sürdürülmesi temel hedeflerdir. Özellikle işlem sırasında gelişen hipotansiyon, iskemik penumbraya kan akımını azaltarak infarkt hacmini artırabileceğinden dikkatle önlenmelidir. Ventilasyon yönetiminde aşırı hipokapniden kaçınılmalı ve normokapni hedeflenmelidir.

Mekanik trombektomi sırasında genel anestezi veya bilinçli sedasyon uygulanabilir. Genel anestezi hava yolu güvenliğini ve tam hareketsizliği sağlarken, bilinçli sedasyon bazı hastalarda daha hızlı nörolojik değerlendirmeye olanak tanıyabilmektedir. Anestezi tekniği; hastanın bilinç düzeyi, kooperasyonu, aspirasyon riski ve hemodinamik durumu dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir. Başarılı reperfüzyon sonrasında hemorajik transformasyon, serebral ödem ve hiperperfüzyon sendromu açısından yakın klinik izlem gereklidir (Deshmukh et al., 2024).

Başarılı reperfüzyon sonrasında aşırı hipertansiyon hemorajik transformasyon riskini artırabilirken, aşırı kan basıncı düşüşü de halen risk altındaki penumbral bölgelerde serebral perfüzyonun bozulmasına neden olabilir. Bu nedenle kan basıncı yönetimi reperfüzyon başarısı ve bireysel hasta özellikleri dikkate alınarak hedefe yönelik şekilde sürdürülmelidir (Ghozy et al., 2024; Jung et al., 2024).

Trombolizis

Akut iskemik inmede semptom başlangıcından sonraki ilk 3 saat içinde intravenöz alteplaz önerilmektedir. Uygun seçilmiş

hastalarda bu süre 4,5 saate kadar uzatılabilir. Tromboliz kontrendikasyonları arasında intrakraniyal kanama, yakın zamanda geçirilmiş inme veya kafa travması, yakın zamanda yapılan intrakraniyal ya da spinal cerrahi ve koagülopati yer alır (Gropper et al., 2025).

Son yıllarda tenekteplaz, tek bolus şeklinde uygulanabilmesi ve bazı çalışmalarda erken damar açıklığı açısından avantaj sağlayabilmesi nedeniyle akut iskemik inme tedavisinde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Özellikle mekanik trombektomi adayı olan seçilmiş olgularda tenekteplaz kullanımı güncel kılavuzlarda yer almaya başlamıştır. Trombolitik tedavi sırasında ve sonrasında kan basıncının yakından izlenmesi gereklidir; ciddi hipertansiyon intrakraniyal hemoraji riskini artırabildiğinden uygun antihipertansif tedavi uygulanmalıdır (Deshmukh et al., 2024).

Anevrizma embolizasyonu

Son yıllarda birçok serebrovasküler patolojinin tedavisinde endovasküler yöntemlerin kullanımı artmıştır. Anevrizma tedavisinde coil embolizasyon, stent destekli koilleme ve flow diverter uygulamaları sık kullanılan teknikler arasında yer almaktadır. Stent destekli koilleme ve flow diverter uygulamalarında tromboembolik komplikasyonları azaltmak amacıyla antitrombosit tedavi sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte antitrombosit tedaviye bağlı hemorajik komplikasyon riski de göz önünde bulundurulmalı ve perioperatif strateji hasta özellikleri ile girişimin niteliğine göre bireyselleştirilmelidir (Boisseau et al., 2023; Chen et al., 2023; Gaub et al., 2024).

Anevrizma embolizasyonu sırasında hasta hareketinin tamamen önlenmesi kritik öneme sahiptir. Bu nedenle birçok

merkezde genel anestezi tercih edilmekle birlikte, seçilmiş olgularda sedasyon altında girişim gerçekleştirilebilmektedir. İşlem boyunca serebral perfüzyon basıncının korunması ve ani hemodinamik değişikliklerden kaçınılması önemlidir. Özellikle kateter manipülasyonu sırasında gelişebilecek tromboembolik olaylar veya intraprosedürel anevrizma rüptürü hızlı tanı ve müdahale gerektiren ciddi komplikasyonlardır (Chen et al., 2023; Deshmukh et al., 2024).

Flow diverter teknolojileri, özellikle geniş boyunlu ve kompleks anevrizmaların tedavisinde önemli bir yer edinmiştir. Bununla birlikte bu girişimlerde kullanılan çift antitrombosit tedavi rejimleri hem tromboembolik komplikasyonların önlenmesi hem de kanama riskinin dengelenmesi açısından dikkatli perioperatif değerlendirme gerektirmektedir. Tedavi planı oluşturulurken anevrizmanın özellikleri, kullanılacak cihaz ve eşlik eden komorbiditeler birlikte değerlendirilmelidir (Chen et al., 2023; Gaub et al., 2024).

Diğer endovasküler girişimler

Endovasküler AVM embolizasyonlarında ise rezidüel şant akımı, işlem sonrası hemodinamik değişiklikler ve olası nörolojik kötüleşme açısından yakın takip gereklidir. Günümüzde endovasküler ve mikrocerrahi tedavi stratejileri birçok hastada tamamlayıcı şekilde kullanılmakta olup tedavi planı lezyonun özelliklerine göre multidisipliner olarak belirlenmektedir (Samaniego et al., 2024; Sato et al., 2025).

AVM embolizasyonu sonrasında gelişebilen serebral ödem ve hemorajik komplikasyonların olası mekanizmalarından biri normal perfusion pressure breakthrough (NPPB) fenomenidir. Kronik hipoperfüzyon nedeniyle vazodilate olmuş perinidal

vasküler yatağın, şant akımının ortadan kaldırılmasının ardından normal perfüzyon basınçlarına uyum sağlayamaması serebral hiperemi, ödem ve hemorajiye yol açabilmektedir. Bu nedenle postprosedürel dönemde sık nörolojik değerlendirme ve dikkatli kan basıncı kontrolü önerilmektedir (Kong et al., 2024; Theiss & Alaraj, 2024).

Diğer endovasküler girişimler arasında dural arteriovenöz fistül embolizasyonu, intrakraniyal stenozlara yönelik anjiyoplasti ve stentleme işlemleri ile serebral vazospazm tedavisinde kullanılan endovasküler uygulamalar yer almaktadır. Bu girişimlerde uygulanacak anestezik yaklaşım işlemin süresi, kullanılacak embolizan materyal, beklenen nörolojik riskler ve hastanın eşlik eden sistemik hastalıkları dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir. İşlem sonrası dönemde erken nörolojik değerlendirmenin yapılabilmesi amacıyla uygun hastalarda hızlı derlenme ve erken ekstübasyon hedeflenmelidir (Deshmukh et al., 2024; Gaub et al., 2024).

Spinal Cerrahide Anestezi

Spinal cerrahiler, minimal invaziv disk girişimlerinden kompleks deformite düzeltmelerine kadar geniş bir uygulama alanını kapsar ve bu nedenle anestezik gereksinimler cerrahinin kapsamına göre önemli farklılıklar gösterir. Anestezi yönetiminin temel amaçları nörolojik fonksiyonların korunması, yeterli spinal kord perfüzyonunun sürdürülmesi, hemodinamik stabilitenin sağlanması, kan kaybının etkin yönetimi ve erken postoperatif nörolojik değerlendirmeye olanak verecek hızlı derlenmenin sağlanmasıdır (Jung et al., 2023).

Cerrahi öncesinde mevcut nörolojik bulguların belgelenmesi, eşlik eden kardiyopulmoner hastalıkların değerlendirilmesi ve hastaya özgü risk faktörlerinin belirlenmesi önem taşır. Özellikle deformite ve kompleks spinal cerrahilerde frailty, malnütrisyon ve sistemik komorbiditeler perioperatif sonuçları etkileyebilmektedir. Ayrıca intraoperatif dönemde ortalama arter basıncının yeterli düzeyde sürdürülmesi, spinal kord perfüzyonunun korunması ve sekonder iskemik hasarın önlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle özellikle deformite düzeltmeleri ve spinal kord yaralanması riski taşıyan girişimlerde hipotansiyondan kaçınılmalıdır (Arora et al., 2023; B. K. Kwon et al., 2024; Elmeshneb et al., 2024).

Günümüzde birçok spinal cerrahide somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ve serbest elektromiyografi (EMG) temelli intraoperatif nöromonitörizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu teknikler, spinal kord ve sinir kökü fonksiyonlarının gerçek zamanlı değerlendirilmesine olanak sağlayarak nörolojik komplikasyonların erken saptanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle anestezi planı nörofizyolojik sinyal kalitesini koruyacak şekilde oluşturulmalı; özellikle inhalasyon anesteziklerinin, propofolün ve nöromüsküler blokajın monitörizasyon üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmalıdır (Alvi et al., 2024).

Spinal cerrahilerin önemli bir bölümü prone pozisyonda gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle pozisyona bağlı komplikasyonların önlenmesi anestezi yönetiminin temel bileşenlerinden biridir. Uygun pozisyonlandırma ile periferik sinir yaralanmaları, basınç nekrozu, venöz konjesyon ve basıya bağlı oküler komplikasyonların riski azaltılabilir. Nadir görülmekle

birlikte postoperatif görme kaybı spinal cerrahiye eşlik edebilen ciddi bir komplikasyon olup özellikle uzun süreli girişimlerde gözlerin korunmasına, baş-boyun pozisyonuna ve hemodinamik stabilitenin sürdürülmesine dikkat edilmelidir. Bu nedenle cerrahi boyunca bası noktalarının korunması ve pozisyonun düzenli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Apfelbaum et al., 2019; Sperber et al., 2024).

Güncel uygulamalarda multimodal analjezi yaklaşımları ve enhanced recovery after surgery (ERAS) protokolleri spinal cerrahinin önemli bileşenleri haline gelmiştir. Bu yaklaşımlar; nörolojik güvenliğin artırılması, opioid gereksiniminin azaltılması, erken mobilizasyonun sağlanması ve hastanede kalış süresinin kısaltılmasına katkıda bulunmaktadır (Alvi et al., 2024; Spisak et al., 2023; Taylor et al., 2023).

Lomber disk cerrahisi

Lomber disk cerrahileri, spinal cerrahi uygulamaları arasında en sık gerçekleştirilen girişimler olup günümüzde mikrodiskektomi ve endoskopik diskektomi teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu girişimlerde anestezi yönetiminin temel amacı güvenli hasta pozisyonlandırmasının sağlanması, yeterli cerrahi çalışma koşullarının oluşturulması, nörolojik fonksiyonların korunması ve erken postoperatif mobilizasyona olanak tanıyacak hızlı derlenmenin sağlanmasıdır (Jung et al., 2023).

Preoperatif dönemde mevcut motor ve duysal defisitler ayrıntılı olarak değerlendirilmeli ve kayıt altına alınmalıdır. Radiküler ağrının dağılımı, ağrı şiddeti ve fonksiyonel kısıtlılıklar belgelenmeli, daha önce geçirilmiş spinal cerrahiler ve rekürren disk herniasyonu açısından risk faktörleri sorgulanmalıdır. Özellikle

sigara kullanımı, obezite ve diyabetes mellitus gibi durumların cerrahi sonuçlar ve rekürrens üzerinde etkili olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Zileli et al., 2024).

Cerrahi girişim genel anestezi altında gerçekleştirilebildiği gibi seçilmiş endoskopik olgularda lokal anestezi veya epidural anestezi de tercih edilebilmektedir. Anestezi tekniği belirlenirken cerrahinin kapsamı, cerrahın deneyimi, hastanın uyumu ve intraoperatif nörolojik geri bildirimin gerekliliği dikkate alınmalıdır. Özellikle tam endoskopik lomber diskektomilerde lokal veya epidural anestezi kullanımı, hastadan nörolojik geri bildirim alınabilmesine olanak sağlayabilmektedir (B. Zheng et al., 2023).

Hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi, uygun analjezi sağlanması ve cerrahi görüşü bozabilecek kanamanın en aza indirilmesi anestezi yönetiminin temel hedeflerini oluşturur. Endoskopik girişimlerde komplikasyonların önlenmesi amacıyla dikkatli perioperatif takip ve uygun postoperatif gözlem önem taşımaktadır (Hara & Ohara, 2023). Endoskopik ve mikroskopik disk cerrahilerinde insidental durotomi intraoperatif ve postoperatif komplikasyonlara neden olabilen önemli bir sorundur. Postoperatif dönemde persistan baş ağrısı, beyin omurilik sıvısı kaçağı, psödomeningosel veya yeni nörolojik semptomlar açısından dikkatli değerlendirme yapılmalıdır (Qin et al., 2024; Toci et al., 2023).

Postoperatif dönemde erken nörolojik değerlendirme yapılmalı ve preoperatif muayene bulgularıyla karşılaştırılmalıdır. Yeni gelişen motor kayıp, duyu kusuru veya beklenmeyen şiddetli ağrı varlığında cerrahi komplikasyonlar dışlanmalıdır. Ayrıca rekürren disk herniasyonu açısından risk taşıyan hastalarda uzun dönem izlem ve uygun hasta eğitimi önemlidir (Jung et al., 2023; Zileli et al., 2024).

Servikal disk cerrahisi

Servikal disk cerrahileri, en sık anterior servikal diskektomi ve füzyon (ACDF) ile servikal disk artroplastisi şeklinde uygulanmakta olup, nörolojik yapıların yakın komşuluğu nedeniyle anestezi yönetiminde hava yolu güvenliği, nörolojik korunma ve postoperatif solunum fonksiyonları özel önem taşımaktadır. Bu hastalarda perioperatif bakımın amacı güvenli cerrahi koşulların sağlanması, ağrının etkin şekilde kontrol edilmesi, erken mobilizasyonun desteklenmesi ve hastanede kalış süresinin azaltılmasıdır.

Preoperatif değerlendirmede hastaların mevcut motor ve duysal defisitleri ayrıntılı olarak kaydedilmeli, miyelopati veya radikülopati bulguları belgelenmelidir. Servikal omurga hareketlerinde kısıtlılık bulunabileceği için hava yolu yönetimi planı önceden yapılmalı ve entübasyon sırasında servikal omurganın korunmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca güncel ERAS yaklaşımları doğrultusunda hasta eğitimi, perioperatif optimizasyon ve erken iyileşmeyi destekleyen stratejilerin planlanması önerilmektedir (Kamel et al., 2024; Porche et al., 2023).

İntraoperatif dönemde temel hedefler hemodinamik stabilitenin korunması, yeterli cerrahi görüşün sağlanması ve nörolojik fonksiyonların güvence altına alınmasıdır. Cerrahi süresince uygun anestezi derinliği sağlanırken hızlı nörolojik değerlendirmeye olanak verecek bir derlenme profili hedeflenmelidir (Taylor et al., 2023).

Servikal cerrahiler sonrasında ağrı kontrolü amacıyla çeşitli bölgesel analjezi teknikleri de kullanılabilmektedir. Özellikle ultrason eşliğinde uygulanan servikal pleksus bloğu ve servikal erektör spina plan bloğu gibi yöntemlerin postoperatif analjeziyi

iyileştirebildiği ve opioid tüketimini azaltabildiği gösterilmiştir. Bununla birlikte uygulanan tekniğin olası komplikasyonları ve cerrahi alanla ilişkisi dikkate alınarak hasta bazında değerlendirme yapılmalıdır (Colón et al., 2024).

Servikal cerrahiler sonrasında prevertebral yumuşak doku ödemi ve cerrahi alan hematomu üst hava yolu obstrüksiyonuna neden olabilmektedir. Özellikle çok seviyeli girişimler, uzamış operasyonlar ve ek risk faktörleri bulunan hastalarda ekstübasyon kararı dikkatle verilmeli ve postoperatif hava yolu yakın izlenmelidir (Karlsson et al., 2024).

Postoperatif dönemde erken nörolojik değerlendirme yapılmalı, yeni gelişen motor veya duysal defisitler açısından dikkatli izlem sürdürülmelidir (Kamel et al., 2024; Porche et al., 2023).

Spinal stenoz ve füzyon cerrahileri

Spinal stenoz ve füzyon cerrahileri, lomber disk cerrahilerine göre daha ileri yaş hasta grubunda uygulanmakta ve genellikle daha uzun cerrahi süre, daha geniş cerrahi diseksiyon ve daha fazla kan kaybı riski ile ilişkilendirilmektedir. Cerrahinin kapsamı dekompresyon ile sınırlı olabileceği gibi enstrümantasyon ve füzyon uygulamalarını da içerebilir. Bu nedenle anestezi yönetiminde hastanın komorbiditelerinin değerlendirilmesi, kan kaybına hazırlıklı olunması ve perioperatif fizyolojik stabilitenin korunması önem taşır.

Preoperatif dönemde hastaların nörolojik durumları ayrıntılı olarak değerlendirilmeli, mevcut motor ve duysal defisitler kayıt altına alınmalıdır. Spinal stenoz nedeniyle opere edilen hastaların önemli bir kısmı ileri yaşta olduğundan kardiyovasküler ve

pulmoner komorbiditeler sık görülmektedir. Bu nedenle anestezi planı oluşturulurken fonksiyonel kapasite, eşlik eden sistemik hastalıklar ve olası postoperatif rehabilitasyon gereksinimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

İntraoperatif dönemde uygun hasta pozisyonlandırılması, hemodinamik stabilitenin korunması ve kan kaybının yönetimi temel hedefleri oluşturmaktadır. Özellikle füzyon uygulanan olgularda operasyon süresinin uzaması ve cerrahi travmanın artması nedeniyle sıvı tedavisi, hemoglobin düzeylerinin takibi ve gereğinde kan transfüzyonu planlanmalıdır (Blacker et al., 2023; Gadjradj et al., 2023). Uzun cerrahi süre, beklenen kan kaybı ve olası hızlı hemodinamik değişiklikler nedeniyle birçok füzyon girişiminde invaziv arteriyel kan basıncı monitörizasyonu tercih edilmektedir. Arteriyel kateter, sürekli kan basıncı takibine ek olarak seri kan gazı, hemoglobin ve metabolik parametrelerin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Hatter et al., 2024). Kan kaybını azaltmaya yönelik stratejiler spinal füzyon cerrahilerinin önemli bileşenleridir. Özellikle traneksamik asit kullanımı intraoperatif kan kaybını ve allojenik kan transfüzyonu gereksinimini azaltmak amacıyla yaygın olarak uygulanmaktadır (Rocos et al., 2025). Beklenen yüksek kan kaybı bulunan seçilmiş olgularda hücre kurtarma (cell salvage) sistemleri ve hasta kan yönetimi yaklaşımları uygulanabilir. Ayrıca transfüzyon kararlarının hemoglobin düzeyi, klinik durum ve laboratuvar verileri doğrultusunda bireyselleştirilmesi, gereksiz kan ürünü kullanımının azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir (Alimohammadi et al., 2023).

Postoperatif dönemde etkin ağrı kontrolü ve nörolojik durumun yeniden değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Özellikle ileri yaşlı ve çok seviyeli füzyon uygulanan hastalarda mobilizasyon

ve rehabilitasyon süreci multidisipliner yaklaşımla planlanmalıdır (Taylor et al., 2023).

Kısa segment vertebra cerrahileri

Kısa segment vertebra cerrahileri, en sık torakolomber kırıklar ve seçilmiş instabil vertebral yaralanmaların tedavisinde uygulanan girişimlerdir. Bu cerrahilerde amaç omurganın stabilizasyonunu sağlarken cerrahi morbiditeyi azaltmak ve mümkün olduğunca hareket segmentlerini korumaktır. Cerrahinin kapsamı uzun segment deformite cerrahilerine göre daha sınırlı olmakla birlikte, hastalar sıklıkla travma nedeniyle opere edildiğinden anestezi yönetiminde eşlik eden yaralanmalar, nörolojik durum ve hemodinamik stabilite dikkatle değerlendirilmelidir (He et al., 2023; Wendt et al., 2023).

Preoperatif dönemde ayrıntılı nörolojik değerlendirme yapılmalı ve mevcut motor veya duysal defisitler kayıt altına alınmalıdır. Travmatik vertebra kırığı bulunan hastalarda eşlik eden toraks, abdominal veya ekstremite yaralanmaları göz önünde bulundurulmalı, gerekli durumlarda multidisipliner değerlendirme gerçekleştirilmelidir. Cerrahi planlama aşamasında kırığın seviyesi, stabilite durumu ve uygulanacak fiksasyon tekniği hakkında bilgi sahibi olunması perioperatif yönetimin planlanmasına katkı sağlar (He et al., 2023; Yuan et al., 2023).

İntraoperatif dönemde temel hedefler yeterli spinal kord perfüzyonunun korunması, hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi ve güvenli pozisyonlandırmanın sağlanmasıdır (Yuan et al., 2023; Wendt et al., 2023). Travmatik spinal kord yaralanması bulunan hastalarda sekonder nörolojik hasarın önlenmesi amacıyla yeterli ortalama arter basıncının sürdürülmesi önerilmektedir. Bu nedenle

intraoperatif ve erken postoperatif dönemde hipotansiyondan kaçınılmalı ve spinal kord perfüzyonunu destekleyecek hemodinamik hedefler korunmalıdır (B. K. Kwon et al., 2024). Kısa segment fiksasyon cerrahilerinde kan kaybı genellikle daha geniş spinal rekonstrüksiyon girişimlerinden daha düşük olmakla birlikte, özellikle travmatik kırıklarda beklenmeyen kanama ve sıvı kayıplarına karşı hazırlıklı olunmalıdır (He et al., 2023; Wendt et al., 2023).

Cerrahi sonrasında erken nörolojik muayene yapılabilmesine olanak sağlayacak bir anestezi yönetimi tercih edilmelidir. Yeni gelişen motor güçsüzlük, duyu kaybı veya beklenmeyen ağrı varlığında cerrahi komplikasyonlar açısından hızlı değerlendirme yapılmalıdır. Spinal cerrahide güncel yaklaşımlar, mümkün olan en erken dönemde mobilizasyonun sağlanmasını ve postoperatif iyileşmenin hızlandırılmasını hedeflemektedir. Bu nedenle perioperatif bakım sürecinde erken rehabilitasyonu destekleyen stratejiler önem taşımaktadır (Al Taha et al., 2024).

Kifoplasti ve vertebroplasti

Kifoplasti ve vertebroplasti, özellikle osteoporotik vertebra kompresyon kırıklarında ağrının azaltılması, fonksiyonel iyileşmenin sağlanması ve hastaların erken mobilizasyonunun desteklenmesi amacıyla uygulanan minimal invaziv vertebral augmentasyon girişimleridir. Bu hastalar sıklıkla ileri yaşta olup kardiyovasküler, pulmoner ve metabolik komorbiditelerin eşlik ettiği kırılgan bir popülasyonu temsil etmektedir. Bu nedenle anestezi yönetiminde yalnızca girişimin teknik özellikleri değil, hastanın genel fizyolojik rezervi ve perioperatif risk profili de dikkate alınmalıdır (Zhang et al., 2024).

Preoperatif değerlendirmede ağrının şiddeti, mobilizasyon durumu, mevcut nörolojik bulgular ve eşlik eden osteoporotik kırıklar sorgulanmalıdır. Hastaların önemli bir kısmında ileri yaşa bağlı sistemik hastalıklar bulunduğundan kardiyopulmoner durum dikkatle değerlendirilmelidir. Kifoplasti ve vertebroplasti çoğunlukla kısa süreli ve sınırlı cerrahi travma oluşturan işlemler olmakla birlikte, uygun hasta seçimi ve multidisipliner yaklaşım başarılı perioperatif yönetimin temel bileşenleri arasında yer almaktadır (Wang et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Anestezi tekniği hastanın klinik özelliklerine ve girişimin kapsamına göre bireyselleştirilmelidir. İşlemler birçok merkezde lokal anestezi ve sedasyon altında gerçekleştirilebilmekle birlikte, bazı hastalarda genel anestezi tercih edilebilir. Özellikle ileri yaşlı hastalarda sedatif ve opioid ilaçların dikkatli titrasyonu gereklidir (McGarvey et al., 2024; Zhang et al., 2024).

İntraoperatif dönemde vertebral çimento uygulanmasına bağlı komplikasyonlar açısından dikkatli monitorizasyon yapılmalıdır. Polimetilmetakrilat (PMMA) uygulamasına bağlı pulmoner çimento embolisi, hipoksemi ve hemodinamik instabilite gelişebileceğinden işlem sırasında end-tidal CO_2, oksijen satürasyonu ve hemodinamik parametreler yakından izlenmelidir. (Liu et al., 2023b). İşlem sırasında ve sonrasında yeni gelişen nörolojik bulgular, solunum fonksiyonlarında bozulma veya beklenmeyen ağrı varlığında olası komplikasyonlar değerlendirilmelidir. Ayrıca güncel veriler, uygun hasta seçimiyle gerçekleştirilen kifoplastinin ağrı ve fonksiyonel sonuçlar üzerinde olumlu etkiler sağlayabildiğini göstermektedir (Nakamura et al., 2024; Wang et al., 2024).

Postoperatif dönemde etkin ağrı kontrolü ve erken mobilizasyon temel hedeflerdir. Nörolojik muayene yeniden değerlendirilmeli, ağrı düzeyi izlenmeli ve hastaların osteoporoz tedavisinin sürdürülmesi sağlanmalıdır. Minimal invaziv karakterleri nedeniyle kifoplasti ve vertebroplasti sonrasında genellikle hızlı derlenme mümkün olmakla birlikte, ileri yaş ve komorbid hastalarda yakın postoperatif takip önemini korumaktadır (McGarvey et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Skolyoz cerrahisi

Skolyoz cerrahileri, uzun cerrahi süreler, geniş cerrahi diseksiyon alanları, anlamlı kan kaybı riski ve nörolojik komplikasyon potansiyeli nedeniyle anestezi açısından en kompleks spinal girişimler arasında yer almaktadır. Adölesan idiopatik skolyoz olgularının yanı sıra nöromüsküler skolyozlu hastalarda eşlik eden pulmoner, kardiyovasküler ve nörolojik sorunlar perioperatif yönetimi daha da zorlaştırabilmektedir. Bu nedenle ameliyat öncesinde ayrıntılı sistemik değerlendirme yapılmalı ve olası perioperatif riskler öngörülmelidir (J. Lim et al., 2024).

Anestezi yönetiminde temel hedefler yeterli spinal kord perfüzyonunun korunması, kan kaybının yönetilmesi ve nörolojik fonksiyonların güvence altına alınmasıdır. Skolyoz cerrahilerinde intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon yaygın olarak kullanılmakta olup somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP), motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ve multimodal nöromonitörizasyon teknikleri olası nörolojik hasarın erken saptanmasına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle anestezik ilaç seçimi ve uygulama şekli nöromonitörizasyon kalitesini koruyacak biçimde planlanmalıdır. Wake-up testi günümüzde büyük ölçüde SSEP ve MEP temelli intraoperatif nöromonitörizasyon yöntemleriyle yer

değiştirmiş olmakla birlikte, bazı seçilmiş olgularda spinal kord bütünlüğünün değerlendirilmesine yardımcı ek bir yöntem olarak kullanılabilmektedir (Alvi et al., 2024; Paunikar et al., 2023).

Cerrahi süresince hemodinamik stabilitenin korunması, uygun sıvı tedavisi ve gerektiğinde kan ürünlerinin kullanımı önem taşır. Uzun cerrahi süreye bağlı pozisyon komplikasyonları açısından dikkatli takip gereklidir. Ayrıca operasyon sonunda güvenilir nörolojik değerlendirme yapılabilmesi için hızlı ve öngörülebilir derlenme sağlayan anestezik yaklaşımlar tercih edilmelidir (Alvi et al., 2024).

Skolyoz cerrahilerinde kan koruma stratejileri perioperatif yönetimin önemli bileşenlerindendir. Traneksamik asit kullanımı perioperatif kan kaybını ve transfüzyon gereksinimini azaltmak amacıyla yaygın olarak uygulanmaktadır (Hasan et al., 2024; Lebel et al., 2023). Uzun segment füzyon uygulanan olgularda yüksek kan kaybı ve masif transfüzyon gereksinimi gelişebileceğinden koagülasyon parametreleri, asit-baz dengesi ve elektrolit düzeyleri intraoperatif dönemde yakından izlenmelidir. Beklenen yüksek kan kaybı bulunan hastalarda hücre kurtarma (cell salvage) sistemleri kan koruma stratejilerinin bir parçası olarak kullanılabilir ve allojenik kan transfüzyonu gereksiniminin azaltılmasına katkı sağlayabilir (Alimohammadi et al., 2023).

Postoperatif dönemde etkin ağrı kontrolü, erken nörolojik değerlendirme ve mobilizasyon öncelikli hedeflerdir. Özellikle nöromüsküler skolyozlu hastalarda solunum fonksiyonlarının yakından izlenmesi ve multidisipliner bakımın sürdürülmesi önemlidir (J. Lim et al., 2024; Linzey et al., 2023; Spisak et al., 2023).

21.7. Sendromik ve kompleks spinal cerrahiler

Sendromik ve kompleks spinal cerrahiler; ileri derecede spinal deformiteler, revizyon girişimleri, çok seviyeli füzyonlar ve nöromüsküler hastalıklara eşlik eden omurga deformitelerinin cerrahi tedavisini kapsar. Bu girişimler spinal cerrahinin en yüksek riskli prosedürleri arasında yer almakta olup uzun operasyon süreleri, yüksek kan kaybı, nörolojik komplikasyon riski ve önemli perioperatif morbidite ile ilişkilidir. Bu nedenle anestezi yönetimi yalnızca intraoperatif döneme değil, preoperatif optimizasyon ve postoperatif bakım süreçlerine de odaklanmalıdır (C. Li et al., 2023).

Preoperatif değerlendirmede hastaların fonksiyonel kapasitesi, beslenme durumu, frailty varlığı, kardiyovasküler ve pulmoner komorbiditeleri ayrıntılı olarak incelenmelidir. Özellikle erişkin spinal deformite cerrahisi uygulanacak hastalarda frailty, malnütrisyon, diyabetes mellitus, kardiyopulmoner hastalıklar ve kronik steroid kullanımı perioperatif komplikasyon riskini artırabilmektedir. Bu nedenle cerrahi öncesi dönemde mümkün olan en kapsamlı hasta optimizasyonunun sağlanması önerilmektedir (Arora et al., 2023).

İntraoperatif dönemde hemodinamik stabilitenin korunması, yeterli spinal kord perfüzyonunun sürdürülmesi ve kan kaybının etkin şekilde yönetilmesi temel hedeflerdir. Bu olgularda geniş damar yolu erişimi, invaziv arteriyel monitörizasyon ve gereğinde ileri hemodinamik monitorizasyon yöntemleri gerekli olabilir. Güncel uygulamalar ayrıca nöromonitörizasyon, kan koruma stratejileri ve standartlaştırılmış perioperatif bakım yaklaşımlarının kompleks spinal cerrahi sonuçlarını iyileştirebileceğini göstermektedir (C. Li et al., 2023; Hatter et al., 2024).

Nöromüsküler hastalıklara eşlik eden sendromik deformitelerde perioperatif risk profili daha yüksektir. Serebral palsi, Duchenne musküler distrofi, spinal musküler atrofi ve benzeri hastalıklarda solunum sistemi komplikasyonları, yara yeri problemleri, implant ilişkili komplikasyonlar ve yoğun bakım gereksinimi daha sık görülebilmektedir. Bu hasta grubunda multidisipliner yaklaşım, dikkatli sıvı yönetimi ve postoperatif solunum desteğine yönelik hazırlık büyük önem taşır (Elmeshneb et al., 2024).

Yüksek kan kaybı, uzun operasyon süresi, yaygın füzyon uygulamaları ve solunum komplikasyonu riski nedeniyle seçilmiş hastalarda postoperatif yoğun bakım izlemi planlanmalıdır. Özellikle erişkin deformite cerrahisi, nöromüsküler skolyoz ve çok seviyeli füzyon girişimleri uygulanan hastalarda yakın hemodinamik ve solunumsal monitorizasyon gerekebilir (Assi et al., 2024; Dong & Lu, 2023). Postoperatif dönemde etkin ağrı tedavisi ve komplikasyonların yakın takibi gereklidir (C. Li et al., 2023; Elmeshneb et al., 2024; Hatter et al., 2024).

Periferik Sinir Cerrahilerinde Anestezi

Periferik sinir cerrahileri; travmatik periferik sinir yaralanmaları, periferik sinir tümörleri, nöroma cerrahileri, sinir greftleme işlemleri, sinir transferleri ve brakiyal pleksus rekonstrüksiyonlarını kapsayan geniş bir cerrahi alanı oluşturmaktadır. Bu girişimlerin temel amacı fonksiyonel iyileşmenin sağlanması, nöropatik ağrının azaltılması ve yaşam kalitesinin artırılmasıdır. Son yıllarda periferik sinir yaralanmalarının ve periferik sinir tümörlerinin biyolojisine ilişkin bilgi birikiminin artmasıyla birlikte cerrahi tedavi seçenekleri de önemli ölçüde gelişmiştir (Dong & Lu, 2023).

Periferik sinir cerrahilerinde anestezi yönetiminin temel hedefleri hasta güvenliğinin sağlanması, optimal cerrahi koşulların oluşturulması, nörofizyolojik değerlendirmenin gerekli olduğu olgularda sinir fonksiyonlarının izlenebilmesi ve etkili postoperatif analjezinin sağlanmasıdır. Cerrahinin türüne, operasyon süresine ve intraoperatif monitörizasyon gereksinimine göre genel anestezi, bölgesel anestezi veya bu iki yöntemin kombinasyonu tercih edilebilir.

Periferik sinir cerrahilerinde kullanılacak anestezi tekniği cerrahi girişimin yeri, kapsamı ve nörolojik değerlendirme gereksinimlerine göre bireyselleştirilmelidir. Özellikle uzun süreli rekonstrüktif girişimler, brakiyal pleksus onarımları veya kompleks sinir transferleri sırasında genel anestezi sıklıkla tercih edilmektedir. Buna karşılık seçilmiş üst ve alt ekstremite girişimlerinde bölgesel anestezi hem cerrahi anestezi hem de postoperatif analjezi amacıyla etkili biçimde kullanılabilmektedir.

Ultrasonografi teknolojisindeki ilerlemeler periferik sinir bloklarının güvenliği ve başarı oranlarını artırmıştır. Günümüzde brakiyal pleksus bloklarının farklı yaklaşımları ile selektif periferik sinir blokları, çok sayıda üst ekstremite cerrahisinde genel anesteziye alternatif oluşturabilmektedir. Periferik blokların sağladığı üstün analjezi, düşük opioid gereksinimi ve erken rehabilitasyona katkıları önemli avantajlar arasında yer almaktadır (Admiraal et al., 2024).

Periferik sinir cerrahisi planlanan hastalarda preoperatif değerlendirme yalnızca rutin anestezi muayenesi ile sınırlı olmamalı, mevcut nörolojik durumun ayrıntılı olarak belgelenmesini de içermelidir. Motor güç kaybının dağılımı, etkilenen kas grupları ve mevcut fonksiyonel kısıtlılıklar kaydedilmelidir. Benzer şekilde

duyu muayenesi yapılarak hipoestezi, anestezi, parestezi veya allodini gibi bulguların dağılımı ayrıntılı şekilde dokümante edilmelidir. Ağrı ve duyu fonksiyonlarının standartlaştırılmış yöntemlerle değerlendirilmesinin periferik sinir yaralanmalarının izleminde önemli rol oynadığı bildirilmiştir (John et al., 2022).

Nöropatik ağrı varlığı ayrıca değerlendirilmelidir. Yanıcı ağrı, elektrik çarpması hissi, hiperaljezi, allodini ve spontan ağrı atakları gibi semptomlar sorgulanmalı; kullanılan analjezikler ve ağrı kontrolünün yeterliliği kaydedilmelidir. Travmatik nöroma veya kronik periferik sinir yaralanması bulunan hastalarda preoperatif ağrı şiddeti, postoperatif analjezi planının oluşturulmasında önemli bir belirleyicidir. Periferik sinir yaralanmalarında ağrı değerlendirmesinin sistematik şekilde yapılması ve hasta tarafından bildirilen sonuç ölçütlerinin kullanılması önerilmektedir (John et al., 2022; Mauch et al., 2023).

Kronik opioid kullanan hastalarda opioid toleransı, opioid ilişkili hiperaljezi ve postoperatif dönemde artmış analjezik gereksinimi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu hastalarda mevcut analjezik tedavinin ayrıntılı olarak sorgulanması ve perioperatif dönemde multimodal analjezi stratejilerinin planlanması önemlidir. Özellikle kronik nöropatik ağrısı bulunan olgularda ameliyat sonrası ağrı kontrolü zorlaşabileceğinden preoperatif değerlendirme sırasında ağrı yönetim planı oluşturulmalıdır (Mauch et al., 2023; Terkawi et al., 2023).

Antikoagülan veya antitrombosit tedavi kullanımı ayrıntılı şekilde sorgulanmalıdır. Özellikle periferik sinir blokları veya sürekli kateter uygulamalarının planlandığı hastalarda ilaçların son kullanım zamanı ve olası kanama riski değerlendirilmelidir. Bölgesel anestezi uygulanması planlanan olgularda güncel rejyonal anestezi

kılavuzlarına uygun hareket edilmesi gereklidir. Bu değerlendirme periferik sinir bloklarına bağlı hematom ve nörolojik komplikasyonların önlenmesi açısından önem taşımaktadır (Admiraal et al., 2024).

Diyabetes mellitus varlığında eşlik eden diyabetik periferik nöropati araştırılmalıdır. Diyabetik nöropatili hastalarda sinir fonksiyonlarında önceden var olan bozukluklar bulunabileceği gibi periferik sinirlerin lokal anesteziklere ve mekanik travmaya verdikleri yanıt da değişebilmektedir. Diyabetik nöropatinin şiddeti, duyusal kayıpların derecesi ve eşlik eden otonomik nöropati bulguları kaydedilmelidir. Periferik sinir bloklarının uygulanacağı hastalarda diyabetik nöropatinin varlığı perioperatif risk değerlendirmesinin önemli bir parçası olarak kabul edilmektedir (Crowley et al., 2023; Moon, 2023).

Herediter nöropatiler açısından öykü alınmalıdır. Özellikle Hereditary Neuropathy with Liability to Pressure Palsies (HNPP) gibi kalıtsal nöropatilerde periferik sinirler bası, traksiyon ve cerrahi manipülasyona karşı daha duyarlı olabilir. Bu hastalarda mevcut nörolojik bulguların dikkatle belgelenmesi, pozisyonlandırma sırasında sinir basısından kaçınılması ve anestezi planının bireyselleştirilmesi önerilmektedir. Perioperatif dönemde tanı almamış herediter nöropatilerin gözden kaçabileceği ve bunun hasta açısından ek risk oluşturabileceği bildirilmiştir (Laudanski et al., 2024).

Son olarak, daha önce uygulanmış periferik sinir cerrahileri, sinir greftleri, nöroliz işlemleri veya sinir transferleri sorgulanmalıdır. Önceki girişimler anatomik değişikliklere, skar dokusu oluşumuna ve mevcut nörolojik bulguların yorumlanmasını güçleştirebilecek değişikliklere neden olabilir. Elektrofizyolojik

incelemeler, görüntüleme yöntemleri ve önceki ameliyat raporları mümkün olduğunca gözden geçirilmeli, mevcut nörolojik durum ayrıntılı biçimde kayıt altına alınmalıdır. Özellikle sinir fonksiyonunun zaman içindeki değişimini değerlendirebilmek için ameliyat öncesi klinik muayenenin standartlaştırılmış şekilde belgelenmesi önerilmektedir (John et al., 2022).

Periferik sinir cerrahisi uygulanacak hastalarda sıklıkla önceden mevcut travmatik sinir yaralanmaları, kompresyon nöropatileri, diyabetik nöropati veya herediter nöropatiler bulunabilmektedir. Bu hasta grubunda periferik sinir bloğu uygulanmasının güvenliği uzun yıllardır tartışılmaktadır. Mevcut veriler, önceden var olan nörolojik hastalık veya periferik sinir defisitinin periferik sinir bloğu için mutlak kontrendikasyon oluşturduğunu göstermemektedir. Bu nedenle risk-yarar analizi her hasta için bireyselleştirilmelidir (Admiraal et al., 2024; Laudanski et al., 2024). American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine (ASRA), önceden mevcut nörolojik hastalık veya nöropatinin periferik sinir bloğu için mutlak kontrendikasyon oluşturmadığını, ancak kararın bireysel risk-yarar değerlendirmesi sonrasında verilmesini önermektedir. ASRA ayrıca ayrıntılı preoperatif nörolojik muayene yapılmasını, mevcut nörolojik bulguların belgelenmesini ve hastaların olası riskler konusunda bilgilendirilmesini tavsiye etmektedir (Neal et al., 2008). Özellikle diyabetik nöropati, herediter nöropati veya daha önce geçirilmiş periferik sinir yaralanması bulunan hastalarda başlangıç nörolojik durumunun kayıt altına alınması kritik önem taşımaktadır. Herediter nöropatilerde periferik sinirlerin bası ve traksiyona karşı artmış duyarlılık gösterebildiği bildirilmiş olup perioperatif planlamada bu özellik dikkate alınmalıdır (Laudanski et al., 2024).

Bölgesel anestezi uygulanmasına karar verildiğinde ultrasonografi eşliğinde dikkatli blok uygulaması, mekanik sinir travmasından kaçınılması ve mümkün olan en düşük etkili lokal anestezik dozunun kullanılması önerilmektedir. Ayrıca hastalara mevcut nörolojik hastalıklarının postoperatif değerlendirmeyi etkileyebileceği konusunda bilgi verilmesi ve nörolojik durumun ameliyat sonrasında tekrar değerlendirilmesi uygun olacaktır. Güncel literatür, kesin bir kontrendikasyon tanımlamaktan ziyade bireyselleştirilmiş karar verme sürecini ve dikkatli klinik değerlendirmeyi ön plana çıkarmaktadır (Admiraal et al., 2024; Laudanski et al., 2024).

Periferik sinir cerrahilerinde intraoperatif nöromonitörizasyon, sinir bütünlüğünün değerlendirilmesi ve fonksiyonel sinir dokusunun tanımlanması amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle travmatik periferik sinir yaralanmaları, brakiyal pleksus rekonstrüksiyonları ve periferik sinir tümörü cerrahilerinde cerrahi stratejinin belirlenmesine yardımcı olabilmektedir (Zelenski et al., 2023).

Periferik sinir cerrahilerinde en yaygın kullanılan nöromonitörizasyon yöntemleri sinir aksiyon potansiyeli kayıtları (NAP) ile elektromiyografik tekniklerdir. Sinir aksiyon potansiyelleri sinir iletiminin değerlendirilmesine olanak sağlarken, tetiklenmiş ve spontan elektromiyografi fonksiyonel fasiküllerin tanımlanmasına ve cerrahi manipülasyona bağlı sinir irritasyonunun saptanmasına yardımcı olmaktadır. Seçilmiş olgularda somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller (SSEP) ve motor uyarılmış potansiyellerden (MEP) de yararlanılabilmektedir (John et al., 2022).

Sinir aksiyon potansiyeli kayıtları, sinir boyunca iletimin korunup korunmadığını değerlendirmede kullanılmaktadır. Özellikle nöroma rezeksiyonu, sinir greftleme ve kompleks periferik sinir onarımlarında canlı aksonların varlığını göstermesi açısından önem taşımaktadır. NAP kayıtları yardımıyla cerrahi eksplorasyon sırasında fonksiyonel ve fonksiyonunu kaybetmiş segmentlerin ayırt edilmesi mümkün olabilmektedir.

Tetiklenmiş elektromiyografi, sinirin elektriksel olarak uyarılması sonrasında hedef kastan elde edilen yanıtların analizine dayanır. Bu yöntem özellikle brakiyal pleksus rekonstrüksiyonlarında ve sinir transferlerinde fonksiyonel motor fasiküllerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Spontan elektromiyografi ise cerrahi manipülasyon sırasında gelişen sinir irritasyonu veya traksiyonunu gösterebilen bir yöntemdir ve sinir yaralanmasının erken saptanmasına katkıda bulunabilir (Zelenski et al., 2023).

Bazı olgularda somatosensoriyel uyarılmış potansiyeller ve motor uyarılmış potansiyeller de kullanılabilmektedir. Bu yöntemler periferik sinir yolaklarının fonksiyonel bütünlüğü hakkında bilgi sağlayarak özellikle karmaşık rekonstrüktif girişimlerde ek bilgi sunabilir. İntraoperatif nörofizyolojik monitörizasyonun kullanımı, cerrah ve anestezi ekibi arasında yakın iş birliği gerektirmektedir (Ryalino et al., 2024).

İntraoperatif nöromonitörizasyon gereken olgularda anestezik ajanların elektrofizyolojik kayıtlar üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Nöromüsküler blokörler elektromiyografik kayıtları baskılayabilirken intravenöz ve inhalasyon anestezikleri de uyarılmış potansiyellerin amplitüd ve latansını etkileyebilmektedir. Bu nedenle monitörizasyon kalitesinin kritik olduğu seçilmiş

olgularda propofol bazlı total intravenöz anestezi tercih edilebilir ve nöromüsküler blokaj dikkatli biçimde titre edilmelidir (Ryalino et al., 2024; Zelenski et al., 2023).

Periferik sinir tümörleri arasında schwannomalar, nörofibromalar ve malign periferik sinir kılıfı tümörleri yer almaktadır. Bu olgularda cerrahinin temel amacı tümörün çıkarılması sırasında sinir fonksiyonunun mümkün olduğunca korunmasıdır. Periferik sinir tümörlerinin oluşturduğu fonksiyonel kayıp ve nöropatik ağrı nedeniyle multidisipliner yaklaşım önem taşımaktadır (Dong & Lu, 2023).

Özellikle schwannoma ve nörofibroma cerrahilerinde fonksiyonel fasiküllerin korunması postoperatif nörolojik sonuçlar açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle intraoperatif nöromonitörizasyon sıklıkla cerrahi karar verme sürecinin bir parçası olarak kullanılmaktadır. Fonksiyonel fasiküllerin tanımlanması ve korunabilmesi amacıyla güvenilir elektrofizyolojik kayıtlar elde edilmesi gerektiğinden anestezi yönetimi bu gereksinimlere uygun şekilde planlanmalıdır. Özellikle uzun süreli tümör rezeksiyonlarında sinir fonksiyonlarının değerlendirilmesine olanak sağlayacak anestezi stratejileri tercih edilmektedir (Zelenski et al., 2023).

Son yıllarda özellikle el ve distal üst ekstremite cerrahilerinde uyandırılmış cerrahi tekniklerine olan ilgi artmıştır. Bu yaklaşımın en yaygın örneği WALANT (Wide Awake Local Anesthesia No Tourniquet) yöntemidir. WALANT tekniği, hastanın operasyon boyunca uyanık kalmasına ve cerrahi sırasında aktif fonksiyonel değerlendirmenin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

WALANT yaklaşımı özellikle sinir ve tendon fonksiyonlarının eş zamanlı değerlendirilebildiği işlemlerde avantaj sağlayabilmektedir. Literatürde son yıllarda yayımlanan çalışmalar bu yöntemin güvenli biçimde uygulanabildiğini ve giderek daha fazla kullanım alanı bulduğunu göstermektedir (Ahmad & Lalonde, 2025).

Brakiyal pleksus rekonstrüksiyonları sıklıkla uzun süren mikrocerrahi girişimlerdir ve sinir greftleri, sinir transferleri veya nörotizasyon prosedürlerini içerebilir. Bu operasyonlarda anestezik yaklaşım planlanırken cerrahi sürenin uzunluğu, nörofizyolojik monitörizasyon gereksinimi ve postoperatif nörolojik değerlendirmenin önemi dikkate alınmalıdır. Fonksiyonel sinir dokusunun tanımlanmasına yönelik elektrofizyolojik değerlendirmeler gerekebileceğinden nöromüsküler blokör kullanımı dikkatle planlanmalı ve cerrahi ekip ile koordinasyon sağlanmalıdır. Uzun süreli rekonstrüksiyonlarda damar yolu güvenliği, göz ve bası noktalarının korunması, uygun sıvı tedavisi ve hemodinamik stabilitenin sürdürülmesi önem taşımaktadır. Ayrıca cerrahi mikroskop altında gerçekleştirilen hassas disseksiyonların optimal koşullarda sürdürülebilmesi için istemsiz hasta hareketlerinden kaçınılmalıdır (Zelenski et al., 2023).

Bu nedenle operasyon boyunca normoterminin korunması ve uygun pozisyonlandırmanın sağlanması anestezi yönetiminin önemli bileşenleri arasında yer almaktadır. Uzun cerrahi süreler istemsiz hipotermi gelişimine zemin hazırlayabileceğinden vücut sıcaklığının düzenli olarak izlenmesi ve gerektiğinde aktif ısıtma yöntemlerinin kullanılması önerilir. Hipotermi koagülasyon bozuklukları, yara iyileşmesinde gecikme ve uzamış postoperatif derlenme ile ilişkili olabileceğinden normoterminin korunması uzun süreli rekonstrüktif

girişimlerde özellikle önemlidir. Özellikle önceden mevcut nöropatisi bulunan hastalarda bası ve traksiyona bağlı sinir yaralanmaları açısından risk artabileceğinden tüm basınç noktalarının dikkatli şekilde korunması gereklidir. Herediter nöropatilerde pozisyonlandırma stratejilerinin bireyselleştirilmesi ve basıdan kaçınılması önerilmektedir (Laudanski et al., 2024).

Brakiyal pleksus rekonstrüksiyonları sıklıkla supin pozisyonda veya baş ve üst ekstremiteye cerrahi erişimi kolaylaştıracak şekilde modifiye edilmiş beach-chair benzeri pozisyonlarda gerçekleştirilmektedir. Cerrahi eksplorasyonun kapsamına bağlı olarak başın karşı tarafa rotasyonu ve üst ekstremitenin çeşitli derecelerde abdüksiyonu gerekebilmektedir.

Brakiyal pleksus onarımları ve sinir transferleri uzun süreli girişimler olabileceğinden pozisyona bağlı bası yaralanmaları açısından özel dikkat gösterilmelidir. Periferik sinirlerin uzun süreli kompresyon, gerilme ve tekrarlayan basınca karşı duyarlı olduğu bilinmektedir. Özellikle önceden nöropatisi bulunan hastalarda veya herediter nöropatiler eşlik ettiğinde pozisyona bağlı sinir yaralanması riski artabilmektedir. Bu nedenle operasyon boyunca ekstremitelerin nötral pozisyonda tutulmasına, aşırı eklem fleksiyon veya ekstansiyonundan kaçınılmasına ve düzenli pozisyon kontrollerine özen gösterilmelidir.

Üst ekstremite cerrahilerinde özellikle dirsek seviyesinde gelişebilecek kompresyonlar ulnar sinir yaralanmasına zemin hazırlayabilir. Bu nedenle dirsek çevresindeki basınç noktaları yeterli şekilde desteklenmeli, sert yüzeylerle doğrudan temas önlenmeli ve kol pozisyonu operasyon boyunca dikkatle korunmalıdır. Benzer şekilde skapular bölgeler, oksiput, sakrum ve topuklar gibi basınca maruz kalan diğer anatomik bölgelerde de

uygun koruyucu destek materyalleri kullanılmalıdır. Pozisyonlandırmaya bağlı komplikasyonların önlenmesinde basınç noktalarının dikkatli korunması, uzun süren periferik sinir cerrahilerinde hasta güvenliğinin önemli bir bileşenidir (Laudanski et al., 2024).

Travmatik nöromalar periferik sinir yaralanmalarının önemli komplikasyonlarından biridir ve ciddi nöropatik ağrıya yol açabilmektedir. Son yıllarda hedeflenmiş kas reinervasyonu (TMR) ve rejeneratif periferik sinir arayüzü (RPNI) teknikleri kronik nöroma ağrısının önlenmesi ve tedavisinde ilgi çekmiştir (Mauch et al., 2023).

Periferik sinir cerrahisi sonrasında erken postoperatif nörolojik değerlendirme yapılmalıdır. Motor fonksiyon, duyu muayenesi ve ağrı özellikleri preoperatif bulgular ile karşılaştırılarak değerlendirilmelidir. Özellikle önceden mevcut nörolojik defisitleri bulunan hastalarda yeni gelişen bulguların erken dönemde tanınabilmesi için ayrıntılı klinik dokümantasyon önemlidir. Periferik sinir yaralanmalarında fonksiyonel iyileşmenin izlenmesinde standardize edilmiş klinik değerlendirme yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir (John et al., 2022).

Postoperatif dönemde ortaya çıkan yeni motor kayıp, ilerleyici duyu kusuru veya beklenenden şiddetli ağrı varlığında cerrahi komplikasyon, hematom veya yeni sinir hasarı olasılığı değerlendirilmelidir. Bu nedenle anestezi ve cerrahi ekipleri arasında yakın iletişim sürdürülmesi önem taşımaktadır (John et al., 2022; Terkawi et al., 2023).

Periferik sinir cerrahilerinde postoperatif ağrı şiddeti, cerrahinin kapsamına, mevcut nöropatik ağrı varlığına ve uygulanan rekonstrüksiyon yöntemlerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Özellikle brakiyal pleksus rekonstrüksiyonları, nöroma eksizyonları ve sinir transferleri sonrasında ağrı kontrolü perioperatif bakımın önemli bileşenlerinden biridir. Bu nedenle güncel yaklaşım, farklı etki mekanizmalarına sahip analjeziklerin birlikte kullanıldığı multimodal analjezi stratejilerine dayanmaktadır.

Multimodal analjezinin temel bileşenleri arasında parasetamol ve nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ'ler) yer almaktadır. Bu ajanlar farklı analjezik mekanizmalar aracılığıyla etki göstererek opioid gereksinimini azaltabilmekte ve daha dengeli bir ağrı kontrolü sağlayabilmektedir. Postoperatif dönemde düzenli aralıklarla uygulanmaları, özellikle orta şiddette ağrı beklenen periferik sinir cerrahilerinde etkili bir bazal analjezi oluşturabilmektedir. Opioid gereksiniminin azaltılması, bulantı, kusma, sedasyon ve opioid ilişkili diğer advers etkilerin azaltılması açısından da önem taşımaktadır (Admiraal et al., 2024).

Nöropatik ağrı bileşeninin ön planda olduğu olgularda gabapentinoidler yardımcı analjezik olarak değerlendirilebilir. Özellikle daha önceden nöropatik ağrısı bulunan hastalarda veya travmatik sinir yaralanmalarına bağlı kronik ağrı öyküsü olan bireylerde perioperatif ağrı yönetimi planı oluşturulurken bu ilaçların kullanımı göz önünde bulundurulabilir. Periferik sinir yaralanmalarına bağlı ağrı sendromlarının uzun dönem sonuçları dikkate alındığında, analjezi planının yalnızca akut postoperatif döneme değil kronik ağrı gelişiminin önlenmesine de odaklanması önerilmektedir (Mauch et al., 2023; Terkawi et al., 2023).

Bölgesel analjezi teknikleri postoperatif ağrı yönetiminde önemli bir yer tutmaktadır. Tek enjeksiyon şeklinde uygulanan periferik sinir bloklarına ek olarak sürekli periferik sinir kateterleri seçilmiş hastalarda uzamış analjezi sağlayabilmektedir. Sürekli

kateter uygulamaları özellikle brakiyal pleksus rekonstrüksiyonları ve geniş rekonstrüktif girişimler sonrasında analjezik etkinliği artırabilir ve sistemik opioid gereksinimini azaltabilir. Periferik sinir bloklarının opioid koruyucu etkileri ve postoperatif konfor üzerindeki olumlu katkıları güncel literatürde desteklenmektedir (Admiraal et al., 2024).

Opioidler, multimodal tedaviye rağmen yeterli analjezi sağlanamayan hastalarda kurtarma analjezisi amacıyla kullanılabilir. Bununla birlikte güncel perioperatif ağrı yönetimi yaklaşımı, etkin bölgesel anestezi teknikleri ve non-opioid analjeziklerin kombinasyonu ile opioid tüketiminin mümkün olduğunca azaltılmasını hedeflemektedir. Özellikle kronik opioid kullanan veya nöropatik ağrı öyküsü bulunan hastalarda opioid koruyucu stratejiler bireyselleştirilmiş ağrı yönetiminin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir (Admiraal et al., 2024; Terkawi et al., 2023).

Periferik sinir cerrahilerinde komplikasyonlar cerrahiye bağlı ve anesteziye bağlı komplikasyonlar olarak değerlendirilebilir. Bölgesel anestezi uygulamalarında sinir hasarı, hematom, enfeksiyon ve lokal anestezik sistemik toksisitesi olası komplikasyonlar arasında yer almaktadır (Calciolari et al., 2021).

Pediatrik Nöroşirürjide Anestezi

Pediatrik nöroşirürji girişimleri, gelişmekte olan santral sinir sistemine özgü anatomik ve fizyolojik özellikler nedeniyle erişkin nöroşirürjisinden farklı anestezik yaklaşımlar gerektirmektedir. Hidrosefali, kraniosinostoz, meningomiyelosel ve diğer spinal disrafizmler çocukluk çağında en sık karşılaşılan nöroşirürjik patolojiler arasında yer almakta; bu olgularda perioperatif dönemde serebral ve sistemik fizyolojinin korunması temel hedefi

oluşturmaktadır. Yaşa bağlı kardiyorespiratuvar değişkenlik, sınırlı fizyolojik rezervler, sıvı-elektrolit dengesi bozukluklarına yatkınlık ve hızlı hemodinamik değişiklikler, pediatrik nöroanestezi uygulamalarını daha karmaşık hâle getirmektedir. Bu nedenle anestezi yönetimi, yalnızca cerrahi koşulların sağlanmasını değil, aynı zamanda sekonder nörolojik hasarın önlenmesini, yeterli serebral perfüzyonun sürdürülmesini ve perioperatif komplikasyonların azaltılmasını amaçlamaktadır (Stendall et al., 2024a, 2024b).

Son yıllarda pediatrik nöroşirürji alanında endoskopik üçüncü ventrikülostomi ve prenatal meningomiyelosel onarımı gibi yenilikçi yaklaşımların yaygınlaşması, anestezistlerin karşılaştığı klinik senaryoların çeşitlenmesine yol açmıştır. Bununla birlikte kraniosinostoz cerrahilerinde görülen masif kan kaybı ve transfüzyon gereksinimi, hidrosefali cerrahilerinde karşılaşılan intrakraniyal basınç değişiklikleri ve meningomiyeloselli yenidoğanlarda hava yolu yönetimi, termoregülasyon ve eşlik eden multisistem sorunlar pediatrik nöroanestezinin temel zorlukları olmaya devam etmektedir. Güncel yaklaşım, multidisipliner ekip çalışması eşliğinde titiz preoperatif değerlendirme, yaşa uygun monitorizasyon, hedefe yönelik sıvı ve hemodinamik yönetim ile dikkatli postoperatif izlemi esas almaktadır (Fairchild et al., 2023; Hartigan & Walsh, 2024; Moore et al., 2025; Reynolds et al., 2026; Stendall et al., 2024a, 2024b; Wiener & Chaudhry, 2023).

Bu nedenle pediatrik nöroşirürjide anestezi uygulamaları, cerrahi patolojinin özellikleri kadar hastanın gelişimsel dönemi, eşlik eden nörolojik ve sistemik hastalıkları ile uygulanacak nöroşirürjik girişimin özgün riskleri göz önünde bulundurularak planlanmalıdır. Başarılı perioperatif yönetim, yalnızca güvenli

anestezi uygulamasını değil, aynı zamanda uzun dönem nörolojik sonuçların iyileştirilmesini de hedeflemektedir (Hartigan & Walsh, 2024; Stendall et al., 2024a, 2024b).

KİBAS ve şant cerrahileri

Pediatrik yaş grubunda kafa içi basınç artışı (KİBAS) en sık konjenital veya edinsel hidrosefali ile ilişkilidir. Süt çocuklarında kraniyal sütürlerin tam kapanmamış olması nedeniyle klinik bulgular erişkinlerden farklılık gösterebilmekte; baş çevresinde progresif büyüme, bıngıldakta gerginlik, kusma, irritabilite ve bilinç değişiklikleri önemli klinik belirtiler olarak öne çıkmaktadır. Perioperatif dönemde temel amaç serebral perfüzyonun korunması ve kafa içi basıncını artırabilecek sekonder fizyolojik bozuklukların önlenmesidir. Bu nedenle hipoksemi, hiperkapni ve hemodinamik instabilite gibi durumların düzeltilmesi önem taşımaktadır (Kochanek et al., 2019; Panagopoulos et al., 2024).

Hidrosefali tedavisinde en yaygın cerrahi yöntem ventrikülоperitoneal (VP) şant uygulamasıdır. Bununla birlikte son yıllarda endoskopik üçüncü ventrikülostomi (ETV) ve özellikle belirli infant gruplarında koroid pleksus koterizasyonu ile kombine yaklaşımlar daha geniş kullanım alanı bulmuştur. Hidrosefali yönetiminde ETV uygulamalarının giderek daha fazla tercih edilmeye başladığı bildirilmektedir (Larrew et al., 2024; Panagopoulos et al., 2024). Endoskopik üçüncü ventrikülostomi sırasında intraventriküler irrigasyon basıncındaki ani yükselmeler bradikardi, hipertansiyon, aritmi ve nadiren asistoli ile sonuçlanabilen akut hemodinamik değişikliklere neden olabileceğinden sürekli kardiyovasküler monitorizasyon gereklidir (El-Dawlatly et al., 2000; Ganjoo et al., 2009).

Anestezi indüksiyonu sırasında serebral perfüzyon basıncının korunması önceliklidir. KİBAS bulunan çocuklarda ventilasyon ve oksijenasyonun dikkatle sürdürülmesi gerekir. Güncel pediatrik nörotravma kılavuzlarında intrakraniyal basınç kontrolü ve serebral perfüzyonun sürdürülmesi tedavinin temel hedefleri arasında yer almaktadır. Akut nörolojik kötüleşme riski bulunan olgularda hiperozmolar tedavi seçenekleri ve intrakraniyal basınç kontrolüne yönelik yaklaşımlar uygulanabilmektedir (Ha, 2022; Kochanek et al., 2019).

KİBAS bulunan çocuklarda hipotonik sıvılardan kaçınılmalı, dengeli izotonik kristalloid solüsyonlar tercih edilmelidir. Hipotonik sıvı uygulamasına bağlı gelişebilecek hiponatremi serebral ödemi ve intrakraniyal hipertansiyonu kötüleştirebileceğinden serum sodyum konsantrasyonu ve osmolalite yakından izlenmelidir (Amer et al., 2024; Brossier et al., 2022).

Hiperosmolar tedavi kapsamında mannitol ve hipertonik salin kullanımı pediatrik intrakraniyal hipertansiyon yönetiminin temel bileşenlerinden biri olarak yer almaktadır. Ayrıca intrakraniyal basınç izlemi ve serebral perfüzyon basıncı hedefleri, ağır nörolojik hastalığı olan çocukların yönetiminde önemli bir yer tutmaktadır (Kochanek et al., 2019).

Standart ASA monitörizasyonuna ek olarak ciddi KİBAS bulguları bulunan, hemodinamik instabilite riski taşıyan veya uzun süreli girişim planlanan çocuklarda sürekli kan basıncı takibi amacıyla invaziv arteriyel monitörizasyon düşünülebilir (Stendall et al., 2024a, 2024b).

VP şant cerrahileri genellikle kısa süreli girişimler olmakla birlikte, şant enfeksiyonları ve revizyon ameliyatları perioperatif yönetimi zorlaştırabilmektedir. Şant enfeksiyonu bulunan hastalarda

sistemik enfeksiyon bulguları ve sıvı-elektrolit dengesi dikkatle değerlendirilmelidir. Postoperatif dönemde kusma, bilinç değişiklikleri ve persistan KİBAS bulguları açısından yakın takip gerekmektedir. Hidrosefali tedavisinde uygulanan farklı cerrahi yöntemlere rağmen şant disfonksiyonu ve revizyon gereksinimi halen önemli klinik sorunlar arasında yer almaktadır (Larrew et al., 2024; Panagopoulos et al., 2024).

Şant enfeksiyonları pediatrik hidrosefali cerrahisinin en önemli komplikasyonlarından biridir. Bu nedenle perioperatif enfeksiyon önleme stratejileri titizlikle uygulanmalıdır. Güncel uygulamalarda uygun cerrahi antibiyotik profilaksisi, standartlaştırılmış enfeksiyon önleme protokolleri ve seçilmiş olgularda antibiyotik emdirilmiş şant sistemlerinin kullanımı enfeksiyon oranlarını azaltmaya yönelik yaklaşımlar arasında yer almaktadır (Koutsari et al., 2024; Panagopoulos et al., 2024; Tamber et al., 2023).

Postoperatif bulantı ve kusma VP şant cerrahisi sonrasında sık karşılaşılan sorunlardan biridir. Bununla birlikte kusma aynı zamanda şant disfonksiyonu veya persistan intrakraniyal hipertansiyonun bir belirtisi olabileceğinden dikkatli değerlendirilmelidir (Ghritlaharey, 2023).

Kraniosinostoz cerrahisi

Kraniosinostoz, bir veya daha fazla kraniyal sütürün prematür füzyonu ile karakterize bir kraniyofasiyal anomalidir. Cerrahi tedavinin amacı yalnızca kozmetik düzelme sağlamak değil, aynı zamanda intrakraniyal hacim gelişiminin korunmasına katkıda bulunmaktır. Bu hasta grubu anestezi açısından önemli perioperatif zorluklar içermektedir. Özellikle sendromik kraniosinostoz

olgularında hava yolu problemleri ve perioperatif komplikasyonlar daha sık bildirilmektedir (Battistelli et al., 2025; Cuperus et al., 2025).

Preoperatif değerlendirmede hastanın sendromik özellikleri, hava yolu anatomisi ve eşlik eden komorbiditeleri ayrıntılı olarak incelenmelidir. Sendromik kraniosinostozlu çocuklarda orta yüz hipoplazisi ve obstrüktif hava yolu problemleri nedeniyle perioperatif hava yolu yönetimi özel önem taşımaktadır (Cuperus et al., 2025).

Kranial rekonstrüksiyon cerrahilerinin en belirgin özelliklerinden biri yüksek kan kaybı riskidir. Cerrahi sırasında önemli miktarda kan kaybı ve yüksek oranda eritrosit transfüzyonu gereksinimi bildirilmektedir. Bu nedenle perioperatif kan koruma stratejileri önem kazanmıştır. Traneksamik asidin kraniosinostoz cerrahisinde kan kaybını ve transfüzyon gereksinimini azaltabildiği randomize kontrollü çalışmalar ve sistematik derlemelerle gösterilmiştir (Battistelli et al., 2025; Goobie et al., 2020; Goobie et al., 2011; O'Donnell et al., 2022). Kraniosinostoz cerrahilerinde beklenen yüksek kan kaybı ve hızlı hemodinamik değişiklikler nedeniyle yeterli vasküler erişim sağlanmalı; sürekli arteriyel kan basıncı izlemi ve seri laboratuvar değerlendirmelerine olanak vermesi amacıyla birçok olguda invaziv arteriyel monitörizasyon tercih edilmektedir (Battistelli et al., 2025; Stendall et al., 2024b).

Kan koruma stratejileri kapsamında traneksamik asit kullanımına ek olarak seçilmiş olgularda hücre kurtarma sistemleri (cell salvage) ve yapılandırılmış hasta kan yönetimi programları uygulanabilmektedir (Moore et al., 2025).

Kraniosinostoz cerrahilerinde toplam kan kaybı dolaşan kan hacminin önemli bir bölümünü oluşturabilmektedir. Masif

transfüzyon gereksinimi bulunan olgularda dilüsyonel koagülopati, hipokalsemi, asit-baz bozuklukları ve elektrolit dengesizlikleri gelişebileceğinden yakın laboratuvar ve hemodinamik takip gereklidir (Battistelli et al., 2025; Moore et al., 2025).

Pozisyonlama sırasında baş ve boynun nötral pozisyonda tutulmasına dikkat edilmeli, venöz dönüşü bozabilecek aşırı fleksiyon veya rotasyondan kaçınılmalıdır. Ayrıca göz küreleri üzerine dış bası uygulanmasının retinal perfüzyon bozukluğu ve görsel komplikasyonlara yol açabileceği akılda tutulmalıdır (Ma et al., 2025; Stendall et al., 2024a).

Venöz hava embolisi (VAE), kraniosinostoz cerrahisinin önemli intraoperatif komplikasyonlarından biridir. Prekordiyal Doppler monitörizasyonu kullanılarak yapılan çalışmalarda VAE insidansının yüksek olduğu gösterilmiş ve erken tanıda Doppler monitörizasyonunun yararlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca end-tidal CO_2 düzeylerinde ani düşüş VAE'nin önemli göstergelerinden biri olarak tanımlanmıştır (Faberowski et al., 2000; Tobias et al., 2001).

Postoperatif dönemde kanama, hava yolu sorunları ve solunum komplikasyonları açısından yakın gözlem gereklidir. Özellikle sendromik veya çok sütürlü olgularda yoğun bakım izlemi gereksinimi daha yüksek olabilmektedir (Battistelli et al., 2025; Cuperus et al., 2025).

Meningomiyelosel ve spinal disrafizm

Meningomiyelosel, spinal kord ve meninklerin vertebral defekt yoluyla dışarı protrüde olduğu en sık açık nöral tüp defektidir. Spinal disrafizm spektrumu içerisinde yer alan bu anomalinin hidrosefali, Chiari II malformasyonu, nörojenik mesane ve çeşitli ortopedik bozukluklarla birlikte görülebildiği bildirilmektedir.

Cerrahi kapatma genellikle yaşamın erken dönemlerinde gerçekleştirilmekte ve enfeksiyon ile ilerleyici nörolojik hasarın önlenmesi amaçlanmaktadır (Iftikhar & De Jesus, 2023; Karsonovich et al., 2024).

Son yıllarda fetal cerrahi uygulamalarının gelişmesiyle seçilmiş hastalarda prenatal meningomiyelosel onarımı uygulanmaya başlanmıştır. Güncel veriler prenatal onarımın hidrosefali nedeniyle şant gereksinimini azaltabildiğini ve nörolojik sonuçları iyileştirebildiğini göstermektedir. Bununla birlikte prematüre doğum ve maternal komplikasyonlar gibi riskler devam etmektedir (Reynolds et al., 2026).

Meningomiyelosel onarımı sıklıkla yenidoğan döneminde gerçekleştirildiğinden prematürite, hipotermi, glukoz homeostazında bozulma ve sıvı-elektrolit dengesizlikleri perioperatif yönetimde özel önem taşır. Isı kaybını azaltmaya yönelik aktif önlemler alınmalı, kan glukozu düzenli olarak izlenmeli ve sıvı tedavisi yenidoğanın fizyolojik gereksinimlerine göre titizlikle düzenlenmelidir (Hartigan & Walsh, 2024; Suryaningrat et al., 2024).

Meningomiyelosel olgularının büyük bölümüne Chiari II malformasyonu eşlik etmektedir. Beyin sapı ve alt kraniyal sinirlerin etkilenmesine bağlı olarak stridor, santral apne, yutma güçlüğü ve vokal kord disfonksiyonu gelişebilmektedir. Bu nedenle preoperatif değerlendirmede lezyon düzeyi, mevcut nörolojik defisitler, eşlik eden hidrosefali ve Chiari II malformasyonu dikkatle araştırılmalı; hava yolu ve solunum fonksiyonları ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir. Postoperatif dönemde ise solunum komplikasyonları açısından yakın monitorizasyon önerilmektedir (Hartigan & Walsh, 2024; Karsonovich et al., 2024).

Nörojenik mesane meningomiyeloselli hastalarda en sık görülen uzun dönem komplikasyonlardan biridir. Hastaların önemli bir kısmında temiz aralıklı kateterizasyon uygulanmakta olup tekrarlayan üriner sistem enfeksiyonları ve renal fonksiyon bozukluğu gelişebilmektedir. Bu nedenle preoperatif değerlendirmede üriner sistem enfeksiyonu, renal fonksiyonlar ve mevcut ürolojik tedaviler sorgulanmalıdır (Fairchild et al., 2023; Wiener & Chaudhry, 2023).

Anestezi indüksiyonu ve pozisyonlama sırasında meningomiyelosel kesesinin bütünlüğünün korunması gereklidir. Özellikle geniş lumbosakral lezyonlarda standart pozisyonlama teknikleri uygulanamayabilir ve lezyonun travmatize edilmesi BOS kaçağı ile enfeksiyon riskini artırabilir. Bu nedenle dikkatli taşıma ve pozisyonlandırma önerilmektedir (Iftikhar & De Jesus, 2023; Karsonovich et al., 2024). Büyük meningomiyelosel kesesi bulunan yenidoğanlarda hava yolu yönetimi güçleşebileceğinden entübasyon sırasında kesenin basıya uğramaması için uygun destek materyalleri kullanılmalı; seçilmiş olgularda lateral pozisyonda veya modifiye supin pozisyonda entübasyon gerekebilmektedir (Hartigan & Walsh, 2024).

Meningomiyeloselli hastalarda latex duyarlılığı önemli bir klinik sorundur. Spina Bifida Association kılavuzları ve ilgili derlemelerde, bu hasta grubunda lateks maruziyetinden kaçınılması ve mümkün olduğunca latekssiz bakım ortamı sağlanması önerilmektedir (Meneses et al., 2020).

Postoperatif dönemde solunum fonksiyonları, nörolojik durum, yara yeri bütünlüğü ve BOS kaçağı açısından yakın takip gereklidir. Ayrıca hidrosefali gelişimi veya progresyonu nedeniyle sonraki dönemlerde VP şant gereksinimi ortaya çıkabilmektedir.

Uzun dönem takipte nörojenik mesane, motor fonksiyon kayıpları ve ortopedik sorunlar önemli morbidite nedenleri arasında yer almaktadır (Iftikhar & De Jesus, 2023; Karsonovich et al., 2024).

Perioperatif Kanama ve Transfüzyon

Nöroşirürjik girişimlerde kan kaybının miktarı cerrahinin türüne göre önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Özellikle vasküler nöroşirürji, kompleks tümör cerrahileri ve uzun süreli omurga girişimlerinde beklenmeyen veya hızlı gelişen kanamalar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle ameliyat öncesinde olası kanama riski değerlendirilmeli, uygun damar yolu erişimi sağlanmalı ve gerekli monitörizasyon yöntemleri planlanmalıdır. İntraoperatif dönemde hemodinamik stabilitenin korunması ve yeterli serebral perfüzyonun sürdürülmesi temel hedefler arasında yer almaktadır. Kan kaybı gelişen nöroşirürjik hastalarda sistemik hipotansiyondan kaçınılmalıdır. Arteriyel basınçtaki belirgin düşüşler serebral perfüzyon basıncının azalmasına ve serebral iskemi riskinin artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle invaziv arter basıncı monitörizasyonu kullanılarak hemodinamik değişikliklerin erken tanınması ve uygun şekilde düzeltilmesi önem taşımaktadır (Gropper et al., 2025).

Vasküler nöroşirürjide ve anevrizma cerrahisinde yeterli serebral perfüzyonun korunması, kanama kontrolü kadar önemlidir. Cerrahi sırasında gelişen hemodinamik değişiklikler serebral dolaşımı doğrudan etkileyebileceğinden arter basıncı dikkatle izlenmeli ve ani hipotansiyondan kaçınılmalıdır (Hoh et al., 2023).

Perioperatif dönemde sıvı tedavisinin amacı yalnızca dolaşım hacmini korumak değil, aynı zamanda serebral perfüzyonu sürdürebilmektir. Güncel yaklaşım normovoleminin korunmasına

yöneliktir. Aşırı sıvı yüklenmesi serebral ödem gelişimine katkıda bulunabilirken, yetersiz hacim replasmanı serebral perfüzyonun bozulmasına yol açabilir. Bu nedenle sıvı tedavisi bireyselleştirilmeli ve hemodinamik hedeflerle uyumlu şekilde yürütülmelidir (Gropper et al., 2025).

Yüksek kanama riski taşıyan seçilmiş nöroşirürjik girişimlerde traneksamik asit uygulanması intraoperatif kan kaybını ve allojenik eritrosit transfüzyon gereksinimini azaltabilmektedir. Bununla birlikte özellikle yüksek doz kullanımında bildirilen nörolojik yan etkiler ve nöbet riski göz önünde bulundurularak hasta seçimi ve dozlama stratejileri bireyselleştirilmelidir (Liu et al., 2024; Vychopen et al., 2024).

Kanama sonrasında gelişebilecek metabolik ve fizyolojik bozuklukların erken dönemde tanınması önem taşımaktadır. Sistemik hipotansiyon, elektrolit değişiklikleri ve anemiye bağlı azalmış oksijen taşıma kapasitesi ve doku oksijen sunumundaki bozulma serebral fizyolojiyi olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle perioperatif dönemde hemodinamik parametreler, sıvı dengesi ve laboratuvar bulguları yakından takip edilmelidir (Gropper et al., 2025).

Nöroşirürjik hastalarda optimal eritrosit transfüzyon eşiği kesin olarak belirlenmemiştir ve liberal ile restriktif transfüzyon stratejilerinin nörolojik sonuçlar üzerindeki etkileri konusunda mevcut kanıtlar sınırlıdır. Bu nedenle transfüzyon kararı yalnızca hemoglobin konsantrasyonuna dayanılarak verilmemeli; serebral perfüzyonun yeterliliği, devam eden kanama, kardiyovasküler komorbiditeler, doku oksijenizasyonunu yansıtan klinik ve laboratuvar göstergeler ile hastanın genel fizyolojik durumu birlikte değerlendirilmelidir. Nöroşirürjik hastalarda amaç, gereksiz

transfüzyondan kaçınırken yeterli serebral oksijen sunumunu koruyacak dengeli ve bireyselleştirilmiş bir yaklaşım uygulanmasıdır (Carson et al., 2023; Fu et al., 2026).

Uzun süren veya yüksek kan kaybı beklenen nöroşirürjik girişimlerde hemoglobin, trombosit sayısı, fibrinojen düzeyi ve koagülasyon parametreleri seri ölçümlerle izlenmeli; gelişen koagülopatiler erken dönemde tanınmalıdır. Tromboelastografi (TEG) ve rotasyonel tromboelastometri (ROTEM) gibi viskoelastik testler, pıhtı oluşumu ve fibrinoliz süreçlerinin yatak başında gerçek zamanlı değerlendirilmesine olanak sağlayarak hedefe yönelik hemostatik tedavi ve kan ürünü replasmanının yönlendirilmesine yardımcı olabilmektedir (Germans et al., 2023).

Tablo 7 Perioperatif kanama ve koagülasyon tedavileri

Tedavi	**Endikasyon**	**Temel Özellik**
Fibrinojen konsantresi	Hipofibrinojenemi	İlk düzeltilecek faktör
Trombosit süspansiyonu	Trombositopeni	Primer hemostaz
PCC	Antikoagülan geri döndürme	Hızlı etki
TDP	Çoklu faktör eksikliği	Yüksek hacim
TXA	Seçilmiş yüksek kanamalı olgular	Kan kaybını azaltabilir

Kaynak: Germans et al., 2023; Kleinveld et al., 2023; Savi & Hawryluk, 2025

Masif kanama veya dilüsyonel koagülopati gelişen nöroşirürjik hastalarda fibrinojen düzeyleri erken dönemde azalabilmektedir. Fibrinojen eksikliğinin düzeltilmesi hemostazın sağlanmasında temel basamaklardan biri olup, viskoelastik testler veya laboratuvar ölçümleri eşliğinde hedefe yönelik replasman stratejileri uygulanabilir (Germans et al., 2023). Antitrombosit tedavi öyküsü bulunan veya trombosit fonksiyon bozukluğundan şüphe edilen hastalarda trombosit fonksiyonunun değerlendirilmesi

ve gerektiğinde trombosit replasmanı kanama kontrolüne katkı sağlayabilir. Bazı merkezlerde bu amaçla noktabaşı trombosit fonksiyon testlerinden yararlanılmaktadır (Xu et al., 2022).

Masif kanama gelişen seçilmiş olgularda kurum protokollerine uygun şekilde masif transfüzyon stratejileri uygulanmalı; eritrosit, plazma ve trombosit replasmanı hemostatik hedefler doğrultusunda dengeli biçimde yürütülmelidir (Kietaibl et al., 2023).

Acil nöroşirürjik girişim gerektiren ve vitamin K antagonisti veya bazı antikoagülan ajanları kullanan hastalarda hızlı koagülasyon faktörü replasmanı amacıyla dört faktörlü protrombin kompleks konsantresi (PCC) tercih edilebilir. PCC, INR düzeltmesini hızlandırırken yüksek hacimli plazma uygulama gereksinimini azaltabilmektedir (Faulkner et al., 2020; Savi & Hawryluk, 2025).

Buna karşılık taze donmuş plazma (TDP), çoklu koagülasyon faktörü eksikliği bulunan hastalarda veya spesifik faktör konsantrelerinin mevcut olmadığı durumlarda kullanılabilir. Bununla birlikte yüksek hacim gereksinimi nedeniyle sıvı yüklenmesi riski göz önünde bulundurulmalı ve mümkün olduğunda hedefe yönelik koagülasyon tedavileri tercih edilmelidir (Kleinveld et al., 2023).

Postoperatif Derlenme

Nöroşirürjik girişimler sonrasında postoperatif dönemin temel amacı, nörolojik durumun güvenilir biçimde değerlendirilebilmesi ve gelişebilecek komplikasyonların erken dönemde tanınabilmesidir. Bu nedenle anestezik yönetim, mümkün olduğunda ameliyat sonrasında erken nörolojik muayeneye olanak

sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Hızlı etki sonlanan ve titre edilebilir anestezik ajanlar, nörolojik değerlendirmenin gecikmeden yapılabilmesine katkıda bulunmaktadır (Gropper et al., 2025; Kazancı, 2025). Postoperatif dönemde bilinç düzeyi, pupiller yanıtlar, motor fonksiyonlar ve mevcut nörolojik defisitler sistematik olarak değerlendirilmelidir. Erken dönemde ortaya çıkan bilinç değişikliği, yeni gelişen fokal nörolojik bulgular veya beklenmeyen nörolojik kötüleşme intrakraniyal komplikasyonların habercisi olabileceğinden dikkatle araştırılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Ekstübasyon kararı yalnızca spontan solunumun varlığına göre verilmemelidir. Hastanın bilinç düzeyi, hava yolu refleksleri, ventilasyon yeterliliği ve nörolojik durumu birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle posterior fossa cerrahileri sonrasında alt kranial sinir fonksiyonlarında bozulma gelişebilmekte ve bu durum üst havayolunun korunmasını güçleştirebilmektedir. Bu nedenle ekstübasyon öncesinde yutma fonksiyonu ve hava yolu güvenliği dikkatle değerlendirilmelidir. Posterior fossa ve beyin sapı cerrahileri sonrasında IX, X ve XII. kranial sinir fonksiyonlarında bozulma gelişebileceği bildirilmiştir. Bu hastalarda postoperatif ventilatuvar desteğin sürdürülmesi bazı durumlarda daha güvenli bir yaklaşım olabilmektedir. Bilinç düzeyi yetersiz olan, beyin sapı fonksiyonlarında bozulma bulunan, ciddi serebral ödem riski taşıyan veya güvenli havayolu refleksleri sağlanamayan hastalarda kontrollü ventilasyonun sürdürülmesi gerekebilir (Gropper et al., 2025; Kazancı, 2025).

Büyük intrakraniyal tümör rezeksiyonları, posterior fossa cerrahileri, vasküler nöroşirürjik girişimler, uzun süreli operasyonlar, intraoperatif nörolojik veya hemodinamik instabilite

gelişen hastalar postoperatif yoğun bakım izlemi gerektirebilir (Biswas et al., 2024).

Postoperatif dönemde serebral perfüzyonun sürdürülebilmesi için hemodinamik stabilitenin korunması önemlidir. Arteriyel basınçta meydana gelebilecek belirgin değişiklikler serebral dolaşımı etkileyebilir ve nörolojik durumu kötüleştirebilir. Bu nedenle kan basıncı hedefleri hastanın mevcut patolojisi ve cerrahi özellikleri dikkate alınarak sürdürülmelidir (Gropper et al., 2025).

Hipoksemi ve hiperkapni sekonder nörolojik hasarı artırabilecek önemli sistemik faktörler arasında yer almaktadır. Hiperkapni serebral vazodilatasyon oluşturarak intrakraniyal basıncı artırabilirken, hipoksemi serebral oksijen sunumunu azaltabilmektedir. Bu nedenle postoperatif dönemde yeterli oksijenasyon ve normokapninin korunması temel hedeflerden biri olmalıdır (Gropper et al., 2025).

Hipotalamik-hipofizer aksı etkileyen cerrahiler sonrasında sıvı ve elektrolit bozuklukları gelişebileceğinden serum sodyum düzeyleri, sıvı dengesi ve idrar çıkışı yakından izlenmelidir. Özellikle transsfenoidal hipofiz cerrahileri sonrasında diabetes insipidus (DI), uygunsuz antidiüretik hormon salınımı sendromu (SIADH) ve daha nadir olarak cerebral salt wasting sendromu görülebilmektedir. Diabetes insipidus genellikle poliüri, düşük idrar osmolalitesi ve hipernatremi ile karakterize olup sıklıkla erken postoperatif dönemde ortaya çıkar. Buna karşılık SIADH ve cerebral salt wasting hiponatremi ile seyredebilir. Bu iki durumun ayırıcı tanısında hastanın volüm durumunun değerlendirilmesi önemlidir; SIADH çoğunlukla normovolemi veya hafif hipervolemi ile ilişkiliyken cerebral salt wasting tipik olarak hipovolemi ile birliktedir. Elektrolit bozukluklarının erken tanınması ve uygun

şekilde tedavi edilmesi, nöbet, bilinç değişikliği ve diğer ciddi nörolojik komplikasyonların önlenmesi açısından kritik önem taşımaktadır (Felbabić et al., 2024; Raveendran et al., 2024).

Postoperatif dönemde baş ağrısı, bulantı-kusma, bilinç düzeyinde değişiklik, pupiller değişiklikler ve yeni gelişen nörolojik bulgular intrakraniyal basınç artışı veya diğer intrakraniyal komplikasyonları düşündürebilir. Özellikle belirgin kitle etkisi bulunan tümör cerrahileri, intrakraniyal kanamalar ve hidrosefali ile ilişkili girişimler sonrasında bu bulgular açısından yakın klinik takip gerekmektedir (Gropper et al., 2025).

Beklenmeyen nörolojik kötüleşme, açıklanamayan bilinç bozukluğu, yeni fokal nörolojik defisit veya pupiller değişiklik gelişmesi durumunda acil kraniyal BT incelemesi genellikle ilk görüntüleme yöntemi olarak tercih edilir. Bu değerlendirme postoperatif hematom, serebral ödem, hidrosefali veya diğer cerrahi komplikasyonların erken saptanmasına yardımcı olabilir (Rangankar et al., 2023).

Hipertermi nörolojik yaralanmanın kötüleşmesi ile ilişkili bulunmuştur. Ateş serebral metabolik oksijen tüketimini artırabilmekte ve nörolojik sonuçlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu nedenle postoperatif dönemde normoterminin korunması ve gelişen ateşin uygun şekilde tedavi edilmesi önerilmektedir (Gropper et al., 2025).

Nöroşirürjik hastalarda postoperatif dönemde nöbet gelişebilmektedir. Nöbet aktivitesinin erken tanınması ve uygun tedavinin başlanması önem taşımaktadır. Özellikle nöbet açısından yüksek risk taşıyan hastalarda nörolojik durum yakından izlenmelidir (Alali & Dua, 2025; Hoh et al., 2023).

Tablo 8 Erken postoperatif nörolojik kötüleşmenin ayırıcı tanısı

Neden	**Klinik Bulgu**
Hematom	Bilinç azalması, fokal defisit
Beyin ödemi	ICP artışı
Nöbet	Bilinç değişikliği
Hipoksemi	Ajitasyon, bilinç bozukluğu
Hiperkapni	Somnolans
DI/SIADH	Elektrolit bozukluğu
Pnömosefali	Baş ağrısı, nörolojik bozulma

Kaynak: Ghare et al., 2023; Rangankar et al., 2023

Nöroşirürjik girişimler sonrasında bilişsel fonksiyonlarda değişiklikler ortaya çıkabilmektedir. Özellikle frontal lob cerrahileri sonrasında geçici bilinç değişiklikleri ve davranışsal bozukluklar bildirilmiştir. Bunun yanında postoperatif deliryum ve diğer nörobilişsel bozukluklar hastanede kalış süresi ve fonksiyonel sonuçlar üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Postoperatif deliryum gelişimi açısından ileri yaş, preoperatif bilişsel bozukluk veya kırılganlık varlığı, uzun süren cerrahi girişimler, yoğun bakım gereksinimi ve perioperatif komplikasyonlar önemli risk faktörleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle yüksek riskli hastalarda düzenli bilişsel değerlendirme ve erken deliryum taraması önerilmektedir (Gropper et al., 2025; Elganga et al., 2026; Wei et al., 2024).

Son yıllarda nöroşirürjiye uyarlanmış Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protokolleri postoperatif bakımın önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Bu protokoller; erken mobilizasyon, multimodal analjezi, opioid kullanımının azaltılması, postoperatif bulantı-kusmanın önlenmesi, erken enteral beslenme ve standartlaştırılmış perioperatif bakım uygulamaları aracılığıyla iyileşmenin hızlandırılmasını amaçlamaktadır. Mevcut veriler, uygun hasta gruplarında ERAS programlarının hastanede kalış

süresinin azaltılmasına ve postoperatif iyileşmenin desteklenmesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Belouaer et al., 2023).

Sonuç olarak nöroşirürjik hastalarda postoperatif bakımın temel hedefi, erken nörolojik değerlendirmenin sağlanması, sekonder beyin hasarına yol açabilecek sistemik faktörlerin önlenmesi ve postoperatif komplikasyonların zamanında tanınarak uygun şekilde tedavi edilmesidir.

Postoperatif Bulantı-Kusma ve Ağrı

Kraniyal cerrahi sonrasında postoperatif bulantı ve kusma (PONV), hasta konforunu olumsuz etkilemesinin yanı sıra nöroşirürjik hastalarda özel önem taşıyan komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Bulantı ve kusma epizodları intratorasik ve intrakraniyal basınçta geçici artışlara neden olabilmekte, ayrıca ağrı kontrolünü ve erken nörolojik değerlendirmeyi güçleştirerek postoperatif bakım sürecini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle postoperatif bakım planı içerisinde bulantı ve kusmanın önlenmesi ve etkin şekilde tedavi edilmesi önemli bir yer tutmaktadır. Postoperatif bulantı-kusmanın önlenmesine yönelik yaklaşım, risk faktörlerinin değerlendirilmesini ve uygun antiemetik stratejilerin kullanılmasını içermelidir. PONV açısından risk değerlendirmesi yapılmalı; kadın cinsiyet, sigara kullanmama öyküsü, önceki PONV veya taşıt tutması öyküsü ve postoperatif opioid gereksinimi gibi Apfel risk faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle erken nörolojik değerlendirme hedeflenen hastalarda hasta konforunun korunması ve postoperatif iyileşmenin desteklenmesi açısından bulantı-kusma kontrolü önem taşımaktadır (Kazancı, 2025; Kovac, 2025).

Güncel kılavuzlar, PONV riskinin bireysel olarak değerlendirilmesini ve özellikle orta ile yüksek riskli hastalarda farklı etki mekanizmalarına sahip antiemetik ajanların birlikte kullanıldığı multimodal profilaksi stratejilerinin uygulanmasını önermektedir. Risk faktörlerinin sayısı arttıkça profilaktik yaklaşımın yoğunluğu da artırılmalı; 5-HT3 reseptör antagonistleri, deksametazon, nörokinin-1 (NK-1) reseptör antagonistleri, dopamin antagonistleri ve diğer uygun ajanlar kombinasyon halinde kullanılmalıdır. Ayrıca opioid tüketiminin azaltılması, yeterli hidrasyonun sağlanması, total intravenöz anestezi (TIVA) gibi anestetik tekniklerin tercih edilmesi ve diğer risk azaltıcı perioperatif stratejiler farmakolojik profilaksiyi tamamlayan önemli bileşenler olarak değerlendirilmektedir. Nöroşirürjik hastalarda bulantı ve kusmanın intrakraniyal basınç artışı, cerrahi alan hemostazının olumsuz etkilenmesi ve erken nörolojik değerlendirmenin gecikmesi gibi istenmeyen sonuçlarla ilişkilendirilebileceğinden etkili profilaksi ve erken tedavi özellikle önem taşımaktadır. Güncel uzlaşı kılavuzları, artık yalnızca çok yüksek riskli hastalarda değil, birçok cerrahi hastada temel yaklaşım olarak multimodal antiemetik profilaksiyi desteklemektedir (Gan et al., 2026).

Nöroşirürjik hastalarda postoperatif bulantı-kusma profilaksisi planlanırken yalnızca antiemetik ilaç kombinasyonları değil, anestezi tekniği de göz önünde bulundurulmalıdır. Opioid gereksinimini azaltan multimodal analjezi yaklaşımları, uygun olgularda propofol bazlı total intravenöz anestezi uygulamaları ve yeterli perioperatif sıvı tedavisi, bulantı-kusma riskini azaltmaya yardımcı olabilir. Bu stratejiler hasta konforunu artırmanın yanı sıra erken nörolojik değerlendirmeyi kolaylaştırarak postoperatif bakım hedeflerine katkı sağlar (Dombrower et al., 2026).

Profilaksiye rağmen postoperatif bulantı veya kusma gelişen hastalarda kurtarma tedavisi planlanmalıdır. Güncel kılavuzlar, profilaksi amacıyla kullanılan ilaçlarla aynı farmakolojik sınıftan ajanların kısa süre içerisinde tekrar uygulanması yerine farklı etki mekanizmasına sahip bir antiemetik kullanılmasını önermektedir. Persistan veya tekrarlayan semptomların varlığında hastanın hidrasyon durumu, opioid gereksinimi ve diğer potansiyel tetikleyici faktörler yeniden değerlendirilmelidir. Bu yaklaşım özellikle erken nörolojik değerlendirmenin kritik olduğu nöroşirürjik hastalarda önem taşımaktadır (Dombrower et al., 2026; Gan et al., 2026).

Nöroşirürji hastalarında ağrı tedavisinin temel amacı yeterli analjezi sağlanırken nörolojik değerlendirmenin güvenilirliğini korumaktır. Bu nedenle ağrı tedavisinde dengeli ve bireyselleştirilmiş bir yaklaşım benimsenmelidir. Aşırı sedasyona neden olabilecek tedavilerden kaçınılması, bilinç düzeyinin ve nörolojik durumun doğru şekilde izlenebilmesi açısından önem taşımaktadır (Kazancı, 2025).

Postoperatif dönemde ağrı düzeyinin düzenli olarak değerlendirilmesi ve analjezik tedavinin sayısal derecelendirme ölçeği (Numeric Rating Scale, NRS), görsel analog skala (VAS) veya uygun şekilde valide edilmiş diğer ağrı değerlendirme araçları kullanılarak bireyselleştirilmesi önerilmektedir.

Kraniyotomi sonrasında multimodal analjezi stratejileri giderek daha fazla benimsenmektedir. Parasetamol, uygun hastalarda dikkatli hasta seçimi ile nonsteroidal antiinflamatuvar ilaçlar veya COX-2 inhibitörleri ve bölgesel analjezi teknikleri opioid gereksinimini azaltarak yeterli analjezi sağlanmasına katkıda bulunabilir. Opioid tasarruflu yaklaşımlar, sedasyon, solunum depresyonu ve postoperatif bulantı-kusma gibi istenmeyen etkilerin

azaltılmasına yardımcı olurken nörolojik değerlendirmenin güvenilirliğini de desteklemektedir (Mestdagh et al., 2023).

Uyanık kraniyotomi uygulanan hastalarda skalp blokları ve lokal anestezik infiltrasyon teknikleri yalnızca intraoperatif dönemde değil, postoperatif dönemde de etkin analjezi sağlayarak opioid gereksinimini azaltabilmektedir. Bu yöntemler nörolojik değerlendirmenin kesintisiz sürdürülmesine olanak tanırken hasta konforunu da artırmaktadır. Uyanık kraniyotomi sonrasında multimodal analjezi yaklaşımı tercih edilmeli; gerektiğinde düşük doz opioidler non-opioid analjeziklerle birlikte kullanılmalıdır. Bu yaklaşımın postoperatif dönemde etkin ağrı kontrolünü desteklediği ve erken nörolojik değerlendirmenin sürdürülmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Alali & Dua, 2025).

Postoperatif ağrı tedavisinde opioidler önemli bir yer tutmakla birlikte, nöroşirürjik hastalarda dikkatli kullanılmalıdır. Aşırı opioid kullanımı sedasyonun derinleşmesine neden olarak nörolojik değerlendirmenin güçleşmesine yol açabilir. Bu nedenle analjezi sağlanırken hastanın bilinç düzeyinin ve nörolojik durumunun güvenilir şekilde değerlendirilebilmesine olanak tanıyacak denge korunmalıdır (Kazancı, 2025). Kraniyotomi hastalarında gerçekleştirilen çalışmalarda, kısa etkili opioid kullanımının daha erken nörolojik değerlendirme yapılabilmesine katkı sağlayabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte herhangi bir opioid stratejisinin uzun dönem nörolojik sonuçlar açısından belirgin üstünlüğü gösterilememiştir (Elganga et al., 2026).

Modern nöroanestezi yaklaşımında postoperatif bakım yalnızca ağrı veya bulantı kontrolü ile sınırlı değildir. Erken nörolojik iyileşme, fonksiyonel durumun korunması ve hasta tarafından bildirilen sonuçların iyileştirilmesi de önemli hedefler

arasında yer almaktadır. Bu nedenle postoperatif ağrı ve bulantı-kusma yönetimi, genel nörolojik iyileşmenin bir parçası olarak değerlendirilmelidir (Elganga et al., 2026).

Özel Komplikasyonlar

Nöroşirürjik girişimlerin postoperatif döneminde gelişebilen komplikasyonların erken tanınması ve uygun şekilde yönetilmesi nörolojik sonuçlar açısından büyük önem taşımaktadır. Pozisyonla ilişkili komplikasyonlar, venöz hava embolisi, intrakraniyal hava birikimi ve akut nörolojik kötüleşme gibi durumlar cerrahi sonrasında dikkatle değerlendirilmelidir. Özellikle postoperatif nörolojik muayenede ortaya çıkan yeni bulguların hızla araştırılması ve olası nedenlerin sistematik biçimde gözden geçirilmesi gerekmektedir (Gropper et al., 2025).

Postoperatif görme kaybı

Postoperatif görme kaybı, özellikle uzun süreli nöroşirürjik girişimler ve prone pozisyonda gerçekleştirilen operasyonlar sonrasında görülebilen nadir ancak ciddi komplikasyonlardan biridir. Göz küresine uygulanan doğrudan bası retinal dolaşımın bozulmasına neden olabilir ve merkezi retinal arter oklüzyonu ile sonuçlanabilir. Bu nedenle pozisyonlandırma sonrasında gözlerin dış basıya maruz kalmadığının doğrulanması ve ameliyat süresince düzenli aralıklarla kontrol edilmesi önerilmektedir. Orbital venöz konjesyon ve oküler ödem de pozisyonla ilişkili komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Başın uygun yükseklikte tutulması ve yüz bölgesindeki basının önlenmesi bu komplikasyonların azaltılmasına katkı sağlayabilir (Gropper et al., 2025).

Görme kaybı gelişen hastalarda erken oftalmolojik değerlendirme yapılmalı ve santral retinal arter oklüzyonu, iskemik

optik nöropati ve kortikal görme kaybı ayırıcı tanıda değerlendirilmelidir. Klinik şüphe durumunda nörogörüntüleme ve fundus incelemesi tanıya yardımcı olabilir. Tedavi altta yatan nedene bağlı olmakla birlikte, birçok olguda kalıcı görme kaybı gelişebildiğinden korunma en önemli yaklaşımdır (Sperber et al., 2024).

Pnömosefali

Pnömosefali, intrakraniyal boşluk içerisinde hava bulunması olarak tanımlanır ve nöroşirürjik girişimlerden sonra sık görülen bir radyolojik bulgudur. Kraniyal açıklık oluşturan cerrahiler sonrasında postoperatif görüntülemelerde %77-100 oranında saptanabildiği bildirilmekle birlikte, çoğu olgu asemptomatik seyretmekte ve spontan olarak gerilemektedir. Ayrıca kafa travmaları, dural defektler, lomber ponksiyon ve bazı spinal girişimler de pnömosefali gelişimi ile ilişkilendirilmiştir. Pnömosefalinin daha ciddi bir formu olan tansiyon pnömosefali, intrakraniyal boşluğa tek yönlü hava girişinin devam etmesi sonucunda gelişir. Pozitif basınçlı ventilasyon veya artmış intraabdominal basınç gibi faktörler bu sürece katkıda bulunabilir. Klinik olarak baş ağrısı, bilinç düzeyinde azalma, kranial sinir felçleri, hemiparezi ve ilerleyici nörolojik kötüleşme ile ortaya çıkabilmektedir (Ghare et al., 2023). Postoperatif dönemde yeni gelişen baş ağrısı, bulantı, kusma veya açıklanamayan nörolojik değişiklikler görüldüğünde pnömosefali olasılığı akılda tutulmalıdır. Baş ağrısı genellikle frontal veya oksipital bölgede hissedilir ve post-dural ponksiyon baş ağrısını taklit edebilir. Bununla birlikte pnömosefaliye bağlı baş ağrıları sıklıkla ani başlangıçlıdır ve yalnızca postür değişiklikleri ile ilişkili değildir. Bulantı, kusma, boyun ağrısı, boyun sertliği, görsel semptomlar ve kranial sinir disfonksiyonları eşlik edebilir (Shawar

et al., 2025). Özellikle büyük hacimli hava koleksiyonları intrakraniyal basınç artışına ve nörolojik bozulmaya yol açabilmektedir. Bilgisayarlı tomografi tanıda en duyarlı yöntem olup intrakraniyal hava koleksiyonlarının yerleşimi ve yaygınlığı hakkında ayrıntılı bilgi sağlamaktadır. Tansiyon pnömosefali olgularında "Mount Fuji" işareti karakteristik radyolojik bulgulardan biri olarak tanımlanmıştır (H. L. Huang et al., 2025). Pnömosefali gelişiminde en sık suçlanan mekanizmalardan biri dural bütünlüğün bozulmasıdır. BOS kaybı sonrasında oluşan negatif basınç nedeniyle hava intrakraniyal boşluğa çekilebilmektedir. Bu süreç "ters çevrilmiş şişe (inverted bottle)" mekanizması olarak tanımlanmaktadır. Bir diğer mekanizma ise havanın dural defekten içeri girip dışarı çıkamaması ile karakterize olan "ball-valve" mekanizmasıdır. Her iki mekanizma aynı hastada birlikte bulunabilmektedir (Zhao et al., 2021). Tansiyon pnömosefali bulunmayan hastalarda konservatif yöntemler çoğu zaman yeterlidir. Yüksek akımlı oksijen tedavisi, yatak istirahati, yeterli hidrasyon, valsalva manevralarından kaçınma, analjezik tedavi ve gerektiğinde ozmotik ajanların kullanılması önerilmektedir. Yüksek konsantrasyonda oksijen uygulanması, intrakraniyal hava içerisindeki nitrojenin difüzyonunu hızlandırarak hava koleksiyonlarının rezorpsiyonunu artırabilmektedir. Normobarik yüksek akımlı oksijen tedavisinin hem radyolojik düzelme hem de nörolojik iyileşme sağlayabildiği bildirilmiştir. Ağır veya dirençli olgularda hiperbarik oksijen tedavisinin de kullanılabildiği bildirilmiştir. Yaşamı tehdit eden tansiyon pnömosefali geliştiğinde ise acil dekompresyon gerekebilmektedir. Bu nedenle postoperatif dönemde ortaya çıkan açıklanamayan nörolojik kötüleşmelerde pnömosefali ayırıcı tanıda mutlaka değerlendirilmelidir (Ghare et

al., 2023; H. L. Huang et al., 2025; Shawar et al., 2025; Zhao et al., 2021).

Venöz hava embolisi

Venöz hava embolisi özellikle oturur pozisyonda gerçekleştirilen nöroşirürjik girişimlerin önemli komplikasyonlarından biridir. Klinik bulgular intraoperatif dönemde ortaya çıkmakla birlikte bazı hastalarda kardiyopulmoner veya nörolojik etkiler postoperatif dönemde de devam edebilir.Postoperatif dönemde açıklanamayan hipoksemi, hemodinamik instabilite veya yeni nörolojik bulgular geliştiğinde venöz ya da paradoksik hava embolisi olasılığı da göz önünde bulundurulmalıdır (Drosos et al., 2025; Gropper et al., 2025; Khan et al., 2019). Venöz hava embolisinin patofizyolojisi, tanısı, monitörizasyonu ve tedavisine ilişkin ayrıntılı bilgiler diğer bir bölümde sunulmuştur.

Akut nörolojik kötüleşme

Postoperatif dönemde ortaya çıkan yeni nörolojik defisitler veya beklenmeyen bilinç değişiklikleri ciddi intrakraniyal komplikasyonların göstergesi olabilir. Bu nedenle yeni nörolojik bulgular ortaya çıktığında sistematik bir değerlendirme yapılmalı ve yalnızca anestezik ilaçların uzamış etkisine bağlanmamalıdır (Gropper et al., 2025).

Akut nörolojik kötüleşmenin olası nedenleri arasında serebral iskemi, ödem, hidrosefali, nöbet aktivitesi, serebral perfüzyonun bozulması ve metabolik bozukluklar yer almaktadır. Özellikle anevrizmal subaraknoid kanama hastalarında gecikmiş serebral iskemi önemli bir nörolojik kötüleşme nedeni olarak kabul edilmektedir (Gropper et al., 2025; Hoh et al., 2023). Postoperatif

dönemde bilinç düzeyi, pupiller yanıtlar ve fokal nörolojik bulguların seri olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Beklenmeyen klinik değişiklikler saptandığında altta yatan nedenin ortaya konulması amacıyla ileri değerlendirme yapılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Güncel Klinik Yaklaşım: Nöroanestezide 10 Temel İlke

1. Serebral perfüzyonu koru; hipotansiyonu agresif biçimde önle ve tedavi et.
2. Normokapniyi temel hedef olarak kabul et; hiperventilasyonu yalnızca seçilmiş geçici durumlarda kullan.
3. Beyin gevşemesini baş pozisyonu, venöz drenaj, uygun ventilasyon, BOS drenajı ve osmoterapiyi birlikte kullanarak sağla.
4. İntrakraniyal kompliyansı düşük hastada anestezik seçimini bireyselleştir.
5. Nöromonitörizasyon kullanılan cerrahilerde TIVA ve düşük/hiç nöromüsküler blok gibi uygun stratejileri değerlendir.
6. Uyanık kraniyotomide hasta kooperasyonu ve spontan ventilasyonu koru.
7. Oturur pozisyonda venöz hava embolisi ve pnömosefali riskini önceden planla.
8. Kanama ve koagülopatiyi erken tanı ve tedavi et.
9. Postoperatif nörolojik değerlendirmeyi gereksiz sedasyonla geciktirme.

10. Anestezist, cerrah ve nörofizyoloji ekibi arasında sürekli iletişim sağla.

Klinik Sonuç

Nöroanestezi, serebral fizyolojinin karmaşık dinamiklerini cerrahi gereksinimler ve sistemik fizyolojik hedeflerle dengelenmesini gerektiren özel ve ileri düzey bir anestezi uygulama alanıdır. Başarılı nöroanestezik bakım, yalnızca intraoperatif stabilitenin sağlanmasıyla değil, aynı zamanda hastanın uzun dönem nörolojik iyileşmesini destekleyen perioperatif stratejilerin uygulanmasıyla da ilişkilidir (Rahim et al., 2025).

Günümüzde nöroanestezik yaklaşım, geleneksel olarak intrakraniyal basınç ve serebral perfüzyon yönetimine odaklanan anlayışın ötesine geçerek hasta merkezli ve sonuç odaklı bir yapıya evrilmektedir. Perioperatif dönemde uygulanan tedavi stratejilerinin değerlendirilmesinde yalnızca fizyolojik parametreler değil, fonksiyonel nörolojik sonuçlar, yaşam kalitesi, nörokognitif iyileşme ve hasta güvenliği gibi ölçütler de giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Elganga et al., 2026).

Teknolojik gelişmeler nöroanestezi pratiğini önemli ölçüde etkilemektedir. İntraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon yöntemlerinin yaygınlaşması, serebral oksijenasyonun değerlendirilmesine yönelik yeni tekniklerin kullanıma girmesi ve gelişmiş hemodinamik izlem araçlarının artan erişilebilirliği, nörolojik hasarın erken tanınmasına ve bireyselleştirilmiş perioperatif yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Adkins et al., 2024; Guzzi et al., 2024; Ryalino et al., 2024).

Öte yandan nöroanestezi alanındaki birçok uygulama güçlü fizyolojik prensipler üzerine kurulmuş olsa da, uzun dönem nörolojik sonuçlara odaklanan yüksek kaliteli klinik kanıtların halen sınırlı olduğu görülmektedir. Gelecekte yapılacak araştırmaların yalnızca kısa dönem fizyolojik sonlanımları değil, fonksiyonel bağımsızlık, yaşam kalitesi, nörokognitif performans ve hasta odaklı sonuçları da değerlendirmesi beklenmektedir (Elganga et al., 2026).

Ayrıca güncel perioperatif bakım anlayışı, multidisipliner iş birliğini ve standartlaştırılmış bakım yollarını giderek daha fazla ön plana çıkarmaktadır. Nöroşirürjiye uyarlanmış Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) yaklaşımları, erken mobilizasyon, opioid gereksiniminin azaltılması, komplikasyonların önlenmesi ve hastanede kalış süresinin kısaltılması gibi hedeflerle nöroanestezi pratiğinin önemli bileşenlerinden biri haline gelmektedir (Belouaer et al., 2023).

Sonuç olarak nöroanestezi, fizyolojik hedeflerin yönetiminin ötesinde, nörolojik sonucun optimize edilmesini amaçlayan multidisipliner ve kanıta dayalı bir klinik uygulama alanıdır. Gelecekteki gelişmelerin; ileri monitörizasyon teknikleri, bireyselleştirilmiş perioperatif tedavi stratejileri ve hasta odaklı sonuç ölçütleri doğrultusunda şekillenmesi beklenmektedir. Bu nedenle modern nöroanestezi pratiğinde klinik kararlar, mevcut bilimsel kanıtlar, hasta özellikleri, cerrahi gereksinimler ve kurum deneyimi birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Rahim et al., 2025; Ryalino et al., 2024).

Kaynakça

Addis, A., Baggiani, M., & Citerio, G (2023). Intracranial pressure monitoring and management in aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurocritical Care*, *39*(1), 59. doi: 10.1007/S12028-023-01752-Y.

Addy, M., & Tan, A (2023). Emergencies during neurosurgery and neuroradiology. *BJA Education*, *23*(7), 279–285. doi: 10.1016/j.bjae.2023.03.001.

Adkins, G. B., Mirallave Pescador, A., Koht, A. H., & Gosavi, S. P (2024). Intraoperative neuromonitoring in intracranial surgery. *BJA Education*, *24*(5), 173–182. doi: 10.1016/j.bjae.2024.02.002.

Admiraal, M., Marhofer, P., Hopkins, P. M., & Hollmann, M. W (2024). Peripheral regional anaesthesia and outcomes: A narrative review of the literature from 2013 to 2023. *British Journal of Anaesthesia*, *132*(5), 1082–1096. doi: 10.1016/j.bja.2023.10.013.

Ahmad, A. A., & Lalonde, D. H (2025). State-of-the-art review: The advantage and use of Wide Awake Local Anaesthesia No Tourniquet (WALANT) for nerve decompression surgery. *International Orthopaedics*, *49*(4), 959–963. doi: 10.1007/s00264-025-06432-4.

Ahmady, A. A., Butt, B. B., Muscateli, S., & Aleem, I. S (2024). Intraoperative and postoperative management of incidental durotomies during open degenerative lumbar spine surgery: A systematic review. *Clinical Spine Surgery*, *37*(2), 49–55. doi: 10.1097/BSD.0000000000001426.

Al Taha, K., Al-Niaimi, A., & Qureshi, S (2024). Multidisciplinary and coordinated management of osteoporotic vertebral compression

fractures: Current state of the art. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(4), Article 930. doi: 10.3390/jcm13040930.

Alali, J., & Dua, A (2025). Anesthesia for awake craniotomy. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing.

Ali, J., Cody, J., Maldonado, Y., & Ramakrishna, H (2022). Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) for cerebral and tissue oximetry: Analysis of evolving applications. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *36*(8), 2758–2766. doi: 10.1053/j.jvca.2021.07.015.

Alimohammadi, E., Bagheri, S. R., Joseph, B., Sharifi, H., Shokri, B., & Khodadadi, L (2023). Analysis of factors associated with the failure of treatment in thoracolumbar burst fractures treated with short-segment posterior spinal fixation. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *18*(1), Article 970. doi: 10.1186/s13018-023-04190-w.

Al-Kawaz, M., Cho, S. M., Gottesman, R. F., Suarez, J. I., & Rivera-Lara, L (2022). Impact of cerebral autoregulation monitoring in cerebrovascular disease: A systematic review. *Neurocritical Care*, *36*(3), 1053–1070. doi: 10.1007/S12028-022-01484-5.

Almalki, M. H., Alshahrani, F., & Al-Sohaibani, M (2021). Management of diabetes insipidus following surgery for pituitary and suprasellar tumours. *Sultan Qaboos University Medical Journal*, *21*(3), 354. doi: 10.18295/SQUMJ.4.2021.010.

Altieri, R., Zeppa, P., De Luca, C., De Martino, G. M., Barbarisi, M., Corcione, S., Scuotto, A., Cappabianca, P., & Cavallo, L. M (2026). Unlocking the mind: Brain mapping for the exploratory quest of functional and cognitive networks in awake neurosurgery.

Neurosurgical Review, *49*(1), Article 365. doi: 10.1007/S10143-026-04225-W.

Alvi, M. A., Lu, V. M., Wahood, W., Kerezoudis, P., Bydon, M., & Fehlings, M. G (2024). Accuracy of intraoperative neuromonitoring in the diagnosis of intraoperative neurological decline in the setting of spinal surgery—A systematic review and meta-analysis. *Global Spine Journal*, *14*(3_suppl), 105S–149S. doi: 10.1177/21925682231196514.

Amer, B. E., El-Mashad, N., & El-Gendy, Y (2024). Efficacy and safety of isotonic versus hypotonic intravenous maintenance fluids in hospitalized children: An updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Pediatric Nephrology*, *39*(1), 57–84. doi: 10.1007/s00467-023-06032-7.

Angelliaume, A., la Alhada, T., Parent, H. F., Royer, J., & Harper, L (2023). Intraoperative neurophysiological monitoring in scoliosis surgery: Literature review of the last 10 years. *European Spine Journal*, *32*(9), 3072–3076. doi: 10.1007/S00586-023-07837-8.

Ansar, P., Nikoubakht, N., & Sadeghi, M (2025). Jugular venous oxygen saturation (SjvO2) vs. cerebral pulse oximetry in traumatic brain injury (TBI): A systematic review. *Journal of Cellular & Molecular Anesthesia*, *10*(4), Article e166070. doi: 10.5812/JCMA-166070.

Apfelbaum, J. L., Roth, S., Rubin, D., Connis, R. T., Agarkar, M., Arnold, P. M., & Domino, K. B (2019). Practice advisory for perioperative visual loss associated with spine surgery 2019: An updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Visual Loss, the North American Neuro-Ophthalmology Society, and the Society of British Neurological

Surgeons. *Anesthesiology*, *130*(1), 13–30. doi: 10.1097/aln.0000000000002503.

Arora, A., Cummins, D. D., Wague, A., Mendelis, J., Samtani, R., McNeill, I., Theologis, A. A., Mummaneni, P. V., & Berven, S (2023). Preoperative medical assessment for adult spinal deformity surgery: A state-of-the-art review. *Spine Deformity*, *11*(4), 773–785. doi: 10.1007/s43390-023-00654-5.

Asehnoune, K., Lasocki, S., Seguin, P., Geeraerts, T., & Dahyot-Fizelier, C (2023). Mechanical ventilation in patients with acute brain injury: A systematic review with meta-analysis. *Critical Care*, *27*(1), Article 221. doi: 10.1186/S13054-023-04509-3.

Assi, A., El-Hajj, M., & Ghanem, I (2024). Intensive care unit admission after spine surgery: A narrative review. *International Journal of Spine Surgery*, *18*(2), 231–236. doi: 10.14444/8593.

Atallah, O., Wireko, A. A., & Chaurasia, B (2023). Respiratory arrest after posterior fossa decompression in patients with Chiari malformations: An overview. *Journal of Craniovertebral Junction and Spine*, *14*(3), 217–220. doi: 10.4103/JCVJS.JCVJS_70_23.

Athanassoglou, V., Rogers, A., & Hofmeyr, R (2024). In-hospital management of the airway in trauma. *BJA Education*, *24*(7), 238–244. doi: 10.1016/j.bjae.2024.03.004.

Avigdor, T., Gil-Nagel, A., Sperling, M. R., & Kahane, P (2026). Epilepsy surgery outcomes and their determinants: A systematic review and individual patient data meta-analysis. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *97*(7), 639–648. doi: 10.1136/JNNP-2025-337158.

Barth, M., Schödel, P., & Nimsky, C (2024). Launching Stealth AutoGuide robot for stereotactic biopsy procedures in a neurosurgical centre: Learning curve and workflow optimization. *Frontiers in Robotics and AI*, *11*, Article 1437568. doi: 10.3389/FROBT.2024.1437568.

Baska, A., Sporysz-Janiec, K., Figura, M., Andruszkiewicz, P., & Zawadka, M (2024). Transcranial sonography: Practical use in the intensive care unit. *Anaesthesiology Intensive Therapy*, *56*(5), 267–276. doi: 10.5114/AIT.2024.146640.

Batch, J. T., Belal, H., & Gandhi, G. Y (2023). THU088 Perioperative management of patients with pituitary tumors undergoing surgery: A retrospective review. *Journal of the Endocrine Society*, *7*(Suppl 1), Article bvad114.1168. doi: 10.1210/JENDSO/BVAD114.1168.

Battistelli, E. Z., Rossi, F., & Bianchi, G (2025). Perioperative management and outcomes of pediatric craniosynostosis patients undergoing cranioplasty: A retrospective analysis. *Journal of Craniofacial Surgery*, *36*(1), 215–218. doi: 10.1097/scs.0000000000010723.

Belouaer, A., Cossu, G., Papadakis, G. E., Gaudet, J. G., Perez, M.-H., Chanez, V., Boegli, Y., Mury, C., Peters, D., Addor, V., Levivier, M., Daniel, R. T., Demartines, N., & Messerer, M (2023). Implementation of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) program in neurosurgery. *Acta Neurochirurgica*, *165*(11), 3137–3144. doi: 10.1007/s00701-023-05789-Y.

Beqiri, E., Smielewski, P., Lalou, D. A., Placek, M. M., Czosnyka, M., & Cabeleira, M (2023). Towards autoregulation-oriented management after traumatic brain injury: Increasing the reliability

and stability of the CPPopt algorithm. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *37*(4), 963–976. doi: 10.1007/S10877-023-01009-1.

Bernhardt, K., McClune, W., Rowland, M. J., & Shah, A (2023). Hypertonic saline versus other intracranial-pressure-lowering agents for patients with acute traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. *Neurocritical Care*, *40*(2), 769–784. doi: 10.1007/S12028-023-01771-9.

Bertuccio, A., Giotta Lucifero, A., Russo, M., & Tschabitscher, M (2023). External ventricular drainage: A practical guide for neuro-anesthesiologists. *Clinics and Practice*, *13*(1), 219–229. doi: 10.3390/CLINPRACT13010020.

Beucler, N (2023). Prognostic factors of mortality and functional outcome for acute subdural hematoma: A review article. *Asian Journal of Neurosurgery*, *18*(3), 454. doi: 10.1055/S-0043-1772763.

Bhattacharyya, S., & Izzy, S (2024). Traumatic spinal cord injury. *Continuum*, *30*(1), 53–72. doi: 10.1212/CON.0000000000001392.

Biswas, K., Agrawal, S., Gupta, P., & Arora, R (2024). Evaluation of risk factors for postoperative neurologic intensive care admission after brain tumor craniotomy: A single-center longitudinal study. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, *40*(2), 217–227. doi: 10.4103/joacp.joacp_323_22.

Blacker, S. N., Grosh, T., Hadjivassiliou, A., & Kaye, A. D (2023). Differences in perioperative management of patients undergoing complex spine surgery: A global perspective. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, *36*(3), 218–227. doi: 10.1097/ana.0000000000000919.

Blacker, S. N., Smith, D., Taylor, J., & Davis, R (2026). Intraoperative anesthetic care during emergent/urgent craniotomy or craniectomy for intracranial hypertension or herniation: A systematic review. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, *38*(1), 23–31. doi: 10.1097/ANA.0000000000001014.

Boisseau, W., Januel, A. C., Jodoin, N., Vabre, C., Gallas, S., Saliou, G., & Cognard, C (2023). Stent-assisted coiling in the treatment of unruptured intracranial aneurysms: A randomized clinical trial. *American Journal of Neuroradiology*, *44*(4), 381–389. doi: 10.3174/ajnr.A7815.

Boncompte, G., Silva, A., Martinez, P., & Gomez, C (2023). Cognitive function mediates the relationship between age and anaesthesia-induced oscillatory-specific alpha power. *Brain Communications*, *6*(1), Article fcae023. doi: 10.1093/braincomms/fcae023.

Bowers, C. A., Paiz, C. C., Owodunni, O. P., Courville, E. N., Schmidt, M., & Alunday, R (2023). Comparison of the Risk Analysis Index and the modified 5-factor frailty index in predicting 30-day morbidity and mortality after spine surgery. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *39*(1), 136–145. doi: 10.3171/2023.2.SPINE221019.

Brossier, D. W., Tissières, P., Josserand, J., & Javouhey, E (2022). ESPNIC clinical practice guidelines: Intravenous maintenance fluid therapy in acute and critically ill children—A systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Medicine*, *48*(12), 1691–1708. doi: 10.1007/s00134-022-06882-Z.

Budiansky, A. S., Budiansky, D., & McIsaac, D. I (2025). Frailty and the older neurosurgical patient: Assessment, outcomes and

management. *Current Anesthesiology Reports*, *15*(1). doi: 10.1007/S40140-025-00690-Z.

Calciolari, S., Biffi, A., & Tarricone, R (2021). Identification and economic burden of main adverse events of nerve injuries caused by regional anesthesia: A systematic review. *Brazilian Journal of Anesthesiology*, *73*(3), 305–315. doi: 10.1016/j.bjane.2021.02.043.

Cao, S. J., Zhang, X., Liu, Y., Wang, Z., & Li, M (2023). Delirium in older patients given propofol or sevoflurane anaesthesia for major cancer surgery: A multicentre randomised trial. *British Journal of Anaesthesia*, *131*(2), 253–265. doi: 10.1016/j.bja.2023.04.024.

Carson, J. L., Stanworth, S. J., Guyatt, G., Valentin, N., Dennis, J., Liu, Y., Angus, D. C., Arora, N., Boutron, I., Bradbury, C. A., Brown, C., Effron, M. B., Fergusson, D. A., Harvey, D., Hendriks, T., Higgins, A., Houp, J., Hsia, S., Jameson, J. L., ... Pagano, M. B (2023). Red blood cell transfusion: 2023 AABB International Guidelines. *JAMA*, *330*(19), 1892–1902. doi: 10.1001/jama.2023.12914.

Chen, Z., Jiang, Y., Zhao, R., Xu, Y., Zhang, Y., & Liu, J (2023). Efficacy and safety of flow diverter combined with coil embolization and evidence-based antithrombotic regimen in the treatment of ruptured aneurysms. *Neurosurgical Focus*, *54*(5), Article E7. doi: 10.3171/2023.2.focus22647.

Cheng, M. Z., Saraswathula, A., Qureshi, H. A., Mukherjee, D., & Rowan, N. R (2023). Otolaryngology considerations of pituitary surgery: What an endocrinologist should know. *Journal of the Endocrine Society*, *7*(7), Article bvad058. doi: 10.1210/JENDSO/BVAD058.

Cheyuo, C., Vetkas, A., Sarica, C., Kalia, S. K., Hodaie, M., & Lozano, A. M (2024). Comprehensive characterization of intracranial hemorrhage in deep brain stimulation: A systematic review of literature from 1987 to 2023. *Journal of Neurosurgery*, *141*(2), 381–393. doi: 10.3171/2024.1.JNS232385.

Cochard, E., Bérard, N., Schaller, K., & Box, C (2024). Analysis of intraoperative visual evoked potentials for inclusion of unstable electroretinograms. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *42*(5), 444. doi: 10.1097/WNP.0000000000001129.

Cohen, H., Mahajna, G., Ben-Shushan, T., Matok, I., & Eyal, S (2024). The extent of cytochrome P450 3A induction by antiseizure medications: A systematic review and network meta-analysis. *Epilepsia*, *65*(2), 445–455. doi: 10.1111/EPI.17822.

Collins, J., & O'Sullivan, E. P (2022). Rapid sequence induction and intubation. *BJA Education*, *22*(12), 484–490. doi: 10.1016/j.bjae.2022.09.001.

Colón, L. F., Barber, L., Soffin, E., Albert, T. J., & Katsuura, Y (2024). Management and treatment algorithm of airway complications after anterior cervical spine surgery: Systematic review. *Journal of Spine Surgery*, *10*(3), 562–575. doi: 10.21037/jss-23-32.

Cossu, G., Daniel, R. T., & Messerer, M (2023). The Enhanced Recovery After Surgery protocol for the perioperative management of pituitary neuroendocrine tumors/pituitary adenomas. *Neurosurgical Focus*, *55*(6), Article E9. doi: 10.3171/2023.9.FOCUS23529.

Cottrell, J. E., & Patel, P. P (Eds.) (2025). *Cottrell and Patel's neuroanesthesia* (7th ed.). Elsevier.

Crowley, K., Scanaill, P., Hermanides, J., & Buggy, D. J (2023). Current practice in the perioperative management of patients with diabetes mellitus: A narrative review. *British Journal of Anaesthesia*, *131*(2), 242–252. doi: 10.1016/j.bja.2023.02.039.

Cuperus, I. E., de Jong, T., & van der Bilt, A (2025). Perioperative airway management for midface surgery in children with syndromic craniosynostosis; a single center experience with immediate extubation. *Paediatric Anaesthesia*, *35*(5), Article 380. doi: 10.1111/pan.15086.

Dao, A. Q., Mohapatra, S., Kuza, C., & Moon, T. S (2023). Traumatic brain injury and RSI: Is rocuronium or succinylcholine preferred? *Current Opinion in Anaesthesiology*, *36*(2), 163–167. doi: 10.1097/ACO.0000000000001225.

Del Santo, T., Di Filippo, A., & Romagnoli, S (2024). Rapid sequence induction of anesthesia: Works in progress and steps forward with focus to oxygenation and monitoring techniques. *Minerva Anestesiologica*, *90*(3), 181–190. doi: 10.23736/S0375-9393.23.17569-9.

Deshmukh, A. S., Priola, S. M., Katsanos, A. H., Scalia, G., Alves, A. C., Srivastava, A., & Hawkes, C (2024). The management of intracranial aneurysms: Current trends and future directions. *Neurology International*, *16*(1), 74–94. doi: 10.3390/neurolint16010005.

Dillon, D. J., & Dougan, N (2016). Simultaneous measurement of mean arterial pressure with reference to both the phlebostatic axis

and middle cranial fossa in the calculation of cerebral perfusion pressure. *British Journal of Anaesthesia*, *117*(2), 268–269. doi: 10.1093/bja/aew206.

Dombrower, R., McKenzie, A., Tucker, A. J., & Atwell, J (2026). Perioperative anesthesia strategies for the prevention of postoperative nausea and vomiting within enhanced recovery after surgery pathways: A clinical narrative review. *Journal of Clinical Medicine*, *15*(10), Article 3829. doi: 10.3390/JCM15103829.

Domi, R., Sula, H., Koci, E., Engjell, R., & Laho, H (2026). Perioperative anemia and patient blood management in neurosurgery and neurocritical care: A narrative review. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care*, *6*(1), Article 97. doi: 10.1186/S44158-026-00406-7.

Dong, Y., & Lu, H (2023). Editorial: Surgical treatment of peripheral neuropathic pain, peripheral nerve tumors, and peripheral nerve injury. *Frontiers in Neurology*, *14*, Article 1266638. doi: 10.3389/fneur.2023.1266638.

Drosos, N., Papadopoulos, G., & Tsaousi, G (2025). Anesthesiology considerations and management of venous air embolism in patients in the semisitting position: A single-center review. *Cureus*, *17*(3), Article e81093. doi: 10.7759/CUREUS.81093.

Dulfer, S. E., Groen, H., Groen, R. J. M., Absalom, A. R., Sahinovic, M. M., & Drost, G (2024). The association of physiological and pharmacological anesthetic parameters with motor-evoked potentials: A multivariable longitudinal mixed model analysis. *Anesthesia & Analgesia*, *139*(3), 609–616. doi: 10.1213/ANE.0000000000006757.

Dulfer, S. E., Groen, R. J. M., Absalom, A. R., & Drost, G (2023). Feasibility and optimal choice of stimulation parameters for supramaximal stimulation of motor evoked potentials. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *37*(3), 783. doi: 10.1007/S10877-022-00972-5.

Edwards, M. R., Mythen, M. G., & Grocott, M. P. W (2025). Perioperative Quality Initiative consensus statement on goal-directed haemodynamic therapy. *British Journal of Anaesthesia*, *135*(3), 547–560. doi: 10.1016/j.bja.2025.05.033.

Eguiluz-Melendez, A., Raynal, M., Baussart, B., & Carpentier, A (2023). Obstructive hydrocephalus due to posterior fossa tumors in adults: A comparative analysis of 3 surgical techniques. *World Neurosurgery*, *175*, e593–e600. doi: 10.1016/J.WNEU.2023.03.147.

El-Dawlatly, A. A., Murshid, W. R., Elshimy, A., Magboul, M. A., Samarkandi, A., & Takrouri, M. S (2000). The incidence of bradycardia during endoscopic third ventriculostomy. *Anesthesia & Analgesia*, *91*(5), 1142–1144. doi: 10.1097/00000539-200011000-00019.

Elganga, M., Rizk, A. A., & Chowdhury, T (2026). Mapping high-level evidence in neuroanesthesia: A scoping review of multicenter randomized controlled trials in anesthesia for neurosurgery. *Journal of Clinical Medicine*, *15*, Article 15. doi: 10.3390/jcm15052012.

Elmeshneb, M. A., Hassanin, M. A., Elnady, B., Sleem, A., Le, G. T., Patel, M. S., & Quraishi, N. A (2024). Surgical complications in neuromuscular scoliosis surgery: Systematic review and meta-analysis of the last ten years. *European Spine Journal*, *33*(7), 2666–2676. doi: 10.1007/s00586-024-08338-y.

Faberowski, L. W., Black, S., & Mickle, J. P (2000). Incidence of venous air embolism during craniectomy for craniosynostosis repair. *Anesthesiology*, *92*(1), 20–23. doi: 10.1097/00000542-200001000-00009.

Fairchild, R. J., Thomas, J. C., & Routh, J. C (2023). Medical management of neurogenic bladder in patients with spina bifida: A scoping review. *Journal of Pediatric Urology*, *19*(1), 55–63. doi: 10.1016/j.jpurol.2022.10.016.

Faisal Mohamad, N., Ahmad, R., Hashim, N., & Ibrahim, M (2025). Impact of norepinephrine versus phenylephrine on brain circulation, organ blood flow and tissue oxygenation in anaesthetised patients with brain tumours: Study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*, *15*(3), Article e095172. doi: 10.1136/BMJOPEN-2024-095172.

Fan, T. H., & Rosenthal, E. S (2023). Physiological monitoring in patients with acute brain injury: A multimodal approach. *Critical Care Clinics*, *39*(1), 221–233. doi: 10.1016/j.ccc.2022.06.006.

Fang, P. P., Zhang, L., Wang, Y., & Chen, X (2023). Contribution of intraoperative electroencephalogram suppression to frailty-associated postoperative delirium: Mediation analysis of a prospective surgical cohort. *British Journal of Anaesthesia*, *130*(2), e263–e271. doi: 10.1016/j.bja.2022.11.002.

Faulkner, H., Jeyaretna, D. S., & Nanda, A (2020). Safety and efficacy of prothrombin complex concentrate (PCC) for anticoagulation reversal in patients undergoing urgent neurosurgical procedures: A systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*, *44*(4), 1921–1931. doi: 10.1007/s10143-020-01406-z.

Felbabić, T., Velnar, T., & Kocjan, T (2024). Hypopituitarism, diabetes insipidus, and syndrome of inappropriate antidiuretic hormone secretion after pituitary macroadenoma surgery with indocyanine green dye. *Diagnostics*, *14*(17), Article 1863. doi: 10.3390/DIAGNOSTICS14171863.

Fu, Y., Zhao, H., Sun, L., & Gao, Y (2026). Red blood cell transfusion in neurocritical patients: An updated systematic review and meta-analysis. *BMC Anesthesiology*, *26*(1), Article 290. doi: 10.1186/S12871-026-03796-X.

Gadella, M. C., van Dijk, J. M., & Drost, G (2023). Comparing motor-evoked potential characteristics of needle versus surface recording electrodes during spinal cord monitoring-The NERFACE Study Part I. *Journal of Clinical Medicine*, *12*(4), Article 1404. doi: 10.3390/JCM12041404.

Gadjradj, P. S., Kruyt, M. C., van Susante, J. L. C., Vleggeert-Lankamp, C. L. A., & Harhangi, B. S (2023). Decompression alone versus decompression with fusion in patients with lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis: A systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, *32*(3), 1054–1067. doi: 10.1007/s00586-022-07507-1.

Gan, T. J., Jin, Z., Ayad, S., Belani, K. G., Habib, A. S., Meyer, T. A., Urman, R. D., Andrew, B. Y., Bergese, S. D., Chung, F., Diemunsch, P., Kovac, A. L., Grant, M. C., Apfel, C. C., & Gan, T. J (2026). Fifth consensus guidelines for the management of postoperative nausea and vomiting: Executive summary. *Anesthesia & Analgesia*, *143*(3). doi: 10.1213/ANE.0000000000007816.

Ganjoo, P., Sethi, S., Tandon, M. S., Chawla, R., & Singh, D (2009). Incidence and pattern of intraoperative hemodynamic response to

endoscopic third ventriculostomy. *Neurology India*, *57*(2), 162–165. doi: 10.4103/0028-3886.51285.

Gaub, M., Satti, S. R., & Hurst, R. W (2024). Flow diversion for endovascular treatment of intracranial aneurysms: Past, present, and future directions. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(14), Article 4167. doi: 10.3390/jcm13144167.

Germans, M. R., Rohr, J., Globas, C., Regli, L., Stienen, M. N., & Bisdas, S (2023). Challenges in coagulation management in neurosurgical diseases: A scoping review, development, and implementation of coagulation management strategies. *Journal of Clinical Medicine*, *12*(20), Article 6637. doi: 10.3390/jcm12206637.

Ghare, A., Dhaliwal, J., Al-Mohammad, A., Waraich, M., & Samandouras, G (2023). Acute, life-threatening postoperative pneumocephalus: Emergency diagnostic and therapeutic steps with underlying pathophysiology. *British Journal of Anaesthesia*, *131*(2), e39–e41. doi: 10.1016/j.bja.2023.04.027.

Ghosh, A., & Ninave, S (2024). Intraoperative challenge: Managing venous air embolism during sitting craniotomy. *Cureus*, *16*(6), Article e61484. doi: 10.7759/CUREUS.61484.

Ghozy, S., Bilaloglu, S., Eldib, D., Elfil, M., Abdelalim, A., Kadirvel, R., & Brinjikji, W (2024). Intensive vs conventional blood pressure control after thrombectomy in acute ischemic stroke: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*, *7*(2), Article e240179. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2024.0179.

Ghritlaharey, R (2023). Management of ventriculoperitoneal shunt complications in children: A review of 34 cases. *African Journal of Paediatric Surgery*, *20*(2), 109–115. doi: 10.4103/ajps.ajps_68_21.

Giardina, A., Taccone, F. S., & Citerio, G (2023). Effects of positive end-expiratory pressure on cerebral hemodynamics in acute brain injury patients. *Frontiers in Physiology*, *14*, Article 1139658. doi: 10.3389/FPHYS.2023.1139658.

Gomez, C., Robba, C., Citerio, G., & Taccone, F. S (2025). An overview of adult acute traumatic neurologic injury for the anesthesiologist: What is known, what is new, and emerging concepts. *Current Anesthesiology Reports*, *15*(1). doi: 10.1007/S40140-024-00667-4.

Goobie, S. M., Meier, P. M., Zurakowski, D., & Soriano, S. G (2020). High-dose versus low-dose tranexamic acid for paediatric craniosynostosis surgery: A double-blind randomised controlled non-inferiority trial. *British Journal of Anaesthesia*, *125*(3), 336–345. doi: 10.1016/j.bja.2020.05.054.

Goobie, S. M., Zurakowski, D., Meier, P. M., Proctor, M. R., Taylor, G. A., & Soriano, S. G (2011). Efficacy of tranexamic acid in pediatric craniosynostosis surgery: A double-blind, placebo-controlled trial. *Anesthesiology*, *114*(4), 862–871. doi: 10.1097/ALN.0B013E318210FD8F.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O (Eds.) (2025). *Miller's anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Gu, F., Wang, X., Zhang, Y., & Zhao, H (2022). Diagnostic accuracy of intraoperative brainstem auditory evoked potential for predicting hearing loss after vestibular schwannoma surgery. *Frontiers in Neurology*, *13*, Article 1018324. doi: 10.3389/FNEUR.2022.1018324.

Guo, C., & Gao, T (2023). The advantages of general anesthesia subthalamic deep brain stimulation for Parkinson's disease in the enhanced recovery after surgery: A randomized clinical trial. *Health Science Reports*, *6*(12), Article e1766. doi: 10.1002/HSR2.1766.

Guzzi, G., La Torre, D., Volpentesta, G., Chirchiglia, D., & Lavano, A (2024). Intraoperative neurophysiological monitoring in neurosurgery. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(10), Article 2966. doi: 10.3390/JCM13102966.

Ha, E. J (2022). Pediatric severe traumatic brain injury: Updated management. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, *65*(3), 354–360. doi: 10.3340/jkns.2021.0308.

Hara, K., Sato, T., Takahashi, M., & Ito, H (2024). Prevention of postoperative skin disorders and pressure injuries in the neurosurgical Park Bench position surgery: A prospective cohort study. *Cureus*, *16*(4), Article e58552. doi: 10.7759/CUREUS.58552.

Hara, T., & Ohara, Y (2023). Perioperative management for full-endoscopic lumbar discectomy: Consideration from the perspective of preventing complication. *Neurospine*, *20*(1), 28. doi: 10.14245/NS.2346056.028.

Hartigan, S., & Walsh, B (2024). Perioperative management of patients with spina bifida. *BJA Education*, *24*(6), 203–209. doi: 10.1016/j.bjae.2024.02.004.

Hasan, M. S., Rahman, M. A., & Uddin, M. M (2024). Association of single bolus versus bolus followed by infusion of tranexamic acid with blood loss in adolescent idiopathic scoliosis surgery. *Perioperative Medicine*, *13*(1), Article 94. doi: 10.1186/s13741-024-00452-1.

Hatter, M. J., Sharma, M., Lee, J. Y., & Epstein, N. E (2024). Effect of the administration route on the hemostatic efficacy of tranexamic acid in patients undergoing short-segment posterior lumbar interbody fusion: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *41*(2), 224–235. doi: 10.3171/2024.2.spine23779.

Hauff, N. S., & Storstein, A (2023). Seizure management and prophylaxis considerations in patients with brain tumors. *Current Oncology Reports*, *25*(7), 787–792. doi: 10.1007/S11912-023-01410-8.

Hawryluk, G. W. J., Citerio, G., Hutchinson, P., Kolias, A. G., Meyfroidt, G., Robba, C., & Stocchetti, N (2022). Intracranial pressure: Current perspectives on physiology and monitoring. *Intensive Care Medicine*, *48*(10), 1471–1481. doi: 10.1007/S00134-022-06786-Y.

Hayashi, H., Kawaguchi, M., Yamamoto, Y., Inoue, S., & Furuya, H (2022). Retrospective observational study of the effects of residual neuromuscular blockade and sugammadex on motor-evoked potential monitoring during spine surgery in Japan. *Medicine*, *101*(39), Article E30841. doi: 10.1097/MD.0000000000030841.

He, X., Zhong, Z., Zhou, W., Guo, S., Chen, H., & Chen, T (2023). The efficacy of different segments fixation for treatment thoracolumbar fractures: A Bayesian network meta-analysis. *Medicine*, *102*(38), Article e34830. doi: 10.1097/md.0000000000034830.

Heo, J (2024). Microembolic signals on transcranial Doppler ultrasonography: A narrative review of a decade of evidence. *Journal*

of Neurosonology and Neuroimaging, *16*(2), 63–70. doi: 10.31728/JNN.2024.00165.

Hernández-Aguiar, Y., Becerra-Bolaños, Á., & Rodríguez-Pérez, A (2024). Preoperative diagnosis of frailty. *Journal of International Medical Research*, *52*(5). doi: 10.1177/03000605241251705.

Hoh, B. L., Chou, S. H.-Y., Dale, Y., Derdeyn, C. P., Sorond, F. A., Arnold, T. C., Bambakidis, N. C., Biller, J., Brown, R. D., Jr., Chaudhry, F. B., Debehnke, P., Dronkers, N. F., Elkind, M. S. V., Goldstein, L. B., Hacke, W., Higashida, R. T., Jordan, L. C., Khatri, P., & Meyers, P. M (2023). 2023 Guideline for the management of patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A guideline from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, *54*(7), E314–E370. doi: 10.1161/STR.0000000000000436.

Holden, D. N., Smith, R., Johnson, K., & Lee, P (2023). Hypertonic saline use in neurocritical care for treating cerebral edema: A review of optimal formulation, dosing, safety, administration and storage. *American Journal of Health-System Pharmacy*, *80*(6), 331–342. doi: 10.1093/AJHP/ZXAC368.

Hoyte, K., Hussein, Z., & Luoma, A. M (2025). Anaesthesia for neurosurgery: An update. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, *26*(10), 670–676. doi: 10.1016/J.MPAIC.2025.08.002.

Hrdy, O., Cerny, V., & Dostal, P (2023). Effects of goal-directed fluid management guided by a non-invasive device on the incidence of postoperative complications in neurosurgery: A pilot and feasibility randomized controlled trial. *Perioperative Medicine*, *12*(1), Article 32. doi: 10.1186/S13741-023-00321-3.

Hsu, C. H., & Kuo, L. T (2023). Application of pupillometry in neurocritical patients. *Journal of Personalized Medicine*, *13*(7), Article 1100. doi: 10.3390/JPM13071100.

Huang, H.-L., Yeh, H.-L., & Tsai, S.-T (2025). Multidisciplinary management of bilateral pneumocephalus after burr hole surgery: A case report. *NMC Case Report Journal*, *12*, 591–596. doi: 10.2176/JNS-NMC.2025-0199

Huang, P. H., Pan, Y. S., Chen, S. Y., & Lin, S. H (2025). Anesthetic effect on the subthalamic nucleus in microelectrode recording and local field potential of Parkinson's disease. *Neuromodulation*, *28*(3), 414–424. doi: 10.1016/j.neurom.2024.04.002.

Hussein, K., Lal, S., Moore, M., & Leonard, I (2023). Improving patient safety during position changes under general anaesthesia: 'CHOPP check'- a new patient safety and educational tool. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, *39*(4), 1199. doi: 10.12669/PJMS.39.4.7965.

Iavarone, I. G., Rossi, M., & Bianchi, A (2024). Perioperative ventilation in neurosurgical patients: Considerations and challenges. *Current Anesthesiology Reports*, *14*(4), 512–524. doi: 10.1007/S40140-024-00644-X.

Iftikhar, W., & De Jesus, O (2023). *Spinal dysraphism and myelomeningocele*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557722/

Islam, A., Ahmed, F., Rahman, M., & Chowdhury, S (2024). Association of RAP Compensatory Reserve Index with continuous multimodal monitoring cerebral physiology, neuroimaging, and patient outcome in adult acute traumatic neural injury: A scoping

review. *Neurotrauma Reports*, *5*(1), 813. doi: 10.1089/NEUR.2024.0058.

Izzi, A., Mincolelli, G., D'Onofrio, G., Marchello, V., Manuali, A., Icolaro, N., Mirabella, L., Riefolo, A., Mazzotta, B., Barile, A., Gorgoglione, L. P., & Del Gaudio, A (2024). Awake craniotomy in conscious sedation: The role of A2 agonists. *Brain Sciences*, *14*(2), Article 147. doi: 10.3390/BRAINSCI14020147.

Jashek-Ahmed, F., Patel, S., Khan, A., & Roberts, D (2021). Intraoperative monitoring of visual evoked potentials in patients undergoing transsphenoidal surgery for pituitary adenoma: A systematic review. *BMC Neurology*, *21*(1), Article 287. doi: 10.1186/S12883-021-02315-4.

Jeon, C., Jung, N. Y., Kim, M., & Park, K (2023). Intraoperative monitoring of the facial nerve during microvascular decompression for hemifacial spasm. *Life*, *13*(7), Article 1616. doi: 10.3390/LIFE13071616.

John, A. A., Rossettie, S., Rafael, J., Cox, C. T., Ducic, I., & Mackay, B. J (2022). Clinical assessment of pain and sensory function in peripheral nerve injury and recovery: A systematic review of literature. *Archives of Plastic Surgery*, *49*(3), 427. doi: 10.1055/s-0042-1748658.

Jonathan, J., Wijaya, K. M., Johansyah, T. K. P., Sari, F. P., Satrio, K., & Jobul, I. C (2024). Propofol-based anesthesia versus volatile anesthesia on brain relaxation in neurosurgery: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Neurologico Spinale Medico Chirurgico*, *7*(1), 6–16. doi: 10.4103/NSMC.NSMC_23_23.

Jung, B., Han, J., Song, J., Ngan, A., Essig, D., & Verma, R (2023). Interventional therapy and surgical management of lumbar disc herniation in spine surgery: A narrative review. *Journal of Clinical Medicine*, *15*, Article 88931. doi: 10.52965/001c.88931.

Jung, J. W., Lee, J., Park, M. S., Kim, B. J., Bang, O. Y., Heo, J. H., & Nam, H. S (2024). Functional outcomes associated with blood pressure decrease after endovascular thrombectomy. *JAMA Network Open*, *7*(4), Article e246878. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2024.6878.

Kamel, A. A. F., Fahmy, A. M., Fathi, H. M., Elmesallamy, W. A. E. A., & Khalifa, O. Y. A (2024). Regional analgesia using ultrasound-guided intermediate cervical plexus block versus cervical erector spinae block for anterior cervical spine surgery: A randomized trial. *BMC Anesthesiology*, *24*(1), Article 153. doi: 10.1186/s12871-024-02533-6.

Karim, H. M. R., Bhakta, P., Esquinas, A. M., Bithal, P. K., & Bithal, P. K (2022). High-flow nasal cannula oxygenation for awake craniotomy in patients with obesity: Looking beyond oxygenation. *Anesthesia and Pain Medicine*, *17*(2), 245. doi: 10.17085/APM.22153.

Karlsson, T., Sandén, B., Försth, P., Öhagen, P., & Michaëlsson, K (2024). Decompression alone or decompression with fusion for lumbar spinal stenosis: Five-year clinical results from a randomized clinical trial. *Bone & Joint Journal*, *106-B*(7), 705–712. doi: 10.1302/0301-620X.106B7.BJJ-2023-1160.R2.

Karsonovich, T., Alruwaili, A. A., & Das, J. M (2024). Myelomeningocele. In *Orthopaedics for the newborn and young*

child: A practical clinical guide (pp. 335–350). Springer. doi: 10.1007/978-3-031-11136-5_33.

Katzendobler, S., Do, H. S., Weller, M., Dorostkar, F., Albert, N. L., Forbrig, R., Niyazi, M., Egensperger, R., Thon, N., Tonn, J. C., & Quach, S (2022). Diagnostic yield and complication rate of stereotactic biopsies in precision medicine of gliomas. *Frontiers in Neurology*, *13*, Article 822362. doi: 10.3389/FNEUR.2022.822362.

Kazancı, D (2025). *Anesthesiology fast review* (1st ed.). Türkiye Klinikleri.

Kazimierska, A., Kasprowicz, M., Czosnyka, M., & Smielewski, P (2023). Analysis of intracranial pressure pulse waveform in studies on cerebrospinal compliance: A narrative review. *Physiological Measurement*, *44*(10). doi: 10.1088/1361-6579/AD0020.

Khan, Z. H., Samadi, S., Zanjani, A. P., & Hatemi, B. M (2019). Air embolism in sitting position during neurosurgical operations and it's prevention: A narrative review. *Archives of Anesthesiology and Critical Care*, *5*(2), 54–61. doi: 10.18502/AACC.V5I2.752.

Kietaibl, S., Ahmed, A., Afshari, A., Albaladejo, P., Aldecoa, C., Barauskas, G., De Robertis, E., Faraoni, D., Filipescu, D. C., Fries, D., Godier, A., Haas, T., Jacob, M., Lancé, M. D., Llau, J. V., Meier, J., Molnar, Z., Mora, L., Rahe-Meyer, N., ... Zacharowski, K (2023). Management of severe peri-operative bleeding: Guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care: Second update 2022. *European Journal of Anaesthesiology*, *40*(4), 226–304. doi: 10.1097/eja.0000000000001803.

Kim, J., Park, S., Choi, Y., & Lee, H (2023). Resting-state prefrontal EEG biomarker in correlation with postoperative delirium in elderly

patients. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *15*, Article 1224264. doi: 10.3389/FNAGI.2023.1224264.

Kleinveld, D. J. B., Curry, N., & Levy, J. H (2023). Coagulation support during perioperative bleeding management. *Intensive Care Medicine*, *49*(9), 1110–1113. doi: 10.1007/s00134-023-07089-6.

Kochanek, P. M., Tasker, R. C., Carney, N., Totten, A. M., Adelson, P. D., Bratton, S. L., Bullock, R., Bell, M. J., Duhaime, A. C., Geha, R. M., Rivara, F. P., & Vavilala, M. S (2019). Guidelines for the Management of Pediatric Severe Traumatic Brain Injury, Third Edition: Update of the Brain Trauma Foundation Guidelines, Executive Summary. *Pediatric Critical Care Medicine*, *20*(3), 280–289. doi: 10.1097/pcc.0000000000001736.

Kong, W., Liang, S., Abel Sene, K., & Lv, X (2024). Hemodynamic changes of arteriovenous malformation and endovascular embolization. *Neuroradiology Journal*, *38*(4), 438–446. doi: 10.1177/19714009241303056.

Kothekar, A. T., Mohanty, R., & Joshi, A. V (2023). Goal-directed fluid therapy in neurosurgery: Three feet from gold? *Indian Journal of Critical Care Medicine*, *27*(10), 697. doi: 10.5005/JP-JOURNALS-10071-24557.

Koutsari, C., Johnson, L., & LeBlanc, J (2024). Surgical antibiotic prophylaxis and ventricular shunt surgical site infections. *Journal of the Pediatric Infectious Diseases Society*, *13*(Suppl 3), S13–S14. doi: 10.1093/jpids/piae088.026.

Kovac, A. L (2025). Pathophysiology and risk factors for postoperative nausea and vomiting in adults and children. *BJA Education*, *25*(6), 234–239. doi: 10.1016/j.bjae.2025.02.003.

Kumar, K. S., & Sebastian, J (2022). Neuroanaesthesia: Should volatile anaesthetics or total intravenous anaesthesia be used? *British Journal of Hospital Medicine*, *83*(5), 1–2. doi: 10.12968/HMED.2022.0150.

Kwon, B. K., Aarabi, B., Harrop, J. S., Bellabarba, C., Bono, C. M., Dettori, J. R., & Fehlings, M. G (2024). A clinical practice guideline for the management of patients with acute spinal cord injury: Recommendations on hemodynamic management. *Global Spine Journal*, *14*(3S), 187–211. doi: 10.1177/21925682231202348.

Kwon, W. K., Kim, J. H., Lee, J. K., & Park, Y. S (2024). Surgical and neurointensive management for acute spinal cord injury: A narrative review. *Korean Journal of Neurotrauma*, *20*(4), 225–233. doi: 10.13004/KJNT.2024.20.E44.

Larrew, T., Corrigan, C., & Bauer, D. F (2024). Trends in the treatment of pediatric hydrocephalus since 2014: Understanding the role of the 2014 hydrocephalus guidelines. *Neurosurgery Practice*, *5*(2), Article e00088. doi: 10.1227/neuprac.0000000000000088.

Laskowski, M., Paździora, P., Błaszczyk, B., Gola, M., Ciekalski, M., Koperczak, A., Setlak, M., Zimny, M., Zioła-Paździora, A., Wojtacha, M., & Rudnik, A (2024). Comparison of navigated and frame-based stereotactic biopsy-a single-center cohort study. *Medicina*, *60*(6), Article 949. doi: 10.3390/MEDICINA60060949.

Laudanski, K., Pasierski, M., & Sazama, P (2024). Anesthetic considerations for patients with hereditary neuropathy with liability to pressure palsies: A narrative review. *Healthcare*, *12*(8), Article 858. doi: 10.3390/healthcare12080858.

Le Gall, A., Eustache, G., Coquet, A., Seguin, P., & Launey, Y (2024). End-tidal carbon dioxide and arterial to end-tidal carbon dioxide gradient are associated with mortality in patients with neurological injuries. *Scientific Reports*, *14*(1), Article 19172. doi: 10.1038/s41598-024-69143-7.

Lebel, D. E., Feldman, Z., & Salame, K (2023). Utilization of individual components of enhanced recovery after surgery (ERAS) protocol improves post-operative outcomes in adolescent idiopathic scoliosis: A blueprint for progressive adoption of ERAS. *Spine Deformity*, *11*(5), 1117. doi: 10.1007/s43390-023-00706-W.

Li, C., Wang, Y., Zhang, X., & Liu, H (2023). Risk factors for intensive care unit admission following correction surgery for adult spinal deformity. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, *18*(1), Article 753. doi: 10.1186/s13018-023-04227-0.

Li, X., Wang, Y., Zhang, H., & Chen, J (2023). Effects of propofol on cortical electroencephalograms in the operation of glioma-related epilepsy. *Brain Sciences*, *13*(4), Article 597. doi: 10.3390/BRAINSCI13040597.

Lim, J., Kavishwar, R. A., Shin, J., Nam, Y., Suh, S. W., & Yang, J. H (2024). Clinical effects of intraoperative use of tranexamic acid in minimally invasive scoliosis surgery for adolescent idiopathic scoliosis. *Clinics in Orthopedic Surgery*, *16*(6), 941–947. doi: 10.4055/cios24067.

Lim, M. L., Tan, Y. H., Ng, Z. X., & Chan, Y. H (2024). Awake versus asleep anesthesia in deep brain stimulation surgery for Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, *102*(3), 141–155. doi: 10.1159/000536310.

Linzey, J. R., Lillard, J., LaBagnara, M., & Park, P (2023). Complications and avoidance in adult spinal deformity surgery. *Neurosurgery Clinics of North America*, *34*(4), 665–675. doi: 10.1016/j.nec.2023.06.012.

Liu, D., Song, D., Ning, W., Zhang, X., Chen, S., & Zhang, H (2023a). Efficacy and safety of prophylaxis for venous thromboembolism in brain neoplasm patients undergoing neurosurgery: A systematic review and Bayesian network meta-analysis. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, *55*(4), 710–720. doi: 10.1007/S11239-023-02780-3.

Liu, D., Zhang, Y., Wang, Z., & Li, S (2023b). Timing of percutaneous balloon kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. *Pain Physician*, *26*(3), 231–243.

Liu, X., Liu, M., Li, S., Ren, Y., Zheng, M., Zeng, M., & Peng, Y (2024). Efficacy and safety of tranexamic acid on blood loss and seizures in patients undergoing meningioma resection: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, *19*(9), Article e0308070. doi: 10.1371/journal.pone.0308070.

Liu, X., Zhang, X., Fan, Y., Li, S., & Peng, Y (2022). Effect of intraoperative goal-directed fluid therapy on the postoperative brain edema in patients undergoing high-grade glioma resections: A study protocol of randomized control trial. *Trials*, *23*(1), Article 950. doi: 10.1186/S13063-022-06859-9.

Liu, Z., & Song, S (2025). Neuroscience of anesthesia: From cellular mechanisms to clinical applications. In *Neuroscience of anesthesia: From cellular mechanisms to clinical applications* (pp. 1–106). Springer. doi: 10.1007/978-3-031-85156-8.

Loo, K. Y., Omar, S. C., Zaini, R. H. M., Hassan, W. M. N. W., & Seevaunnamtum, P (2022). A comparison of the effects of prolonged infusion of propofol 2% and 1% during total intravenous anaesthesia using target-controlled infusion technique for elective neurosurgery. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, *29*(4), 75. doi: 10.21315/MJMS2022.29.4.8.

Lunardi, D., & Dinsmore, J (2025). Anesthesia for awake craniotomy. *Anaesthesia and Intensive Care Medicine*, *23*(12), 811–817. doi: 10.1016/j.mpaic.2022.10.021.

Ma, B., Sepsick, H., Scott, C., & Deek, A (2025). Perioperative management for craniosynostosis repair in a pediatric population: A narrative review. *Journal of Oral and Maxillofacial Anesthesia*, *4*, Article 0. doi: 10.21037/JOMA-25-12/COIF.

Manlapaz, M., Beresian, J., & Avitsian, R (2022). Airway management in cervical spine pathologies. *Current Anesthesiology Reports*, *12*(3), 373–381. doi: 10.1007/S40140-022-00523-3.

Maroufi, S. F., Zangiabadi, N., Gholamrezanezhad, A., & Rahimi-Movaghar, V (2024). Awake versus asleep deep brain stimulation for Parkinson's disease: A comprehensive systematic review and meta-analysis. *Journal of Neurosurgery*, *142*(2), 324–338. doi: 10.3171/2024.4.JNS232553.

Martínez-Palacios, K., Vásquez-García, S., Fariyike, O. A., Robba, C., & Rubiano, A. M (2023). Using optic nerve sheath diameter for intracranial pressure (ICP) monitoring in traumatic brain injury: A scoping review. *Neurocritical Care*, *40*(3), 1193–1212. doi: 10.1007/S12028-023-01884-1.

Martínez-Palacios, K., Vásquez-García, S., Fariyike, O. A., Robba, C., & Rubiano, A. M (2024). Quantitative pupillometry for intracranial pressure (ICP) monitoring in traumatic brain injury: A scoping review. *Neurocritical Care*, *41*(1), 255–271. doi: 10.1007/S12028-023-01927-7.

Mauch, J. T., Kao, D. S., Friedly, J. L., & Liu, Y (2023). Targeted muscle reinnervation and regenerative peripheral nerve interfaces for pain prophylaxis and treatment: A systematic review. *PM&R*, *15*(11), 1457–1465. doi: 10.1002/pmrj.12972.

McGarvey, C. R., Nair, A., Nawras, Y., Oenick, J., & Vattipally, V. R (2024). Cement embolism after kyphoplasty. *Cureus*, *16*(1), Article e52821. doi: 10.7759/cureus.52821.

Meneses, V., Parenti, S., Burns, H., & Adams, R (2020). Latex allergy guidelines for people with spina bifida. *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine*, *13*(4), 601–609. doi: 10.3233/PRM-200741.

Meng, L., Hou, W., Chui, J., Han, R., & Gelb, A. W (2024). Effects of phenylephrine on systemic and cerebral circulations in humans: A systematic review with mechanistic explanations. *Anaesthesia*, *79*(1), 71–85. doi: 10.1111/ANAE.16172.

Mestdagh, F. P., Lavand'homme, P. M., Pirard, G., Joshi, G. P., Sauter, A. R., & Van de Velde, M (2023). Pain management after elective craniotomy: A systematic review with procedure-specific postoperative pain management (PROSPECT) recommendations. *European Journal of Anaesthesiology*, *40*(10), 747–757. doi: 10.1097/EJA.0000000000001877.

Mikkonen, E., Saarinen, J., & Luostarinen, T (2023). A solution to the cerebral perfusion pressure transducer placement conundrum in neurointensive care? The dual transducer. *Neurocritical Care*, *40*(2), 391–394. doi: 10.1007/S12028-023-01829-8.

Min, K. T (2025). Practical guidance for monitored anesthesia care during awake craniotomy. *Anesthesia and Pain Medicine*, *20*(1), 23–33. doi: 10.17085/APM.24183.

Mistry, A. M (2023). Perioperative dexamethasone in high-grade gliomas: The short-term benefits and long-term harms. *Frontiers in Oncology*, *13*, Article 1335730. doi: 10.3389/FONC.2023.1335730.

Moon, J. Y (2023). Diabetic peripheral neuropathy and interventional procedures. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, *48*(Suppl 1), A359–A360. doi: 10.1136/rapm-2023-esra.671.

Moore, R., Pfershy, H., Pletcher, J., Boville, B., Girotto, J. A., & Carlson, A. R (2025). Effective pediatric blood management in craniosynostosis surgery: A long-term update. *Journal of Craniofacial Surgery*, *36*(1), 111–114. doi: 10.1097/scs.0000000000010682.

Murthy, S. B (2024). Emergent management of intracerebral hemorrhage. *Continuum*, *30*(3), 641–661. doi: 10.1212/CON.0000000000001422.

Nakamura, N., Suzuki, S., Konishi, S., & Kawakami, N (2024). Adoption of an Enhanced Recovery after Surgery Protocol for Neuromuscular Scoliosis Shortens Length of Hospital Stay. *Spine Surgery and Related Research*, *8*(4), 427. doi: 10.22603/ssrr.2023-0193.

Neal, J. M., Bernards, C. M., Butterworth, J. F., DiGiovanni, R. G., Grosh, T. M., Hebl, J. R., Korc, M., & Watson, J. C (2008). ASRA practice advisory on neurologic complications in regional anesthesia and pain medicine. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, *33*(5), 404–415. doi: 10.1016/j.rapm.2008.07.527.

Nguyen, A., Tran, H., Pham, L., & Doan, K (2023). Neurosurgical anesthesia: Optimizing outcomes with agent selection. *Biomedicines*, *11*(2), Article 372. doi: 10.3390/BIOMEDICINES11020372.

Nikhar, S. A., Sharma, A., & Mehta, S (2023). The relevance of the wake-up test in scoliosis surgery. *The Indian Anaesthetists Forum*, *24*(1), 4–10. doi: 10.4103/THEIAFORUM.THEIAFORUM_25_23.

O'Donnell, D. B., Lee, K. C., Changoor, A., & Jimenez, D. F (2022). Tranexamic acid dosing in craniosynostosis surgery: A systematic review with meta-analysis. *Plastics and Reconstructive Surgery Global Open*, *10*(10), Article e4526. doi: 10.1097/GOX.0000000000004526.

Oishi, T., Sato, M., Tanaka, Y., & Takahashi, H (2024). Extraocular muscle electromyographic recordings for intraoperative monitoring of cranial nerves III, IV, and VI: A single-center experience with intraorbital electrodes. *Journal of Neurosurgery*, *141*(3), 730–741. doi: 10.3171/2024.1.JNS231867.

Okeke, C., Zhang, J., Bashford, T., & Seah, M (2024). Perioperative management of adults with traumatic brain injury. *Journal of Perioperative Practice*, *34*(4), 122–128. doi: 10.1177/17504589231187798.

Osawa, S., Ohno, M., Miyakita, Y., Takahashi, M., Yanagisawa, S., Honda-Kitahara, M., Nakashima, T., Fujita, S., Tsuchiya, T., & Narita, Y (2025). Usefulness of frameless neuronavigation-guided stereotactic biopsy for brain lesions under local anesthesia: Surgical outcomes and feasibility for molecular diagnosis-case series. *Neurosurgery Practice*, *6*(2), Article e00133. doi: 10.1227/NEUPRAC.0000000000000133.

Paiz, C. C., Owodunni, O. P., Courville, E. N., Schmidt, M., Alunday, R., & Bowers, C. A (2024). Frailty predicts 30-day mortality following major complications in neurosurgery patients: The risk analysis index has superior discrimination compared to modified frailty index-5 and increasing patient age. *World Neurosurgery X*, *23*, Article 100286. doi: 10.1016/J.WNSX.2024.100286.

Pan, Y., Wan, W., Xiang, M., & Guan, Y (2022). Transcranial Doppler ultrasonography as a diagnostic tool for cerebrovascular disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*, *16*, Article 841809. doi: 10.3389/FNHUM.2022.841809.

Panagopoulos, D., Stranjalis, G., Gavra, M., Boviatsis, E., Korfias, S., & Karydakis, P (2024). Current trends in the treatment of pediatric hydrocephalus: A narrative review centered on the indications, safety, efficacy, and long-term outcomes of available treatment modalities. *Children*, *11*(11), Article 1334. doi: 10.3390/children11111334.

Pardo, M. C., Jr (2023). *Miller's basics of anesthesia* (8th ed.). Elsevier.

Park, H. R., & Paek, S. H (2022). Perioperative considerations for elective surgery in patients with deep brain stimulation implantation.

Journal of the Korean Society of Stereotactic and Functional Neurosurgery, *18*(1), 1–8. doi: 10.52662/JKSFN.2022.00157.

Park, M., Shim, Y., Choo, Y. H., Kim, H. S., Kim, J., & Ha, E. J (2024). Should hypertonic saline be considered for the treatment of intracranial hypertension? A review of current evidence and clinical practices. *Korean Journal of Neurotrauma*, *20*(3), 146–158. doi: 10.13004/KJNT.2024.20.E35.

Park, S. K., Lee, H. S., Cho, K. R., & Park, K (2023). Recent advances in intraoperative brainstem auditory evoked potential monitoring during microvascular decompression surgery for hemifacial spasm. *Life*, *13*(9), Article 1789. doi: 10.3390/LIFE13091789.

Paunikar, S., Paul, A., Wanjari, D., & Alaspurkar, N. R (2023). Neuromuscular monitoring and wake-up test during scoliosis surgery. *Cureus*, *15*(8), Article e44046. doi: 10.7759/CUREUS.44046.

Phoowanakulchai, S., & Kawaguchi, M (2023). Updated review on the use of neuromuscular blockade during intraoperative motor-evoked potential monitoring in the modern anesthesia era. *Journal of Anesthesia*, *38*(1), 114–124. doi: 10.1007/s00540-023-03265-6.

Pisică, D., D'Andrea, G., Kolias, A. G., & Hutchinson, P. J (2024). Clinical and imaging characteristics, care pathways, and outcomes of traumatic epidural hematomas: A Collaborative European NeuroTrauma Effectiveness Research in Traumatic Brain Injury Study. *Neurosurgery*, *95*(5), 986–999. doi: 10.1227/NEU.0000000000002982.

Porche, K., Theologis, A. A., Zhang, Y., Smith, J. S., Ames, C. P., & Mummaneni, P. V (2023). The Enhanced Recovery After Surgery pathway for posterior cervical surgery: A retrospective propensity-matched cohort study. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *39*(2), 216–227. doi: 10.3171/2023.2.spine221174.

Qin, X., Li, H., Long, J., & Feng, C (2024). A meta-analysis of the implementation of enhanced recovery after surgery pathways in anterior cervical spine surgery for degenerative cervical spine diseases. *European Spine Journal*, *33*(3), 1283–1291. doi: 10.1007/s00586-023-08105-5.

Rahim, I. A., Solorzano Aldana, M. C., Nedunchezhian, A. S., & Venkatraghavan, L (2025). Year in Review: Synopsis of selected articles in neuroanesthesia and neurocritical care from 2024. *Journal of Neuroanaesthesiology and Critical Care*, *12*(01), 32–42. doi: 10.1055/S-0045-1806760.

Rangankar, V., Singh, A., & Khaladkar, S (2023). Pictorial review of the post-operative cranium. *South African Journal of Radiology*, *27*(1), Article 2684. doi: 10.4102/sajr.v27i1.2684.

Rasulo, F. A., Badenes, R., Taccone, F. S., Robba, C., Bilotta, F., & Citerio, G (2022). Processed electroencephalogram-based monitoring to guide sedation in critically ill adult patients: Recommendations from an international expert panel-based consensus. *Neurocritical Care*, *38*(2), 296–311. doi: 10.1007/S12028-022-01565-5.

Raveendran, K., Kwok, S., & Glancz, L (2024). Anaesthesia for pituitary surgery. *BJA Education*, *24*(12), 433–439. doi: 10.1016/j.bjae.2024.07.006.

Reese, M., Becker, S., Wagner, M., & Weber, F (2023). EEG pre-burst suppression: Characterization and inverse association with preoperative cognitive function in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *15*, Article 1229081. doi: 10.3389/FNAGI.2023.1229081.

Ren, X., Zhang, Y., Wang, L., Liu, Y., Zhao, X., & Chen, J (2025). Perioperative neurocognitive disorders: A comprehensive review of terminology, clinical implications, and future research directions. *Frontiers in Neurology*, *16*, Article 1526021. doi: 10.3389/FNEUR.2025.1526021.

Reynolds, E., Rosas, D., Wang, A., & Farmer, D. L (2026). Fetal myelomeningocele repair: A narrative review of the historical perspective, emerging regenerative therapies, and future directions. *Seminars in Pediatric Surgery*, *44*, Article 151680. doi: 10.1016/j.sempedsurg.2026.151680.

Reysner, M., Kowalski, P., & Nowak, A (2024). The influence of anesthesia on neuromonitoring during scoliosis surgery: A systematic review. *NeuroSci*, *5*(4), 693–712. doi: 10.3390/NEUROSCI5040049.

Robba, C., Badenes, R., Taccone, F. S., & Citerio, G (2024). Contemporary management of aneurysmal subarachnoid haemorrhage: An update for the intensivist. *Intensive Care Medicine*, *50*(5), 646–664. doi: 10.1007/S00134-024-07387-7.

Robba, C., Taccone, F. S., & Citerio, G (2022). Monitoring cerebral oxygenation in acute brain-injured patients. *Intensive Care Medicine*, *48*(10), 1463–1466. doi: 10.1007/S00134-022-06788-W.

Rocos, B., Katsuura, Y., Berven, S. H., & Ames, C. P (2025). Blood management and conservation during adult spine deformity surgery. *Global Spine Journal*, *15*(3S), 95–107. doi: 10.1177/21925682231188810.

Roldán, P., Navarro, J., Sahuquillo, J., & Poca, M. A (2025). Subthalamic deep brain stimulation under general anaesthesia for Parkinson's disease: Institutional experience and outcomes. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, *103*(2), 102–110. doi: 10.1159/000542791.

Roy, J. M., Patel, A., Sharma, S., & Gupta, V (2024). Frailty as a predictor of postoperative outcomes in neurosurgery: A systematic review. *Journal of Neurosurgical Sciences*, *68*(2), 208–215. doi: 10.23736/S0390-5616.23.06130-1.

Ryalino, C., Sahinovic, M. M., Drost, G., & Absalom, A. R (2024). Intraoperative monitoring of the central and peripheral nervous systems: A narrative review. *British Journal of Anaesthesia*, *132*(2), 285–299. doi: 10.1016/j.bja.2023.11.032.

Saad, H., Bray, D., Alawieh, A., & Hoang, K. B (2022). Predicting permanent cerebrospinal fluid diversion following posterior fossa tumor resection in adults: Updates from the Central Nervous System Tumor Outcome Registry at Emory Group. *World Neurosurgery*, *161*, 125–126. doi: 10.1016/J.WNEU.2022.02.086.

Salvagno, M., Rossi, A., Bianchi, E., & Marino, F (2024). The impact of inotropes and vasopressors on cerebral oxygenation in patients with traumatic brain injury and subarachnoid hemorrhage: A narrative review. *Brain Sciences*, *14*(2), Article 117. doi: 10.3390/BRAINSCI14020117.

Samaniego, E. A., Dabus, G., Meyers, P. M., Kan, P. T., Frösen, J., Lanzino, G., Welch, B. G., Volovici, V., Gonzalez, F., Fifi, J., Charbel, F. T., Hoh, B. L., Khalessi, A., Marks, M. P., Berenstein, A., Pereira, V. M., Bain, M., Colby, G. P., Narayanan, S., … Arthur, A. S (2024). Most promising approaches to improve brain AVM management: ARISE I consensus recommendations. *Stroke*, *55*(5), 1449–1463. doi: 10.1161/strokeaha.124.046725.

Samaniego, E. A., Roa, J. A., & Hasan, D (2024). Most promising approaches to improve brain AVM management: ARISE I consensus recommendations. *Stroke*, *55*(5), 1449–1463. doi: 10.1161/STROKEAHA.124.046725.

Sameer, M., & Al Abbas, D (2024). Clinical outcomes of ketamine in patients with traumatic brain injury: A systematic review. *International Journal of Critical Illness and Injury Science*, *14*(3), 160–175. doi: 10.4103/IJCIIS.IJCIIS_36_24.

Santana, D., Oliveira, A., & Santos, R (2025). Performance and clinical relevance of continuous glucose monitoring during early brain injury in subarachnoid hemorrhage. *Scientific Reports*, *15*(1), Article 45206. doi: 10.1038/s41598-025-29495-0.

Santana, L. S., Diniz, J. B. C., Solla, D. J. F., Neville, I. S., Figueiredo, E. G., & Mota Telles, J. P (2024). Brain tissue oxygen combined with intracranial pressure monitoring versus isolated intracranial pressure monitoring in patients with traumatic brain injury: An updated systematic review and meta-analysis. *Neurological Sciences*, *45*(7), 3051–3059. doi: 10.1007/S10072-024-07392-0.

Sardesai, N., Hibberd, O., Price, J., Ercole, A., & Barnard, E. B. G (2024). Agreement between arterial and end-tidal carbon dioxide in

adult patients admitted with serious traumatic brain injury. *PLoS One*, *19*(2), Article e0297113. doi: 10.1371/journal.pone.0297113.

Sato, K., Matsumoto, Y., Ezura, M., & Endo, H (2025). Transarterial embolization for the management of brain arteriovenous malformations: A systematic review. *Journal of Neuroendovascular Therapy*, *19*(1), Article ra.2024-0049. doi: 10.5797/jnet.ra.2024-0049.

Sato, T (2024). Dexamethasone versus 5-HT3 receptor antagonists in preventing nausea during awake craniotomy: A propensity score matching study. *JA Clinical Reports*, *10*(1), Article 63. doi: 10.1186/S40981-024-00746-9.

Saugel, B., Kouz, K., & Scheeren, T. W. L (2019). The '5 Ts' of perioperative goal-directed haemodynamic therapy. *British Journal of Anaesthesia*, *123*(2), 103–107. doi: 10.1016/j.bja.2019.04.048.

Savi, M., & Hawryluk, G (2025). Thrombosis and coagulopathy. *Neurosurgery Clinics of North America*, *36*(3), 375–385. doi: 10.1016/j.nec.2025.03.006.

Scheitler, K. M., Ostrem, J. L., & Larson, P. S (2024). Clinical evaluation of a stereotactic system for single-stage deep brain stimulation surgery under general anesthesia: Technical note. *Journal of Neurosurgery*, *141*(2), 406–411. doi: 10.3171/2024.1.JNS232563.

Scruton, T. J (2024). Updates on the diagnosis and management of subdural hematoma. *JAAPA*, *37*(8), 9–15. doi: 10.1097/01.JAA.0000000000000055.

Shander, A., Hardy, J.-F., Ozawa, S., Farmer, S. L., Hofmann, A., Frank, S. M., Kor, D. J., Faraoni, D., & Meier, J (2022).

Recommendations from the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAMS). *Annals of Surgery*, *277*(4), 581. doi: 10.1097/SLA.0000000000005721.

Sharma, K. K., Kumar, A., Singh, R., & Verma, P (2025). Impact of anesthetic induction with etomidate, thiopentone, and propofol on regional cerebral oxygenation: An observational study in patients with traumatic brain injury. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, *41*(1), 90–97. doi: 10.4103/JOACP.JOACP_315_23.

Shawar, A., Altell, K., Najjar, A., Zatari, D., & Abumunshar, A (2025). A rare and immediate onset of pneumocephalus following neuraxial needle insertion: A case report and review of the literature. *Medicine*, *104*(50), Article e46537. doi: 10.1097/MD.0000000000046537.

Siebers, N. W., & Steiner, L. A (2024). Anesthesia for traumatic brain injury. *Current Opinion in Anaesthesiology*, *37*(5), 486–492. doi: 10.1097/ACO.0000000000001404.

Sigmon, J., Crowley, K. L., & Groth, C. M (2023). Therapeutic review: The role of tranexamic acid in management of traumatic brain injury, nontraumatic intracranial hemorrhage, and aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *American Journal of Health-System Pharmacy*, *80*(18), 1213–1222. doi: 10.1093/AJHP/ZXAD134.

Singha, D., Kattimani, M., Kanwar, M., Bhandari, S., & Singh, J (2023). Evaluation of changes in Mallampati class in patients undergoing lumbar spine surgeries in the prone position: A prospective observational study. *Saudi Journal of Anaesthesia*, *17*(2), 163–167. doi: 10.4103/SJA.SJA_438_22.

Smiley, M., Key, B., Sawicki, C. M., & Wade, S. D (2025). Perioperative management of patients with seizure disorders: Part II. *Anesthesia Progress*, *72*(3), 189–198. doi: 10.2344/25-0028

Song, J. X., Wu, J. X., Zhong, H., Chen, W., & Zheng, J. C (2024). Therapeutic efficacy of tranexamic acid on traumatic brain injury: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, *32*(1), Article 48. doi: 10.1186/S13049-024-01188-Z.

Song, Y (2025). Age-specific electroencephalography dynamics during anesthesia: Monitoring and neurocognitive implications. *Anesthesia and Pain Medicine*, *20*(4), 289–300. doi: 10.17085/APM.25375.

Sperber, J., Meyer, B., & Krieg, S. M (2024). Perioperative blindness in spine surgery: A scoping literature review. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(4), Article 1051. doi: 10.3390/JCM13041051.

Spisak, K., Thomas, M. D., Sirois, Z. J., Jones, A., & Brown, L (2023). Novel enhanced recovery after surgery pathway reduces length of stay and postoperative opioid usage in adolescent idiopathic scoliosis patients undergoing posterior spinal fusion. *Cureus*, *15*(8), Article e43079. doi: 10.7759/cureus.43079.

Sreedharan, R., Khanna, S., & Shaw, A (2023). Perioperative glycemic management in adults presenting for elective cardiac and non-cardiac surgery. *Perioperative Medicine*, *12*(1), Article 13. doi: 10.1186/S13741-023-00302-6.

Stendall, C., Bowes, L., & Carver, E (2024a). Anaesthesia for paediatric neurosurgery. Part 1: General considerations. *BJA Education*, *24*(1), 1–6. doi: 10.1016/j.bjae.2023.10.003.

Stendall, C., Bowes, L., & Carver, E (2024b). Anaesthesia for paediatric neurosurgery. Part 2: Common neurosurgical procedures in children. *BJA Education*, *24*(2), 39–45. doi: 10.1016/j.bjae.2023.08.006.

Sultan, W. A., & Afify, N. A (2023). The effect of dexmedetomidine on wake-up test quality when muscle relaxants are not used: A randomized control trial. *Indian Journal of Anaesthesia*, *67*(4), 382. doi: 10.4103/IJA.IJA_684_22.

Sun, Z., Liu, J., Wang, K., Zhang, J., Liu, S., & Xue, F (2024). Feasibility of noninvasive near-infrared spectroscopy monitoring in predicting the prognosis of spontaneous intracerebral hemorrhage. *Frontiers in Neurology*, *15*, Article 1406157. doi: 10.3389/FNEUR.2024.1406157.

Suryaningrat, F. R., Irenewati, S., Sobana, M., Kadi, F. A., Primadi, A., & Yuniati, T (2024). Meningomyelocele perioperative management in neonatal: Case series. *Children*, *11*(10), Article 1219. doi: 10.3390/CHILDREN11101219.

Tamber, M. S., Naftel, R. P., & Wellons, J. C (2023). Shunt infection prevention practices in Hydrocephalus Clinical Research Network-Quality: A new quality improvement network for hydrocephalus management. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, *33*(2), 157–164. doi: 10.3171/2023.10.peds23297.

Taran, S., Wahlster, S., & Robba, C (2023). Ventilatory targets following brain injury. *Current Opinion in Critical Care*, *29*(2), 41–49. doi: 10.1097/MCC.0000000000001018.

Tarimah, K., Bisri, D. Y., Rosyidi, R. M., Wiyarta, E., Endriani, E., & Bisri, T (2026). Preliminary evaluation of preoperative optic nerve

sheath diameter and CT mass effect in relation to pre-excision invasive intracranial pressure during intracranial tumor surgery. *Journal of Clinical Medicine*, *15*(10), Article 3807. doi: 10.3390/JCM15103807.

Tariq, R., & Aziz, H. F (2024). Intraoperative mapping and preservation of executive functions in awake craniotomy: A systematic review. *Neurological Sciences*, *45*(8), 3723–3735. doi: 10.1007/s10072-024-07475-y.

Taussky, P., Schöni, D., Dubach, P., Marbacher, S., Fandino, J., & Diepers, M (2022). Management of posterior fossa tumors in adults based on the predictors of postoperative hydrocephalus. *Frontiers in Surgery*, *9*, Article 886438. doi: 10.3389/FSURG.2022.886438.

Taylor, C., Metcalf, A., Morales, A., Lam, J., Wilson, R., & Baribeault, T (2023). Multimodal analgesia and opioid-free anesthesia in spinal surgery: A literature review. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, *38*(6), 938–942. doi: 10.1016/j.jopan.2023.04.003.

Terkawi, A. S., Altirkawi, O. K., Salmasi, V., & Ottestad, E (2023). Clinical approach to chronic pain due to perioperative nerve injury. *Anesthesiology Clinics*, *41*(2), 489–502. doi: 10.1016/j.anclin.2023.03.009.

Terrett, L. A., McIntyre, L., Turgeon, A. F., & English, S. W (2023). Anemia and red blood cell transfusion in aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurocritical Care*, *39*(1), 91–103. doi: 10.1007/S12028-023-01815-0.

Theiss, P., & Alaraj, A (2024). Revisiting the normal perfusion pressure breakthrough phenomenon in the era of endovascular

treatment of cerebral arteriovenous malformations. *Interventional Neuroradiology*, Article 15910199241254132. doi: 10.1177/15910199241254131.

Thomas, E., Czosnyka, M., & Hutchinson, P (2015). Calculation of cerebral perfusion pressure in the management of traumatic brain injury: Joint position statement by the councils of the Neuroanaesthesia and Critical Care Society of Great Britain and Ireland (NACCS) and the Society of British Neurological Surgeons. *British Journal of Anaesthesia*, *115*(4), 487–488. doi: 10.1093/bja/aev233.

Thomas, R., Shin, S. S., & Balu, R (2023). Applications of near-infrared spectroscopy in neurocritical care. *Neurophotonics*, *10*(2), Article 023522. doi: 10.1117/1.NPH.10.2.023522.

Tobias, J. D., Johnson, J. O., Jimenez, D. F., Barone, C. M., & McBride, D. S (2001). Venous air embolism during endoscopic strip craniectomy for repair of craniosynostosis in infants. *Anesthesiology*, *95*(2), 340–342. doi: 10.1097/00000542-200108000-00013.

Toci, G., Chin, M., Chan, A. K., Elsamadicy, A. A., Alvi, M. A., Theologis, A. A., Berven, S. H., & Mummaneni, P. V (2023). Incidence, risk factors, and outcomes of incidental durotomy during lumbar spine decompression with or without fusion. *Asian Spine Journal*, *17*(4), 647–655. doi: 10.31616/ASJ.2022.0297.

Toleikis, J. R., Pace, C., Jahangiri, F. R., Hemmer, L. B., & Toleikis, S. C (2024). Intraoperative somatosensory evoked potential (SEP) monitoring: An updated position statement by the American Society of Neurophysiological Monitoring. *Journal of Clinical Monitoring*

and Computing, *38*(5), 1003–1042. doi: 10.1007/S10877-024-01201-X.

Treggiari, M. M., Al-Mufti, F., Claassen, J., & Connolly, E. S (2023). Guidelines for the neurocritical care management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurocritical Care*, *39*(1), 1–28. doi: 10.1007/S12028-023-01713-5.

Tsigaras, Z. A., Alexiou, G. A., Voulgaris, S., & Zigouris, A (2023). The pressure reactivity index as a measure of cerebral autoregulation and its application in traumatic brain injury management. *Critical Care and Resuscitation*, *25*(4), 229–236. doi: 10.1016/j.ccrj.2023.10.009.

Valdez-Resendiz, I., Salgado-Camarillo, E. N., Hernández-Morales, F., Martínez-de los Santos, C. A., & Robba, C (2025). Perioperative management in acute and chronic spinal cord injury, narrative review. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care*, *5*(1), Article 33. doi: 10.1186/S44158-025-00252-Z.

Vignarajah, M., Patel, R., Sharma, N., & Kumar, S (2023). Intraoperative use of balanced crystalloids versus 0.9% saline: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies. *British Journal of Anaesthesia*, *131*(3), 463–471. doi: 10.1016/j.bja.2023.05.029.

Vitt, J. R., Loper, N. E., & Mainali, S (2023). Multimodal and autoregulation monitoring in the neurointensive care unit. *Frontiers in Neurology*, *14*, Article 1155986. doi: 10.3389/FNEUR.2023.1155986.

Vychopen, M., Arlt, F., Güresir, E., & Wach, J (2024). Intraoperative tranexamic acid administration in cranial meningioma surgery: A

meta-analysis of prospective randomized, double-blinded, and placebo-controlled trials. *Frontiers in Oncology*, *14*, Article 1464671. doi: 10.3389/FONC.2024.1464671.

Wang, Q., Li, J., Zhang, H., & Zhao, C (2024). Percutaneous vertebroplasty versus percutaneous kyphoplasty in elderly patients with osteoporotic vertebral compression fractures: Prospective controlled study. *BJS Open*, *8*(1), Article zrad162. doi: 10.1093/bjsopen/zrad162.

Wei, L., Liu, M., Zhang, S., Chen, Y., Wu, M., Chen, X., Liu, J., He, Y., Yang, X., & Xian, J (2024). Association of preoperative frailty with risk of postoperative delirium in older patients undergoing craniotomy: A prospective cohort study. *BMC Surgery*, *24*(1), Article 272. doi: 10.1186/s12893-024-02573-2.

Wendt, K., Blauth, M., Linke, B., & Hofmann, G. O (2023). ESTES recommendation on thoracolumbar spine fractures: January 2023. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, *50*(4), 1261. doi: 10.1007/s00068-023-02247-3.

Wiener, J. S., & Chaudhry, R (2023). Neurogenic lower urinary tract dysfunction. *Urologic Clinics of North America*, *50*(3), 415–432. doi: 10.1016/j.ucl.2023.04.002.

Wooding, D. J., Miller, A., Evans, C., & Green, P (2023). Current recommendations for perioperative brain health: A scoping review. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, *35*(1), 10–18. doi: 10.1097/ANA.0000000000000861.

Xu, F. W. X., Lim, N.-A., Sim, M. A., Lean, L. L., Loh, N.-H. W., Ng, K. T., Chua, V. T. Y., Chew, S. T. H., & Ti, L. K (2022). Point-of-care platelet function testing for guided transfusion in

neurosurgical management of intracranial hemorrhage: A systematic review. *European Journal of Medical Research*, *27*(1), Article 191. doi: 10.1186/s40001-022-00819-4.

Yao, D., Guo, Q., Yu, H., Chen, J., Luo, P., Liang, Y., Li, Y., Lin, P., Maihemuti, A., Chen, L., & Gong, F (2024). Early detection of brachial plexus injury in prone position surgery using multimodal intraoperative monitoring: A cross-sectional study. *Journal of Surgery, 9*(9), 11087. doi: 10.29011/2575-9760.11087.

Yim, R. L. H., Leung, K. M. M., Poon, C. C. M., & Irwin, M. G (2022). Peri-operative management of patients with Parkinson's disease. *Anaesthesia*, *77*(S1), 123–133. doi: 10.1111/ANAE.15617.

Yu Wing-hay, H., & Chung Chun-kwong, E (2019). *Introduction to intraoperative neurophysiological monitoring for anaesthetists*. World Federation of Societies of Anaesthesiologists (WFSA). www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week

Yuan, Y., Wang, X., Liu, Z., & Zhang, Y (2023). The implementation of enhanced recovery after surgery pathway in patients undergoing posterior thoracolumbar fusion for degenerative spinal deformity. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *24*(1), Article 29. doi: 10.1186/s12891-023-06146-x.

Zelenski, N. A., Oishi, T., & Shin, A. Y (2023). Intraoperative neuromonitoring for peripheral nerve surgery. *Journal of Hand Surgery*, *48*(4), 396–401. doi: 10.1016/j.jhsa.2022.11.022.

Zhang, S., Chen, Q., Xian, L., Chen, Y., Wei, L., & Wang, S (2023). Acute subdural haematoma exacerbates cerebral blood flow disorder and promotes the development of intraoperative brain bulge in patients with severe traumatic brain injury. *European Journal of*

Medical Research, *28*(1), Article 343. doi: 10.1186/S40001-023-01100-Y.

Zhang, Y., Wang, L., Chen, Y., & Liu, X (2024). Kyphoplasty is associated with reduced mortality risk for osteoporotic vertebral compression fractures: A systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, *33*(4), 1490–1497. doi: 10.1007/s00586-023-08032-5.

Zhao, Y., Cao, L., Sheng, Q., Liu, R., Dong, G., & Tong, X (2021). Delayed pneumocephalus induced by repeated percutaneous aspiration after spinal surgery: A case report and literature review. *Medicine*, *100*(23), Article e26322. doi: 10.1097/MD.0000000000026322.

Zheng, B., Guo, C., Xu, S., Li, H., Wu, Y., & Liu, H (2023). Anesthesia methods for full-endoscopic lumbar discectomy: A review. *Frontiers in Medicine*, *10*, Article 1193311. doi: 10.3389/FMED.2023.1193311.

Zheng, M., Wang, L., Chen, H., & Liu, Q (2023). Analysis of risk factors and treatment strategies for lumbar cistern blockage after craniocerebral surgery. *Frontiers in Neuroscience*, *17*, Article 1124395. doi: 10.3389/FNINS.2023.1124395.

Zhou, Y., Fu, S., Du, L., Yang, Z., & Cai, Y (2024). General anesthesia versus local anesthesia for deep brain stimulation targeting of STN in Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. *Medicine*, *103*(17), Article e37955. doi: 10.1097/MD.0000000000037955.

Zileli, M., Oertel, J., Sharif, S., & Zygourakis, C (2024). Lumbar disc herniation: Prevention and treatment of recurrence: WFNS

spine committee recommendations. *World Neurosurgery X*, *22*, Article 100275. doi: 10.1016/j.wnsx.2024.100275.

BÖLÜM 28

NÖROMÜSKÜLER HASTALIKLARDA ANESTEZİ
Hastalığa Özgü Risklerden Perioperatif Solunum ve Nöromüsküler Yönetim Stratejilerine

VİLDAN ERGEN[1]

Özet

Nöromüsküler hastalıklar; motor nöron, periferik sinir, nöromüsküler kavşak, kas lifi veya iyon kanallarını etkileyen heterojen bir hastalık grubudur. Perioperatif risk yalnızca kas güçsüzlüğünün derecesiyle belirlenmez; bulber disfonksiyon, solunum kası rezervi, aspirasyon eğilimi, kardiyomiyopati ve ileti bozuklukları, otonomik disfonksiyon, hastalığa özgü ilaç tedavileri ve nöromüsküler blokerlere değişken yanıt birlikte değerlendirilmelidir. Miyastenia gravis (MG), Lambert–Eaton miyastenik sendromu (LEMS), paraneoplastik nöromüsküler sendromlar, akut enfeksiyöz motor nöronopatiler, Guillain–Barré sendromu, amyotrofik lateral skleroz, Duchenne/Becker ve diğer

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-0955-8073

musküler distrofiler, miyotonik distrofi, nondistrofik miyotoniler ve periyodik paraliziler ayrı başlıklar altında ele alınmıştır. Temel hedef; aspirasyon ve ventilatuvar yetersizliği öngörmek, gereksiz sedasyon ve nöromüsküler bloktan kaçınmak, gerekli olduğunda azaltılmış ve titre edilmiş dozlarla kantitatif monitörizasyon kullanmak, ekstübasyonu objektif nöromüsküler toparlanma ve yeterli hava yolu korumasına dayandırmak ve yüksek riskli hastalarda postoperatif noninvaziv veya invaziv ventilasyon planını önceden oluşturmaktır (Birnkrant et al., 2007; Butterworth et al., 2022; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2024; Li et al., 2026; Thilen et al., 2023).

Öğrenme Hedefleri

- Nöromüsküler hastalıkların perioperatif risklerini tanımlayabilmek.
- Solunum ve bulber fonksiyonları preoperatif olarak değerlendirebilmek.
- Nöromüsküler hastalıklarda anestezik ilaç ve nöromüsküler bloker kullanımının temel ilkelerini açıklayabilmek.
- Hastalığa özgü nöromüsküler bloker yanıtlarını ve önemli anestezik riskleri ayırt edebilmek.
- Kantitatif nöromüsküler monitörizasyonun perioperatif güvenlikteki önemini açıklayabilmek.
- Ekstübasyon kararını nöromüsküler derlenme, ventilasyon, öksürük ve hava yolu koruması açısından değerlendirebilmek.

- Yüksek riskli hastalarda postoperatif NIV ve yoğun bakım gereksinimini planlayabilmek.

Giriş

Nöromüsküler hastalıklar anestezi pratiğinde görece seyrek görülse de, perioperatif komplikasyon potansiyelleri hastalık prevalanslarının ötesinde önem taşır. Bu hastalarda solunum kası zayıflığı etkili öksürüğü azaltabilir, sekresyon retansiyonunu artırabilir ve postoperatif atelektazi ile pnömoniye zemin hazırlayabilir. Bulber kas tutulumu disfaji, sekresyon kontrolünde bozulma ve aspirasyon riskini artırırken; kardiyak kas veya ileti sistemi tutulumu kardiyomiyopati, aritmi ve perioperatif hemodinamik instabiliteye yol açabilir. Ayrıca nöromüsküler kavşak hastalıklarında ve bazı miyopatilerde depolarizan ve nondepolarizan nöromüsküler blokerlere yanıt öngörülemez olabilir (Butterworth et al., 2022).

Bu nedenle güvenli anestezi yaklaşımı, hastalığın tanısının bilinmesinden çok daha fazlasını gerektirir. Fonksiyonel solunum rezervinin, bulber fonksiyonun, kardiyak durumun, hastalık aktivitesinin, kullanılan ilaçların, önceki anestezi deneyimlerinin ve planlanan cerrahinin fizyolojik yükünün birlikte değerlendirilmesi gerekir (Birnkrant et al., 2007; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2024; Li et al., 2026; Thilen et al., 2023).

Perioperatif Riskin Patofizyolojik Temelleri

Solunum kası güçsüzlüğü

Diyafram, interkostal ve aksesuar solunum kaslarının zayıflığı vital kapasiteyi azaltır, inspiratuvar basınç üretimini sınırlar ve özellikle supin pozisyon, sedasyon, opioid kullanımı, rezidüel

nöromüsküler blok ve üst abdominal/torasik cerrahi ile klinik olarak belirgin hale gelebilir. Etkili öksürüğün kaybı sekresyon retansiyonu ve tekrarlayan enfeksiyonların başlıca mekanizmalarındandır. İleri musküler distrofilerde kifoskolyoz restriktif ventilatuvar bozukluğu daha da ağırlaştırabilir (Boentert et al., 2017; Butterworth et al., 2022).

Bulber disfonksiyon ve aspirasyon

Disfaji, dizartri, zayıf farengeal refleksler, sekresyonları temizleyememe, gastroözofageal motilite bozukluğu ve zayıf öksürük aspirasyon riskini artırır. Miyastenia gravis, polimiyozit, ALS, botulizm, ileri musküler distrofiler ve miyotonik distrofi bu açıdan özellikle önemlidir. Preoperatif değerlendirmede yalnızca 'aspirasyon öyküsü' değil; yemek sırasında öksürme, uzamış öğün süresi, kilo kaybı, gece sekresyon birikimi ve tekrarlayan alt solunum yolu enfeksiyonları da sorgulanmalıdır (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Kardiyak ve otonomik tutulum

Duchenne/Becker distrofilerinde kardiyomiyopati ve aritmiler; miyotonik distrofide atriyal aritmiler, kardiyomiyopati ve farklı derecelerde ileti bloğu; LEMS ve Guillain–Barré sendromunda ise otonomik disfonksiyon ön plandadır. Otonomik tutulum belirgin kan basıncı ve kalp hızı dalgalanmalarına yol açabilir. Bu nedenle hastalığa göre 12 derivasyonlu EKG, ekokardiyografi, kardiyoloji değerlendirmesi ve gerektiğinde ileri ritim incelemesi planlanmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Nöromüsküler blokerlere değişken yanıt

Nöromüsküler kavşak hastalıklarında reseptör sayısı, presinaptik asetilkolin salınımı ve kronik antikolinesteraz tedavisi nöromüsküler bloker yanıtını değiştirir. Miyastenia graviste nondepolarizan ajanlara belirgin duyarlılık görülebilirken, süksinilkoline yanıt dirençten uzamış etkiye kadar değişebilir. LEMS'de hem depolarizan hem nondepolarizan blokerlere duyarlılık artabilir. Miyopatilerde yanıtın öngörülemez olması, hiperkalemi veya miyotonik kontraksiyon riski klinik kararın merkezindedir (Butterworth et al., 2022).

Preoperatif Değerlendirme

Preoperatif değerlendirme hastalığın adını doğrulamanın ötesinde, perioperatif rezervin işlevsel haritasını çıkarmalıdır. Elektif girişimler mümkünse hastalığın stabil döneminde gerçekleştirilmelidir. Yakın dönemde yeni güçsüzlük, artmış yutma güçlüğü, enfeksiyon, hastane/yoğun bakım yatışı veya ventilasyon gereksinimi varsa optimizasyon tamamlanmadan elektif cerrahi ertelenebilir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Öykü ve fonksiyonel değerlendirme

- Hastalığın tipi, süresi, son aylardaki seyri ve günlük yaşam aktivitelerindeki değişim.
- Oküler, bulber, boyun, proksimal ve distal kas tutulumunun dağılımı.
- Disfaji, dizartri, sekresyon kontrolü, aspirasyon veya tekrarlayan pnömoni öyküsü.
- Dispne, ortopne, gece hipoventilasyonu, sabah baş ağrısı, uyku bozukluğu ve mevcut NIV kullanımı.

- Önceki entübasyon, miyastenik kriz, uzamış ventilasyon veya yoğun bakım öyküsü.
- Kardiyak semptomlar: çarpıntı, senkop/presenkop, efor intoleransı, kalp yetersizliği bulguları.
- Önceki anestezilerde uzamış apne, beklenmeyen güçsüzlük, rabdomiyoliz, hiperkalemi veya zor ekstübasyon.

Solunum değerlendirmesi

Semptomatik veya orta-ileri hastalıkta FVC/VC, inspiratuvar kas gücü, öksürük etkinliği ve gerektiğinde gaz değişimi değerlendirilmelidir. Tek bir eşik tüm nöromüsküler hastalıklara genellenemez; ileri musküler distrofide beklenen vital kapasitenin %30'unun altı yüksek postoperatif ventilasyon riskiyle ilişkilendirilirken, miyastenia graviste çok düşük vital kapasite ve inspiratuvar basınç post-timektomi ventilasyon gereksinimini öngören klasik risk göstergeleri arasında sayılmaktadır. Bu eşikler mutlak ekstübasyon kriteri değil, klinik risk sınıflamasının parçalarıdır (Boentert et al., 2017; Butterworth et al., 2022).

Laboratuvar ve kardiyak değerlendirme

Klinik bağlama göre hemogram, elektrolitler, böbrek ve karaciğer fonksiyonları, CK ve kan gazı değerlendirmesi yapılabilir. Tanısı belirsiz miyopatide sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum ve fosfat bozuklukları ile tiroid, adrenal ve diğer metabolik nedenler dışlanmalıdır. Çok yüksek CK değerleri musküler distrofi veya inflamatuvar miyopatiyi destekleyebilir ancak tek başına perioperatif riskin ölçütü değildir (Butterworth et al., 2022).

İlaçların gözden geçirilmesi

Antikolinesterazlar, kortikosteroidler, immünsüpresif ajanlar, antimyotonik ilaçlar, antiaritmikler ve solunumu baskılayabilecek ilaçlar ayrıntılı biçimde kaydedilmelidir. Miyastenia graviste bazı antibiyotikler, magnezyum, belirli kardiyovasküler ilaçlar ve nöromüsküler blokerler güçsüzlüğü artırabilir. Bu ilaçlar mutlak kontrendikasyon listesi olarak değil, klinik gereklilik ve alternatiflerle birlikte değerlendirilmelidir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Anestezi Tekniğinin Seçimi

Anestezi tekniği hastalığa özgü risk, cerrahinin yeri ve süresi, hastanın kooperasyonu ve postoperatif solunum planı temelinde bireyselleştirilmelidir. Uygun girişimlerde lokal veya rejyonal anestezi; genel anestezi, sistemik opioid ve nöromüsküler bloker gereksinimini azaltabilir. Bununla birlikte yüksek nöroaksiyel blok, solunum rezervi sınırlı hastalarda interkostal kas fonksiyonunu daha da azaltarak hipoventilasyona neden olabilir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Genel anestezi gerektiğinde ‘tek bir güvenli ajan’ yaklaşımı yerine, solunum depresyonunu en aza indiren titrasyon, hemodinamik stabilite, normotermi, aspirasyon riskinin kontrolü ve nöromüsküler bloktan mümkün olduğunca kaçınma temel ilkeler olmalıdır. Sedatif ve opioidlerin küçük dozları bile ileri nöromüsküler hastalıkta belirgin solunum depresyonuna yol açabilir (Butterworth et al., 2022).

Nöromüsküler monitörizasyon

Nöromüsküler bloker kullanılan her yüksek riskli nöromüsküler hastada objektif monitörizasyon perioperatif

güvenliğin temel bileşenidir. Kantitatif TOF ölçümü, klinik gözleme göre rezidüel blok olasılığını daha güvenilir biçimde saptar. Adduktor pollicis gibi uygun bir kas üzerinden ölçüm yapılmalı; ölçüm bölgesi cerrahi, periferik sinir hasarı veya kas atrofisi nedeniyle yanıltıcı olmayacak şekilde seçilmelidir (Gropper et al., 2024; Thilen et al., 2023).

Steroidal nondepolarizan blokerler kullanıldığında sugammadeks, uygun blok düzeyi ve dozla hızlı ve öngörülebilir geri dönüşüm sağlayabilir. Bununla birlikte nöromüsküler hastalığın kendisi nedeniyle objektif monitörizasyon yine zorunludur. Antikolinesterazlarla revers özellikle miyotonik bozukluklarda miyotoniyi tetikleyebileceğinden dikkatle ele alınmalıdır. Ekstübasyon kararı yalnızca baş kaldırma, el sıkma veya tidal volüm gibi klinik testlere değil; objektif nöromüsküler derlenme, yeterli spontan ventilasyon, etkili öksürük ve hava yolu korumasına dayanmalıdır (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024; Thilen et al., 2023).

Miyastenia Gravis

Patofizyoloji ve klinik özellikler

Miyastenia gravis, postsinaptik nöromüsküler kavşakta nikotinik asetilkolin reseptörlerinin otoimmün yıkımı veya işlev kaybı ile karakterize, dalgalanan kas güçsüzlüğü ve çabuk yorulmayla seyreden bir hastalıktır. Jeneralize MG'de asetilkolin reseptör antikorları hastaların büyük çoğunluğunda saptanabilir. Hastalık oküler bulgularla sınırlı kalabileceği gibi bulber, boyun, proksimal ekstremite ve solunum kaslarını tutabilir. Bulber tutulum; çiğneme-yutma güçlüğü, dizartri, sekresyon temizliğinde yetersizlik

ve aspirasyonla ilişkilidir (Bodkin & Pascuzzi, 2021; Butterworth et al., 2022).

Preoperatif optimizasyon

Elektif cerrahi mümkünse klinik olarak stabil dönemde planlanmalıdır. Son dönemdeki hastalık aktivitesi, tutulan kas grupları, önceki kriz/ventilasyon öyküsü, mevcut ilaçlar ve eşlik eden hastalıklar değerlendirilmelidir. Solunum veya belirgin orofaringeal güçsüzlüğü bulunan hastalarda nöroloji ile birlikte intravenöz immünoglobulin veya plazmaferez gibi optimizasyon seçenekleri değerlendirilebilir. Antikolinesteraz ve immünsüpresif tedavinin perioperatif yönetimi hastalığın şiddeti ve cerrahi süresine göre bireyselleştirilmelidir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Anestezik ilaçlar ve nöromüsküler blok

Opioid ve benzodiazepinlere solunumsal duyarlılık nedeniyle premedikasyon azaltılmalı veya verilmemelidir. Propofol ve opioidlerin küçük dozlarında dahi belirgin solunum depresyonu görülebilir. Nöromüsküler bloker gerekmiyorsa kullanılmaması rasyonel bir stratejidir. Nondepolarizan ajanlara duyarlılık belirgin olabilir; çok küçük dozlar dahi ileri blok oluşturabileceğinden kısa/orta etkili ajanlar azaltılmış ve titre edilmiş dozlarda, kantitatif monitörizasyon eşliğinde verilmelidir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Süksinilkoline yanıt MG'de öngörülemez; reseptör azalmasına bağlı göreceli direnç ile kronik antikolinesteraz tedavisine bağlı uzamış etki aynı hastalık spektrumunda görülebilir. Bu nedenle rutin bir tercih olarak görülmemeli; kullanılacaksa

hastanın tedavisi ve nöromüsküler fizyolojisi göz önüne alınmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Postoperatif ventilasyon ve ekstübasyon

MG hastaları postoperatif solunum yetersizliği açısından risk altındadır. Timektomi sonrası ventilasyon ihtiyacı için klasik risk göstergeleri arasında hastalık süresinin altı yıldan uzun olması, eşlik eden pulmoner hastalık, belirgin düşük inspiratuvar basınç, çok düşük vital kapasite ve yüksek günlük piridostigmin gereksinimi yer almaktadır. Güncel pratikte bu değişkenler klinik bağlam, cerrahi yük ve objektif nöromüsküler derlenme ile birlikte yorumlanmalıdır (Bodkin & Pascuzzi, 2021; Butterworth et al., 2022).

Ekstübasyon öncesinde hasta tam uyanık olmalı, yeterli ventilasyon ve oksijenasyonu sürdürmeli, sekresyonları temizleyebilmeli ve hava yolunu koruyabilmelidir. Bulber güçsüzlük, zayıf öksürük, hipoventilasyon veya rezidüel blok varsa ekstübasyon ertelenmeli; gerektiğinde planlı postoperatif NIV veya invaziv ventilasyon uygulanmalıdır (Gropper et al., 2024; Thilen et al., 2023).

Lambert–Eaton Miyastenik Sendromu ve Paraneoplastik Nöromüsküler Sendromlar

Lambert–Eaton miyastenik sendromu

LEMS, presinaptik voltaj bağımlı kalsiyum kanallarına karşı gelişen antikorların asetilkolin salınımını azaltmasıyla ortaya çıkar. Proksimal güçsüzlük çoğunlukla alt ekstremitelerde başlar; tekrarlayan aktiviteyle güçte geçici artış MG'den ayırıcı bir özelliktir. Ağız kuruluğu, erektil disfonksiyon ve ortostatik yakınmalar gibi otonomik bulgular sıktır. Küçük hücreli akciğer

kanseriyle güçlü ilişki nedeniyle malignite değerlendirmesi önemlidir (Bodkin & Pascuzzi, 2021; Butterworth et al., 2022).

LEMS'de hem depolarizan hem nondepolarizan nöromüsküler blokerlere belirgin duyarlılık görülebilir. Gerektiğinde blokerler küçük artışlarla ve yakın kantitatif monitörizasyonla uygulanmalıdır. Belirgin debilite nedeniyle benzodiazepin, opioid ve diğer sedatif ilaçların etkisi abartılı olabilir. Otonomik disfonksiyon perioperatif hipotansiyon ve ritim değişikliklerini ağırlaştırabilir (Bodkin & Pascuzzi, 2021; Butterworth et al., 2022).

Polimiyozit, nöromiyotoni ve stiff-person sendromu

Polimiyozitte proksimal kas güçsüzlüğüne orofaringeal tutulum, disfaji, aspirasyon ve tekrarlayan pnömoniler eşlik edebilir; ileti sistemi tutulumu aritmi riskini artırabilir. Nöromiyotonide periferik sinir hipereksitabilitesi; sürekli kas aktivitesi, kramplar, sertlik ve hiperhidrozla seyredebilir. Stiff-person sendromunda aksiyal rijidite ve ağrılı spazmlar ciddi postüral deformiteye yol açabilir. Bu grupta anestezik plan hastalık şiddeti, solunum rezervi ve kronik ilaçların etkileri temelinde oluşturulmalı; nöromüsküler blokerler dikkatle titre edilmelidir (Butterworth et al., 2022).

Enfeksiyöz Motor Nöronopatiler

Akut flask paralizi

Viral alt motor nöron tutulumu ile gelişen akut flask paralizi, hızla ilerleyen güçsüzlük ve solunum yetmezliğiyle seyredebilir. Bu hastalar anesteziyoloji ekibiyle çoğunlukla ameliyathane dışı alanlarda, acil hava yolu yönetimi veya yoğun bakım ventilasyonu sırasında karşılaşır. Bulber ve solunum tutulumu aspirasyon ve ventilatuvar yetersizlik riskini belirler (Butterworth et al., 2022).

Tetanoz

Tetanozda tetanospazminin inhibitör nöronal kontrolü bozması yaygın rijidite, uyaranla tetiklenen ağrılı spazmlar ve ağır otonomik hiperaktiviteye neden olabilir. Faringeal ve torasik kas spazmları hava yolu obstrüksiyonu ve solunum yetmezliği oluşturabilir. Anestezi ekibinin rolü hava yolu güvenliği, mekanik ventilasyon, spazm kontrolü ve otonomik instabilitenin yönetimini içerir (Butterworth et al., 2022).

Botulizm

Botulinum toksini presinaptik asetilkolin salınımını inhibe eder. Klinik tablo kraniyal sinir/bulber bulgularla başlayan ve aşağı doğru ilerleyen simetrik flask paralizi ile karakterizedir. Solunum desteği haftalar veya aylar sürebilir. Cerrahi zorunluluğunda nöromüsküler bloker gereksinimi çoğu zaman azalır; kullanılması gerekiyorsa düşük doz ve objektif monitörizasyon esastır. Sedatif ve opioidler ileri solunum depresyonu açısından son derece dikkatli titre edilmelidir (Butterworth et al., 2022).

Guillain–Barré Sendromu

Guillain–Barré sendromu, periferik sinir ve kökleri etkileyen immün aracılı, çoğunlukla simetrik yükselen güçsüzlükle seyreden akut bir nöromüsküler acildir. Hastaların önemli bir bölümünde solunum kası tutulumu mekanik ventilasyon gerektirebilir. Disotonomi; kan basıncı ve kalp hızında belirgin dalgalanmalara neden olabilir (Butterworth et al., 2022).

Perioperatif yaklaşımda solunum rezervi, bulber fonksiyon ve otonomik instabilite değerlendirilmelidir. Nöromüsküler blokerler mümkün olduğunca azaltılmalı ve kullanılırsa yakın monitörize edilmelidir. Denervasyon durumlarında süksinilkoline

bağlı hiperkalemi riski göz önünde bulundurulmalıdır. Anksiyolitik ve opioidler solunum depresyonu nedeniyle küçük dozlarda ve yoğun izlem altında uygulanmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Amyotrofik lateral skleroz

Amyotrofik lateral skleroz (ALS), üst ve alt motor nöronların ilerleyici dejenerasyonu sonucu gelişen, ağrısız fakat progresif güçsüzlükle seyreden bir hastalıktır. Bulber tutulum ve solunum kası zayıflığı ilerledikçe aspirasyon, sekresyon retansiyonu ve ventilatuvar yetersizlik riski artar. Anestezi planında temel hedef mevcut solunum fonksiyonunu korumak ve postoperatif ventilasyon gereksinimini önceden öngörmektir (Butterworth et al., 2022; Norris et al., 2020).

Sedasyon ve opioidler dikkatle titre edilmeli; mümkünse spontan ventilasyonu ve hava yolu reflekslerini koruyan teknikler seçilmelidir. Nöromüsküler bloker kullanımı zorunluysa doz ve etki objektif olarak izlenmelidir. İleri bulber veya solunum tutulumu bulunan hastalarda ekstübasyon sonrası NIV'ye erken geçiş veya planlı invaziv ventilasyon seçenekleri cerrahi öncesinde hasta ve ekip ile tartışılmalıdır (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024; Norris et al., 2020).

Musküler Distrofiler

Ortak perioperatif sorunlar

Musküler distrofiler kas liflerinde dejenerasyon ve ilerleyici güçsüzlükle seyreden kalıtsal hastalıklardır. Solunum kası zayıflığı etkili öksürüğü bozar; kifoskolyoz restriktif ventilatuvar defekti artırır. Kardiyak tutulum bazı alt tiplerde belirgin kardiyomiyopati veya aritmi şeklinde ortaya çıkabilir. Aspirasyon, postoperatif

mobilizasyon güçlüğü ve bası/pozisyon yaralanmaları da perioperatif planın parçasıdır (Butterworth et al., 2022).

Duchenne ve Becker musküler distrofileri

Duchenne musküler distrofi distrofin bozukluğuna bağlı, X'e bağlı resesif ve progresif bir distrofidir; Becker fenotipi daha geç başlangıçlı ve genellikle daha yavaş ilerleyicidir. İleri hastalıkta kifoskolyoz, restriktif solunum bozukluğu, sekresyon temizliğinde yetersizlik, pulmoner hipertansiyon, kardiyomiyopati ve aritmiler görülebilir. Becker'de kardiyomiyopati iskelet kası güçsüzlüğünden önce belirginleşebilir (Butterworth et al., 2022).

Süksinilkolin Duchenne ve Becker distrofilerinde ciddi hiperkalemi ve rabdomiyoliz riski nedeniyle kullanılmamalıdır. Volatil anestezikler de Duchenne'de anesteziye bağlı rabdomiyoliz ve hiperkalemiyle ilişkilendirilmiştir; bu nedenle güncel yaklaşımda tetikleyici ajanlardan kaçınan total intravenöz anestezi sıklıkla tercih edilir. Bu tablo klasik malign hipertermi ile aynı patofizyolojik durum olarak kabul edilmemelidir (Birnkrant et al., 2007; Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Nondepolarizan nöromüsküler blokerlere yanıt normalden belirgin artmış duyarlılığa kadar değişebilir. Kullanım gerekiyorsa azaltılmış/titre doz, kantitatif monitörizasyon planlanmalıdır. Solunum fonksiyonu ileri derecede azalmış hastalarda postoperatif NIV veya mekanik ventilasyon ihtimali ameliyat öncesinde planlanmalıdır (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Fasiyoskapulohumeral ve limb-girdle distrofiler

Fasiyoskapulohumeral distrofi çoğunlukla yüz ve omuz kuşağı kaslarını etkiler; solunum kası ve kardiyak tutulum genellikle Duchenne kadar belirgin değildir. Limb-girdle distrofi ise heterojen

bir hastalık grubudur; omuz ve/veya kalça kuşağı güçsüzlüğüne bazı alt tiplerde kardiyak ve solunumsal tutulum eşlik edebilir. Fenotipik değişkenlik nedeniyle 'hafif distrofi' varsayımıyla standart doz sedatif, opioid veya nöromüsküler bloker kullanmak yerine bireysel organ tutulumuna göre plan yapılmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Miyotonik Distrofi

Miyotonik distrofi yalnızca bir kas hastalığı değil, multisistemik bir bozukluktur. Miyotoniye ilerleyici kas güçsüzlüğü ve atrofi; uyku apnesi ve hipersomnolans, azalmış vital kapasite, gastrointestinal hipomotilite ve aspirasyon eğilimi, endokrin bozukluklar, kardiyomiyopati, atriyal aritmiler ve ileti blokları eşlik edebilir. Kardiyak ileti bozukluğu kas semptomlarından önce ortaya çıkabileceğinden asemptomatik hastada dahi EKG değerlendirmesi önemlidir (Butterworth et al., 2022).

Bu hastalar opioid, sedatif ve intravenöz/inhalasyon anesteziklerinin solunum depresan etkilerine belirgin duyarlılık gösterebilir; küçük dozlar uzamış apneye yol açabilir. Premedikasyon mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Süksinilkolin diyafram, göğüs duvarı veya larenks kaslarında yoğun miyotonik kontraksiyon oluşturarak ventilasyonu imkânsız hale getirebileceğinden kaçınılmalıdır. Soğuk, titreme, mekanik veya elektriksel uyarı miyotoniyi tetikleyebilir; aktif normotermi önemlidir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Nondepolarizan blokerler miyotonik kontraksiyonu güvenilir biçimde ortadan kaldırmaz. Antikolinesterazlar miyotoniyi artırabileceğinden, gerekiyorsa kısa/orta etkili ajanların dikkatli dozlanması ve uygun olgularda sugammadeks temelli strateji tercih edilmelidir. Postoperatif dönemde uzamış hipoventilasyon,

atelektazi, aspirasyon, pnömoni ve aritmiler açısından yakın izlem gerekir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024; Thilen et al., 2023).

Nondistrofik Miyotoniler

Miyotoni konjenita ve paramiyotoni konjenita iskelet kası iyon kanalı bozukluklarıdır. Paramiyotonide soğuk maruziyetiyle sertlik ve bazen güçsüzlük artar. Anestezik açıdan başlıca sorunlar süksinilkoline anormal yanıt, intraoperatif miyotonik kontraksiyonlar, trismus ve hipoterminin semptomları tetiklemesidir. Bu hastalıklarda anestezi sırasında görülen aşırı kas kontraksiyonu her zaman malign hipertermi olarak yorumlanmamalı; miyotoni alevlenmesi ayırıcı tanıda düşünülmelidir (Bandschapp & Iaizzo, 2013; Butterworth et al., 2022).

Normotermi korunmalı, mekanik uyarılar azaltılmalı ve nöromüsküler bloker gereksinimi dikkatle değerlendirilmelidir. Refrakter lokal miyotonik kontraksiyonlarda cerrahi sahadaki kaslara düşük konsantrasyonlu lokal anestezik infiltrasyonu bazı olgularda yararlı olabilir (Bandschapp & Iaizzo, 2013; Butterworth et al., 2022).

Periyodik Paraliziler

Periyodik paraliziler, kas membran eksitabilitesinin iyon kanalı bozuklukları nedeniyle geçici olarak kaybolduğu hastalıklardır. Hipokalemik ve hiperkalemik formlar yanında tirotoksik ve sekonder formlar bulunur. Ataklar çoğunlukla çocukluk veya genç yaşta başlar; hipotermi atak sıklığı ve şiddetini artırabilir (Bandschapp & Iaizzo, 2013; Butterworth et al., 2022).

Perioperatif yönetimin temel amacı atağı tetiklememektir. Serum potasyumu sık aralıklarla izlenmeli ve anormallikler düzeltilmeli; EKG ile aritmi takibi yapılmalıdır. Hipokalemik paralizide glukoz içeren sıvılar, hiperventilasyon ve serum potasyumunu hücre içine kaydıran ilaçlar mümkün olduğunca azaltılmalıdır. Hiperkalemik paralizide süksinilkolin kontrendikedir. Nöromüsküler bloker yanıtı öngörülemez olduğundan kantitatif monitörizasyon kullanılmalı ve normotermi korunmalıdır (Bandschapp & Iaizzo, 2013; Butterworth et al., 2022).

İntraoperatif Yönetim: Pratik Çerçeve

İntraoperatif yönetimin temel riskleri, önerilen yaklaşım ve yüksek risk göstergeleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1 İntraoperatif Yönetim

Alan	**Temel Risk**	**Önerilen Yaklaşım**	**Yüksek Risk Göstergesi**
Hava yolu/ aspirasyon	Bulber zayıflık, disfaji	Aspirasyon riskini belirle; hava yolu korumasını planla	Sekresyon kontrolünde bozulma, tekrarlayan aspirasyon
Solunum	Kas güçsüzlüğü, restriksiyon	FVC/VC ve klinik rezerv; opioid-sedatifleri titre et	NIV öyküsü, ortopne, zayıf öksürük
Kardiyak	Kardiyomiyopati/ aritmi	EKG; hastalığa göre EKO/ritim değerlendirmesi	Senkop, ileti bloğu, düşük EF
NMBA	Değişken/uzamış yanıt	Gerekmiyorsa kaçın; gerekiyorsa düşük/titre doz + kantitatif TOF	MG, LEMS, ileri miyopati
Isı	Miyotoni tetiklenmesi	Aktif normotermi; titremeyi önle	Miyotonik distrofi, paramiyotoni, periyodik paralizi
Postoperatif bakım	Hipoventilasyon/ aspirasyon	PACU/ICU; erken NIV, öksürük desteği	Bulber tutulum, düşük solunum rezervi, majör cerrahi

Postoperatif Bakım

Postoperatif dönemde en önemli komplikasyonlar hipoventilasyon, üst hava yolu obstrüksiyonu, rezidüel nöromüsküler blok, atelektazi, aspirasyon ve pnömonidir. Kardiyak tutulumlu hastalarda aritmi ve kalp yetersizliği de izlem hedefidir. Yüksek riskli hastalar standart derlenme ünitesi yerine uzatılmış PACU izlemi veya yoğun bakım gerektirebilir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Analjezi multimodal ve opioid koruyucu planlanmalıdır. Rejyonal teknikler, parasetamol ve uygun hastalarda diğer nonopioid ajanlar opioid gereksinimini azaltabilir. Önceden NIV kullanan hastalarda cihazın erken postoperatif dönemde yeniden başlanması; zayıf öksürüğü olanlarda fizyoterapi, mekanik öksürük desteği veya sekresyon temizleme stratejilerinin sürdürülmesi önemlidir (Auger et al., 2017; Birnkrant et al., 2007; Bodkin & Pascuzzi, 2021; Buu, 2017; Gropper et al., 2024).

Ekstübasyon İçin Hastalığa Özgü Değil, Fonksiyona Dayalı Yaklaşım

Nöromüsküler hastada ekstübasyon ‘uyanık mı?’ sorusuyla sınırlandırılmamalıdır. Aşağıdaki bileşenler birlikte değerlendirilmelidir:

- Hemodinamik stabilite ve yeterli oksijenasyon/ventilasyon.
- Kantitatif nöromüsküler monitörizasyonla yeterli derlenmenin doğrulanması.
- Etkili spontan solunum ve kabul edilebilir solunum işi.
- Sekresyonları temizleyebilecek öksürük gücü.

- Yeterli bulber fonksiyon ve hava yolu koruma kapasitesi.
- Postoperatif analjezi planının aşırı sedasyona yol açmaması.
- Gerekli hastada ekstübasyon sonrası NIV ve yakın izlem olanağının hazır olması.

Bu ölçütlerden bir veya birkaçının karşılanmaması durumunda planlı ventilasyon, başarısız ekstübasyon ve acil reentübasyondan daha güvenli olabilir (Gropper et al., 2024; Thilen et al., 2023).

Klinik Yönetim Algoritması

1. Tanıyı, fenotipi, hastalık şiddetini ve son dönem seyrini belirle.
2. Bulber fonksiyon, disfaji, aspirasyon ve sekresyon temizleme kapasitesini değerlendir.
3. Solunum rezervini klinik olarak ve gerektiğinde FVC/VC, inspiratuvar güç ve gaz değişimiyle değerlendir.
4. Hastalığa özgü kardiyak/otonomik tutulum için EKG ve gerekli ileri incelemeleri yap.
5. Mevcut ilaçları ve nöromüsküler iletimi etkileyebilecek etkileşimleri gözden geçir.
6. Uygun cerrahide lokal/rejyonal ve opioid koruyucu teknikleri değerlendir.
7. Genel anestezide sedatif ve opioidleri dikkatle titre et; normotermiyi koru.

8. NMBA gerekmiyorsa kullanma; gerekiyorsa hastalığa göre azaltılmış/titre doz ve kantitatif TOF kullan.
9. Geri döndürmeyi blok düzeyine ve hastalığa göre planla; objektif derlenmeyi doğrula.
10. Ekstübasyonu ventilasyon, öksürük, bulber fonksiyon ve objektif nöromüsküler derlenmeye dayandır.
11. Yüksek riskte PACU/yoğun bakım, erken NIV ve öksürük desteğini ameliyat öncesinde planla.

Tartışma

Nöromüsküler hastalıklar yalnızca ‘kas hastalıkları’ olarak değil; solunum, aspirasyon, kardiyak/otonomik ve farmakodinamik risklerin kesiştiği bir perioperatif sendromlar grubu olarak ele alınmalıdır. Aynı nöromüsküler blokerin farklı hastalıklarda tamamen farklı sonuçlar doğurabileceği unutulmamalıdır. MG’de postsinaptik reseptör kaybı nondepolarizan blok duyarlılığını artırırken, LEMS’de presinaptik asetilkolin salınım bozukluğu hem depolarizan hem nondepolarizan ajanlara duyarlılığı artırabilir. Distrofilerde ise asıl tehlike yalnız blok süresi değil, süksinilkolin ve bazı anestezik maruziyetlerle gelişebilen hiperkalemi/rabdomiyoliz tablosudur (Butterworth et al., 2022).

Güncel perioperatif güvenlik yaklaşımı bu hastalık-spesifik bilgiyi kantitatif nöromüsküler monitörizasyonla birleştirir. Klinik kas gücü testleri rezidüel blok açısından yeterli duyarlılığa sahip değildir. Bu nedenle özellikle preoperatif kas güçsüzlüğü bulunan hastada objektif ölçüm, geri döndürme ve ekstübasyon kararlarının merkezine yerleştirilmelidir (Gropper et al., 2024; Thilen et al., 2023).

Bir diğer önemli nokta, postoperatif solunum yetersizliğinin çoğu zaman tek bir faktörden kaynaklanmamasıdır. Bazal kas güçsüzlüğü, cerrahi ağrı, supin pozisyon, opioid/sedatif etkisi, rezidüel blok, sekresyon retansiyonu ve aspirasyon birbirini güçlendiren bir zincir oluşturur. Bu nedenle başarılı perioperatif yönetim, uygun anestezik ajan seçiminden çok, ameliyat öncesinden başlayan ve postoperatif ventilasyon planına uzanan çok bileşenli bir strateji gerektirir (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2024).

Sonuç

Nöromüsküler hastalıklarda anestezi yönetiminin ana hedefi, hastalığa özgü nöromüsküler fizyolojiyi hastanın gerçek fonksiyonel rezerviyle birleştirmektir. Solunum ve bulber fonksiyon, aspirasyon riski, kardiyak/otonomik tutulum ve nöromüsküler bloker yanıtı sistematik olarak değerlendirilmelidir. MG ve LEMS'de nöromüsküler blokerlere aşırı veya öngörülemez yanıt; Duchenne/Becker'de hiperkalemi ve rabdomiyoliz; miyotonik bozukluklarda miyotoni ve solunum depresyonu; periyodik paralizilerde potasyum ve ısı değişiklikleri perioperatif planı doğrudan belirler. Kantitatif nöromüsküler monitörizasyon, normotermi, opioid koruyucu analjezi ve fonksiyona dayalı ekstübasyon yaklaşımı güvenli bakımın temelini oluşturur. Yüksek riskli hastalarda postoperatif NIV veya invaziv ventilasyon olasılığı ameliyattan önce planlanmalıdır (Birnkrant et al., 2007; Butterworth et al., 2022; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2024; Li et al., 2026; Thilen et al., 2023).

Klinik Anahtar Noktalar

- Nöromüsküler hastalıkta perioperatif riskin merkezinde solunum rezervi ve bulber fonksiyon vardır.

- Kas güçsüzlüğü olan hastada normal SpO2, yeterli ventilatuvar rezervi garanti etmez.
- Nöromüsküler bloker gerekmiyorsa kullanılmaması birçok hastada güvenli bir stratejidir.
- NMBA gerekiyorsa azaltılmış/titre doz ve kantitatif TOF monitörizasyonu tercih edilmelidir.
- MG'de nondepolarizan blokerlere belirgin duyarlılık; LEMS'de depolarizan ve nondepolarizan ajanlara duyarlılık görülebilir.
- Duchenne/Becker distrofilerinde süksinilkolin kullanılmamalıdır; volatil ajan ilişkili rabdomiyoliz riski ayrıca dikkate alınmalıdır.
- Miyotonik distrofide süksinilkolin, hipotermi/titreme ve antikolinesterazla geri döndürme miyotoniyi ağırlaştırabilir.
- Periyodik paralizide potasyum ve çekirdek ısı yakın izlenmelidir.
- Ekstübasyon kararı uyanıklık kadar objektif nöromüsküler derlenme, etkili öksürük ve hava yolu korumasına dayanmalıdır.
- Postoperatif solunum desteği ihtimali yüksek hastada NIV/yoğun bakım planı ameliyat öncesinde oluşturulmalıdır.

Kaynakça

Auger, C., Hernando, V., & Galmiche, H. (2017). Use of Mechanical Insufflation-Exsufflation Devices for Airway Clearance in Subjects With Neuromuscular Disease. *Respiratory Care, 62*(2), 236–245. doi: 10.4187/respcare.04877

Bandschapp, O., & Iaizzo, P. A. (2013). Pathophysiologic and anesthetic considerations for patients with myotonia congenita or periodic paralyses. *Paediatric Anaesthesia, 23*(9), 824–833. doi: 10.1111/pan.12217

Birnkrant, D. J., Panitch, H. B., Benditt, J. O., Boitano, L. J., Carter, E. R., Cwik, V. A., Finder, J. D., Iannaccone, S. T., Jacobson, L. E., Kohn, G. L., Motoyama, E. K., Moxley, R. T., Schroth, M. K., Sharma, G. D., & Sussman, M. D. (2007). American College of Chest Physicians consensus statement on the respiratory and related management of patients with Duchenne muscular dystrophy undergoing anesthesia or sedation. *Chest, 132*(6), 1977–1986. doi: 10.1378/chest.07-0458

Bodkin, C., & Pascuzzi, R. M. (2021). Update in the Management of Myasthenia Gravis and Lambert-Eaton Myasthenic Syndrome. *Neurologic Clinics, 39*(1), 133–146. doi: 10.1016/j.ncl.2020.09.007

Boentert, M., Wenninger, S., & Sansone, V. A. (2017). Respiratory involvement in neuromuscular disorders. *Current Opinion in Neurology, 30*(5), 529–537. doi: 10.1097/WCO.0000000000000470

Butterworth, J. F. IV., Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (Eds.). (2022). Inhalation anesthetics (Chapter 8). In: *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology.* 7th ed. McGraw Hill.

https://archive.org/details/morgan-and-mikhail-clinical-anesthesiology-7th-ed-2022/

Buu, M. C. (2017). Respiratory complications, management and treatments for neuromuscular disease in children. *Current Opinion in Pediatrics, 29*(3), 326–333. doi: 10.1097/MOP.0000000000000498

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia.* 9th ed. Wolters Kluwer. https://anesthesiology.lwwhealthlibrary.com/book.aspx?bookid=3285

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2024). *Miller's Anesthesia.* 10th ed. Elsevier.

Li, Y., Luo, F., & Chin, J. W. E. (2026). Perspective Chapter: Anesthesia Management Strategy for Patients with Myasthenia Gravis. In: S. M. Carmignano & E. Ancona (Eds.), *Immunogenetic Signatures and Personalized Management of Myasthenia Gravis [Working Title]*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.1014850

Norris, S. P., Likanje, M. N., & Andrews, J. A. (2020). Amyotrophic lateral sclerosis: update on clinical management. *Current Opinion in Neurology, 33*(5), 641–648. doi: 10.1097/WCO.0000000000000864

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report

by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379

BÖLÜM 29

RENAL FİZYOLOJİ, ANESTEZİ VE MONİTÖRİZASYON

GÖKHAN ASLAN [1]

Özet

Perioperatif renal fizyoloji; böbrek kan akımı, glomerüler filtrasyon, sıvı-elektrolit ve asit-baz homeostazı ile renal endokrin fonksiyonların anestezi ve cerrahi sırasında nasıl değiştiğini kapsar. Böbrek fonksiyonunun korunmasında temel yaklaşım; akut böbrek hasarı (ABH) riskinin önceden belirlenmesi, yeterli organ perfüzyonunun sağlanması, sıvı tedavisinin bireyselleştirilmesi, nefrotoksik maruziyetlerin azaltılması ve yüksek riskli hastaların erken izlenmesidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026; Saugel et al., 2025).

2026 KDIGO AKI/AKD güncelleme taslağı, ABH değerlendirmesinde yalnız serum kreatinine değil; kreatinin ve/veya

[1] Uzm. Dr., İstanbul Arnavutköy Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-7695-1481

sistatin C, idrar çıkışı ve uygun klinik durumlarda doğrulanmış yapısal biyobelirteçlere dayalı daha geniş bir yaklaşım önermektedir. Bu belge Mart 2026 tarihli kamu değerlendirme taslağıdır ve nihai kılavuz değildir; kitap bölümünde bu nedenle taslak öneriler kesin kılavuz hükmü olarak sunulmamıştır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Öğrenme Hedefleri

- Renal fizyolojinin anestezi açısından temel ilkelerini açıklamak.
- Perioperatif ABH riskini sistematik değerlendirmek.
- Kreatinin, eGFR, sistatin C ve idrar çıkışını klinik bağlamda yorumlamak.
- Böbrek fonksiyon bozukluğunda ilaç dozlamasını ve nöromüsküler blok yönetimini planlamak.
- Hemodinamik ve sıvı yönetimi ile böbrek korunmasını sağlamak.
- Kronik böbrek hastalığı ve diyaliz hastasında perioperatif yaklaşımı planlamak.

Renal Anatomi ve Fizyoloji

Böbreğin fonksiyonel birimi nefrondur. Her böbrek, idrar oluşumundan sorumlu yaklaşık 1 milyon nefron içerir. Kortikal ve jukstamedüller nefronların birlikte oluşturduğu nefron ağı; glomerüler filtrasyon, tübüler geri emilim ve sekresyon yoluyla idrar oluşumunu sağlar. Böbrekler sıvı-elektrolit dengesinin yanı sıra metabolitlerin uzaklaştırılması, renin ve eritropoietin üretimi, D vitamininin aktifleşmesi, asit-baz dengesi ve kan basıncının

düzenlenmesinde rol oynar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Perioperatif renal fonksiyon; renal kan akımı, glomerüler filtrasyon basıncı, sempatik aktivite, renin-anjiotensin-aldosteron sistemi ve antidiüretik hormon yanıtından etkilenir. Anestezi indüksiyonu, cerrahi stres, kanama, hipovolemi ve hipotansiyon bu dengeyi değiştirebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Renal Kan Akımı ve Glomerüler Filtrasyon

Böbrekler yüksek kan akımına sahip organlardır ve kardiyak outputun yaklaşık %20'isin alırlar. Böbreklerde glomerüler filtrasyon, renal perfüzyon ile glomerüler kapiller hidrostatik basınç arasındaki dengeye bağlıdır. Hidrostatik basınç glomerüler filtrasyonun temel belirleyicisidir. Sempatik aktivasyon ve sistemik hemodinamik bozulma renal vasküler direnci artırarak renal kan akımını ve GFR'yi azaltabilir (Gropper et al., 2025).

Perioperatif dönemde amaç belirli bir idrar miktarını zorunlu olarak sağlamak değil, hastanın intravasküler hacmini, arteriyel basıncını ve doku perfüzyonunu uygun düzeyde tutmaktır. Renal fonksiyonları bozmadan anestezi idamesi sağlamaktır (Cullen et al., 2023; Saugel et al., 2025).

Vücut Sıvıları ve Renal Homeostaz

Total vücut suyu yaş, cinsiyet ve vücut kompozisyonuna göre değişir. Perioperatif sıvı yönetiminin amacı yalnızca idrar çıkışını artırmak değil; intravasküler hacmi, doku perfüzyonunu, elektrolitleri ve asit-baz dengesini birlikte korumaktır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Saugel et al., 2025).

- Hipotansiyon renal perfüzyonu ve GFR'yi azaltabilir. Akut böbrek yetmezliğini kötüleştirebilir.
- Sıvı tedavisi hastanın volüm durumu, hemodinamik yanıtı ve doku perfüzyon bulgularına göre titre edilmelidir. Sıvı tedavisi non-invaziv ve invaziv hemodinamik monitörizasyonla takip edilmelidir.
- Aşırı sıvı yükü pulmoner ve doku ödemi ile ilişkilidir ve özellikle kritik hastalarda olumsuz sonuçlara katkıda bulunabilir. Kalp yetmezliği ve solunum yetmezliğini derinleştirebilir.
- İdrar çıkışı tek başına renal fonksiyonun yeterli fonksiyonel göstergesi değildir; kreatinin/sistatin C trendi ve klinik durumla birlikte değerlendirilmelidir. Hem pediatrik hem de erişkin böbrek yetmezliğinde kreatinin ve sistatin C takibi önerilir (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

2025 ESAIC hemodinamik yönetim önerileri, sıvının yalnızca hasta sıvıya yanıtlı olduğu için verilmemesini; hipovolemi veya doku hipoperfüzyonunu düşündüren klinik/metabolik bulgular olduğunda verilmesini desteklemektedir. Aktif ve pasif testlerle sıvı yanıtı iyi değerlendirilmelidir. Hipotansiyon durumunda renal, kardiyak ve metabolik durum göz önünde bulundurulmalıdır (Saugel et al., 2025).

Akut Böbrek Hasarı: Perioperatif Risk

Perioperatif ABH; önceden kronik böbrek hastalığı veya düşük renal rezerv, ileri yaş ve çoklu komorbidite, sepsis, kanama, hipovolemi, düşük kardiyak debi, majör kardiyak/ vasküler/

abdominal cerrahi, nefrotoksik ilaçlar, kontrast maruziyeti ve uzamış hipotansiyon gibi birçok faktörün etkileşimiyle gelişebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026; Saugel et al., 2025).

- Önceden kronik böbrek hastalığı veya düşük renal rezerv.
- İleri yaş ve çoklu komorbidite.
- Sepsis, kanama, hipovolemi ve düşük kardiyak debi.
- Majör kardiyak, vasküler veya abdominal cerrahi.
- Nefrotoksik ilaçlar ve kontrast maruziyeti.
- Uzamış perioperatif hipotansiyon.

Risk değerlendirmesinde tek bir laboratuvar değeri yerine hastanın başlangıç renal fonksiyonu, operasyon süresi, hemodinamik rezervi, sıvı dengesi, kan kaybı miktarı, cerrahinin büyüklüğü ve potansiyel nefrotoksik maruziyetleri birlikte değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026; Saugel et al., 2025).

ABH Tanımı ve Erken Tanı

2026 KDIGO kamu değerlendirme taslağında ABH; uygun klinik bağlamda 7 gün içinde ortaya çıkan böbrek fonksiyon veya yapısal bozukluklarının varlığıyla tanımlanmaktadır. Fonksiyonel kriterler arasında serum kreatinin artışı, serum sistatin C artışı ve belirli süre devam eden oligüri yer almakta; klinik olarak doğrulanmış yapısal biyobelirteçler de tanımlamaya dahil edilmektedir (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Taslak, serum kreatininin daha az doğru olduğu klinik durumlarda sistatin C'nin ABH tanımlamasına yardımcı olmasını önermektedir. Bu yaklaşım henüz nihai kılavuz olmadığı için kurum protokollerine doğrudan zorunlu kriter olarak aktarılmamalıdır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

- Başlangıç serum kreatinin değerini belirle.
- Kreatinin trendini tek ölçümden daha önemli kabul et.
- 48 saatte 0,3 mg/dl üzerindeki kreatinin artışı veya 7 gün içinde 1,5 kat artış ABH düşündürür.
- İdrar çıkışını seri olarak izle (6 saatte 0,5 ml/kg/st'in altında idrar çıkımı ABH).
- eGFR'yi akut ve hızla değişen renal fonksiyonda dikkatle yorumla.
- Kreatinin korelasyonu bozulmuş olanlarda sistatin C ve doğrulanmış biyobelirteçleri değerlendir.
- ABH riski yüksek hastalarda erken klinik ve laboratuvar izlemi başlat.

Renal Fonksiyonun Preoperatif Değerlendirilmesi

Preoperatif değerlendirmede serum kreatinin, eGFR, elektrolitler, asit-baz durumu ve gerektiğinde idrar analizi değerlendirilmelidir. Akut değişikliklerde eGFR formülleri gerçek zamanlı GFR değişimini yansıtmakta yetersiz kalabileceğinden kreatinin trendi, idrar çıkışı ve klinik durum ön plandadır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

- Serum kreatinin ve önceki değerlerle karşılaştırma.

- Hipovolemi ve hipervolemiden kaçınma
- eGFR'nin stabil renal fonksiyonda kullanılması; hızlı değişen fonksiyonda dikkatli yorumlanması.
- Hemodinaminin stabil tutulması.
- İdrar çıkışının seri ölçümü.
- Potasyum, bikarbonat ve kan gazında asit-baz durumunun değerlendirilmesi.
- 24 saat idrar analizi ve gerektiğinde renal ultrasonografi.

Anestezik Ajanların Böbrek Fonksiyon Bozukluğunda Kullanımı

Böbrek yetmezliğinde ilaç seçimi yalnızca renal eliminasyona göre yapılmamalıdır. Aktif metabolitlerin oluşumu, protein bağlanması, dağılım hacmi, yaş, eşlik eden organ yetmezlikleri ve ilacın terapötik aralığı birlikte değerlendirilmelidir. Obez hastalarda ve sıvı yüklenmesi durumunda ideal vücut ağırlığına göre doz ayarlaması yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Propofolün farmakokinetiği renal fonksiyon bozukluğundan diğer bazı ilaçlara göre daha az etkilenir; ancak doz seçimi hemodinamik ve klinik duruma göre yapılmalıdır. Ketaminin primer metabolizması hepatiktir ancak metabolitleri renal yolla atılır. Benzodiazepin ve opioidlerde aktif metabolit birikimi nedeniyle uzamış sedasyon veya solunum depresyonu gelişebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Remifentanil esterazlarla hızla metabolize edildiğinden renal yetmezlikte farmakokinetik avantaj sağlar. Morfin-6-glukuronid ve

normeperidin gibi aktif metabolitlerin birikimi nedeniyle morfin ve meperidin renal yetmezlikte dikkatle kullanılmalı; mümkün olduğunda daha öngörülebilir alternatifler tercih edilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Nöromüsküler Blokerler ve Monitörizasyon

Renal fonksiyon bozukluğunda bazı nöromüsküler blokerlerin etkisi uzayabilir. Atrakuryum ve sisatrakuryumun organ bağımsız eliminasyon (hofmann eliminasyonu) özellikleri, ileri böbrek yetmezliğinde kullanım açısından avantaj sağlayabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- NMBA gerekiyorsa doz titrasyonu yapılmalıdır.
- Kantitatif TOF monitörizasyonu tercih edilmelidir.
- Rezidüel nöromüsküler blok objektif olarak dışlanmadan ekstübasyon yapılmamalıdır.
- Rokuronyum ve vekuronyum gibi ajanlarda renal fonksiyon bozukluğunda uzamış etki dikkate alınmalıdır.
- Reversiyon seçimi kullanılan NMBA, blok derinliği ve hastanın renal fonksiyonuna göre bireyselleştirilmelidir.

Özellikle ileri böbrek hastalığında nöromüsküler toparlanmanın klinik muayeneyle güvenilir biçimde öngörülememesi nedeniyle kantitatif monitörizasyon hasta güvenliğinin temel bileşenidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Nefrotoksinlerin Yönetimi

Perioperatif böbrek korunmasında gereksiz nefrotoksik maruziyetin azaltılması temel ilkedir. NSAİD, aminoglikozidler ve

diğer potansiyel nefrotoksik ilaçların gerekliliği risk-fayda açısından değerlendirilmelidir. İlaçların renal fonksiyona göre dozlarının yeniden düzenlenmesi de önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

İyotlu kontrast kullanılan işlemlerde kontrast ilişkili böbrek hasarı riski; mevcut renal rezerv, hemodinamik durum, eşlik eden hastalıklar ve kontrast yükü ile birlikte değerlendirilmelidir. Gereksiz kontrasttan kaçınmak ve yüksek riskli hastalarda uygun periprocedural hemodinamik yönetim önemlidir (Cullen et al., 2023; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Hafif ve Orta Derecede Böbrek Fonksiyon Bozukluğunda Anestezi

Temel hedef renal perfüzyonu ve sistemik hemodinamik stabiliteyi korumaktır. Anestezik ajanların dozları hastanın yaşı, komorbiditeleri, renal fonksiyonu ve cerrahinin özelliklerine göre titre edilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Saugel et al., 2025).

- Bazal kreatinin/eGFR ve önceki değerlerle karşılaştırma yap.
- Volüm durumunu değerlendir.
- İndüksiyon sonrası hipotansiyonu erken tedavi et.
- Kanama ve düşük kardiyak debiyi hızlı düzelt.
- İlaç dozlarını renal fonksiyona göre yeniden değerlendir.
- Yüksek riskli cerrahide invaziv hemodinamik monitörizasyonu düşün.

2025 ESAIC önerileri, yüksek riskli cerrahilerde stroke volume veya kardiyak debinin seçilmiş hastalarda izlenmesini; hedeflerin bireyselleştirilmesini ve yalnızca sıvı yanıtlılık nedeniyle rutin sıvı verilmemesini desteklemektedir (Saugel et al., 2025).

Kronik Böbrek Hastalığının Sistemik Bulguları

Kronik böbrek hastalığı; sıvı-elektrolit bozuklukları, metabolik asidoz, hipertansiyon, anemi, trombosit fonksiyon bozukluğu, kardiyovasküler hastalık ve pulmoner konjesyon ile birlikte olabilir. Bu bulgular perioperatif riskin önemli bileşenleridir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Hiperkalemi ve metabolik asidoz.
- Volüm yükü ve hipertansiyon.
- Anemi.
- Üremik trombosit fonksiyon bozukluğu.
- Kardiyovasküler hastalık ve aritmi riski.
- Pulmoner ödem veya konjesyon.

Son Dönem Böbrek Hastalığında Anestezi

Diyaliz hastasında sıvı durumu, potasyum, asit-baz dengesi, hemoglobin, kardiyak rezerv ve damar erişimi değerlendirilmelidir. Diyaliz zamanlaması hastanın elektrolit ve volüm durumuna, cerrahinin aciliyetine ve nefroloji planına göre belirlenmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- AV fistül veya greft bulunan ekstremiteyi koru; o ekstremitede gereksiz kan basıncı ölçümü ve damar yolu açılmasından kaçın.

- Preoperatif potasyum ve volüm durumunu kontrol et.
- Diyaliz sonrası hipovolemi ve elektrolit değişikliklerini dikkate al.
- Elektif cerrahide diyaliz zamanlamasını nefroloji ve cerrahi planla birlikte belirle.
- Postoperatif ilaç dozlarını ve renal eliminasyonu yeniden değerlendir.

Diyaliz hastasında perioperatif hedef, yalnızca serum kreatinin düzeyini düzeltmek değil; hiperkalemi, ciddi volüm yükü, asidoz ve kardiyak risk gibi klinik sorunları güvenli biçimde yönetmektir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Perioperatif Hemodinamik Yönetim ve Böbrek Korunması

Böbrek korunmasının en önemli bileşenlerinden biri uzamış renal hipoperfüzyondan kaçınmaktır. Bununla birlikte tek bir kan basıncı eşiği tüm hastalar için uygun değildir. Hipotansiyonun nedeni belirlenmeli ve hastanın başlangıç kan basıncı, kardiyak rezervi ve doku perfüzyon göstergelerine göre tedavi edilmelidir (Saugel et al., 2025).

2025 ESAIC bildirisi, erişkin nonkardiyak cerrahide intraoperatif ortalama arter basıncının genel olarak 60 mmHg'nin üzerinde tutulmasını ve hipotansiyonun nedeninin tedavi edilmesini önermektedir. Yüksek riskli hastalarda stroke volume veya kardiyak debi izlemi seçilmiş durumlarda yararlı olabilir; ancak tüm hastalarda kardiyak debiyi maksimuma çıkarmaya yönelik rutin yaklaşım önerilmemektedir (Saugel et al., 2025).

Bu hedefler renal hastalıkta bireyselleştirilmeli; kronik hipertansiyon, renal otoregülasyon, kardiyak fonksiyon ve cerrahinin özellikleri birlikte değerlendirilmelidir.

Sıvı Yönetimi ve Böbrek Korunması

Perioperatif sıvı tedavisinde amaç euvolemi ve yeterli doku perfüzyonunu sağlamaktır. Hem hipovolemi hem de aşırı sıvı yükü renal ve sistemik sonuçları olumsuz etkileyebilir (Cullen et al., 2023; Saugel et al., 2025).

- İzotonik kristalloidleri uygun hastada temel sıvı seçeneği olarak değerlendir.
- İntravasküler volüm eksikliğini klinik ve hemodinamik bulgularla belirle.
- Sıvı yanıtlılığı tek başına sıvı verme endikasyonu olarak kullanma.
- Pulmoner ödem ve doku ödemi riskini göz önünde bulundur.
- Kanama varsa kan kaybı ve oksijen taşıma kapasitesini birlikte değerlendir.

Kontrast ve Böbrek Fonksiyonu

Kontrast kullanılan işlemlerde risk değerlendirmesi; mevcut böbrek fonksiyonu, diyabet, volüm durumu, hemodinamik instabilite ve kontrast yükü üzerinden yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Gereksiz kontrast kullanımından kaçınmak, uygun endikasyonda en düşük makul kontrast yükünü kullanmak ve yüksek

riskli hastada hemodinamik stabiliteyi korumak temel yaklaşımlardır. Kontrast sonrası kreatinin izlemi, hastanın riskine ve klinik bağlamına göre planlanmalıdır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Perioperatif Renal Koruma

- Renal perfüzyonu koru ve uzamış hipotansiyondan kaçın.
- Sıvı tedavisini hastaya göre titre et; hem hipovolemiden hem aşırı yükten kaçın.
- Nefrotoksik ilaçları azalt veya uygun alternatifleri değerlendir.
- Kanama, sepsis ve düşük kardiyak debiyi erken tanı ve tedavi et.
- Yüksek riskli hastalarda kreatinin/sistatin C, idrar çıkışı ve elektrolitleri seri izle.
- ABH gelişirse erken tanı, nedenin belirlenmesi ve uygun nefroloji konsültasyonu planla.

Akut Böbrek Hasarında İlaç Yönetimi

ABH geliştiğinde ilaç dozlarının yeniden değerlendirilmesi gerekir. Özellikle renal eliminasyonu yüksek ilaçlarda doz aralığı, doz miktarı veya her ikisi birlikte değiştirilebilir. İlaç dozlamasında yalnız eGFR'ye dayanmak yerine renal fonksiyonun değişim hızı, ilaç farmakokinetiği ve terapötik aralık dikkate alınmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

ABH sırasında nefrotoksik ilaçlar mümkün olduğunca azaltılmalı; antibiyotik ve diğer kritik ilaçların dozları güncel renal

fonksiyon ve tedavi hedeflerine göre yeniden düzenlenmelidir (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Güncel Klinik Yaklaşım

2026 güncel yaklaşımda perioperatif böbrek korunması; yalnız kreatinin yükselmesini beklemek yerine riskin önceden belirlenmesine, hemodinamik stabilitenin sağlanmasına, uygun sıvı yönetimine, nefrotoksinlerin azaltılmasına ve yüksek riskli hastaların erken izlenmesine dayanır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026; Saugel et al., 2025).

KDIGO'nun Mart 2026 kamu değerlendirme taslağı, ABH ve akut böbrek hastalığını süreklilik içinde ele almakta; erken tanı, risk tahmini, biyobelirteçler, elektronik uyarı sistemleri, sıvı/hemodinamik yönetim, nefrotoksin yönetimi, kontrast ilişkili ABH ve böbrek replasman tedavisi konularında güncellenmiş öneriler içermektedir. Taslak henüz nihai kılavuz değildir ve yayımlandığında öneriler yeniden değerlendirilmelidir (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Bu nedenle 2026 kitabında taslak öneriler 'güncel gelişme' olarak belirtilmeli, kesin kılavuz hükmü gibi kullanılmamalıdır. KDIGO 2024 CKD kılavuzu halen güncel küresel standarttır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

Klinik Anahtar Noktalar

- Perioperatif renal korunmanın temel hedefi yeterli renal perfüzyon ve hemodinamik stabilitedir.
- ABH riskini preoperatif dönemde belirlemek, gelişmiş hasarı yalnızca tedavi etmeye çalışmaktan daha değerlidir.

- Kreatinin tek başına erken ABH'yi dışlamaz; trend, idrar çıkışı ve klinik durum birlikte değerlendirilmelidir.
- Akut renal fonksiyon değişiminde eGFR'nin sınırlılıkları göz önünde bulundurulmalıdır.
- Renal yetmezlikte aktif ilaç metabolitlerinin birikimi ve uzamış NMBA etkisi dikkate alınmalıdır.
- Diyaliz hastasında sıvı, potasyum, asit-baz, anemi, kardiyak durum ve damar erişimi birlikte değerlendirilmelidir.
- Sıvı yalnızca sıvı yanıtlılığı nedeniyle değil, hipovolemi veya doku hipoperfüzyonu bulguları olduğunda verilmelidir.
- 2026 KDIGO AKI/AKD metni kamu değerlendirme taslağı olduğundan nihai kılavuz yayımlandığında bölüm güncellenmelidir.

Kaynakça

Brown, J. R., Baker, R. A., Shore-Lesserson, L., Fox, A. A., Mongero, L. B., Lobdell, K. W., LeMaire, S. A., De Somer, F. M. J. J., Wyler von Ballmoos, M., Barodka, V., Arora, R. C., Firestone, S., Solomon, R., Parikh, C. R., Shann, K. G., & Hammon, J. (2023). The Society of Thoracic Surgeons/Society of Cardiovascular Anesthesiologists/American Society for Extracorporeal Technology Clinical Practice Guidelines for the Prevention of Adult Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury. *Anesthesia and Analgesia*, *136*(1), 176–184. doi: 10.1213/ANE.0000000000006286.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney International, 105* (Suppl 4S), S117–S314. https://kdigo.org/wp-content/uploads/2024/03/KDIGO-2024-CKD-Guideline.pdf

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). (2026). KDIGO 2026 Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury (AKI) and Acute Kidney Disease (AKD). Public Review Draft. https://kdigo.org/wp-content/uploads/2026/03/KDIGO-2026-AKI-AKD-Guideline-Public-Review-Draft-March-2026.pdf

Saugel, B., Buhre, W., Chew, M. S., Cholley, B., Coburn, M., Cohen, B., De Hert, S., Duranteau, J., Fellahi, J. L., Flick, M., Guarracino, F., Joosten, A., Jungwirth, B., Kouz, K., Longrois, D., Buse, G. L., Meidert, A. S., Rex, S., Romagnoli, S., Romero, C. S., … Zarbock, A. (2025). Intra-operative haemodynamic monitoring and management of adults having noncardiac surgery: A statement from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology*, *42*(6), 543–556. doi: 10.1097/EJA.0000000000002174.

BÖLÜM 30

RENAL HASTALIKLARDA ANESTEZİ

GÖKHAN ASLAN [1]

Özet

Kronik böbrek hastalığı (KBH), son dönem böbrek hastalığı ve diyaliz hastalarında anestezi yönetimi; bozulmuş ilaç eliminasyonu, sıvı-elektrolit ve asit-baz dengesizlikleri, anemi, üremik hemostaz bozukluğu ve yüksek kardiyovasküler risk nedeniyle özel bir yaklaşım gerektirir. Perioperatif amaç, hastanın mevcut böbrek rezervini korumak, hiperkalemi ve volüm bozukluklarını düzeltmek, hemodinamik stabiliteyi sağlamak ve ilaçların uzamış etkilerini önlemektir (Cullen et al., 2023; Fielding-Singh et al., 2025; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024; Yaxley, 2025).

2025–2026 literatüründe özellikle kronik diyaliz hastalarında preoperatif riskin belirlenmesi, diyaliz zamanlamasının bireyselleştirilmesi, elektrolit ve volüm durumunun optimizasyonu,

[1] Uzm. Dr., İstanbul Arnavutköy Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-7695-1481

damar erişiminin korunması ve postoperatif yakın izlemin önemi vurgulanmaktadır (Fielding-Singh et al., 2025; Yaxley, 2025).

Öğrenme Hedefleri

- KBH ve son dönem böbrek hastalığının perioperatif fizyopatolojik özelliklerini açıklamak.
- Renal fonksiyon bozukluğunu ve ABH riskini sistematik değerlendirmek.
- Anestezik ve yardımcı ilaçların renal fonksiyona göre seçimini ve doz titrasyonunu planlamak.
- Diyaliz hastasında elektrolit, volüm, asit-baz ve hemodinamik durumu değerlendirmek.
- Nöromüsküler bloker ve reversiyon yönetimini kantitatif monitörizasyonla güvenli biçimde gerçekleştirmek.
- Renal transplantasyonlu hastada greft ve immünsüpresif tedaviyi dikkate alan perioperatif plan oluşturmak.

Kronik Böbrek Hastalığının Perioperatif Önemi

KBH; azalmış glomerüler filtrasyon, albuminüri veya böbreğin yapısal/fonksiyonel bozukluğunun sürekliliği ile karakterizedir. Hastalık ilerledikçe sıvı-elektrolit dengesizliği, metabolik asidoz, anemi, mineral-kemik bozukluğu, üremik toksin birikimi ve kardiyovasküler hastalık yükü artar (Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Cerrahi ve anestezi sırasında hipotansiyon, kanama, sepsis, nefrotoksik ilaçlar, kontrast maruziyeti ve aşırı veya yetersiz sıvı tedavisi renal fonksiyonda akut kötüleşmeye neden olabilir. Bu

nedenle KBH'li hastada perioperatif yönetim yalnızca serum kreatinin değerine göre değil, hastanın renal rezervi ve sistemik riskleri birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Perioperatif Akut Böbrek Hasarı Risk Faktörleri

Kaynak bölümde önceden mevcut böbrek hastalığı, hipertansiyon, diabetes mellitus, karaciğer hastalığı, sepsis, travma, hipovolemi, ileri yaş, NSAİİ, radyokontrast ve antibiyotik maruziyeti perioperatif risk faktörleri olarak belirtilmektedir. Bu riskler güncel yaklaşımda; düşük renal rezerv, majör cerrahi, kanama, düşük kardiyak debi ve uzamış hipotansiyon ile birlikte değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

- Önceden mevcut KBH veya düşük renal rezerv.
- İleri yaş ve çoklu komorbidite.
- Uzamış cerrahi.
- Sepsis, kanama, hipovolemi ve düşük kardiyak debi.
- Majör kardiyak, vasküler veya abdominal cerrahi.
- Nefrotoksik ilaç veya kontrast maruziyeti.
- Perioperatif hipotansiyon ve inotrop ihtiyacı.
- ASA 3-4 hastalar

ABH riski yüksek hastalarda preoperatif renal fonksiyonun önceki değerlerle karşılaştırılması ve postoperatif erken izlem

planının oluşturulması önemlidir (Cullen et al., 2023; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Perioperatif Oligüriye Yaklaşım

Oligüri; prerenal, intrinsik renal ve postrenal nedenlerin birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Kaynak metinde hipovolemi, dehidratasyon, düşük kardiyak debi, renal arter/aort klemplenmesi ve tromboembolik olaylar prerenal nedenler arasında; iskemik hasar, nefrotoksinler, antibiyotikler, kemoterapötikler, kontrast, miyoglobin/hemoglobin, interstisyel nefrit ve glomerülonefritler renal nedenler arasında; taş, tümör, pıhtı, cerrahi ligasyon ve ödem postrenal nedenler arasında yer almaktadır (Cullen et al., 2023).

Oligüri görüldüğünde otomatik olarak sıvı yüklemek doğru değildir. Volüm durumu, hemodinamik yanıt, kanama, kardiyak fonksiyon, mesane/üriner sistem obstrüksiyonu ve ilaçlar birlikte değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Renal Fonksiyonun Değerlendirilmesi

Preoperatif değerlendirmede serum kreatinin, eGFR, üre, elektrolitler, hemogram, asit-baz durumu, idrar analizi ve EKG klinik duruma göre değerlendirilmelidir. Stabil KBH'de eGFR renal fonksiyonun sınıflandırılmasında yararlıdır; akut ve hızla değişen renal fonksiyonda ise eGFR değişimi gerçek zamanlı GFR değişimini tam olarak yansıtmayabilir (Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

- Serum kreatinin ve önceki değerlerle karşılaştırma.

- eGFR ve gerektiğinde albuminüri değerlendirmesi.
- Potasyum, bikarbonat, kalsiyum, fosfor ve magnezyum.
- EKG; özellikle hiperkalemi, kardiyak hastalık veya ileri KBH'de.
- Hemoglobin ve trombosit değerlendirmesi.
- İdrar analizi ve gerektiğinde renal görüntüleme.
- Arteriyel kan gazında metabolik asidoz izlenmesi.

Renal görüntüleme; böbrek boyutu ve yapısal özelliklerin, obstrüksiyonun veya vasküler patolojinin değerlendirilmesinde seçilmiş hastalarda kullanılabilir. Görüntüleme yöntemi klinik soruya göre ultrasonografi, BT, MR veya diğer yöntemler arasından seçilmelidir.

Kronik Böbrek Hastalığının Sistemik Bulguları

İleri KBH'de sıvı retansiyonu, hipertansiyon, metabolik asidoz, hiperkalemi, anemi, üremik trombosit fonksiyon bozukluğu ve kardiyovasküler hastalık sık görülür (Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

- Volüm yükü ve pulmoner konjesyon.
- Metabolik asidoz.
- Potasyum ve diğer elektrolit bozuklukları.
- Renal anemi.
- Üremiye bağlı trombosit fonksiyon bozukluğu.
- Koroner arter hastalığı, kalp yetersizliği ve aritmi.

- Mineral-kemik bozukluğu ve damar kalsifikasyonu.

Bu sistemik bulguların varlığı anestezi riskini artırır ve özellikle majör cerrahi öncesinde multidisipliner optimizasyon gerektirebilir (Fielding-Singh et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Anemi ve Hemostaz

KBH'de eritropoietin eksikliği ve kronik inflamasyon anemiye katkıda bulunur. Üremi ayrıca trombosit fonksiyonlarını bozarak kanama eğilimini artırabilir; buna karşın diyaliz hastalarında kardiyovasküler hastalık ve tromboemboli riski de yüksektir(Fielding-Singh et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Preoperatif aneminin nedeni ve şiddeti değerlendirilmelidir. Elektif majör cerrahide anemi mümkün olduğunca ameliyat öncesinde düzeltilmeli; kan transfüzyonu yalnızca hemoglobin değerine değil, kanama, semptomlar, oksijen sunumu ve klinik duruma göre planlanmalıdır. Hastanın klinik durumu ve cerrahi büyüklük gözönünde bulundurularak gerekli kan rezervi sağlanmalıdır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Üremik kanama şüphesinde diyalizin optimizasyonu ve seçilmiş hastalarda hematolojik tedaviler değerlendirilebilir. Desmopressin gibi ajanlar rutin olarak her KBH hastasında kullanılmamalı; klinik endikasyona göre düşünülmelidir (Gropper et al., 2025).

Anestezik İlaçların Seçimi

KBH'de ilaç seçimi; renal eliminasyon, aktif metabolitler, protein bağlanması, dağılım hacmi, hepatik metabolizma ve hastanın klinik durumuna göre yapılmalıdır (Fielding-Singh et al., 2025; Gropper et al., 2025).

Propofolün eliminasyonu ileri renal yetmezlikten diğer birçok ilaca göre daha az etkilenir; ancak hipotansiyon yapabileceğinden titrasyon gerektirir. Ketaminin metabolizması esas olarak hepatiktir, ancak metabolitlerinin renal atılımı vardır. Benzodiazepinler ve bazı opioidlerde aktif metabolit birikimi uzamış sedasyon ve solunum depresyonuna neden olabilir (Fielding-Singh et al., 2025; Gropper et al., 2025).

Remifentanil, esterazlarla hızlı metabolize olduğundan renal yetmezlikte farmakokinetik açıdan avantajlıdır. Morfin ve özellikle aktif metabolitlerinin birikimi nedeniyle ileri renal yetmezlikte dikkatli kullanılmalıdır. Meperidin/normeperidin birikimi nedeniyle renal yetmezlikte uygun bir analjezik seçenek değildir (Fielding-Singh et al., 2025; Gropper et al., 2025).

İnhalasyon Anestezikleri

Volatil anesteziklerin çoğunun eliminasyonu temel olarak akciğerler yoluyla gerçekleşir. Modern volatil ajanlar, uygun klinik kullanımda renal fonksiyon bozukluğu olan hastalarda kullanılabilir; seçim hastanın hemodinamik durumu, cerrahi ve derlenme hedeflerine göre yapılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Eski kaynaklarda sevofluranın düşük akım koşullarında compound A oluşumu nedeniyle renal toksisite açısından kısıtlanması önerilmiş olsa da güncel klinik kullanımda bu tarihsel kaygı, uygun uygulama koşullarında tek başına sevofluranı

kontrendike hale getiren bir gerekçe değildir. Metoksifluran ve enfluran ise günümüzde rutin anestezik seçenekler değildir. Desfluran çok az metabolize olduğu için uzun sürecek vakalarda kullanımı önerilmektedir. Asal gaz olan xenon hiç metabolize olmaz ve böbrek yetmezliğinde kullanılabilir. Ancak maliyeti çok yüksek olduğu için pratik uygulamada yeri yoktur (Gropper et al., 2025).

Nöromüsküler Blokerler ve Reversiyon

Renal yetmezlikte nöromüsküler blok yanıtı uzayabilir. Atrakuryum ve sisatrakuryum organ bağımsız eliminasyon (hofmann) özellikleri nedeniyle ileri renal yetmezlikte avantajlı seçeneklerdir. Rokuronyum ve vekuronyumun etkileri renal fonksiyon bozukluğunda uzayabileceğinden doz titrasyonu ve kantitatif TOF monitörizasyonu önemlidir (Fielding-Singh et al., 2025; Gropper et al., 2025).

Roküronyum böbrekler üzerinden elimine olduğu için etki süresi uzayabilir. Böbrek yetmezliğinde doz titrasyonu sağlanmalıdır. Roküronyumu bağlayarak etkisini sonlandıran sugammedeks de böbrekler üzerinden atılır (Gropper et al., 2025).

Süksinilkolin, ciddi hiperkalemi bulunmayan ve diğer kontrendikasyonları olmayan hastalarda gerektiğinde kullanılabilir; ancak kronik böbrek hastalığında serum potasyumu ve hiperkalemi riskini artırabilecek klinik durumlar mutlaka değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Kantitatif nöromüsküler monitörizasyon, rezidüel blok riskini azaltmak için temel güvenlik uygulamasıdır. Reversiyon seçimi kullanılan NMBA, blok derinliği ve renal fonksiyonla birlikte belirlenmelidir (Fielding-Singh et al., 2025).

Diğer İlaçların Renal Yetmezlikte Kullanımı

Renal fonksiyon bozukluğunda H2 reseptör antagonistleri, metoklopramid, bazı opioidler, bazı antibiyotikler ve renal eliminasyonu yüksek kardiyovasküler ilaçların dozları yeniden değerlendirilmelidir (Fielding-Singh et al., 2025; Gropper et al., 2025).

Proton pompa inhibitörleri ve birçok 5-HT3 antagonisti için rutin doz azaltımı her hastada gerekli değildir; ancak ilaç spesifik farmakokinetik özellikler ve hastanın klinik durumu dikkate alınmalıdır (Gropper et al., 2025).

Diüretiklerin ve antihipertansiflerin etkisi renal fonksiyon, volüm durumu ve diyaliz zamanlamasına göre değişebilir. ACE inhibitörleri gibi diüretikler dikkatli kullanılmamalıdır. Perioperatif dönemde antihipertansif tedavinin sürdürülmesi veya geçici olarak kesilmesi, ilacın sınıfı ve hastanın hemodinamik riskine göre bireyselleştirilmelidir (Gropper et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Preoperatif Diyaliz Hastasının Değerlendirilmesi

Kronik diyaliz hastalarında preoperatif değerlendirme; son diyaliz seansı, diyaliz tipi ve süresi, kuru ağırlık, son dönem interdiyalitik kilo artışı, kan basıncı, potasyum, bikarbonat, hemoglobin, volüm durumu ve damar erişiminin değerlendirilmesini içermelidir (Fielding-Singh et al., 2025; Yaxley, 2025).

- Son hemodiyaliz/periton diyalizi zamanı.
- Serum potasyum ve asit-baz durumu.
- Volüm durumu ve kuru ağırlık.

- Hemoglobin ve kanama riski.
- EKG ve kardiyovasküler durum.
- AV fistül/gref veya periton diyaliz kateterinin durumu.
- Planlanan cerrahinin kanama ve sıvı yükü açısından riski.

Elektif cerrahide diyaliz zamanlaması nefroloji, cerrahi ve anestezi ekipleri tarafından birlikte planlanmalıdır. 2025 Anesthesiology derlemesi, diyaliz hastalarında perioperatif yönetimin yalnız diyaliz zamanına değil, volüm, elektrolit, hemodinamik ve kardiyovasküler risklerin bütüncül değerlendirilmesine dayanması gerektiğini vurgulamaktadır (Yaxley, 2025).

Diyaliz Zamanlaması

Geleneksel yaklaşım, elektif majör cerrahinin mümkün olduğunda son hemodiyaliz seansından sonraki kısa zaman aralığında planlanmasını savunmuştur. Ancak güncel yaklaşımda tek bir saat veya gün kuralı yerine serum potasyumu, volüm durumu, diyaliz sonrası hipotansiyon riski, cerrahi aciliyet ve hastanın bireysel özellikleri dikkate alınmalıdır (Fielding-Singh et al., 2025; Yaxley, 2025).

Diyalizin hemen ardından intravasküler volüm azalmasına bağlı hipotansiyon veya elektrolit değişiklikleri gelişebileceğinden, cerrahi zamanlaması diyaliz sonrası klinik stabilite göz önünde bulundurularak belirlenmelidir (Yaxley, 2025).

İntraoperatif Sıvı ve Hemodinamik Yönetim

KBH ve diyaliz hastasında sıvı tedavisinin amacı hipovolemiyi düzeltirken pulmoner ve sistemik sıvı yükünden

kaçınmaktır. Kaynak metindeki ‘hipovolemi olmasın ancak aşırı sıvı yüklenmesinden de kaçınılsın’ yaklaşımı güncel hemodinamik anlayışla uyumludur; ancak yalnız idrar miktarına dayanarak sıvı verilmesi uygun değildir (Cullen et al., 2023; Fielding-Singh et al., 2025).

İzotonik kristalloidler, hastanın volüm ve elektrolit durumuna göre seçilebilir. Hiperkalemide dengeli kristalloidlerin potasyum içeriği göz önünde bulundurulmalı; ancak tüm dengeli kristalloidlerin otomatik olarak kontrendike olduğu kabul edilmemelidir. Sıvı seçimi serum potasyumu, asit-baz durumu ve toplam sıvı gereksinimine göre yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Fielding-Singh et al., 2025).

İntraoperatif hipotansiyon renal perfüzyonu azaltabileceğinden erken tanı ve tedavi önemlidir. Tedavi; sıvı yanıtlılığı, vazodilatasyon, kanama ve kardiyak debi gibi mekanizmaya yönelik olmalıdır (Cullen et al., 2023; Fielding-Singh et al., 2025).

Hiperkalemi ve Asit-Baz Bozuklukları

İleri renal yetmezlikte hiperkalemi perioperatif dönemin en önemli elektrolit sorunlarından biridir. Preoperatif potasyum düzeyi ve EKG değerlendirilmelidir. Ciddi hiperkalemi veya EKG değişikliği varsa elektif cerrahi ertelenmeli ve acil tedavi/diyaliz gereksinimi değerlendirilmelidir. Tedavisinde intravenöz kalsiyum ve glukoz ile tamponlanmış dekstrozlu mayi verilebilir (Fielding-Singh et al., 2025; Yaxley, 2025).

Metabolik asidoz ileri KBH’de sık görülür. Asidozun derecesi, nedenleri, ventilasyon, potasyum ve hemodinamik durum birlikte değerlendirilmelidir. Şiddetli veya dirençli asidozda renal

replasman tedavisi gündeme gelebilir. İntravenöz sodium bikarbonat ön planda önerilmez. Derin asidozda (pH:7.1'in altı) bikarbonat tedavisi düşünülmelidir (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024; Yaxley, 2025).

Damar Erişimi ve Pozisyon

Hemodiyaliz hastalarında AV fistül veya greftin korunması temel bir güvenlik ilkesidir. Bu ekstremiteden mümkün olduğunca kan basıncı ölçümü, damar yolu açılması ve gereksiz venipunktur yapılmamalıdır (Fielding-Singh et al., 2025; Yaxley, 2025).

Fistülün thrill ve bruit özellikleri preoperatif ve postoperatif değerlendirilebilir. Damar erişiminde enfeksiyon, tromboz veya akım problemi şüphesinde nefroloji/kalp damar cerrahisi ekibiyle görüşülmelidir. Fistülün çalışmadığı ve acil diyaliz gerektiren durumlarda, hemodiyaliz katateri takılmalıdır (Yaxley, 2025).

Renal Transplantasyonlu Hastada Anestezi

Renal transplantasyonlu hastalarda greft fonksiyonunun korunması, immünsüpresif tedavinin sürdürülmesi ve enfeksiyon riskinin yönetimi önemlidir. Preoperatif kreatinin trendi, eGFR, elektrolitler, idrar çıkışı, immünsüpresif ilaçlar, glisemik kontrol ve eşlik eden kardiyovasküler hastalıklar değerlendirilmelidir (Fielding-Singh et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Takrolimus ve siklosporin gibi kalsinörin inhibitörleri nefrotoksisite ve elektrolit bozukluklarıyla ilişkili olabilir; perioperatif ilaç planı transplantasyon ekibiyle birlikte yapılmalıdır. İmmünsüpresif tedavinin kesilmesi veya doz değişikliği gelişigüzel yapılmamalıdır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

Allojenik kan transfüzyonu konusunda eski kaynaklardaki tek başına 'rejeksiyonu azaltır' şeklindeki ifadeler kullanılmamalıdır. Transfüzyon gereksinimi kanama ve klinik endikasyona göre belirlenmeli; transplant hastasında kan ürünleri seçimi kurum ve transplant protokolleriyle uyumlu yapılmalıdır.

Postoperatif Bakım

KBH ve diyaliz hastalarında postoperatif dönemde renal fonksiyon, potasyum, asit-baz durumu, hemoglobin, volüm durumu, ağrı tedavisi ve ilaç dozları yeniden değerlendirilmelidir (Fielding-Singh et al., 2025; Yaxley, 2025).

- Erken dönemde potasyum ve asit-baz durumunu kontrol et.
- Volüm yükü ve pulmoner ödem bulgularını izle.
- Analjezik protokollerde preemptive rejyonel anesteziyi seç.
- Renal eliminasyonu olan ilaçların dozlarını yeniden değerlendir.
- Rezidüel nöromüsküler blok ve opioid ilişkili solunum depresyonunu önle.
- Yüksek riskli hastada kreatinin/eGFR trendini izle.
- Diyaliz gereksinimini nefroloji ile birlikte değerlendir.

Postoperatif ABH, hiperkalemi, dirençli asidoz, ciddi volüm yükü veya üremik komplikasyon gelişirse renal replasman tedavisi endikasyonları değerlendirilmelidir (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024; Yaxley, 2025).

Güncel Klinik Yaklaşım

2026 itibarıyla KBH ve diyaliz hastasında anestezi yönetimi; renal fonksiyonun yalnız kreatinin üzerinden değil, hastanın renal rezervi, albuminüri/eGFR sınıflaması, volüm-elektrolit durumu ve kardiyovasküler riski üzerinden değerlendirilmesini gerektirir. KDIGO 2024 CKD kılavuzu halen güncel küresel standarttır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024).

2026 KDIGO AKI/AKD güncellemesi kamu değerlendirme aşamasındadır ve ABH'nin erken tanısı, risk tahmini, biyobelirteçler, sıvı/hemodinamik yönetim, nefrotoksin yönetimi, kontrast ilişkili ABH ve renal replasman tedavisine ilişkin kapsamı genişletmektedir. Taslak nihai kılavuz değildir; bu nedenle kitapta kesin kılavuz hükmü olarak sunulmamıştır (Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), 2026).

2025 Anesthesiology ve World Journal of Critical Care Medicine yayınları, kronik diyaliz hastalarında multidisipliner preoperatif değerlendirme, bireyselleştirilmiş diyaliz zamanlaması, elektrolit/volüm optimizasyonu ve yakın postoperatif izlemin önemini desteklemektedir (Fielding-Singh et al., 2025; Yaxley, 2025).

Klinik Anahtar Noktalar

- KBH'li hastada anestezi planı renal, kardiyovasküler, hematolojik ve elektrolit risklerin birlikte değerlendirilmesine dayanmalıdır.
- Perioperatif ABH riskini önceden belirle ve uzamış hipotansiyondan kaçın.

- Oligüride otomatik sıvı yüklemek yerine prerenal, renal ve postrenal nedenleri sistematik değerlendir.
- İlaçların aktif metabolit birikimini ve uzamış etki olasılığını dikkate al.
- İleri renal yetmezlikte NMBA dozunu titre et ve kantitatif TOF monitörizasyonu kullan.
- Diyaliz hastasında son diyaliz zamanı kadar potasyum, volüm, asit-baz ve hemodinamik durum da önemlidir.
- AV fistül veya greft bulunan ekstremiteyi koru.
- Renal transplantasyonda immünsüpresif tedaviyi transplant ekibiyle birlikte yönet.
- Postoperatif dönemde hiperkalemi, asidoz, volüm yükü ve ABH açısından erken izle.

Kaynakça

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Fielding-Singh, V., Roshanov, P. S., Morris, A. M., & Chertow, G. M. (2025). Perioperative Management of the Patient Receiving Maintenance Hemodialysis. *Anesthesiology, 143*(4), 1030–1048. doi: 10.1097/ALN.0000000000005581.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney International, 105* (Suppl 4S), S117–S314. https://kdigo.org/wp-content/uploads/2024/03/KDIGO-2024-CKD-Guideline.pdf

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). (2026). KDIGO 2026 Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury (AKI) and Acute Kidney Disease (AKD). Public Review Draft. https://kdigo.org/wp-content/uploads/2026/03/KDIGO-2026-AKI-AKD-Guideline-Public-Review-Draft-March-2026.pdf

Yaxley J. (2025). Anaesthesia in chronic dialysis patients: A narrative review. *World Journal of Critical Care Medicine, 14*(1), 100503. doi: 10.5492/wjccm.v14.i1.100503.

BÖLÜM 31

SIVI ve ELEKTROLİT DENGESİ

FEYZA SEVER[1]

Giriş

Sıvı ve elektrolit dengesi; hücresel fonksiyonların, intravasküler ve interstisyel hacmin, nöromüsküler iletimin, kardiyak elektriksel aktivitenin ve metabolik homeostazın sürdürülebilmesi için temel öneme sahiptir. Sıvı ve elektrolit dengesindeki bozukluklar organ fonksiyonlarını olumsuz etkileyebilir ve klinik sonuçların kötüleşmesine neden olabilir. Belirgin sıvı ve elektrolit bozuklukları özellikle kardiyovasküler, nörolojik ve nöromüsküler fonksiyonlarda hızlı ve klinik açıdan önemli değişikliklere yol. Bu nedenle bir anestezistin normal sıvı ve elektrolit fizyolojisini iyi bilmesi ve bozukluklarını ise doğru değerlendirmesi gerekir (Butterworth et al., 2022; Lee & Kim, 2023).

Perioperatif dönemde cerrahi stres, anestezi, açlık, kan kaybı, gastrointestinal ve renal kayıplar, hormonal yanıt, inflamasyon ve

[1] Doç. Dr., Sağlık Bakanlığı Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü, Orcid: 0000-0003-1425-336X

kapiller geçirgenlikteki değişiklikler sıvı ve elektrolit dengesini etkileyebilir. Bu nedenle sıvı tedavisi, yalnızca tahmini açıkların yerine konmasına dayalı sabit şemalarla değil; hastanın volüm durumu, eşlik eden hastalıkları, devam eden kayıpları ve klinik yanıtı dikkate alınarak planlanmalıdır. Güncel perioperatif yaklaşım, hem yetersiz sıvı verilmesinin hem de aşırı sıvı yüklenmesinin olumsuz klinik sonuçlarla ilişkili olabileceğini vurgulamaktadır (Lorente et al., 2025; Ostermann et al., 2024).

Bu bölümde vücut sıvı kompartımanları ve bu kompartımanlar arasındaki sıvı hareketleri, solüsyonların tanımlanmasında kullanılan temel kavramlar; osmolarite, osmolalite ve tonisite; sık görülen sıvı elektrolit dengesizlikleri, klinik özellikleri ve tedavi prensipleri ele alınacaktır.

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümün sonunda okuyucunun;

- Vücut sıvı kompartımanlarını ve sıvı dağılımının temel fizyolojik prensiplerini açıklayabilmesi.
- Erişkinler ve çocuklarda vücut sıvı kompartımanlarının dağılımındaki temel farklılıkları açıklayabilmesi; yaşa bağlı total vücut suyu ile ekstraselüler ve intraselüler sıvı oranlarındaki değişikliklerin klinik önemini kavraması,
- İntraselüler, interstisyel ve intravasküler alanlar arasındaki sıvı ve elektrolit hareketlerinin temel mekanizmalarını açıklayabilmesi,
- Osmolarite, osmolalite ve tonisite kavramlarını birbirinden ayırt edebilmesi ve klinik önemlerini yorumlayabilmesi,

- Su ve sodyum dengesinin fizyolojik düzenlenmesini ve ADH, susama mekanizması ile renal yanıtın bu dengedeki rolünü kavraması,
- Sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum bozukluklarının temel nedenlerini, klinik özelliklerini ve tedavi prensiplerini açıklayabilmesi,
- Elektrolit bozukluklarını gelişme hızı, volüm durumu, renal fonksiyon, EKG bulguları, klinik belirtiler ve eşlik eden hastalıklarla birlikte değerlendirebilmesi,
- Sıvı-elektrolit dengesi ile asit–baz dengesi arasındaki temel ilişkileri kavraması,
- Sıvı ve elektrolit bozukluklarının kardiyovasküler, nörolojik ve nöromüsküler etkilerini ve anestezi açısından önemini değerlendirebilmesi amaçlanmaktadır.

Temel Fizyoloji

Vücut suyu ve sıvı kompartımanları

Toplam vücut suyu, metabolik reaksiyonların gerçekleştiği temel ortamı oluşturur; besinlerin, elektrolitlerin ve metabolik ürünlerin taşınmasını sağlar ve hücresel homeostazın sürdürülmesinde merkezi rol oynar. Vücut suyu başlıca intraselüler sıvı (ISS) ve ekstraselüler sıvı (ESS) olmak üzere iki ana kompartımana ayrılır. Ekstraselüler sıvı ise temel olarak intravasküler ve interstisyel bölmelerden oluşur. İnterstisyel alan, hücrelerin dışında ve vasküler endotelin dışında bulunan sıvıyı kapsar (Butterworth et al., 2022; Gropper et al., 2025).

Sıvı kompartımanlarının hacmi ve bileşimi, bu kompartımanları birbirinden ayıran hücre membranı ve kapiller

endotel gibi biyolojik bariyerlerin geçirgenlik özellikleri ile belirlenir. Kompartımanlar arasındaki su dağılımında, membranları serbestçe geçemeyen solütlerin oluşturduğu osmotik kuvvetler temel rol oynar (Butterworth et al., 2022).

Yaşa göre total vücut suyu farklılıkları

Toplam vücut suyunun (TVS) vücut ağırlığına oranı yaşla birlikte azalır. Fetal dönemde vücut ağırlığının yaklaşık %80'ini oluşturan TVS, term yenidoğanda yaklaşık %70'e, bir yaş civarında ise %60 düzeyine geriler; puberte sonrasında erişkin değerlere yaklaşarak yaklaşık %50–60 arasında değişir (Meyers, 2009). Bu değişim hücre büyümesi ile intraselüler sıvı hacminin artmasından ve ekstraselüler sıvı hacminin azalmasından kaynaklanır. Çocukluk döneminin ilk yıllarında yüksek olan ekstrasellüler sıvı/intrasellüler sıvı oranı giderek azalır ve yaklaşık 1–3 yaş arasında erişkindeki yaklaşık 1:2 düzeyine ulaşır. Bununla birlikte toplam vücut suyu oranı yalnızca yaşa değil, vücut kompozisyonuna da bağlıdır; yağ dokusunun su içeriğinin düşük olması nedeniyle kadınlarda, obez bireylerde ve ileri yaştaki kişilerde toplam vücut suyu oranı daha düşüktür (Lee & Kim, 2023).

İntraselüler ve ekstraselüler sıvı

İntraselüler sıvı (İSS)

Hücre zarı, hücre içi hacim ve kompozisyonu düzenlemede kritik rol oynar. Membrana bağlı ATP bağımlı bir pompa, Na^+'u K^+ ile 3:2 oranında değiştirir. Hücre membranı sodyuma ve daha az ölçüde potasyuma geçirimsiz olduğundan:

- Potasyum hücre içinde,
- Sodyum hücre dışında yüksek konsantrasyonda bulunur.

Bu nedenle potasyum hücre içi ozmotik basıncın, sodyum hücre dışı ozmotik basıncın en önemli belirleyicisidir.

Membranın çoğu proteine geçirimsiz olması hücre içinde yüksek protein konsantrasyonuna yol açar. Proteinler difüze olamayan anyonlar olduğundan, pompanın 3 Na^+ dışarı / 2 K^+ içeri değişim oranı hücre içi göreceli hiperosmolaliteyi önlemede kritiktir. İskemi/hipoksi sırasında Na^+–K^+ ATPaz aktivitesi bozulursa hücreler progresif olarak şişer.

Ekstraselüler sıvı (ESS)

ECF'nin temel işlevi hücrelere besin/elektrolit taşınmasını ve atıkların uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Normal ekstraselüler hacmin, özellikle dolaşımdaki bileşenin (intravasküler volüm) korunması kritiktir. Sodyum, niceliksel olarak en önemli ekstraselüler katyondur ve ekstraselüler ozmotik basınç/hacmin ana belirleyicisidir. Dolayısıyla ECF hacmindeki değişiklikler, total vücut sodyum içeriğindeki değişikliklerle ilişkilidir (Butterworth et al., 2022).

Vücut sıvı kompartımanlarının elektrolit bileşimi yaşam boyunca büyük ölçüde korunmakla birlikte, bu kompartımanların göreceli hacimleri yaşa ve gelişim dönemine göre belirgin değişiklik gösterir. Fetal dönemde total vücut suyunun önemli bir bölümü ekstrasellüler kompartımanda bulunur. Prematüre yenidoğanlarda ekstrasellüler sıvı vücut ağırlığının yaklaşık %60–70'ini oluşturabilirken, term yenidoğanlarda bu oran azalır; ekstrasellüler kompartıman total vücut suyunun yaklaşık %40'ını, daha büyük bebeklerde ise yaklaşık %30'unu oluşturur. Yaşla birlikte ekstrasellüler sıvı oranının azalması ve intrasellüler kompartımanın göreceli olarak artması, yenidoğan ve özellikle prematüre bebeklerin

sıvı kayıplarına ve hızlı volüm değişikliklerine daha duyarlı olmasının temel fizyolojik nedenlerinden biridir (Eaddy & Watene, 2023).

Ekstrasellüler sıvı başlıca plazma, interstisyel sıvı ve transsellüler sıvıdan oluşur. Ekstrasellüler sıvının yaklaşık dörtte biri intravasküler alanda plazma olarak, geri kalan büyük bölümü ise interstisyel alanda bulunur; transsellüler sıvı ise beyin omurilik sıvısı, aköz ve vitröz sıvı, sinovyal sıvı ve seröz boşluklardaki sıvıları kapsar. İnterstisyel sıvının yalnızca küçük bir kısmı serbest sıvı halinde bulunurken, büyük bölümü ekstrasellüler proteoglikanlarla ilişkili jel yapı içinde yer alır. İnterstisyel basınç normal koşullarda hafif negatiftir; ekstrasellüler volüm arttıkça intravasküler ve interstisyel kompartımanlar başlangıçta birlikte genişler. Ancak interstisyel basıncın yükselerek pozitif değerlere ulaşmasıyla jel matriksindeki serbest sıvı miktarı hızla artar ve sıvı birikimi ağırlıklı olarak interstisyel alanda gerçekleşerek doku ödemine yol açabilir. Bu nedenle interstisyel kompartıman, intravasküler alan için bir tür ‘taşma rezervuarı’ gibi davranabilir. Plazma ile interstisyel sıvı arasında küçük iyonlar büyük ölçüde serbestçe geçebildiğinden elektrolit bileşimleri birbirine benzerdir; buna karşılık kapiller endotel plazma proteinlerinin geçişini sınırlar. Bu nedenle özellikle albümin olmak üzere plazma proteinleri, intravasküler ve interstisyel alan arasındaki onkotik basınç farkının başlıca belirleyicileridir (Butterworth et al., 2022; Lee & Kim, 2023).

Perioperatif dönemde bu fizyolojik dağılım statik değildir. Anestezi, cerrahi stres, kanama, inflamasyon, kapiller geçirgenlikteki değişiklikler ve uygulanan intravenöz sıvıların miktar ve hızları, intravasküler ve interstisyel alanlar arasındaki sıvı

dağılımını değiştirebilir. sıvı dağılımı; vazodilatasyon, kanama, kapiller geçirgenlik değişiklikleri, inflamasyon ve mekanik ventilasyon nedeniyle değişebilir. Bu nedenle toplam vücut sıvısından çok, dolaşımın yeterliliği ve organ perfüzyonu klinik kararın temelini oluşturmalıdır (Gropper et al., 2025; Ostermann et al., 2024).

Osmolarite, osmolalite ve tonisite

Ozmoz, yarı geçirgen bir membranın iki tarafındaki diffüze olamayan solüt konsantrasyonlarının farklılığı sonucunda suyun net hareketidir. Osmotik basınç, bu su hareketini engellemek için daha yüksek solüt konsantrasyonuna sahip tarafa uygulanması gereken basıncı ifade eder. Osmotik basınç, esas olarak membranı geçemeyen solüt partiküllerinin sayısına bağlıdır (Butterworth et al., 2022).

- Osmolarite: bir litre solüsyondaki osmollerin sayısı
- Osmolalite: bir kilogram solventteki (çözücü) osmollerin sayısı
- Tonisite: bir solüsyonun hücre hacmi üzerindeki etkisi
    - İzotonik solüsyon: hücre hacmini değiştirmez
    - Hipotonik solüsyon: hücre hacmini artırır (hücre içine su girişine neden olur)
    - Hipertonik: hücre hacmini azaltır (hücreden su çıkışına neden olur)

Bir çözeltinin ozmolaritesi, çözeltinin litresi başına ozmol sayısına eşittir, ozmolalitesi ise çözücünün kilogramı başına ozmol sayısına eşittir. Ozmolarite ve ozmolalite ile sık sık birbirinin yerine

kullanılan bir terim olan tonisite, bir çözeltinin hücre hacmi üzerindeki etkisini ifade eder. İzotonik bir çözelti hücre hacmi üzerinde hiçbir etkiye sahip değildir, hipotonik ve hipertonik çözeltiler ise sırasıyla hücre hacmini artırır ve azaltır (Butterworth et al., 2022; Lee & Kim, 2023).

Osmolarite ile tonisite eş anlamlı değildir. Bir solüsyonun toplam osmolaritesine hem membranı geçebilen hem de geçemeyen partiküller katkıda bulunurken, tonisiteyi esas olarak membranı geçemeyen etkin osmoller belirler. Bu nedenle teorik olarak izoosmotik olan bir solüsyon hücre düzeyinde izotonik olmak zorunda değildir. Örneğin %5 dekstroz solüsyonu başlangıçta plazmaya yakın osmolariteye sahip olsa da glukozun hücre içine alınması ve metabolize edilmesi sonrasında fizyolojik olarak serbest su etkisi gösterir ve tonisite açısından hipotonik davranır (Lee & Kim, 2023).

Plazma–interstisyel sıvı dengesi

Plazma ile interstisyel sıvı arasındaki madde ve sıvı değişimi kapiller endotel üzerinden gerçekleşir. Su ile sodyum, klorür, potasyum ve glukoz gibi düşük molekül ağırlıklı maddeler kapiller bariyeri kolaylıkla geçebildiğinden, plazma ve interstisyel sıvının elektrolit bileşimleri büyük ölçüde benzerdir. Buna karşılık başta albümin olmak üzere plazma proteinlerinin kapiller endotelden geçişi daha sınırlıdır; bu nedenle plazma protein konsantrasyonu interstisyel sıvıya göre daha yüksektir. Bu protein dağılımı, intravasküler ve interstisyel alanlar arasındaki onkotik basınç farkının oluşmasında önemli rol oynar (Butterworth et al., 2022).

Kapiller düzeydeki sıvı hareketi, hidrostatik ve osmotik/onkotik kuvvetlerin karşılıklı etkisi ile belirlenirken,

interstisyel alana geçen sıvı ve proteinlerin dolaşıma geri dönüşünde lenfatik sistem önemli rol oynar. Bu mekanizmalar intravasküler hacim ile interstisyel sıvı hacmi arasındaki dengenin korunmasını sağlar. İnterstisyel sıvı hacminin artmasıyla interstisyel basınç yükselir; matriks içinde serbest sıvı birikiminin artması ise klinik olarak doku ödemi şeklinde ortaya çıkar (Butterworth et al., 2022).

Su ve Elektrolit Dengesi

Günlük sıvı dengesi

Normal sıvı dengesi, günlük su ve elektrolit alımı ile renal, gastrointestinal, deri ve solunum yoluyla gerçekleşen kayıplar arasındaki dengeye dayanır. Hastanede yatan erişkinlerde idame sıvı gereksinimi için günlük yaklaşık 25–30 mL/kg su önerilmektedir. Bununla birlikte sıvı gereksinimi sabit olmayıp hastanın klinik durumu, oral alımı, devam eden kayıpları ve eşlik eden hastalıklarına göre bireyselleştirilmelidir (Lorente et al., 2025).

İntraselüler sıvı ve ESS osmolaliteleri, hücresel su içeriği ve hacminin korunabilmesi için dar sınırlar içinde düzenlenir. Bu dengenin bozulması hücre hacminde değişikliklere yol açabilir; özellikle beyin dokusunda gelişen hücresel şişme veya küçülme, belirgin nörolojik fonksiyon bozukluklarıyla sonuçlanabilir (Butterworth et al., 2022).

Sodyum ve su dengesi

Ekstraselüler sıvı osmolalitesi, bu kompartımandaki osmotik olarak aktif solütlerin toplam konsantrasyonu ile belirlenir. Sodyum ve eşlik eden anyonlar ekstraselüler osmotik yükün büyük bölümünü oluşturduğundan, plazma sodyum konsantrasyonu ekstraselüler tonisite ve su dengesinin temel göstergelerinden biridir. İntraselüler

ve ekstraselüler kompartımanlar arasındaki su hareketi, osmolalite farklılıklarına göre gerçekleşir ve hücre hacmini belirler (Butterworth et al., 2022). Plazma osmolalitesi normalde 280–290 mOsm/kg aralığındadır ve klinikte şu formülle tahmin edilebilir:

Plazma osmolalitesi (mOsm/kg) ≈ 2 × [Na^+] + glukoz/18 + BUN/2,8

Üre hücre membranlarını kolayca geçtiğinden etkisiz bir osmoldür; bu nedenle etkili osmolalite (tonisite) hesabında genellikle dışlanır.

Antidiüretik hormon (ADH) salınımı ve susama mekanizması

Plazma osmolalitesi başlıca hipotalamik osmoreseptörler, ADH ve susama mekanizması ile düzenlenir. Osmolalite arttığında ADH salınımı ve su geri emilimi artarken, osmolalite azaldığında ADH baskılanır ve serbest su atılımı artar. Susama mekanizması ise su alımını düzenleyerek bu dengeyi tamamlar (Butterworth et al., 2022).

ADH salınımı yalnızca osmolaliteyle değil, dolaşım hacmi ve basınç değişiklikleriyle de düzenlenir. Etkin dolaşan volümün azalması, ağrı, stres ve hipoksi nonosmotik ADH salınımını artırırken; atriyal gerilimin artması ADH'yi baskılar ve ANP salınımını artırarak sodyum ve su atılımını destekler.

Susama mekanizması su alımının temel düzenleyicisidir. Ekstrasellüler osmolalitenin artması susamayı uyarırken, azalması baskılar; bu nedenle susama hiperosmolalite ve hipernatremiye karşı önemli bir fizyolojik savunmadır.

Elektrolit Bozuklukları

Sodyum dengesi bozuklukları

Sodyum temel ekstraselüler katyondur ve serum sodyum konsantrasyonu esas olarak su dengesini yansıtır.

Hiponatremi

Hiponatremi, klinik pratikte ve özellikle hastanede yatan hastalarda en sık karşılaşılan elektrolit bozukluğudur (Adrogué et al., 2022; Henry, 2025).

Hiponatremi, plazma sodyum konsantrasyonunun 135 mEq/L'nin altında olmasıdır ve çoğu olguda hipoosmolalite ile birliktedir. Temel mekanizma, total vücut suyunun sodyuma oranla artması veya sodyum kaybının su kaybından fazla olmasıdır. Klinik olarak hiponatremi, total vücut sodyum içeriği ve volüm durumuna göre hipovolemik, övolemik veya hipervolemik olarak sınıflandırılabilir. Hipovolemik hiponatremi renal veya ekstrarenal sodyum kayıplarıyla; övolemik hiponatremi özellikle uygunsuz antidiüretik hormon sekresyonu sendromu, glukokortikoid eksikliği, hipotiroidizm ve bazı ilaçlarla; hipervolemik hiponatremi ise kalp yetmezliği, siroz, böbrek yetmezliği ve nefrotik sendrom gibi ödemli durumlarla ilişkilidir.

Hiponatreminin klinik belirtileri çoğunlukla nörolojiktir ve hücre içine su geçişiyle gelişen serebral ödemden kaynaklanır. Hafif olgular asemptomatik olabilirken, ilerleyen olgularda bulantı, halsizlik, letarji, konfüzyon, nöbet ve koma görülebilir. Semptomların şiddeti, mutlak sodyum değerinden çok hiponatreminin gelişme hızına bağlıdır; kronik hiponatremi hücresel adaptasyon nedeniyle genellikle daha iyi tolere edilir. Tedavi altta yatan nedene ve volüm durumuna göre planlanır: hipovolemik

olgularda sodyum ve volüm replasmanı, övolemik veya hipervolemik olgularda ise çoğunlukla su kısıtlaması temel yaklaşımdır. Akut ve semptomatik hiponatremide daha hızlı müdahale gerekebilir; ancak aşırı hızlı düzeltme osmotik demiyelinizasyon riski nedeniyle dikkatle önlenmelidir.

Hipernatremi

Hipernatremi, plazma sodyum konsantrasyonunun 145 mEq/L'nin üzerinde olmasıdır ve genellikle total vücut suyunun sodyuma göre azalması veya daha nadiren aşırı sodyum yükü sonucunda gelişir. Hipernatremik hastalar hipovolemik, övolemik veya hipervolemik olabilir. Hipovolemik hipernatremide su kaybı sodyum kaybından fazladır; övolemik hipernatremi çoğunlukla serbest su kaybına, özellikle santral veya nefrojenik diyabetes insipidusa bağlıdır. Hipervolemik hipernatremi ise genellikle aşırı sodyum yüklenmesi veya sodyum retansiyonu ile ilişkilidir. Susama mekanizması hipernatremiye karşı önemli bir koruyucu olduğundan, bozukluk özellikle suya erişimi kısıtlı, bilinç bozukluğu olan, çok genç veya ileri yaştaki hastalarda daha sık görülür.

Klinik bulgular esas olarak nörolojiktir ve suyun beyin hücrelerinden ekstrasellüler alana geçmesine bağlıdır. Huzursuzluk, letarji, hiperrefleksi, nöbet, koma ve ağır olgularda ölüm görülebilir; semptomların şiddeti sodyum düzeyinden çok hipernatreminin gelişme hızıyla ilişkilidir. Tedavide temel amaç altta yatan nedenin düzeltilmesi, volüm durumunun değerlendirilmesi ve serbest su açığının kontrollü olarak yerine konmasıdır. Hipovolemik hastalarda önce intravasküler hacim düzeltilmeli, ardından serbest su açığı replase edilmelidir. Hızlı düzeltme serebral ödem ve nörolojik komplikasyonlara yol açabileceğinden seri sodyum ve osmolalite izlemi gereklidir.

Potasyum dengesi bozuklukları

Potasyumun büyük bölümü hücre içinde bulunur ve küçük serum değişiklikleri kardiyak elektriksel aktiviteyi ciddi biçimde etkileyebilir. Perioperatif dönemde böbrek fonksiyon bozukluğu, insülin/glukoz değişiklikleri, asit-baz bozuklukları ve ilaçlar serum potasyumunu değiştirebilir.

Hipokalemi

Hipokalemi, plazma potasyum konsantrasyonunun 3,5 mEq/L'nin altında olmasıdır. Başlıca nedenleri potasyumun hücre içine geçişi, renal veya gastrointestinal kayıpların artması ve daha nadiren yetersiz alımdır. Alkaloz, insülin, β_2-adrenerjik agonistler ve hipotermi potasyumun hücre içine geçişini artırabilir; diüretikler, mineralokortikoid fazlalığı, hipomagnezemi ve bazı renal hastalıklar renal kayıplara, kusma, nazogastrik aspirasyon ve diyare ise gastrointestinal kayıplara yol açabilir.

Hipokaleminin klinik açıdan en önemli sonuçları kardiyovasküler ve nöromüsküler sistemlerde ortaya çıkar. EKG'de T dalgasında düzleşme veya inversiyon, ST depresyonu, belirgin U dalgası ve PR uzaması görülebilir; atriyal ve ventriküler aritmi riski artar. Ayrıca kas güçsüzlüğü, hiporefleksi, kas krampları, ileus ve ağır olgularda paralizi veya rabdomiyoliz gelişebilir. Hipokalemide nöromüsküler blokerlere duyarlılık artabileceğinden, nöromüsküler blok düzeyi yakından izlenmelidir. Hipokalemi kardiyak kontraktiliteyi azaltabilir ve özellikle digoksin kullanan hastalarda aritmi riskini artırabilir.

Hipokaleminin tedavisi klinik bulguların şiddeti, EKG değişiklikleri ve altta yatan nedene göre planlanır (Kim et al., 2023). Hafif ve asemptomatik olgularda oral potasyum replasmanı tercih

edilir. EKG değişiklikleri, aritmi veya ciddi kas güçsüzlüğü bulunan hastalarda intravenöz potasyum replasmanı gerekebilir ve sürekli EKG monitörizasyonu yapılmalıdır.

Hiperkalemi

Hiperkalemi için evrensel olarak kabul edilmiş tek bir serum potasyum eşik değeri bulunmamaktadır. Avrupa Resüsitasyon Konseyi (ERC), UK Kidney Association ve Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) serum potasyum konsantrasyonunun ≥5,5 mmol/L olmasını hiperkalemi olarak tanımlarken, American Heart Association (AHA) ve American Academy of Family Physicians (AAFP) ≥5,0 mmol/L sınırını kullanmaktadır (Cao et al., 2025; Greif et al., 2025; Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group, 2024; Lee & Kim, 2023; Ngwenya, 2023). Potasyumun hücre dışına çıkması, renal atılımın azalması veya daha nadiren aşırı potasyum yükü sonucu gelişebilir. Asidoz, rabdomiyoliz, hemoliz, masif doku hasarı ve hiperosmolalite hücre dışına potasyum geçişini artırırken; böbrek yetmezliği, hipoaldosteronizm, ACE inhibitörleri, anjiyotensin reseptör blokerleri, NSAİİ'ler ve potasyum tutucu diüretikler renal potasyum atılımını azaltabilir. Ölçüm öncesinde örnek hemolizi, belirgin lökositoz veya trombositoza bağlı psödohiperkalemi olasılığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Hiperkaleminin de en önemli klinik etkileri kalp ve iskelet kası üzerindedir. EKG değişiklikleri tipik olarak sivri ve simetrik T dalgalarıyla başlar; ilerleyen hiperkalemide PR uzaması, QRS genişlemesi, P dalgasının kaybı ve sinüs dalgası görünümü gelişebilir. Son aşamada ventriküler fibrilasyon veya asistoli görülebilir. Kas güçsüzlüğü de gelişebilmekle birlikte kardiyak

toksisite klinik açıdan daha ön plandadır. Hipokalsemi, hiponatremi ve asidoz hiperkaleminin kardiyak etkilerini ağırlaştırabilir.

Tedavide üç temel amaç vardır: miyokardın korunması, potasyumun geçici olarak hücre içine taşınması ve total vücut potasyumunun azaltılması. Belirgin EKG değişiklikleri olan hastalarda intravenöz kalsiyum, hiperkaleminin kardiyak etkilerini hızla antagonize eder ancak serum potasyumunu düşürmez. Glukoz ile birlikte insülin (10 Ü insülin+25 g glukoz) potasyumu hücre içine geçirerek plazma konsantrasyonunu azaltır; β-adrenerjik agonistler de benzer şekilde hücre içi geçişi artırabilir (Ngwenya, 2023). Total vücut potasyumunun azaltılması için böbrek fonksiyonu yeterliyse diürez, ciddi böbrek yetmezliğinde ise diyaliz gerekebilir.

Anestezi açısından hiperkalemi özellikle önemlidir, çünkü hızlı gelişen kardiyak iletim bozuklukları yaşamı tehdit edebilir. Anesteziye devam etmek için tanımlanmış güvenli net bir potasyum konsantrasyonu bulunmamaktadır (Kim et al., 2023). Belirgin hiperkalemi (K^+> 5,5 mEq/L) veya hiperkalemiye bağlı EKG değişiklikleri varsa elektif cerrahi ertelenmeli ve öncelikle hiperkaleminin tedavisi yapılmalıdır. Acil cerrahi gerekiyorsa, EKG sürekli izlenmeli ve potasyum düzeyini artırabilecek faktörlerden kaçınılmalıdır. Metabolik ve respiratuvar asidoz önlenmeli, potasyum içeren sıvılar dikkatle kullanılmalı ve hiperkalemi riskinin yüksek olduğu hastalarda süksinilkolinden kaçınılmalıdır. Hiperkalemi nöromüsküler blokerlerin etkisini de artırabileceğinden nöromüsküler monitörizasyon önemlidir.

Kalsiyum ve magnezyum dengesi bozuklukları

Hipokalsemi

Kalsiyum; nöromüsküler iletim, kas kontraksiyonu, miyokard fonksiyonu, hormon ve nörotransmitter salınımı ile koagülasyonda önemli rol oynar. Klinik değerlendirmede biyolojik olarak aktif olan iyonize kalsiyum önemlidir; özellikle albumin düzeyindeki değişikliklerde total kalsiyum konsantrasyonu yanıltıcı olabilir (Butterworth et al., 2022).

Hipokalsemi, hipoparatiroidizm, D vitamini eksikliği, hiperfosfatemi, hipomagnezemi ve sepsis gibi durumlarda gelişebilir. Perioperatif dönemde özellikle masif kan transfüzyonuna bağlı sitrat yükü, iyonize kalsiyumun azalmasının önemli nedenlerinden biridir. Klinik bulgular parestezi, kas spazmları, tetani, laringospazm ve nöbetleri içerebilir; kardiyak kontraktilite azalabilir ve EKG'de QT uzaması görülebilir. Semptomatik hipokalsemi acil tedavi gerektirir ve intravenöz kalsiyum uygulanır; tedavi sırasında iyonize kalsiyum seri olarak izlenmelidir. Ciddi hipokalsemi elektif cerrahi öncesinde düzeltilmeli ve alkalozun iyonize kalsiyumu daha da azaltabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Hiperkalsemi

Hiperkalsemi en sık hiperparatiroidizm ve maligniteyle ilişkili olmakla birlikte, D vitamini fazlalığı, immobilizasyon ve bazı ilaçlarla da gelişebilir. Anoreksi, bulantı, kusma, poliüri ve halsizliğin yanı sıra konfüzyon, letarji ve ağır olgularda koma görülebilir. EKG'de QT aralığında kısalma tipiktir ve dijital duyarlılığı artabilir. Tedavide volüm açığının düzeltilmesi ve altta yatan nedene yönelik yaklaşım esastır; gerekli olgularda

bisfosfonatlar veya kalsitonin kullanılabilir. Ciddi hiperkalsemi elektif anestezi öncesinde düzeltilmeli, iyonize kalsiyum ve eşlik eden elektrolit bozuklukları yakından izlenmelidir (Butterworth et al., 2022).

Hipomagnezemi

Magnezyum birçok enzimatik reaksiyonda kofaktör olarak görev yapar; ayrıca nöromüsküler iletim, kardiyak elektriksel aktivite ve vasküler tonusun düzenlenmesine katkıda bulunur. Anestezi açısından özellikle önemlidir; magnezyum nöromüsküler blokerlerin etkisini potansiyalize edebilir ve anestezik gereksinimini etkileyebilir.

Hipomagnezemi yetersiz alım, gastrointestinal kayıplar, diüretikler ve diğer renal kayıplar nedeniyle gelişebilir ve özellikle yoğun bakım ile majör cerrahi hastalarında görülebilir. Çoğu hasta asemptomatik olmakla birlikte halsizlik, parestezi, tremor veya fasikülasyon, konfüzyon, ataksi ve nöbetler ortaya çıkabilir. Kardiyak açıdan aritmiler, atriyal fibrilasyon ve QT uzaması görülebilir. Hipomagnezemi sıklıkla hipokalemi ve hipokalsemi ile birliktedir; bu nedenle özellikle tedaviye dirençli hipokalemide magnezyum eksikliği araştırılmalıdır. Tedavi klinik şiddete göre oral veya intravenöz magnezyum replasmanına dayanır (Butterworth et al., 2022).

Hipermagnezemi

Hipermagnezemi çoğunlukla aşırı magnezyum alımı, böbrek fonksiyon bozukluğu veya her ikisinin birlikteliğinde gelişir. Hiporefleksi, sedasyon, kas güçsüzlüğü ve solunum depresyonu görülebilir; vazodilatasyon, bradikardi ve miyokardiyal depresyon hipotansiyona yol açabilir. EKG'de PR uzaması ve QRS genişlemesi

gelişebilir; ağır olgular solunum veya kardiyak arrestle sonuçlanabilir. Hafif olgularda magnezyum kaynağının kesilmesi yeterli olabilirken, semptomatik toksisitede intravenöz kalsiyum magnezyumun kardiyak ve nöromüsküler etkilerini geçici olarak antagonize eder; ciddi böbrek yetmezliğinde diyaliz gerekebilir. Anestezi sırasında EKG, kan basıncı ve nöromüsküler fonksiyon yakından izlenmeli ve nondepolarizan nöromüsküler bloker gereksiniminin azalabileceği dikkate alınmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Asit–Baz ve Elektrolit İlişkisi

Sıvı ve elektrolit bozuklukları asit–baz dengesiyle yakından ilişkilidir. Bu ilişkinin klinik açıdan temel noktaları şunlardır:

- Alkaloz, potasyumun hücre içine geçişini artırarak hipokalemiye katkıda bulunabilir.
- Asidemi, özellikle bazı metabolik asidoz tiplerinde potasyumun hücre dışına çıkmasına ve serum potasyum düzeyinin yükselmesine neden olabilir.
- Belirgin potasyum bozukluğu bulunan hastalarda serum potasyum düzeyi; pH, bikarbonat, renal fonksiyon ve klinik bağlamla birlikte değerlendirilmelidir.
- Klorür dengesi, metabolik asit–baz durumunun önemli belirleyicilerinden biridir.
- Yüksek klorür içeren %0,9 NaCl'nin özellikle büyük hacimlerde uygulanması hiperkloremik metabolik asidoza yol açabilir.

- Dengeli kristalloidler, daha düşük klorür içeriği ve tampon anyonları nedeniyle asit–baz dengesinin korunması açısından avantaj sağlayabilir.
- Bununla birlikte dengeli kristalloidlerin majör klinik sonuçlar açısından %0,9 NaCl'ye kesin üstünlüğü gösterilmiş değildir.

Asit–baz fizyolojisi, asit–baz bozukluklarının sınıflandırılması, tanısal değerlendirilmesi ve tedavisi kitabın "Asit–Baz Dengesi" başlıklı bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Anestezi Açısından Klinik Yaklaşım

- Elektrolit bozukluğu bulunan hastalarda perioperatif değerlendirme yalnızca laboratuvar değerine dayandırılmamalıdır.
- Bozukluğun gelişme hızı, klinik belirtiler, EKG bulguları, volüm durumu, renal fonksiyon ve eşlik eden hastalıklar birlikte değerlendirilmelidir.
- Ciddi veya semptomatik elektrolit bozukluklarında elektif cerrahinin ertelenmesi ve bozukluğun öncelikle düzeltilmesi gerekebilir.
- Anestezi sırasında EKG, hemodinamik durum ve nörolojik bulgular yakından izlenmelidir; gerektiğinde seri elektrolit ve asit–baz ölçümleri yapılmalıdır.
- Potasyum, kalsiyum ve magnezyum bozuklukları kardiyak iletiyi ve nöromüsküler fonksiyonu etkileyebilir; bu nedenle nöromüsküler blok yanıtında değişiklikler görülebilir.

- Hipovolemi varlığında anesteziklerin vazodilatör ve miyokardiyal depresan etkileri daha belirgin hipotansiyona yol açabilir.
- Perioperatif sıvı tedavisi; volüm durumu, devam eden kayıplar, organ fonksiyonları ve hemodinamik yanıt dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir.
- Majör cerrahi veya yüksek riskli hastalarda uygun olgularda ileri hemodinamik değerlendirme düşünülebilir.

Perioperatif sıvı ve elektrolit yönetiminin anestezi pratiğine özgü klinik uygulamaları ve güncel tedavi yaklaşımları Bölüm 33'de ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Kaynakça

Adrogué, H. J., Tucker, B. M., & Madias, N. E. (2022). Diagnosis and management of hyponatremia: A review. *JAMA, 328*(3), 280–291. doi: 10.1001/jama.2022.11176.

Butterworth, J. F., IV, Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (2022). *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology* (7th ed.). McGraw Hill.

Cao, D., Arens, A. M., Chow, S. L., Drennan, I. R., Koster, R. W., Lim, S. H., Lott, C., Panchal, A. R., Sawyer, K. N., Schnaubelt, S., Topjian, A. A., & Lavonas, E. J. (2025). Part 10: Adult and pediatric special circumstances of resuscitation: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*, S578–S672. doi: 10.1161/CIR.0000000000001380.

Eaddy, N., & Watene, C. (2023). Perioperative management of fluids and electrolytes in children. *BJA Education, 23*(7), 273–278. doi: 10.1016/j.bjae.2023.03.006.

Greif, R., Lauridsen, K. G., Djärv, T., Böttiger, B. W., Colonna, P., Couper, K., Djakow, J., Lott, C., Olasveengen, T. M., Paal, P., Pellis, T., Perkins, G. D., Sandroni, C., Semeraro, F., Soar, J., Van de Voorde, P., & Zideman, D. A. (2025). European Resuscitation Council Guidelines 2025 executive summary. *Resuscitation, 215*, 110770. doi: 10.1016/j.resuscitation.2025.110770.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (Eds.). (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Henry, D. A. (2025). Hyponatremia. *Annals of Internal Medicine, 178*(12), ITC177–ITC192. doi: 10.7326/ANNALS-25-04219.

Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. (2024). KDIGO 2024 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. *Kidney International, 105*(4S), S117–S314. doi: 10.1016/j.kint.2023.10.018.

Kim, M. J., Valerio, C., & Knobloch, G. K. (2023). Potassium disorders: Hypokalemia and hyperkalemia. *American Family Physician, 107*(1), 59–70. https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2023/0100/potassium-disorders-hypokalemia-hyperkalemia.html

Lee, H., & Kim, J. T. (2023). Pediatric perioperative fluid management. *Korean Journal of Anesthesiology, 76*(6), 519–530. doi: 10.4097/kja.23128.

Lorente, J. V., Hervías Sanz, M., Ripollés-Melchor, J., & Hahn, R. G. (2025). Perioperative fluid therapy in adults and children: A narrative review. *Frontiers in Medicine, 12*, 1607670. doi: 10.3389/fmed.2025.1607670.

Meyers, R. S. (2009). Pediatric fluid and electrolyte therapy. *The Journal of Pediatric Pharmacology and Therapeutics, 14*(4), 204–211. doi: 10.5863/1551-6776-14.4.204.

Ngwenya, B. (2023). *UKKA Clinical Practice Guideline: Management of Hyperkalaemia in Adults*. UK Kidney Association.

Ostermann, M., Auzinger, G., Grocott, M., Morton-Bailey, V., Raphael, J., Shaw, A. D., & Zarbock, A. (2024). Perioperative fluid management: Evidence-based consensus recommendations from the international multidisciplinary PeriOperative Quality Initiative.

British Journal of Anaesthesia, 133(6), 1263–1275. doi: 10.1016/j.bja.2024.07.038.

Sweitzer, B. J. (2026). Preoperative medicine: Evaluating and optimizing patients before anesthesia and surgery. *Anesthesiology and Perioperative Science, 4*, Article 9. doi: 10.1007/s44254-025-00134-1.

BÖLÜM 32

ANESTEZİDE SIVI VE ELEKTROLİT DENGESİ

FEYZA SEVER[1]

Giriş

Perioperatif sıvı ve elektrolit yönetiminin temel amacı; yalnızca intravasküler hacmi artırmak değil; dolaşım yeterliliğini, organ ve doku perfüzyonunu, elektrolit ve asit–baz homeostazını korurken hem hipovolemiden hem de sıvı yüklenmesinden kaçınmaktır. Güncel yaklaşımda intravenöz sıvılar bir "destek solüsyonu" değil, belirli endikasyonu, dozu, bileşimi ve yan etkileri bulunan bir tedavi olarak kabul edilmektedir.

Sıvı ve elektrolit bozuklukları kardiyovasküler, nörolojik ve nöromüsküler fonksiyonları kısa sürede etkileyebildiğinden, bunların tanınması ve uygun şekilde düzeltilmesi anestezi yönetiminin temel bileşenlerinden biridir. Perioperatif dönemde sıvı ve elektrolit bozuklukları ile sıkça karşı karşıya kalan anestezistlerin normal su-elektrolit fizyolojisini iyi bilmesi gerekmektedir.

[1] Doç. Dr., Sağlık Bakanlığı Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü, Orcid: 0000-0003-1425-336X

Günümüzde intravenöz sıvı tedavisi yalnızca kaybedilen hacmin yerine konması olarak değerlendirilmemektedir. Amaç, hipovolemi ile sıvı yüklenmesi arasındaki optimum dengeyi sağlamaktır. Yetersiz resüsitasyon organ hipoperfüzyonuna neden olabilirken, aşırı sıvı uygulaması interstisyel ödem, pulmoner komplikasyonlar, doku oksijenlenmesinde bozulma, gastrointestinal fonksiyonların gecikmiş geri dönüşü, yara iyileşmesinde bozulma ve renal disfonksiyonla ilişkili sıvı birikimine yol açabilir. Bu nedenle günümüzde sabit formüller yerine hasta, cerrahi işlem ve hemodinamik fenotipe göre bireyselleştirilmiş sıvı yönetimi önerilmektedir. Önemli bir nokta olarak, hastaların sıvıya tolerans gösterme yeteneği kişiden kişiye değişir; bu nedenle, aynı tür ve hacimdeki sıvı, akut ve kronik komorbiditelere bağlı olarak farklı klinik etkilere yol açabilir. Özellikle konjestif kalp yetmezliği, kronik böbrek hastalığı ve akut ve kronik akciğer hastalığı olan hastalar "düşük sıvı toleransına" sahiptir ve sıvı birikimi riski daha yüksektir. Benzer şekilde, şiddetli intravasküler hipovolemi olan hastalarda, övolemi ve doku perfüzyonunu yeniden sağlamak için daha büyük hacimlerde sıvıya ihtiyaç duyulabilir. Bunu başarmak için, sıvı uygulaması, majör kanama ve kardiyak komplikasyonlar dahil olmak üzere potansiyel planlı ve plansız olaylara göre kişiye özel olarak ayarlanmalı ve sıvı durumunu intravasküler övolemi durumunda tutmak için sıvı tedavisinin sürekli izlenmesi ve ayarlanması gereklidir (Ostermann et al., 2024).

Bu alandaki yeni kanıtlar ışığında, Perioperatif Kalite Girişimi (POQI; PeriOperative Quality Initiative), ameliyat geçiren hastalarda sıvı yönetimi konusunda kanıta dayalı konsensüs önerileri oluşturmak üzere uluslararası, çok disiplinli bir uzmanlar toplantısı düzenlemiştir. POQI 11. Konsensus konferansında; perioperatif sıvı yönetiminin ameliyat türü, intravasküler volüm durumu ve

akut/kronik komorbiditeler dahil olmak üzere önemli hasta faktörleri dikkate alınarak kişiye özel olarak planlanması gerektiği vurgulanmıştır (Ostermann et al., 2024). Tablo 1'de POQI 2024 perioperatif sıvı yönetimi konsensüs önerileri ve kanıt düzeyleri verilmiştir.

Bu nedenle modern perioperatif sıvı tedavisi "ne kadar sıvı?" sorusundan "hangi hastaya, hangi sıvı, hangi amaçla, ne kadar ve hangi fizyolojik hedefe göre?" sorusuna doğru evrilmiştir.

Tablo 1 Perioperatif kalite girişimi (PeriOperative Quality Initiative, POQI) XI (2024) perioperatif sıvı yönetimi: kanıta dayalı konsensüs önerileri tablosu

Konu Başlığı	***Öneri***	***Kanıt Düzeyi***
Elektif majör kardiyak dışı cerrahi	Susuzluğu azaltmak ve ameliyat öncesi dehidratasyonu önlemek için ameliyat öncesi aç kalma süresinin kısa tutulmasını (berrak sıvılar için 2 saat) öneriyoruz.	Güçlü öneri, orta kalitede kanıt
	Ameliyat sırasında yeterli miktarda sıvı verilmesini öneriyoruz; genel olarak ameliyatın sonuna kadar 1–2 L pozitif sıvı dengesi hedeflenmelidir.	Güçlü öneri, yüksek kaliteli kanıt
	Ameliyat sırası sıvı uygulaması için albümin veya sentetik kolloidlerin rutin kullanımını önermiyoruz.	Güçlü öneri; albümin için düşük kaliteli kanıt, sentetik kolloidler için yüksek kaliteli kanıt
	Hipokloremi bulunmadığında tamponlu kristalloid solüsyonların kullanılmasını öneriyoruz.	Zayıf öneri, orta kalitede kanıt
	Böbrek naklinde %0,9'luk salin yerine tamponlu kristalloid solüsyonların kullanılmasını öneriyoruz.	Güçlü öneri, yüksek kaliteli kanıt
Kardiyopulmoner baypas	Kardiyopulmoner baypasın başlatılması için albümin veya sentetik kolloidlerin rutin kullanımını önermiyoruz	Güçlü öneri, orta kalitede kanıt
	Kardiyopulmoner baypas sırasında aşırı (>30 ml/kg) ultrafiltrasyonun kullanılmamasını öneriyoruz.	Zayıf öneri, orta kalitede kanıt

Torasik Cerrahi (Akciğer Rezeksiyonu)	Akciğer rezeksiyonu ameliyatını takip eden ilk 24 saatte pozitif sıvı dengesinin sağlanmamasını öneriyoruz.	Zayıf öneri, çok düşük kaliteli kanıt
Nöroşirürji	Nöroşirürji hastalarında albümin kullanımını önermiyoruz.	Güçlü öneri, orta kalitede kanıt
	Nöroşirürji hastalarında hipotonik solüsyonların kullanılmamasını öneriyoruz.	Güçlü öneri, orta kalitede kanıt
	Travmatik beyin hasarı olan hastalarda birinci basamak sıvı tedavisi olarak %0,9'luk salin kullanılmasını öneriyoruz.	Zayıf öneri, orta kalitede kanıt
	Travmatik beyin hasarı olan hastalarda albümin kullanımını önermiyoruz.	Güçlü öneri, orta kalitede kanıt
Genel anestezi altında yapılan küçük kardiyak dışı cerrahi	Küçük kardiyak dışı cerrahi işlemlerde postoperatif bulantı ve kusma sıklığını azaltmak için hafif pozitif sıvı dengesi önerilmektedir.	Zayıf öneri, düşük kaliteli kanıt
Kritik hastalık	Hipokloremi olmadığı durumlarda tamponlu kristalloid solüsyonların kullanılmasını öneriyoruz.	Güçlü öneri, yüksek kaliteli kanıt
	Sentetik kolloidlerin kullanımını önermiyoruz.	Güçlü öneri, yüksek kaliteli kanıt
	Rutin albümin kullanımını önermiyoruz.	Güçlü öneri, yüksek kaliteli kanıt
	Sıvı birikimi riskini en aza indiren ve intravasküler normovolemiyi sürdürmeyi destekleyen stratejilerin kullanılmasını öneriyoruz.	Zayıf öneri, orta kalitede kanıt
	Subaraknoid kanaması olan hastalarda hipervolemiyi önermiyoruz.	Zayıf öneri, orta kalitede kanıt

Çocuklarda farklılık

Çocuklarda toplam vücut suyu ve ekstrasellüler sıvı oranının daha yüksek olması, metabolik gereksinimlerin fazla olması ve özellikle yenidoğan ile infantlarda renal fonksiyonların tam olgunlaşmamış olması sıvı-elektrolit dengesini erişkinlerden farklılaştırır. Ayrıca küçük mutlak hacim değişiklikleri toplam dolaşım hacminin önemli bir kısmını oluşturabilir. Bu nedenle pediatrik hastalarda sıvıların kg başına hesaplanması ve hassas biçimde uygulanması önemlidir.

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümün sonunda okuyucunun;

- Perioperatif sıvı yönetiminin temel ilkelerini kavraması; sıvı tedavisini hastanın volüm durumu, sıvı toleransı, cerrahi özellikleri, devam eden kayıpları ve organ perfüzyonuna göre bireyselleştirebilmesi,
- Sıvı gereksinimi, sıvı yanıtlılığı ve sıvı toleransı arasındaki farkları kavraması ve sıvı yanıtlılığının tek başına sıvı uygulama endikasyonu olmadığını açıklayabilmesi,
- Perioperatif volüm durumu ve sıvı yanıtlılığının değerlendirilmesinde kullanılan klinik bulgular, dinamik hemodinamik parametreler ve monitörizasyon yöntemlerinin kullanım alanlarını ve temel sınırlılıklarını bilmesi,
- Güncel perioperatif sıvı ve hemodinamik yönetim kılavuzlarının temel önerilerine hâkim olması ve bu önerileri hastanın risk profili ile klinik durumuna göre yorumlayabilmesi,
- İdame, replasman, resüsitasyon ve deresüsitasyon yaklaşımlarını birbirinden ayırt edebilmesi ve perioperatif sürecin farklı dönemlerinde uygun yaklaşımı belirleyebilmesi,
- İntravenöz sıvıların temel özelliklerini, avantajlarını ve sınırlılıklarını bilmesi; klinik duruma göre uygun kristalloid veya seçilmiş olgularda kolloid kullanımını değerlendirebilmesi,

- Hipotansiyonun hipovolemi ile eş anlamlı olmadığını kavraması; perioperatif arter basıncı ve organ perfüzyonunu birlikte değerlendirerek sıvı, vazopressör veya diğer hemodinamik tedavileri altta yatan fizyolojik mekanizmaya göre yönlendirebilmesi,
- Çocuklarda perioperatif sıvı ve hemodinamik yönetimin erişkinlerden önemli farklılıklar gösterdiğini kavraması; yaşa özgü fizyoloji, preoperatif açlık, idame sıvısı, glukoz gereksinimi, sıvı yanıtlılığının değerlendirilmesi ve arter basıncı hedeflerindeki temel farklılıkları açıklayabilmesi,
- Perioperatif dönemde sık karşılaşılan elektrolit bozukluklarının anestezi açısından önemini kavraması ve sıvı-elektrolit tedavisini klinik durum, renal fonksiyon, asit–baz dengesi ve hemodinamik bulgularla birlikte değerlendirebilmesi amaçlanmaktadır.

Vücut Sıvı Kompartımanları ve Perioperatif Sıvı Fizyolojisi

Vücut sıvı kompartımanları

Vücut sıvı kompartımanları, sıvı-elektrolit dağılımı ve bunları belirleyen temel fizyolojik mekanizmalar Bölüm 32'de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Bu bölümde ise yalnızca perioperatif sıvı tedavisinin anlaşılması açısından önem taşıyan temel fizyolojik özellikler kısaca hatırlatılacaktır. Toplam vücut suyu temel olarak intrasellüler ve ekstrasellüler sıvı kompartımanlarına ayrılır. Ekstrasellüler sıvı ise başlıca intravasküler ve interstisyel alanlardan oluşur. Sodyum ekstrasellüler, potasyum ise intrasellüler sıvının başlıca katyonudur. Bu dağılım hücre membranındaki aktif iyon transport sistemleri tarafından korunur. Sıvının bu kompartımanlar

arasındaki hareketi osmolalite, hidrostatik ve onkotik basınçlar ile kapiller bariyer özellikleri tarafından belirlenir.

Güncel kapiller sıvı fizyolojisinde endotel glikokaliksi önemli bir bariyer olarak kabul edilmektedir. Cerrahi travma, inflamasyon, iskemi-reperfüzyon ve aşırı sıvı yüklenmesi endotel geçirgenliğini artırabilir. Böyle bir durumda uygulanan sıvının daha büyük bölümü interstisyel alana geçebilir. Bu nedenle perioperatif tedavide amaç yalnızca "damar içini doldurmak" değil, uygun dolaşan hacim ile doku ödemi arasındaki dengeyi korumaktır.

Çocuklarda farklılık

Yenidoğan ve infantlarda toplam vücut suyunun vücut ağırlığına oranı erişkinlerden daha yüksektir ve ekstrasellüler kompartıman görece büyüktür. Yaş ilerledikçe (2 yaş ve sonrası) vücut kompozisyonunun değişmesiyle toplam vücut suyu oranı erişkin değerlerine yaklaşır. Buna ek olarak renal konsantrasyon kapasitesinin özellikle yenidoğanda sınırlı olması, su ve elektrolit yüklerinin tolere edilmesini etkiler. Bu nedenle küçük çocuklarda hem dehidratasyon hem de sıvı yüklenmesinden kaçınılmalıdır.

Perioperatif Volüm Durumu ve Sıvı Gereksiniminin Değerlendirilmesi

Perioperatif sıvı tedavisinin en önemli aşamalarından biri hastanın gerçekten intravasküler volüm desteğine gereksinimi olup olmadığının belirlenmesidir. Sıvı tedavisine başlamadan önce temel soru "Hastanın sıvıya ihtiyacı var mı?" olmalıdır. Hipotansiyon, taşikardi veya oligüri tek başına hipovolemi göstergesi değildir.

Perioperatif hipotansiyonun başlıca mekanizmaları arasında hipovolemi, vazodilatasyon, miyokard depresyonu, aritmi ve daha nadiren mekanik dolaşım engelleri bulunur. Özellikle genel ve

nöroaksiyel anestezi sırasında gelişen hipotansiyonda vazodilatasyon önemli bir mekanizmadır. Dolayısıyla her hipotansiyon atağının tekrarlayan sıvı boluslarıyla tedavi edilmesi uygun değildir.

Volüm değerlendirmesi arter basıncı ve kalp hızına ek olarak periferik perfüzyon, kapiller dolum, mental durum, idrar çıkışı, laktat, kan gazı ve uygun hastalarda ileri hemodinamik parametrelerle yapılmalıdır. Tek bir parametre yerine klinik ve fizyolojik verilerin birlikte değerlendirilmesi daha güvenlidir.

Sıvı yanıtlılığı ve hemodinamik değerlendirme

Sıvı yanıtlılığı, bir sıvı yüklemesi sonrasında atım hacmi veya kardiyak debinin artma olasılığını ifade eder. Sıvı yanıtlılığı, sıvı gereksinimi ile eş anlamlı değildir. Amaç, sıvı yanıtlılığını klinik hipoperfüzyon bulguları ile birlikte yorumlamaktır (Martin et al., 2020).

Santral venöz basınç (Central Venous Pressure, CVP) gibi statik preload göstergelerinin sıvı yanıtını öngörmedeki değeri sınırlıdır. Santral venöz basınç değerleri tek başına hacim durumunun doğru veya güvenilir bir göstergesi değildir. Hemodinamik ve sıvı durumunun doğru bir şekilde belirlenmesi gerektiğinde, arteriyel nabız kontur analizi ve strok hacmi varyasyonunun (Stroke Volume Variation, SVV) tahmini, özofageal Doppler, transözofageal ekokardiyografi ve transtorasik ekokardiyografi gibi noninvaziv değerlendirme yöntemleri önemli klinik durumlarda kullanılabileceği belirtilmektedir (Butterworth et al., 2022).

Kontrollü mekanik ventilasyon sırasında solunum siklusunun oluşturduğu kardiyopulmoner etkileşimlerden yararlanan nabız

basıncı değişimleri (Pulse Pressure Variation, PPV) ve SVV sıvı yanıtlılığının değerlendirilmesinde kullanılabilir. Fransız Anestezi ve Reanimasyon Derneği (Société Française d'Anesthésie et de Réanimation, SFAR) tarafından yayımlanan güncel perioperatif hemodinamik optimizasyon kılavuzu, yüksek ve çok yüksek riskli cerrahi hastalarında volüm tedavisini yönlendirmek amacıyla atım hacmi monitörizasyonunun kullanılmasını; arteriyel dalga formu analiziyle atım hacmi izleniyorsa PPV veya SVV gibi dinamik indekslerin de birlikte değerlendirilmesini desteklemektedir (Fellahi et al., 2026).

Ancak spontan solunum, aritmi, düşük tidal volüm, sağ ventrikül disfonksiyonu ve açık toraks gibi durumlar bu parametrelerin güvenilirliğini azaltabilir. Bu noninvaziv yöntemler, CVP izlemeyle elde edilene kıyasla hacim ve hemodinamik durumun daha iyi değerlendirilmesini sağlamanın yanı sıra, santral venöz ve pulmoner arter kateterleriyle ilişkili birçok riski de ortadan kaldırır. Günümüzde, hemodinamik tedaviyi yönlendirmek için pulmoner arter kateterleri nadiren kullanılır (Butterworth et al., 2022).

"Tüm hastalarda dinamik indeks kullanılmalı mı?" sorusu için SFAR 2026 kılavuzunda, düşük ve orta riskli hastalarda atım hacmi monitörizasyonu veya dinamik indekslerin rutin kullanımının perioperatif morbiditeyi azaltmadığı ve bu nedenle önerilmediği belirtilmektedir (Fellahi et al., 2026).

Çocuklarda farklılık

Çocuklarda PPV ve SVV gibi erişkinlerde kullanılan dinamik parametrelerin performansı daha değişkendir. Yaş, vasküler kompliyans, kalp hızı, tidal volüm ve kullanılan cihaz ölçümleri

etkileyebilir. Bu nedenle erişkin eşiklerinin doğrudan pediatrik hastalara aktarılması uygun değildir.

Perioperatif Sıvı Tedavisinin Temel Stratejileri

Perioperatif dönem, cerrahi işlemden hemen önceki, işlem sırasındaki ve işlem sonrasındaki süreyi ifade eder. Klinik olarak intravenöz sıvı uygulaması idame, replasman ve resüsitasyon amacıyla kullanılabilir; güncel yaklaşım buna resüsitasyon sonrasında sıvı fazlasının uzaklaştırıldığı deresüsitasyon kavramını da eklemektedir (Lorente et al., 2025). 2025 tarihli erişkin ve çocukları birlikte değerlendiren derleme, perioperatif sıvı yönetimini resüsitasyon, optimizasyon, stabilizasyon ve deresüsitasyon olmak üzere dört fazda ele almaktadır. Bu yaklaşımda başlangıçta doku perfüzyonu ve oksijen sunumunun hızla yeniden sağlanması hedeflenirken, izleyen dönemde normovoleminin hemodinamik hedeflere göre korunması; klinik stabilizasyon sonrasında ise gereksiz sıvı uygulamasının sınırlandırılması ve birikmiş sıvının kontrollü olarak uzaklaştırılması amaçlanır (Lorente et al., 2025).

İdame sıvı tedavisi

İdame sıvısı günlük normal fizyolojik su ve elektrolit gereksinimlerini karşılamayı amaçlar. Oral veya enteral alımı yeterli hastaya rutin intravenöz idame sıvısı verilmesi gerekmez.

Modern perioperatif uygulamada uzun preoperatif açlığın mutlaka büyük bir intravasküler "açlık açığı" oluşturduğu görüşü terk edilmektedir. Güncel açlık protokolleri ve Cerrahi Sonrası Hızlandırılmış İyileşme (Enhanced Recovery After Surgery, ERAS) uygulamaları sayesinde elektif hastalarda klasik formüllerle hesaplanan açlık açığının rutin olarak büyük sıvı boluslarıyla kapatılması çoğunlukla gerekli değildir. Oral alım mümkün

olduğunda intravenöz idame gereksinimi azaltılmalı ve postoperatif dönemde oral/enteral hidrasyona erken geçilmelidir (Ostermann et al., 2024).

Replasman sıvı tedavisi

Kusma, nazogastrik drenaj, diyare, fistül, poliüri veya cerrahi kayıplar gibi devam eden kayıplar replasman gerektirebilir. Replasman tedavisi mümkün olduğunca kaybedilen sıvının miktarı ve elektrolit bileşimine göre planlanmalıdır. Güncel uygulamada klasik "üçüncü boşluk kaybı" kavramına dayanarak ampirik olarak büyük miktarlarda kristalloid verilmesinden kaçınılmaktadır.

Resüsitasyon sıvı tedavisi

Resüsitasyon sıvısı dolaşım yetersizliği ve hipoperfüzyonun tedavisinde kullanılır. Kontrollü bir bolus sonrası arter basıncı, atım hacmi, kardiyak debi ve doku perfüzyonundaki yanıt yeniden değerlendirilmelidir. Yanıt yoksa tekrarlayan boluslar yerine hipotansiyonun vazopleji, kanama veya kardiyak disfonksiyon gibi diğer nedenleri araştırılmalıdır (Martin et al., 2020; Ostermann et al., 2024).

Kümülatif sıvı dengesi ve deresüsitasyon

Perioperatif sıvı tedavisi ameliyat sona erdiğinde bitmez. İntraoperatif dönemde aşırı kristalloid uygulanmasına bağlı doku ödemi oksijen transportunu, yara iyileşmesini ve barsak fonksiyonlarının geri dönüşünü bozabilir. Resüsitasyon sonrasında hastanın sıvı dengesi tekrar değerlendirilmelidir.

Hemodinamik stabilizasyon sağlandıktan sonra gereksiz intravenöz sıvıların kesilmesi, oral/enteral alıma geçilmesi ve seçilmiş sıvı yüklenmiş hastalarda diüretik veya renal replasman

tedavisiyle negatif sıvı dengesinin sağlanması deresüsitasyon olarak tanımlanan modern yaklaşımın temelini oluşturur (Lorente et al., 2025).

Çocuklarda Perioperatif Sıvı Tedavisi: Güncel Yaklaşım

Çocuklarda vücut sıvı kompartımanlarının oranları yaşla değişir. Özellikle yenidoğan ve küçük bebeklerde ekstrasellüler sıvı hacmi erişkinlere göre daha fazladır. Bu özellik, küçük çocukların sıvı kayıplarına karşı daha duyarlı olmasına neden olur. Son 20 yılda çocuklarda perioperatif sıvı yönetiminde yaşanan en önemli gelişmeler, ameliyat öncesi sıvı alımının esnekleştirilmesi ve hipotonik sıvı kullanımına bağlı iyatrojenik hiponatremiik ensefalopatinin farkına varılması olmuştur.

Çocuklarda preoperatif açlık

Sağlıklı çocuklarda gereksiz uzun açlık sürelerinden kaçınılmalıdır. Uluslararası güncel pediatrik anestezi kılavuzları, elektif cerrahi öncesinde berrak sıvıların 1 saat öncesine kadar alınmasını desteklemektedir (Eaddy & Watene, 2023; Frykholm et al., 2022). Berrak sıvı alımının teşvik edilmesi dehidratasyonu, susuzluk ve metabolik stresi azaltabilir; ayrıca anestezi indüksiyonunda hemodinamik stabiliteyi destekleyebilir.

Çocuklarda preoperetaif açlık süresini en aza indirmek ve postoperatif dönemde ise erken oral ve enteral alımı yeniden sağlamak, perioperatif ve yoğun bakım ortamlarında temel hedeflerdir (Eaddy & Watene, 2023; Frykholm et al., 2022). Uluslararası kılavuzların pediatrik preoperatif açlık önerileri arasında farklılıklar bulunmakla birlikte, berrak sıvı alımının giderek daha serbest hale getirilmesi yönünde bir eğilim vardır. Avrupa Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Derneği (ESAIC), Büyük Britanya

ve İrlanda Pediatrik Anestezi Uzmanları Derneği (APAGBI), Avustralya ve Yeni Zelanda Anestezistler Koleji (ANZCA), Avrupa Pediatrik Anesteziyoloji Derneği (ESPA) ve Association des Anesthésistes Réanimateurs Pédiatriques de l'expression Française (ADARPEF), sağlıklı çocuklarda elektif girişimler öncesinde berrak oral sıvılar (glukoz içeren izotonik içecekler dahil) için 1 saatlik açlık süresini önermektedir (Frykholm et al., 2022). Buna karşılık Amerikan Anesteziyologlar Derneği'nin (ASA) 2023 preoperatif açlık kılavuzunda, pediatrik hastalarda 1 saatlik ve 2 saatlik berrak sıvı açlık sürelerinin yarar ve zararlarını karşılaştırmak için kanıtların yetersiz olduğu belirtilmektedir (Joshi et al., 2023).

Çocuklarda preoperatif sıvı açığı

Sağlıklı ve elektif cerrahi uygulanacak çocuklarda berrak sıvı alımı uygun şekilde sürdürülmüşse genellikle belirgin bir preoperatif sıvı açığı beklenmez. Bu nedenle klasik şekilde hesaplanan "açlık açığının" rutin olarak yerine konması gerekli değildir.

Buna karşılık acil cerrahi, ateş, sepsis, yanık, kanama, kusma, ishal veya gastrik drenaj gibi durumlarda anlamlı sıvı açığı bulunabilir. Dehidratasyonun en güvenilir göstergesi akut vücut ağırlığı kaybıdır. Çocuklarda hipotansiyon ise, fizyolojik sınırlara ulaşana kadar telafi etme yetenekleri nedeniyle, şiddetli dehidrasyonun geç ve kötüye işaret eden bir belirtisidir (Eaddy & Watene, 2023).

Çocuklarda intraoperatif sıvı yönetimi

Çocuklarda idame sıvı tedavisi

İdame sıvısının amacı ameliyat sırasında bazal metabolizma için gerekli suyu sağlamak ve dolaşım hacmini ve elektrolit

dengesini korumaktır. Dengeli izotonik kristalloidler (örn. Plasma-Lyte) intraoperatif bakım ve hacim replasmanı için birinci basamak sıvılardır. 4 haftadan büyük bebek ve çocuklarda, Ulusal Sağlık ve Bakım Mükemmelliği Enstitüsü (National Institute for Health and Care Excellence, NICE) kılavuzları, bazal günlük sıvı gereksinimlerini hesaplamak için Holliday-Segar denklemini kullanmayı önermektedir (Tablo 2) (National Institute for Health and Care Excellence, 2015). Bu hesaplama yalnızca bir başlangıç noktasıdır; cerrahinin tipi, devam eden kayıplar ve çocuğun klinik durumu dikkate alınarak ayarlanmalıdır.

Tablo 2 Çocuklarda Holliday–Segar yöntemine göre saatlik idame sıvı gereksinimi (4–2–1 kuralı)

Vücut Ağırlığı	**Saatlik İdame Sıvı Miktarı**
İlk 10 kg	4 mL/kg/saat
10–20 kg	İlk 10 kg için 40 mL/saat + sonraki her kg için 2 mL/kg/saat
>20 kg	İlk 20 kg için 60 mL/saat + sonraki her kg için 1 mL/kg/saat

Çocuklarda ameliyat sırasında en çok tercih edilen idame sıvısı, %1–2.5 glukoz içeren izotonik bir dengeli kristaloid çözeltisidir. Bu çözeltinin, çocuklarda cerrahi sırasında elektrolit ve endokrin homeostazını korumaya yardımcı olduğu bilinmektedir. “4-2-1” kuralı, cerrahi girişimin invazivlik düzeyine göre ek sıvı gereksinimleriyle birlikte çocuklarda intraoperatif idame sıvısının hesaplanmasında hâlâ yararlıdır. Anesteziyologlar, devam eden kan ve sıvı kaybını dikkatle izlemeli ve gerektiğinde bu kaybı glukoz içermeyen izotonik bir dengeli kristaloid veya kan ürünleriyle yerine koymalıdır. Bireyselleştirilmiş hacim replasmanı, pediatrik hastalara özgü dinamik değişkenler ve yaşamsal bulgular temel alınarak kardiyak debinin optimize edilmesine yardımcı olur (Lee & Kim, 2023; Lee et al., 2019).

Çocuklarda yerine koyma (replasman) tedavisi

Cerrahi sırasında ortaya çıkan ek sıvı kayıpları idame gereksiniminden ayrı değerlendirilmelidir. Açık kavite cerrahisi, gastrointestinal kayıplar, kanama, yanık, ateş ve sepsis replasman gereksinimini artırabilir. Yaklaşık bir değerlendirme olarak, insensibl sıvı kayıpları yüzeyel cerrahilerde 1–2 mL/kg/saat düzeyindedir ve genellikle ek replasman gerektirmez. Bu kayıplar cerrahinin kapsamı arttıkça yükselerek torakotomi sırasında yaklaşık 4–7 mL/kg/saat, açık abdominal cerrahilerde ise 5–10 mL/kg/saat düzeyine ulaşabilir (Cunliffe, 2003). Ancak bu değerler yalnızca yaklaşık tahminlerdir ve sabit replasman hedefleri olarak kullanılmamalıdır; intraoperatif sıvı tedavisi çocuğun yaşı, vücut ağırlığı, cerrahinin türü, ölçülebilir sıvı kayıpları ve klinik-hemodinamik bulgular dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Eaddy & Watene, 2023).

Çocuklarda sıvı yanıtlılığı ve hacim resüsitasyonu

Hipovolemi düşünüldüğünde amaç, yalnız arter basıncını yükseltmek değil; preload, kardiyak debi ve doku perfüzyonunu iyileştirmektir. Gerektiğinde 10–20 mL/kg dengeli izotonik kristalloid ile kontrollü bir sıvı yüklemesi uygulanabilir. Bolus sonrasında kan basıncı, kalp hızı, end-tidal CO_2, idrar çıkışı ve periferik perfüzyonun yanı sıra pH, baz açığı, laktat, hemoglobin ve gerektiğinde ekokardiyografi yeniden değerlendirilmelidir (Eaddy & Watene, 2023).

Buradaki önemli pediatrik fark, sıvı yanıtlılığının değerlendirilmesinin erişkinlere göre daha güç olmasıdır. Kalp hızı, sistolik arter basıncı ve santral venöz basınç gibi statik parametrelerin sıvı yanıtlılığını öngörmedeki değeri sınırlıdır.

Çocuklarda nabız basıncı değişkenliği (PPV), atım hacmi değişkenliği (SVV), vena kava inferior çapındaki solunumsal değişiklikler ve pletismografik indeksler gibi dinamik parametrelere ilişkin kanıtlar da erişkinlere kıyasla daha değişken ve çelişkilidir. Dolayısıyla sıvı tedavisi tek bir parametreye değil, seri klinik ve hemodinamik değerlendirmeye dayanmalıdır (Eaddy & Watene, 2023).

Ayrıca büyük miktarda kristalloid verilmesi (>40–60 mL/kg) endotel disfonksiyonu, interstisyel sıvı birikimi ve dilüsyonel anemiye yol açabilir. Bu nedenle tekrarlayan sıvı bolusları otomatik biçimde uygulanmamalı, her bolustan sonra endikasyon yeniden değerlendirilmelidir.

Çocuklarda intraoperatif glikoz yönetimi

Sağlıklı çocukların çoğunda yenidoğan dönemi sonrasında rutin intraoperatif glikoz uygulanması gerekli değildir. Bununla birlikte yenidoğanlar ve küçük bebekler ile hipoglisemi açısından risk taşıyan çocuklarda perioperatif kan glikozunun izlenmesi ve gerektiğinde glikoz içeren sıvıların kullanılması önerilir. Glikoz gereksinimi olduğunda, dengeli izotonik bir elektrolit solüsyonunda düşük konsantrasyonda (%1–2) glikoz kullanılması genellikle hipoglisemi ve ketozu önlemek için yeterlidir. Daha yüksek glikoz konsantrasyonlarının rutin kullanımı ise hiperglisemi, glikozüri ve ozmotik diürez riskini artırabilir (Datta & Aravindan, 2017; Eaddy & Watene, 2023; Murat & Dubois, 2008).

Çocuklarda postoperatif sıvı yönetimi

Cerrahiden sonra mümkün olan en erken zamanda oral veya enteral sıvı alımı teşvik edilmeli, intravenöz sıvı tedavisi enteral alımın sıvı ve elektrolit gereksinimlerini karşılamada yetersiz kaldığı

durumlarla sınırlandırılmalıdır. Özellikle majör cerrahi sonrasında artan antidiüretik hormon (ADH) salınımına bağlı su retansiyonu ve hiponatremi riski göz önünde bulundurularak idame sıvı hızı azaltılabilir. İntravenöz sıvı tedavisi süresince volüm durumu, devam eden kayıplar ve plazma elektrolitleri düzenli olarak değerlendirilmeli; sıvının türü ve uygulama hızı çocuğun klinik gereksinimlerine göre bireyselleştirilmelidir. İntravenöz sıvı tedavisi mümkün olan en kısa sürede sonlandırılarak oral veya enteral hidrasyona geçilmelidir (Eaddy & Watene, 2023).

İntravenöz Sıvı Seçimi

Kristalloidler

Kristalloidler su içinde çözünmüş küçük iyonlardan oluşur ve ekstrasellüler sıvı kompartımanında dağılır. Perioperatif sıvı tedavisinin temelini oluştururlar. İntraoperatif kayıpların çoğunun izotonik olması nedeniyle çoğu perioperatif durumda dengeli kristalloidlerin tercih edilmesini önerilmektedir (Butterworth et al., 2022).

Dengeli kristalloidler

Laktatlı Ringer ve Plasma-Lyte® gibi dengeli solüsyonlar plazmaya %0,9 NaCl'den daha yakın elektrolit kompozisyonuna sahiptir. Klorür yükleri daha düşüktür ve bikarbonat prekürsörü olarak laktat, asetat veya glukonat gibi anyonlar içerebilirler. Çoğu perioperatif hastada idame ve volüm genişlemesi için uygun ilk seçenek olarak kabul edilir. Güncel SFAR kılavuzu nonkardiyak cerrahide asit–baz dengesini daha iyi korumak amacıyla dengeli kristalloid kullanımını desteklemektedir (Fellahi et al., 2026; Joannes-Boyau et al., 2022; Ostermann et al., 2024).

Ringer solüsyonları: Ekstrasellüler sıvının elektrolit bileşimine yakın olacak şekilde geliştirilmiş dengeli kristalloidlerdir. Laktatlı Ringer (Hartmann) solüsyonunda laktat, diğer Ringer formülasyonlarında ise asetat tampon öncülü olarak kullanılabilir; bu organik anyonlar metabolize edilerek bikarbonat oluşumuna katkıda bulunur. Ringer solüsyonları ekstrasellüler alanda dağılır ve infüze edilen hacmin yaklaşık %20'si plazma hacmi genişlemesine katkıda bulunur (Hahn, 2024; Lorente et al., 2025).

Plasma-Lyte®: Plazmaya yakın elektrolit bileşimine sahip, izo-osmotik dengeli bir kristalloiddir. Yaklaşık 140 mmol/L sodyum içerir ve klorür yükünü azaltmak amacıyla asetat ve glukonat içerir. Bu bileşimi nedeniyle yüksek hacimli %0,9 NaCl uygulamasına kıyasla hiperkloremik metabolik asidoz gelişme olasılığını azaltır. Kalsiyum içermemesi sitratlı eritrosit konsantreleriyle birlikte kullanım açısından avantaj sağlarken, hafif alkalileştirici etkisi nedeniyle özellikle alkalozu bulunan hastalarda yüksek hacimli uygulamalarda dikkatli olunmalıdır (Lorente et al., 2025).

Isofundin® / Sterofundin® / Ringerfundin®: Isofundin®, bazı Avrupa ülkelerinde Sterofundin® veya Ringerfundin® ticari adlarıyla bulunan dengeli bir kristalloid solüsyondur. Tampon olarak asetat ve malat içerir; kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları plazmaya yakındır. Plasma-Lyte® ve laktatlı Ringer'e kıyasla klorür içeriği daha yüksektir. Kalsiyum içermesi nedeniyle sitratla antikoagüle edilmiş kan ürünleriyle aynı infüzyon hattından uygulanması uygun değildir. Bu solüsyonlara ilişkin klinik veri, Plasma-Lyte® ve laktatlı Ringer'e kıyasla daha sınırlıdır (Lorente et al., 2025).

%0,9 NaCl (izotonik salin)

"Normal salin" olarak adlandırılmasına rağmen %0,9 NaCl fizyolojik olarak tam anlamıyla normal değildir. Yüksek klorür konsantrasyonu nedeniyle büyük hacimlerde uygulanması hiperkloremik metabolik asidoza yol açabilir. 2 litre veya daha fazla miktarda %0,9 sodyum klorür infüzyonu, öncelikle vücudun normal fizyolojik seviyelerine göre yüksek klorür içeriği nedeniyle hiperkloremik metabolik asidoza yol açar (Scheingraber et al., 1999; Wilkes et al., 2001). Ayrıca klorürden zengin kristalloidlerin perioperatif akut böbrek hasarına katkıda bulunabileceği çoğu perioperatif kullanım için dengeli solüsyonların tercih edilmesi belirtilmiştir (Butterworth et al., 2022). POQI 2024 konsensus önerileri arasında böbrek naklinde alıcıda %0,9'luk salin yerine tamponlu kristalloid solüsyonların kullanılması önerilmektedir (Ostermann et al., 2024).

Bununla birlikte %0,9 NaCl tamamen terk edilmesi gereken bir sıvı değildir. Kusma vakalarında sıklıkla gözlenen hipokloremik metabolik alkaloz, belirli hiponatremi durumları veya spesifik nörolojik endikasyonlarda tercih edilebilir (Hahn, 2014). Ayrıca geniş hasta gruplarına dayanan yakın dönem popülasyon çalışmaları, günlük rutin uygulamalarda kullanıldığında %0,9 NaCl'nin, dengeli sıvılara kıyasla daha fazla majör komplikasyonla ilişkili olduğunu gösterememiştir (Finfer et al., 2022; Self et al., 2018; Semler et al., 2018; Zampieri et al., 2021); olası tek istisna septik hastalar olabilir (Brown et al., 2019).

Kolloidler

Kolloidler, intravasküler volüm genişlemesi amacıyla kullanılan makromoleküler solüsyonlardır. Kristalloidlere göre daha

yüksek intravasküler volüm genişletici etkiye sahip olmakla birlikte bu etkinin büyüklüğü ve süresi kullanılan preparata ve hastanın klinik durumuna bağlıdır. Güvenlilik sorunları ve kristalloidlere karşı klinik üstünlüklerinin sınırlı olması nedeniyle günümüzde perioperatif kullanımları azalmıştır. Kolloidler doğal ve sentetik olmak üzere iki ana grupta incelenir

Doğal kolloidler – Albumin: %5 ve %20 insan albumini başlıca doğal kolloidlerdir ve günümüzde klinik olarak en kabul gören kolloid albümindir. Albumin seçilmiş klinik durumlarda kullanılabilir; ancak rutin perioperatif volüm replasmanında dengeli kristalloidlere karşı genel bir üstünlüğü gösterilmiş değildir. Kullanımı hasta özellikleri ve klinik endikasyona göre bireyselleştirilmelidir.

Sentetik kolloidler – HES, jelatin ve dekstran: Hidroksietil nişasta (HES), özellikle sepsis ve kritik hastalarda böbrek hasarı ve güvenlilik endişeleri nedeniyle ciddi kısıtlamalara konu olmuştur. Elektif cerrahide risk profili daha tartışmalı olmakla birlikte, güncel perioperatif yaklaşımda sentetik kolloidlerin rutin kullanımı desteklenmemektedir. Jelatin ve dekstranlarda da özellikle anafilaktik reaksiyonlar ve koagülasyon üzerine etkiler kullanımın sınırlanmasına katkıda bulunmaktadır (Butterworth et al., 2022).

Çocuklarda farklılık

Çocuklarda dengeli izotonik kristalloidler başlangıç hacim replasmanında ilk seçenektir. Kolloidlerin rutin kullanımını veya albumin, HES ve jelatin arasında belirli bir ajanın üstünlüğünü destekleyen pediatrik kanıtlar yetersizdir. Albumin görece güvenli bir doğal kolloid seçeneği olmakla birlikte maliyeti yüksektir; HES özellikle renal fonksiyon bozukluğunda dikkatle kullanılmalı,

dekstran ve jelatinler ise güvenlilik kaygıları nedeniyle genellikle tercih edilmemelidir. Bu nedenle pediatrik hastalarda kolloid kullanımı hastanın klinik durumu, uygulanmış kristalloid miktarı ve bireysel riskler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir (Eaddy & Watene, 2023).

Çocuklarda hacim genişletmede sıvı seçimine ilişkin SFAR 2025 önerileri (Constant et al., 2025)

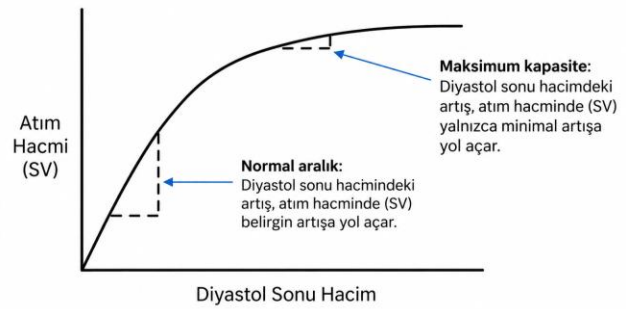
1. Çocuklarda biyolojik ve dolaşımsal homeostazı korumak amacıyla başlangıç hacim genişletmesinde dengeli kristalloid solüsyonların sınırlı süreyle kullanılması uzmanlar tarafından önerilmektedir (Uzman görüşü – güçlü uzlaşı). (Kılavuz gerekçesinde dengeli kristalloidlerin %0,9 NaCl'ye tercih edilmesinin, özellikle küçük çocuklarda ve yüksek miktarda sıvı uygulanması durumunda hiperkloremi ve hiperkloremik asidoz riskini azaltabileceğini belirtmektedir.)
2. Yenidoğan ve infantlarda, dengeli kristalloid ile gerçekleştirilen başlangıç hacim genişletmesinden sonra, hacim genişletici kapasitesi ve iyi toleransı nedeniyle toplam verilen sıvı hacmini sınırlandırmak amacıyla %4 veya %5 albumin kullanılması uzmanlar tarafından önerilmektedir. (Uzman görüşü – güçlü uzlaşı).

Hedefe Yönelik ve Bireyselleştirilmiş Hemodinamik Tedavi

Hedef odaklı sıvı tedavisi (Goal-directed fluid therapy (GDFT)), genellikle büyük cerrahi geçiren hastalarda önerilir ve ameliyat sonrası hızlı iyileşme (enhanced recovery after surgery,ERAS) protokollerinde çok önemlidir. Hedefe yönelik sıvı tedavisinin temel amacı, sıvı uygulamasıyla kardiyak debiyi (cardiac

output, CO) optimize ederek doku oksijen sunumunu artırmak, aynı zamanda hem hipovolemi hem de aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınmaktır. Fizyolojik temel Frank-Starling ilişkisine dayanır. Eğrinin yükselen bölümünde önyükteki artış atım hacminde (stroke volume, SV) belirgin artış oluştururken, plato bölümüne yaklaşıldığında ek sıvı ile önyükün artırılması SV'de çok daha küçük bir değişikliğe neden olur. Bu nedenle GDFT'de amaç yalnızca "daha fazla sıvı vermek" değil, hastanın sıvıya yanıtlı olup olmadığını belirlemektir (Şekil 1).

Şekil 1 Frank-Starling eğrisi



Eğrinin platosu kısmında, diyastol sonu hacmindeki artış, atım hacmini o kadar artırmaz. Buna karşın, eğrinin alt kısmında, diyastol sonu hacmindeki aynı miktardaki artış, atım hacmini çok daha fazla artırır.

Bu konudaki temel mesaj, GDFT'nin sabit bir sıvı miktarı vermek yerine kardiyak debiyi ve doku oksijen sunumunu optimize edecek bireyselleştirilmiş sıvı uygulamasını hedeflediği; ancak hangi dinamik parametre veya monitörizasyon sisteminin üstün olduğu konusunda kesin bir görüş birliği bulunmadığıdır.

Santral venöz basınç, geleneksel olarak sıvı yanıtını değerlendirmek için kullanılan statik bir parametre olmasına rağmen, çok sayıda çalışma bunun güvenilir olmadığını göstermiştir

(De Backer & Vincent, 2018). Buna karşılık, dinamik parametrelerin sıvı yanıtını ve sıvı durumunu makul bir doğrulukla tahmin edebildiği gösterilmiştir (Goyal et al., 2021; Jozwiak et al., 2018; Monnet et al., 2016; Sundaram et al., 2016).

Hedefe yönelik sıvı tedavisinde hemodinamik parametreler

Nabız basıncı varyasyonu (Pulse Pressure Variation, PPV)

Nabız basıncı varyasyonu (Pulse Pressure Variation, PPV), sıvı yanıtını gösteren dinamik bir parametredir. PPV, solunum döngüsü boyunca nabız basıncındaki (PP) değişikliklerin ölçülmesiyle hesaplanır. Genel olarak, PPV değeri <%12 olan hastaların ek sıvı tedavisinden fayda görme olasılığı düşüktür; buna karşılık >%12 olan hastaların sıvı resüsitasyonundan fayda görme olasılığı daha yüksektir. Bununla birlikte PPV bir "intravasküler volüm ölçümü" değildir; daha doğru ifadeyle hastanın Frank-Starling eğrisinin sıvıya yanıtlı bölümünde bulunup bulunmadığı hakkında bilgi verir (Kan & Skaggs, 2023).

PPV'nin güvenilirliği belirli koşullara bağlıdır. Hasta kontrollü mekanik ventilasyonda ve sinüs ritminde olmalı, toraks kapalı olmalı ve intraabdominal basınç belirgin yüksek olmamalıdır. Düşük tidal volüm, yüksek PEEP, ciddi bradikardi, yüksek solunum sayısı, düşük arteriyel kompliyans, sağ veya sol ventrikül yetmezliği ve düşük solunum sistemi kompliyansı ölçüm doğruluğunu azaltabilir.

Atım hacmi değişkenliği (Stroke Volume Variation, SVV)

SVV, mekanik ventilasyon sırasında bir solunum siklusu boyunca atım hacminde meydana gelen değişiklikleri değerlendiren dinamik bir hemodinamik parametredir. Kontrollü mekanik

ventilasyon altında artmış SVV, hastanın sıvıya yanıtlı olabileceğini düşündürür; ancak eşik değerler kullanılan monitörizasyon yöntemi ve klinik koşullara göre değişebilir. Genel olarak düşük SVV değerleri (<%10) sıvı yanıtlılığı olasılığının düşük, yüksek değerler (>%15) ise daha yüksek olduğunu düşündürür (Drummond & Murphy, 2012). SVV'nin fizyolojik temeli PPV ile benzerdir; bu nedenle mekanik ventilasyon koşulları, kardiyak ritim, tidal volüm, açık toraks ve kardiyak fonksiyon gibi faktörler SVV'nin güvenilirliğini etkileyebilir (Kan & Skaggs, 2023).

Pleth değişkenlik indeksi (Pleth Variability Index, PVi)

PVi, pulse oksimetre pletismografik dalga formundaki solunumsal değişikliklerden türetilen noninvaziv bir dinamik parametredir. PVi, solunum döngüsü sırasında perfüzyon indeksi (PI) değişikliklerini ölçerek hesaplanır. Bu, solunum sırasında arteriyel pulsasyonun bir sonucu olarak emilen ışığın yüzdesi olarak tanımlanır.

En önemli avantajı noninvaziv olmasıdır. Buna karşılık periferik perfüzyonun kötü olduğu durumlarda güvenilirliği azalabilir. Vazokonstriksiyon, periferik arter hastalığı, Raynaud fenomeni, cilt/tırnak özellikleri ve ışık absorbsiyonunu değiştiren durumlar ölçümü etkileyebilir. Ayrıca fizyolojik temeli PPV'ye benzediğinden mekanik ventilasyonla ilişkili sınırlamalardan da etkilenir (Kan & Skaggs, 2023).

Aortik kan akışı zirve hızı değişimi (Δvpeak)

ΔVpeak, mekanik ventilasyon sırasında aortik kan akımının tepe hızında meydana gelen solunumsal değişiklikleri değerlendirir. Hasta Frank-Starling eğrisinin plato bölümünde ve dolayısıyla sıvıya

yanıtsız ise solunumsal ΔVpeak değişiklikleri küçüktür; eğrinin yükselen bölümündeyse değişiklik daha belirgindir.

ΔVpeak, PPV, SVV veya PVi'nin doğru bir şekilde ölçülemediği durumlarda hastanın sıvı yanıtını belirlemek için kullanılabilir. Bu durum özellikle pediatrik ve yenidoğan hastalar için geçerlidir, çünkü bu hastalar küçük tidal hacimlerle ventilasyon uygulanır, arteriyel vasküler kompliyansları daha yüksektir ve göğüs duvarı ve akciğer kompliyansları daha yüksektir. Bu nedenle, bu hastalarda mekanik ventilasyon sırasında intratorasik basınçtaki değişiklikler, yetişkinlerde olduğu gibi aynı dolaşım değişikliklerine neden olmayabilir. Gan ve ark.'nın sistematik derlemesinde, aortik kan akımı tepe hızındaki solunumsal değişim (ΔVpeak), birden fazla çalışmada çocuklarda sıvı yanıtlılığını öngördüğü gösterilen tek değişken olarak bildirilmiştir. Buna karşılık PPV ve SVV gibi arteriyel basınca dayalı dinamik değişkenlerin öngördürücü olmadığı, PVi için ise sonuçların çelişkili olduğu gösterilmiştir (Gan et al., 2013).

Hedef Odaklı Sıvı Tedavisinde Hemodinamik Monitörizasyon Sistemleri

Perioperatif dönemde hedef odaklı sıvı tedavisinin yönlendirilmesinde kardiyak debi (CO), atım hacmi (SV) ve sıvı yanıtlılığını değerlendiren dinamik hemodinamik parametrelerin izlenmesine olanak sağlayan çeşitli monitörizasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Pulmoner arter kateteri (Swan–Ganz kateteri), termodilüsyon yöntemiyle CO ölçümünde uzun yıllar referans yöntem olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte invaziv olması ve enfeksiyon, aritmi, tromboz ve pulmoner arter hasarı gibi komplikasyonlarla ilişkili olması, perioperatif kullanımdaki rolünü sınırlandırmıştır. Bu nedenle CO ve dinamik hemodinamik

değişkenlerin değerlendirilmesine olanak sağlayan daha az invaziv veya noninvaziv monitörizasyon sistemleri geliştirilmiştir (Kan & Skaggs, 2023).

FloTrac™

FloTrac™, standart bir arteriyel katetere bağlanan sensör aracılığıyla arteriyel basınç dalga formunu analiz eden, harici kalibrasyon gerektirmeyen minimal invaziv bir hemodinamik monitörizasyon sistemidir. Arteriyel nabız kontur analizinden CO, SV ve SVV gibi hemodinamik parametreleri hesaplar. Algoritma, arteriyel basınç dalga formunun özelliklerinin yanı sıra yaş, cinsiyet, boy ve vücut ağırlığı gibi demografik verileri kullanarak vasküler tonus ve kompliyanstaki değişiklikleri tahmin eder. Bununla birlikte sistemin doğruluğu vasküler tonustaki belirgin değişikliklerden etkilenebilir; özellikle düşük sistemik vasküler direnç ve vazopleji durumlarında CO ölçümlerinin güvenilirliği azalabilir (Kan & Skaggs, 2023).

LiDCO™

LiDCO™ sistemleri, arteriyel basınç dalga formunun analizinden hemodinamik değişkenlerin sürekli olarak değerlendirilmesine olanak sağlar. LiDCOrapid™, arteriyel dalga formunu pulse power analizi ile değerlendirerek SV, CO, SVV ve PPV gibi parametrelerin izlenmesini sağlar. Sistem harici kalibrasyon gerektirmemekle birlikte arteriyel kateterizasyon gerektirdiğinden minimal invazivdir. Sürekli hemodinamik değerlendirmeye olanak sağlaması ve hedef odaklı sıvı tedavisinde kullanılabilmesi önemli avantajlarıdır; ancak ölçümlerin doğruluğu hastanın fizyolojik durumu ve arteriyel dalga formunun kalitesinden etkilenebilir (Kan & Skaggs, 2023).

Masimo Radical 7 Pulse CO-Oximeter™

Masimo Radical-7™, nabız oksimetresi pletismografik dalga formundaki solunumsal değişikliklerden pletismografik değişkenlik indeksini (Pleth Variability Index, PVi) sürekli olarak hesaplayan, noninvaziv ve harici kalibrasyon gerektirmeyen bir monitörizasyon sistemidir. PVi, uygun klinik koşullarda sıvı yanıtlılığının değerlendirilmesine yardımcı olabilecek dinamik bir parametredir. Bununla birlikte ölçüm periferik perfüzyon ve pletismografik sinyal kalitesinden etkilenebilir; periferik perfüzyonun azaldığı veya belirgin vazokonstriksiyonun bulunduğu durumlarda PVi'nin güvenilirliği azalabilir (Kan & Skaggs, 2023).

ClearSight™

ClearSight™, parmağa yerleştirilen şişirilebilir bir manşet aracılığıyla sürekli arteriyel basınç dalga formu elde edilmesini sağlayan noninvaziv bir hemodinamik monitörizasyon sistemidir. Sistem, parmak arterinin çapını kardiyak siklus boyunca sabit tutmaya dayanan volüm klemp (*volume-clamp)* teknolojisini kullanır ve elde edilen basınç dalga formundan arteriyel kan basıncının yanı sıra CO, SV ve SVV gibi hemodinamik parametreleri hesaplayabilir. Arteriyel kateterizasyon gerektirmeden sürekli hemodinamik değerlendirmeye olanak sağlaması önemli bir avantajıdır. Bununla birlikte, perioperatif hedef odaklı sıvı tedavisindeki klinik yararının ve farklı hasta gruplarındaki performansının daha geniş, çok merkezli randomize kontrollü çalışmalarla değerlendirilmesine gereksinim vardır (Kan & Skaggs, 2023).

PiCCO™

PiCCO™, transpulmoner termodilüsyon ile arteriyel nabız kontur analizini birleştiren invaziv bir hemodinamik monitörizasyon sistemidir. Transpulmoner termodilüsyon ölçümü sırasında soğuk sıvı santral venöz kateter yoluyla uygulanır ve oluşan sıcaklık değişimi termistör içeren arteriyel kateter tarafından algılanır. Termodilüsyon ile elde edilen ölçümler arteriyel nabız kontur analizinin kalibrasyonunda kullanılarak CO'nun sürekli izlenmesine olanak sağlanır.

Sistem kardiyak debi ve kardiyak indeksin yanı sıra global diyastol sonu hacmi (global end-diyastolik hacim, GEDV), intratorasik kan hacmi (ITBV) ve ekstravasküler akciğer suyu (EVLW) gibi kardiyak ön yük ve pulmoner sıvı birikiminin değerlendirilmesine yardımcı olan ek parametreler sağlayabilir. Bu kapsamlı hemodinamik değerlendirme özellikle kompleks ve yüksek riskli hastalarda yararlı olabilir. Bununla birlikte sistemin hem santral venöz hem de uygun bir arteriyel kateter gerektirmesi invazivliğini artırır ve rutin düşük riskli cerrahide kullanımını sınırlar (Kan & Skaggs, 2023).

Özofageal doppler

Özofageal doppler, distal özofagusa yerleştirilen ince bir ultrason probu aracılığıyla inen torasik aortadaki kan akışını ölçer. Bu verilerden SV ve CO tahmin edilebilir. Özofageal doppler doğruluğu ve uzun ömürlü olması nedeniyle, tercih edilen minimal invaziv sıvı durumu monitörü haline gelmiştir. Dezavantajları kullanıcı deneyimine bağımlı olması, özofagus cerrahisi veya anatomik bozukluklarında kullanılamaması ve özofagus varislerinde kanama riski oluşturabilmesidir.

Transözofageal ve transtorasik ekokardiyografi

Transözofageal (TEE) veya Transtorasik Ekokardiyogram (TTE), yüksek riskli kardiyotorasik ve karaciğer nakli ameliyatlarında sıvı tedavisini yönlendirmek için sıklıkla kullanılır. Bunlar, kalbi veya aortu doğrudan görüntüleyebilen ultrason görüntüleme teknikleridir. Bu doğrudan görüntüleme, çok sayıda hemodinamik parametrenin (Sol ventrikül çıkış yolu hız-zaman integrali (velocity-time integral, VTI), SV ve CO gibi) gerçek zamanlı olarak hesaplanmasına veya ölçülmesine olanak tanır. Ekokardiyografi ayrıca ventrikül dolumu, kardiyak fonksiyon ve vena kava çapındaki solunumsal değişikliklerin değerlendirilmesine olanak sağlayarak sıvı tedavisinin neden-sonuç ilişkisini diğer monitörlere göre daha kapsamlı değerlendirebilir.

TEE ve TTE, intraoperatif sıvı resüsitasyonu için iyi bilinen monitörler olup yoğun bakım hastalarında faydaları kanıtlanmış olsa da, düşük ve orta riskli ameliyatlarda postoperatif sonuçlara ilişkin çalışmalar yetersizdir. Ayrıca, TEE'nin sınırlamaları vardır. Daha önce özofagus ameliyatı geçirmiş hastalarda ve özofagus ameliyatlarında kullanılamaz. Probun yerleştirilmesi, özofagus varisleri olan siroz hastalarında kanamaya neden olabilir. Ayrıca, görüntüleri yorumlamak için hem TTE hem de TEE problarının eğitimli bir profesyonel tarafından yerleştirilmesi gerekir.

Perioperatif hedefe yönelik sıvı tedavisinde tek bir hemodinamik parametre veya monitörizasyon yöntemi tüm hastalar için ideal değildir. PPV, SVV, PVi ve ΔVpeak gibi dinamik göstergeler Frank-Starling ilişkisi ve kalp-akciğer etkileşimlerinden yararlanarak sıvı yanıtlılığını değerlendirmeyi amaçlar; ancak doğrulukları mekanik ventilasyon koşulları, kardiyak ritim, vasküler tonus, kardiyopulmoner fonksiyon ve cerrahi özelliklerden

etkilenebilir. Bu nedenle monitörizasyon yöntemi cerrahinin büyüklüğü, hastanın risk profili, yöntemin invazivliği ve ölçümün geçerlilik koşulları göz önünde bulundurularak bireyselleştirilmelidir.

Hedef popülasyonu şok durumları hariç, genel veya nöroaksiyal anestezi altında kardiyak dışı cerrahi geçiren erişkinler olan 2025 yılı SFAR perioperatif hemodinamik optimizasyon kılavuzunun bu konudaki önerileri aşağıda sunulmaktadır. Bu kılavuzda GRADE 1 güçlü öneriyi ("önerilir/önerilmez"), GRADE 2 ise zayıf veya koşullu öneriyi ("muhtemelen önerilir/muhtemelen önerilmez") ifade etmektedir. Kanıt kalitesi ve uzmanlar arasındaki uzlaşı derecesi, öneri gücünden ayrı olarak değerlendirilmiştir.

Atım hacmi ve dinamik indekslerin kullanımına ilişkin SFAR 2026 önerileri (Fellahi et al., 2026)

1. Yüksek ve çok yüksek riskli hastalarda perioperatif morbiditeyi azaltmak amacıyla, SV'nin özofageal doppler veya arteriyel kateter aracılığıyla arteriyel basınç dalga formu analizi kullanılarak izlenmesi muhtemelen önerilmektedir. (GRADE 2 – Güçlü uzlaşı)
2. Yüksek ve çok yüksek riskli hastalarda atım hacmi arteriyel kateter aracılığıyla arteriyel basınç dalga formu analizi ile izleniyorsa, hacim genişletmeyi optimize etmek ve perioperatif morbiditeyi azaltmak amacıyla nabız PPV veya SVV gibi bir dinamik indeksin ölçümünün SV izlemiyle birlikte kullanılması muhtemelen önerilmektedir. (GRADE 2 – Güçlü uzlaşı)
3. Yüksek veya çok yüksek riskli hastalarda perioperatif morbiditeyi azaltmak amacıyla dinamik indekslerin tek

başına kullanımı konusunda öneride bulunmak için yeterli kanıt bulunmamaktadır. (Öneri yok – Güçlü uzlaşı.)

4. Düşük ve orta riskli hastalarda perioperatif morbiditeyi azaltmak amacıyla SV izleminin, dinamik indekslerin veya her ikisinin birlikte rutin olarak kullanılması muhtemelen önerilmemektedir. (GRADE 2 – Güçlü uzlaşı)

Doku perfüzyon indekslerinin kullanımına ilişkin SFAR 2026 önerileri (Fellahi et al., 2026)

1. Arteriyel laktat: Çok yüksek riskli hastalarda perioperatif morbidite ve mortaliteyi azaltmak amacıyla arteriyel laktat ölçümünün hemodinamik optimizasyon yaklaşımına dahil edilmesi uzmanlar tarafından önerilmektedir. (Uzman görüşü – Güçlü uzlaşı.)

2. Santral venöz oksijen satürasyonu ($ScvO_2$): Perioperatif morbidite ve mortaliteyi azaltmak amacıyla $ScvO_2$'nin rutin hemodinamik monitörizasyon amacıyla kullanılması muhtemelen önerilmemektedir. (GRADE 2− – Güçlü uzlaşı.)

3. Veno-arteriyel CO_2 farkı (ΔPCO_2 / DIVA-CO_2): Perioperatif morbidite ve mortaliteyi azaltmak amacıyla veno-arteriyel CO_2 farkının izlenmesinin yararı konusunda yeterli kanıt bulunmadığından herhangi bir öneri yapılamamaktadır. (Öneri yok – Güçlü uzlaşı.)

4. Yakın kızılötesi spektroskopi (Near-Infrared Spectroscopy, NIRS): Erişkin nonkardiyak cerrahide hemodinamik optimizasyon amacıyla doku

perfüzyonu/oksijenasyonunun NIRS ile izlenmesinin perioperatif morbidite ve mortaliteyi azaltmadaki etkisine ilişkin öneride bulunmak için yeterli kanıt bulunmamaktadır. (Öneri yok – güçlü uzlaşı.)

Çocuklarda farklılık

SFAR 2025 pediatrik perioperatif hemodinamik optimizasyon önerileri (Constant et al., 2025)

Bu alandaki en önemli sorunlardan biri yüksek kaliteli pediatrik kanıtların yetersizliğidir. Erişkinlerin aksine, çocuklarda perioperatif hemodinamik yönetim stratejilerinin kısa veya orta dönem morbidite ve mortalite üzerindeki etkisini doğrudan gösteren çalışmalar bulunmamaktadır. SFAR 2025 pediatri kılavuzu erişkin kılavuzundan farklı olarak GRADE 1 veya GRADE 2 düzeyinde öneriler oluşturulamamıştır. Bu kılavuz uzmanların ortak değerlendirmelerine dayanan "uzman görüşü" önerileri geliştirilmiştir. Uzman görüşü olarak yayımlanan önerilerin tümünde güçlü uzlaşı sağlanmıştır.

Kılavuzun hedef popülasyonu genel veya rejyonal anestezi altında nonkardiyak cerrahi geçiren pediatrik hastalardır; septik, hemorajik, kardiyojenik ve anafilaktik şok tabloları kapsam dışındadır ve değerlendirme postoperatif ilk 72 saate kadar uzanmaktadır. Her ne kadar pediatrik popülasyon doğumdan 18 yaşına kadar tanımlansa da, uzmanlar fizyolojik değişiklikleri dikkate alarak önerilerin esas olarak 10 yaşından küçük prepubertal çocuklar için uygulanmasını; 10 yaşından sonra ise erişkin önerilerinin kullanılmasını önermektedir. Kılavuz yenidoğanları (<1 ay), infantları (1 ay–1 yaş) ve prepubertal çocukları (1–10 yaş) fizyolojik açıdan ayrı gruplar olarak ele almaktadır.

Çocuklarda atım hacmi ve dinamik indekslerlerin kullanımına ilişkin SFAR 2025 önerileri (Constant et al., 2025)

1. Genel pediatri popülasyonunda perioperatif morbidite ve mortaliteyi azaltmak amacıyla hemodinamiği optimize etmek için SV izlemesinin yararı konusunda bir öneride bulunamamıştır. (Öneri yok-güçlü uzlaşı)
2. Genel pediatrik popülasyonda perioperatif morbidite ve mortaliteyi azaltmak amacıyla hacim genişlemesini optimize etmek için dinamik indekslerin kullanımının değerine ilişkin bir öneri sunamamaktadır. (Öneri yok – güçlü uzlaşı)
3. İntraoperatif ekokardiyografi bulunmadığında ve hastanın baş bölgesi bu ölçümler için erişilebilir olduğunda, çok yüksek riskli veya yüksek riskli pediatrik hastalarda intraoperatif hemodinamiği optimize etmek amacıyla özofageal Doppler kullanımını önermektedir. (Uzman görüşü-Güçlü uzlaşı)

Çocuklarda doku perfüzyon indekslerinin kullanımına ilişkin SFAR 2025 önerileri (Constant et al., 2025)

1. Uzmanlar, düşük intraoperatif akım gibi doku hipoksisiyle potansiyel olarak ilişkili durumlarda laktatemi izlemesinin, hücre hasarının ciddiyetini ve seyrini tahmin etmek için yararlı olabileceğini öne sürmektedir. (Uzman görüşü- Kesinlikle katılıyorum)
2. Uzmanlar, santral venöz oksijen satürasyonu ($ScvO_2$) ve veno-arteriyel CO_2 farkının (ΔPCO_2/DIVA-CO_2) ile ilgili bir öneride bulunacak durumda değildir. (Öneri yok-kesinlikle katılıyorum)

3. Uzmanlar, intraoperatif hemodinamiği en iyi hale getirmek amacıyla, büyük cerrahi müdahaleye veya beyine özgü riskler içeren cerrahi müdahaleye tabi tutulan 1 yaşın altındaki çocuklarda serebral doku perfüzyon/oksijenasyon izlemesinin kullanılmasını önermektedir. (Uzman görüşü- Güçlü uzlaşı) (Kılavuz bu amaçla yakın kızılötesi spektroskopiyi (near-infrared spectroscopy, NIRS) ele almaktadır.)

Perioperatif Arter Basıncı ve Organ Perfüzyonu

Arter basıncı perioperatif organ perfüzyonunun temel belirleyicilerinden biridir; ancak arter basıncı tek başına organ kan akımı veya doku oksijenasyonunun doğrudan göstergesi değildir. Perioperatif hipotansiyonun hem şiddeti hem de süresi klinik açıdan önemlidir. POQI 2024 konsensusuna göre erişkin non-kardiyak cerrahide intraoperatif ortalama arter basıncının (mean arterial pressure, MAP) en az 60 mmHg düzeyinde tutulması önerilmektedir. MAP <60–70 mmHg veya sistolik arter basıncı <90–100 mmHg, akut böbrek hasarı, miyokard hasarı, miyokard infarktüsü ve mortalite ile ilişkilidir (yüksek kaliteli kanıt). Bununla birlikte bu ilişkilerin tamamının nedensel olduğu gösterilmiş değildir ve bütün hastalar için geçerli tek bir kesin hipotansiyon zarar eşiği belirlenememiştir.

İntraoperatif arter basıncı hedefleri için POQI 2024 önerileri (Saugel et al., 2024)

- Risk altındaki hastalarda intraoperatif MAP ≥60 mmHg tutulmalıdır. (Güçlü öneri, orta kaliteli kanıt) Bu değer tüm hastalar için “optimal MAP” olarak değil,

kaçınılması gereken hipotansiyon açısından genel bir alt güvenlik sınırı olarak değerlendirilmelidir.

- Venöz basınç veya kompartman basıncının yükseldiği durumlarda daha yüksek MAP hedefleri kullanılmalıdır. (Güçlü öneri, orta kaliteli kanıt)

İntraoperatif arter basıncı hedefleri için SFAR 2026 önerisi (Fellahi et al., 2026)

- Kronik hipertansiyonu olmayan erişkinlerde postoperatif morbidite ve mortaliteyi azaltmak amacıyla intraoperatif MAP'ın 60–70 mmHg'nin altına düşmesinden kaçınılması muhtemelen önerilmektedir (GRADE 2; güçlü uzlaşı).

İntraoperatif hipotansiyonun nedenine yönelik tedavi

POQI 2024'ün önemli mesajlarından biri, hipotansiyonun tek başına sıvı verilmesi gereken bir durum olarak değerlendirilmemesidir (Saugel et al., 2024). Hipotansiyon; vazodilatasyon, hipovolemi, bradikardi ve düşük kardiyak debi gibi farklı hemodinamik mekanizmalardan kaynaklanabilir ve birden fazla mekanizma aynı anda bulunabilir. Bu nedenle tedavi olası nedene göre yönlendirilmelidir. Vazodilatasyon varsa vazopressör, hipovolemi varsa sıvı yanıtlılığı ve klinik durum değerlendirilerek uygun intravasküler hacim replasmanı, kardiyak disfonksiyon varsa nedenine yönelik tedavi gerektiğinde inotrop desteği uygulanmalıdır. Hipotansiyon tek başına hipovolemi göstergesi değildir ve tek başına sıvı bolusu endikasyonu oluşturmaz (Saugel et al., 2024).

Arter basıncı monitörizasyonu

Aralıklı noninvaziv arter basıncı ölçümü hipotansif dönemlerin bir kısmının gözden kaçmasına neden olabilir. POQI 2024'e göre sürekli intraoperatif arter basıncı monitörizasyonu, aralıklı ölçüme kıyasla hipotansiyonun şiddetini ve süresini azaltmaya yardımcı olmaktadır (yüksek kaliteli kanıt). İnvaziv arteriyel kateterizasyon ise özellikle majör cerrahi ve yüksek riskli hastalarda gerçek zamanlı sürekli basınç takibine olanak sağlar (Saugel et al., 2024).

Hipertansiyonun tedavisi sırasında hipotansiyondan kaçınma

POQI 2024, intraoperatif hipertansiyon tedavi edilecekse tedavinin hipotansiyona yol açmayacak şekilde dikkatli ve kademeli yapılmasını önermektedir (güçlü öneri, orta kaliteli kanıt) (Saugel et al., 2024).

Postoperatif hipotansiyon

Arter basıncı yönetimi ameliyathaneden çıkışla sona ermemelidir. Postoperatif hipotansiyon sıklıkla fark edilmemekte ve intraoperatif hipotansiyona göre daha uzun süre devam edebilmektedir. POQI 2024'te bu nedenle postoperatif dönemde hipotansiyonun tanınması, önlenmesi ve tedavisine yönelik monitörizasyon stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (34). Bununla birlikte bu alanda kesin tedavi eşikleri ve monitörizasyon protokolleri için kanıt henüz yetersizdir (Fellahi et al., 2026).

Çocuklarda farklılık: Erişkinlerdeki MAP 60 mmHg eşiği çocuklara uygulanmaz. Normal arter basıncı yaşla belirgin biçimde değişir; yenidoğan, infant ve küçük çocuklarda yaşa özgü referanslar kullanılmalıdır. Pediatrik SFAR 2025 kılavuzu özellikle küçük

çocuklarda hipotansiyon hedeflerinin belirlenmesinin güç olduğunu ve kanıtların erişkinlere göre sınırlı olduğunu belirtmektedir.

Pediatrik hastalarda perioperatif hemodinamik yönetim, erişkinlerden farklı fizyolojik özellikler ve kanıt tabanının sınırlılığı nedeniyle özel bir yaklaşım gerektirir. Pediatrik popülasyon yenidoğandan adölesana kadar geniş ve heterojen bir yaş grubunu kapsar; yaşla birlikte kardiyovasküler fizyoloji, otonom sinir sistemi yanıtları ve normal arter basıncı değerleri önemli ölçüde değişmektedir.

Bu alandaki en önemli sorunlardan biri yüksek kaliteli pediatrik kanıtların yetersizliğidir. Erişkinlerin aksine, çocuklarda perioperatif hemodinamik yönetim stratejilerinin kısa veya orta dönem morbidite ve mortalite üzerindeki etkisini doğrudan gösteren çalışmalar bulunmamaktadır. Bununla birlikte özellikle küçük çocuklarda intraoperatif hipotansiyonun sık görülmesi ve hipotansif dönemlerin postoperatif serebral anoksik-iskemik hasarla ilişkili olabileceğine ilişkin gözlemler, hemodinamik optimizasyonu pediatrik anestezinin önemli güvenlik konularından biri hâline getirmiştir.

Çocuklarda Perioperatif arter basıncı hedeflerine ilişkin SFAR 2025 pediatrik önerileri (Constant et al., 2025)

1. 6 aylıktan küçük anestezi altındaki çocuklarda, uzmanlar serebral komplikasyon riskini sınırlamak amacıyla intraoperatif MAP değerinin 35 mmHg'nin üzerinde tutulmasını önermektedir. (Uzman görüşü – güçlü uzlaşı)
2. 6 ay ile 2 yaş arasındaki anestezi altındaki çocuklarda, uzmanlar serebral komplikasyon riskini sınırlamak amacıyla intraoperatif MAP değerinin 43 mmHg'nin

üzerinde tutulmasını önermektedir. (Uzman görüşü – güçlü uzlaşı)

3. İki ile 10 yaş arasındaki anestezi altındaki çocuklarda, uzmanlar postoperatif morbiditeyi sınırlamak amacıyla intraoperatif MAP değerinin [1,5 x yaş (yıl) + 40] formülüyle hesaplanan değerden daha yüksek tutulmasını önermektedir. (Uzman görüşü – güçlü uzlaşı)

Çocuklarda perioperatif vazopressör kullanımına ilişkin SFAR 2025 pediatrik önerileri (Constant et al., 2025)

1. Uygun hacim genişletmesine rağmen intraoperatif arteriyel hipotansiyonun devam etmesi durumunda, hipotansiyon süresini sınırlandırmak amacıyla erişkinlere kıyasla vücut ağırlığına göre daha yüksek dozlarda vazopressör kullanılması uzmanlar tarafından önerilmektedir. (Uzman görüşü – güçlü uzlaşı)
2. Pediatrik hastalarda hangi vazopressörün tercih edilmesi gerektiğine ilişkin bir öneride bulunmak için yeterli kanıt bulunmamaktadır. (Öneri yok – güçlü uzlaşı)

Elektrolit Dengesizlikleri ve Anestezi Açısından Önemi

Elektrolit bozuklukları perioperatif dönemde kardiyovasküler, nörolojik ve nöromüsküler fonksiyonları etkileyerek anestezi yönetimini güçleştirebilir. Böbrek hastalığı, gastrointestinal kayıplar, diüretik kullanımı, endokrin bozukluklar, malnütrisyon, majör cerrahi, kanama ve transfüzyon elektrolit bozukluklarının sık nedenleri arasındadır. Preoperatif değerlendirmede yalnızca laboratuvar değerinin normal aralığın dışında olması değil, bozukluğun derecesi, akut veya kronik oluşu, semptomların varlığı, EKG değişiklikleri, renal fonksiyon ve

planlanan cerrahinin aciliyeti birlikte değerlendirilmelidir. Elektif cerrahide ciddi veya semptomatik elektrolit bozukluklarının mümkün olduğunca anestezi öncesinde düzeltilmesi; acil cerrahide ise düzeltmenin cerrahi ve anestezi yönetimiyle eş zamanlı yürütülmesi gerekir.

Sodyum bozuklukları

Sodyum bozukluklarının anestezi açısından temel önemi santral sinir sistemi üzerindeki etkileri ve hızlı düzeltmenin oluşturabileceği nörolojik komplikasyonlardır. Hiponatreminin klinik önemi yalnız serum sodyum değerine değil, düşüşün hızına ve semptomların varlığına bağlıdır. Akut ve ağır hiponatremi serebral ödem, konfüzyon, nöbet, bilinç kaybı ve solunum bozukluğuna neden olabilir. Ağır nörolojik semptomların varlığında hipertonik salin ile kontrollü başlangıç düzeltmesi gerekebilir. Buna karşılık kronik hiponatreminin aşırı hızlı düzeltilmesi ozmotik demiyelinizasyon sendromu riski taşıdığından perioperatif dönemde seri sodyum ölçümleri önemlidir (Butterworth et al., 2022).

Hipernatremi de nörolojik disfonksiyonla ilişkili olabilir ve çoğunlukla serbest su kaybını yansıtır. Hipovolemi eşlik ediyorsa anestezi indüksiyonu sırasında hipotansiyon riski artabileceğinden öncelikle dolaşımın stabilize edilmesi gerekir. Kronik hipernatreminin hızlı düzeltilmesinden kaçınılmalıdır (Butterworth et al., 2022).

Çocuklarda, perioperatif stres, ağrı, bulantı ve diğer nonozmotik uyaranlarla artan antidiüretik hormon salınımı serbest su atılımını azaltarak hastane kaynaklı hiponatremi riskini artırabilir. Bu nedenle güncel pediatrik yaklaşımda hipotonik idame sıvılarından uzaklaşılmış ve izotonik idame sıvıları ön plana

çıkmıştır. Avrupa Pediatrik ve Neonatal Yoğun Bakım Derneği (European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care, ESPNIC) kılavuzu da akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda intravenöz idame sıvı tedavisinde bu yaklaşımı desteklemektedir (Brossier et al., 2022). Preoperatif açlığın gereksiz uzatılmaması ise ESAIC 2022 pediatrik açlık kılavuzunun temel ilkeleri arasındadır (Frykholm et al., 2022).

Potasyum bozuklukları

Potasyum bozuklukları anestezi açısından özellikle önemlidir; çünkü kardiyak ileti ve ritim ile nöromüsküler fonksiyonu doğrudan etkileyebilir. Hipokalemi, atriyal ve ventriküler aritmilere yatkınlığı artırabilir, kas güçsüzlüğüne yol açabilir ve nöromüsküler blokajı etkileyebilir. Perioperatif değerlendirmede serum potasyum düzeyinin yanı sıra EKG bulguları, eşlik eden kardiyak hastalık, digoksin kullanımı, renal fonksiyon ve asit–baz durumu birlikte değerlendirilmelidir. Replasman gereken hastalarda potasyum kontrollü olarak uygulanmalı ve eşlik eden hipomagnezemi araştırılmalıdır; çünkü magnezyum eksikliği hipokaleminin potasyum replasmanına dirençli olmasına katkıda bulunabilir.

Hiperkalemi, yaşamı tehdit eden kardiyak aritmilere yol açabileceğinden perioperatif dönemde hızlı değerlendirme ve gerektiğinde acil tedavi gerektirir. Hiperkaleminin klinik önemi yalnızca belirli bir serum potasyum eşiğine göre değerlendirilmemeli; potasyum düzeyi ve yükselme hızı, EKG bulguları, renal fonksiyon, semptomlar ve klinik bağlam birlikte ele alınmalıdır. Ayrıca normal EKG bulguları ciddi hiperkalemiyi tek başına dışlamaz (Rech et al., 2026).

Akut hiperkalemi tedavisi üç temel hedefe yöneliktir: (1) kardiyak membranın intravenöz kalsiyum ile stabilize edilmesi, (2) potasyumun insülin–glukoz ve gerektiğinde β_2-adrenerjik agonistlerle hücre içine kaydırılması ve (3) potasyumun diürez, potasyum bağlayıcı ajanlar veya diyaliz yoluyla vücuttan uzaklaştırılması. İntravenöz sodyum bikarbonat akut hiperkaleminin rutin tedavisi olarak önerilmez; kullanımı özellikle eşlik eden metabolik asidoz ve hastanın klinik durumu dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Rech et al., 2026).

Kalsiyum, magnezyum ve fosfat bozuklukları

İyonize kalsiyum kardiyak kontraktilite, vasküler tonus, nöromüsküler ileti ve koagülasyon açısından önemlidir. Özellikle majör hemoraji ve masif transfüzyonda sitrat yüküne bağlı iyonize hipokalsemi gelişebilir; bu nedenle total kalsiyum yerine gerektiğinde iyonize kalsiyum izlenmelidir.

Magnezyum kardiyak elektrofizyoloji ve potasyum homeostazında önemlidir. Hipomagnezemi torsades de pointes ve refrakter hipokalemi ile ilişkili olabilir.

Fosfat, ATP sentezi, eritrosit 2,3-DPG düzeyi ve kas fonksiyonu açısından önemlidir. Ağır hipofosfatemi özellikle malnütrisyon, refeeding sendromu, uzun süreli kritik hastalık veya büyük cerrahi sonrasında solunum kas güçsüzlüğü ve kardiyak disfonksiyona katkıda bulunabilir.

Çocuklarda farklılık

Çocuklarda elektrolit bozukluklarının perioperatif etkileri erişkinlerle benzer olmakla birlikte, özellikle yenidoğan ve infantlarda renal fonksiyonların gelişimsel özellikleri, düşük vücut ağırlığı ve sıvı-elektrolit değişikliklerine daha düşük tolerans

nedeniyle daha yakın izlem gerekir. Elektrolit replasmanları yaş, vücut ağırlığı ve renal fonksiyona göre düzenlenmeli; perioperatif dönemde uygulanan tüm intravenöz sıvı ve ilaçların elektrolit içeriği dikkate alınmalıdır. Özellikle hiponatremiden korunmak amacıyla pediatrik idame sıvılarında güncel izotonik yaklaşım tercih edilmelidir (Eaddy & Watene, 2023).

Özel Hasta Gruplarında Sıvı Yönetimi

Komorbiditesi yüksek hastalarda hipovolemi ile sıvı yüklenmesi arasındaki güvenli terapötik aralık daralır. Bu nedenle sıvı tedavisi sabit hacim hedeflerinden çok hemodinamik profil, sıvı yanıtlılığı ve sıvı toleransına göre bireyselleştirilmelidir. Hipotansiyonun her zaman hipovolemi anlamına gelmediği; vazodilatasyon, kardiyak disfonksiyon ve venöz konjesyonun da organ perfüzyonunu bozabileceği unutulmamalıdır.

Kalp yetmezliği

Kalp yetmezliğinde aşırı sıvı uygulaması pulmoner ödem ve sistemik venöz konjesyonu artırabilir. Sıvı gerektiğinde küçük ve kontrollü boluslar uygulanmalı ve hemodinamik yanıt yeniden değerlendirilmelidir. Sıvı yanıtı olmayan veya konjesyon gelişen hastalarda tekrarlayan boluslardan kaçınılmalı; hemodinamik bozukluğun mekanizmasına göre vazopressör veya inotrop desteği düşünülmelidir. Amaç sıvıyı tamamen kısıtlamak değil, yeterli perfüzyonu konjesyona yol açmadan sağlamaktır.

Böbrek hastalığı ve akut böbrek hasarı riski

Kronik böbrek hastalığında sıvı, potasyum ve asit–baz bozuklukları daha sık görülür. Böbrek hastalığında hem hipovolemi ve hipotansiyon hem de sıvı birikimi ve venöz konjesyon renal

fonksiyonu olumsuz etkileyebilir. Oligüri tek başına hipovolemi veya sıvı yanıtlılığı göstergesi değildir ve otomatik sıvı bolusu endikasyonu olarak kabul edilmemelidir. Sıvı gereksinimi hemodinamik durum, sıvı yanıtlılığı, toplam sıvı dengesi ve konjesyon bulguları birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir.

Sepsis ve vazopleji

Sepsiste hipotansiyon yalnız hipovolemiye değil; vazodilatasyon, kapiller kaçak ve miyokard disfonksiyonuna da bağlı olabilir. Başlangıç resüsitasyonundan sonra ek sıvı uygulaması mümkün olduğunca sıvı yanıtlılığı değerlendirilerek yapılmalı; yeterli hacme rağmen vazoplejik hipotansiyon sürüyorsa vazopressör tedavisi geciktirilmemelidir.

Yaşlı ve frail hasta

Yaşlanmayla birlikte kardiyak ve renal rezerv azalabilir; frailty ise fizyolojik streslere toleransı daha da sınırlandırabilir. Bu hastalar hem hipovolemiye hem de sıvı yüklenmesine daha duyarlı olabilir. Geniş ampirik boluslar yerine küçük, kontrollü ve yanıtın tekrar değerlendirildiği sıvı uygulamaları tercih edilmelidir. Yaşlı hastada hedef "daha az sıvı" değil, daha dikkatli ve bireyselleştirilmiş sıvı tedavisidir.

Preoperatif yüksek riskli hasta

Yüksek riskli hastada sıvı yönetimi preoperatif değerlendirmede başlar. Kalp yetmezliği, kronik böbrek hastalığı, pulmoner hipertansiyon, frailty, kötü fonksiyonel kapasite ve cerrahinin büyüklüğü birlikte değerlendirilmelidir. Volüm durumu, renal fonksiyon, elektrolitler ve konjesyon bulguları gözden

geçirilmeli; yüksek riskli majör cerrahide gerekli hemodinamik monitörizasyon önceden planlanmalıdır.

Akut ve kritik hasta olan çocuklar

Avrupa Pediatrik ve Neonatal Yoğun Bakım Derneği (European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care, ESPNIC) tarafından yayımlanan 2022 klinik uygulama kılavuzunda, akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda intravenöz idame sıvı tedavisine ilişkin güncel öneriler sunulmuştur. Kılavuz; idame sıvısının endikasyonu ve uygulama yolu, izotonisite, dengeli solüsyonların kullanımı, glukoz ve elektrolit içeriği, uygulanacak sıvı hacmi ve tedavinin izlenmesi başlıklarını kapsamaktadır (Brossier et al., 2022). ESPNIC'nin bu konulara ilişkin önerileri ve önerilerin Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN) sistemine göre kanıt düzeyleri Tablo 3'te özetlenmiştir**.** SIGN öneri dereceleri: A, yüksek düzey; B, orta düzey; C, sınırlı düzey; D, düşük düzey kanıta dayalı öneriyi; İKU (İyi Klinik Uygulama; Good Practice Point [GPP]) ise doğrudan araştırma kanıtından ziyade uzman grubunun klinik deneyimine dayanan iyi uygulama önerisini ifade eder.

Tablo 3 Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda intravenöz idame sıvı tedavisine ilişkin ESPNIC önerileri (Brossier ve ark. (ESPNIC 2022)'den uyarlanmıştır.)

Klinik Konu	**Öneri**	**SIGN Kanıt Düzeyi**	**Uzlaşı**
PiCO 1: İdame Sıvısının Uygulama Yolu	Akut hastalığı olan çocuklarda tolere ediliyorsa idame sıvısının oral veya enteral yolla verilmesi düşünülmelidir.	C	Güçlü uzlaşı
	Hemodinamik durumu iyileşmekte olan kritik hastalığı olan çocuklarda, term yenidoğanlarda hastanede kalış süresini azaltmak için, tolere edildiği takdirde idame sıvı tedavisinin enteral veya oral yolla verilmesi düşünülmelidir.	İyi klinik uygulama	Güçlü uzlaşı

PiCO 2: İzotonik Sıvılar	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda hiponatremi riskini azaltmak için izotonik idame sıvısı kullanılmalıdır.	A	Güçlü uzlaşı
PiCO 3: Dengeli Solüsyonlar	Kritik hastalığı olan çocuklarda, hastanede kalış süresini hafifçe azaltmak için intravenöz idame sıvı tedavisi reçete edilirken dengeli çözeltiler tercih edilmelidir.	B	Güçlü uzlaşı
	Akut hastalığı olan çocuklarda, hastanede kalış süresini hafifçe azaltmak için intravenöz idame sıvı tedavisi reçete edilirken dengeli çözeltiler kullanılmalıdır.	A	Güçlü uzlaşı
	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, ciddi karaciğer fonksiyon bozukluğu durumunda laktat tamponlu çözeltiler laktik asidozu önlemek için kullanılmamalıdır.	D	Uzlaşı
PiCO 4: İV İdame Sıvı Bileşimi (Glukoz, K, Ca, Mg ve fosfat, Mikro besinler)	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, hipoglisemiyi önlemek için intravenöz idame sıvı tedavisinde yeterli miktarda glukoz sağlanmalı ve kan şekeri izlemi (en az günlük) ile yönlendirilmelidir.	İyi klinik uygulama	Uzlaşı
	Kritik hastalığı olan çocuklarda, hiperglisemiyi önlemek için intravenöz idame sıvı tedavisinde glukoz miktarı aşırı olmamalı ve kan şekeri izlemi (en az günlük) ile yönlendirilmelidir.	B	Uzlaşı
	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, intravenöz idame sıvı tedavisinde rutin magnezyum, kalsiyum ve fosfat eklenmesini önermek için yeterli kanıt yoktur.	İyi klinik uygulama	Güçlü uzlaşı
	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, hipokalemiyi önlemek için çocuğun klinik durumuna ve düzenli potasyum düzeyi izlemlerine göre uygun miktarda potasyum düşünülmeli ve intravenöz idame sıvı tedavisine eklenmelidir.	İyi klinik uygulama	Uzlaşı
	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, eksiklik belirtileri yoksa intravenöz idame sıvı tedavisinde rutin vitamin ve eser element eklenmesini önermek için yeterli kanıt yoktur.	İyi klinik uygulama	Güçlü uzlaşı
PiCO 5: Verilen Toplam İV İdame Sıvı Miktarı	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, sıvı yüklenmesini ve sıvı alımını azaltmak için, günlük toplam idame sıvı miktarı; IV sıvılar, kan ürünleri, tüm IV ilaçlar (infüzyon ve bolus), arteriyel ve venöz hat yıkama çözeltileri ve enteral alımı içermeli, ancak replasman sıvıları ve masif transfüzyonları içermemelidir.	D	Güçlü uzlaşı
	Akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, uzamış mekanik ventilasyon ve hastanede kalış süresini	D	Güçlü uzlaşı

	önlemek için sıvı yüklenmesinden ve kümülatif pozitif sıvı dengesinden kaçınılmalıdır.		
	Akut ve kritik hastalığı olan ve endojen ADH salgısının arttığı çocuklarda toplam idame sıvısı hacminin Holliday–Segar ile hesaplanan standart miktarın altında tutulması düşünülmelidir.	C	Güçlü uzlaşı
	Endojen ADH sekresyonu artma riski taşıyan akut ve kritik hastalığı olan çocuklarda, sıvı yüklenmesini önlemek için idame sıvı hacmi Holliday ve Segar formülü ile hesaplanan miktarın %65–80'i arasında sınırlandırılmalıdır.	İyi klinik uygulama	Güçlü uzlaşı
	Kalp, böbrek veya karaciğer yetmezliği gibi ödem riskinin yüksek olduğu çocuklarda sıvı yüklenmesini önlemek için idame sıvısı Holliday–Segar ile hesaplanan hacmin %50–60'ına kadar sınırlandırılabilir.	İyi klinik uygulama	Güçlü uzlaşı
	IV idame sıvısı alan çocuklarda klinik durum ve sıvı dengesi en az günlük; elektrolitler, özellikle serum sodyumu, düzenli olarak yeniden değerlendirilmelidir.	D	Uzlaşı

ADH: Anti-diüretik hormon; Uzlaşı (uzman oyları): %90 < uzlaşı < %95 Güçlü uzlaşı: > %95 uzlaşı; PiCO: P (Popülasyon), i (Girişim), C (Karşılaştırma), O (Sonuç) — klinik soruların kanıta dayalı olarak yapılandırılmasını sağlayan standart çerçeve.

Not: ESPNIC 2022 kılavuzu akut ve kritik hastalığı olan, gestasyonel yaşı ≥37 hafta olan yenidoğanlardan 18 yaşa kadar çocukları kapsamaktadır. Preterm yenidoğanlar ve intraoperatif sıvı tedavisi kılavuzun kapsamı dışındadır. Bu nedenle öneriler perioperatif hastalara aktarılırken klinik bağlam ve diğer perioperatif pediatrik kılavuzlarla birlikte değerlendirilmelidir.

Güncel Tartışmalar ve Gelecek Perspektifleri

Perioperatif sıvı tedavisi, klasik "liberal veya restriktif" yaklaşımın ötesine geçerek hastanın volüm durumu, hemodinamik profili, komorbiditeleri ve cerrahinin özelliklerine göre bireyselleştirilmiş sıvı ve hemodinamik yönetime doğru evrilmektedir. Güncel POQI 2024 konsensüsü de tek bir sıvı stratejisinin tüm hastalara uygulanamayacağını ve sıvı tedavisinin

hasta ve cerrahiye özgü faktörlere göre düzenlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Ostermann et al., 2024).

Bu yaklaşımda sıvı yanıtlılığı, sıvı verilmesi gerekliliği ile eş anlamlı değildir; sıvının beklenen hemodinamik yararı, sıvı birikimi ve konjesyon riskiyle birlikte değerlendirilmelidir. Yüksek riskli hastalarda arter basıncı ve kan akımının birlikte değerlendirilmesi ve hemodinamik hedeflerin bireyselleştirilmesi giderek daha fazla önem kazanmaktadır. 2025 tarihli erişkin ve çocukları kapsayan güncel derleme de "tek tip" yaklaşımdan ziyade kişiselleştirilmiş hemodinamik hedeflere yönelimi vurgulamaktadır (Lorente et al., 2025).

Gelecekte sürekli hemodinamik monitörizasyon, hipotansiyonun gelişmeden öngörülmesine yönelik algoritmalar, otomatik/kapalı döngü vazopressör sistemleri ve hasta-organ spesifik perfüzyon hedefleri perioperatif hemodinamik yönetimin önemli araştırma alanlarını oluşturmaktadır. Bununla birlikte bu teknolojilerin bir bölümünde klinik sonuçlar üzerindeki yarar henüz kesinleşmemiştir. POQI özellikle böbrek, kalp, beyin, karaciğer ve gastrointestinal sistem için organ spesifik hipotansiyon eşiklerinin ve hastaya özgü optimal tedavi stratejilerinin belirlenmesini gelecekteki araştırmaların öncelikleri arasında göstermektedir (Saugel et al., 2024).

Anahtar Noktalar

- Preoperatif dönem; Hastanın gerçek dehidratasyonu, elektrolit bozukluğu, kardiyak/renal hastalıkları ve devam eden kayıpları değerlendirilmelidir. Uzamış gereksiz açlıktan kaçınılmalı ve mevcut ciddi elektrolit

bozuklukları elektif cerrahi öncesinde mümkün olduğunca düzeltilmelidir.

- İntraoperatif dönem; Sıvı uygulaması cerrahinin büyüklüğü, kanama, hemodinamik durum ve sıvı yanıtlılığına göre titre edilmelidir. Hipotansiyonda refleks olarak bolus vermek yerine hipovolemi, vazodilatasyon ve kardiyak disfonksiyon ayırt edilmelidir.

- Postoperatif dönem; İntravenöz sıvı gereksinimi her gün ve klinik değiştikçe yeniden değerlendirilmelidir. Oral/enteral alım yeterli olduğunda IV sıvı kesilmeli; kümülatif sıvı dengesi, ağırlık değişimi ve klinik konjesyon bulguları izlenmelidir.

- Perioperatif sıvı tedavisinin temel hedefi övolemi ve organ perfüzyonunu korumak, bunu yaparken aşırı sıvı birikiminden kaçınmaktır.

- Perioperatif sıvı tedavisi bireyselleştirilmelidir. Sabit formüller ve rutin sıvı bolusları yerine hastanın volüm durumu, cerrahinin büyüklüğü, devam eden kayıplar, komorbiditeler ve hemodinamik yanıt dikkate alınmalıdır.

- İntravenöz sıvı bir ilaçtır: endikasyonu, türü, dozu ve tedavi hedefi belirlenmeli; yanıt ve olası sıvı yüklenmesi yeniden değerlendirilmelidir.

- Hipotansiyon hipovolemi ile eş anlamlı değildir; tedavi altta yatan fizyolojik mekanizmaya (vazodilatasyon,

hipovolemi, düşük kardiyak debi ve diğer nedenler) göre seçilmelidir.

- Sıvı yanıtlılığı, sıvı gereksinimi değildir. Hastanın sıvıya yanıtlı olması, sıvı verilmesi için tek başına yeterli bir endikasyon oluşturmaz; hipoperfüzyon bulguları ve sıvı toleransı birlikte değerlendirilmelidir.
- Çoğu erişkin ve çocukta dengeli izotonik kristalloidler uygun ilk seçeneklerdir.
- Büyük hacimlerde %0,9 NaCl hiperkloremik metabolik asidoza yol açabileceğinden sıvı seçimi klinik duruma göre yapılmalıdır.
- Sıvı tedavisi ameliyathanede bitmez. Kümülatif sıvı dengesi ve konjesyon bulguları izlenmeli; hemodinamik stabilizasyon sonrasında gereksiz intravenöz sıvılar kesilmeli ve gerektiğinde deresüsitasyon düşünülmelidir.
- Erişkinlerde intraoperatif arter basıncı yönetimi yalnız sayısal bir MAP hedefinden ibaret değildir. Risk altındaki hastalarda MAP'ın 60 mmHg'nin altına düşmesinden kaçınılmalı; hipotansiyonun şiddeti, süresi ve nedeni birlikte değerlendirilmelidir.
- Çocuk küçük bir erişkin değildir. Yaşa bağlı kardiyovasküler, renal ve metabolik farklılıklar nedeniyle sıvı miktarı, glukoz gereksinimi, hemodinamik monitörizasyon ve arter basıncı hedefleri yaşa göre değerlendirilmelidir.
- Çocuklarda uzun açlıktan ve hipotonik idame sıvılarından kaçınılmalı, izotonik dengeli solüsyonlar ve

gerektiğinde düşük konsantrasyonlu glukoz tercih edilmelidir.

- Özellikle yenidoğan, infant, uzun süre aç kalmış veya hipoglisemi riski taşıyan çocuklarda glukoz gerekebilir. Pediatrik derlemelerde uygun hastalarda yaklaşık %1–2,5 glukoz içeren izotonik dengeli solüsyonların hipoglisemi ve aşırı ketozis riskini azaltabileceği belirtilmektedir.
- Çocuklarda amaç erişkindeki gibi övolemi, yeterli doku perfüzyonu ve normal elektrolit/endokrin homeostazın korunmasıdır; ancak yenidoğan ve infantlarda kardiyak, renal ve metabolik rezervin sınırlı olması yönetimi farklılaştırır.
- Güncel literatür çocuklarda izotonik dengeli kristalloidleri çoğu perioperatif durumda en fizyolojik temel seçenek olarak desteklemektedir.
- Çocuklarda preoperatif açlık; ESAIC pediatrik açlık kılavuzu sağlıklı çocuklarda berrak sıvılar için 1 saatlik açlık süresini, anne sütü için 3 saati desteklemektedir; erken postoperatif oral alım da teşvik edilmektedir.
- Uzun açlık çocuklarda susuzluk, rahatsızlık, dehidratasyon, ketozis ve metabolik stres oluşturabilir. Bu nedenle “gece yarısından itibaren hiçbir şey verilmemesi” yaklaşımı güncel pediatrik uygulamayla uyumlu değildir.
- Çocuklarda postoperatif dönem; Cerrahi stres ve ADH artışı serbest su atılımını azaltır. Bu nedenle

preoperatif/intraoperatif hızın postoperatif dönemde otomatik olarak sürdürülmesi dilüsyonel hiponatremiye yol açabilir. IV sıvı hızı tekrar değerlendirilmeli ve mümkün olduğunda erken oral hidrasyon başlanmalıdır.

- Elektrolit bozukluklarında yalnız laboratuvar değerine bakılmaz. Bozukluğun akut veya kronik oluşu, değişim hızı, semptomlar, EKG, renal fonksiyon ve cerrahinin aciliyeti birlikte değerlendirilmelidir.
- Sodyum bozukluklarında düzeltme hızı, potasyum bozukluklarında ise kardiyak risk kritiktir. Normal EKG ciddi hiperkalemiyi dışlamaz; akut hiperkalemide kardiyak membran stabilizasyonu, potasyumun hücre içine kaydırılması ve vücuttan uzaklaştırılması birlikte düşünülmelidir.
- Perioperatif sıvı yönetiminin nihai hedefi "normal bir sayı" değil, yeterli organ perfüzyonunu en düşük gerekli sıvı yüküyle sağlamaktır.

Kaynakça

Brossier, D. W., Tume, L. N., Briant, A. R., Jotterand Chaparro, C., Moullet, C., Rooze, S., Verbruggen, S. C. A. T., & Valla, F. V. (2022). ESPNIC clinical practice guidelines: Intravenous maintenance fluid therapy in acute and critically ill children—A systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Medicine, 48*(12), 1691–1708. doi: 10.1007/s00134-022-06882-z.

Brown, R. M., Wang, L., Coston, T. D., Krishnan, N. I., Casey, J. D., Wanderer, J. P., Ehrenfeld, J. M., Byrne, D. W., Collins, S. P., Cohen, M. J., Self, W. H., Rice, T. W., & Semler, M. W. (2019). Balanced crystalloids versus saline in sepsis: A secondary analysis of the SMART clinical trial. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 200*(12), 1487–1495. doi: 10.1164/rccm.201903-0557OC.

Butterworth, J. F., IV, Mackey, D. C., & Wasnick, J. D. (2022). *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology* (7th ed.). McGraw Hill.

Constant, I., Fellahi, J.-L., Biais, M., Abou-Arab, O., Beaussier, M., Cholley, B., Chousterman, B., Desebbe, O., Ecoffey, C., Futier, E., Gayat, E., Gonzalez Estevez, M., Guinot, P.-G., Jacquet-Lagreze, M., Joosten, A., Julien-Marsollier, F., Lilot, M., Longrois, D., Lorne, E., ... Blet, A. (2025). Perioperative hemodynamic optimization—Paediatrics. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine, 45*, 101663. doi: 10.1016/j.accpm.2025.101663.

Cunliffe, M. (2003). Fluid and electrolyte management in children. *BJA CEPD Reviews, 3*(1), 1–4. doi: 10.1093/bjacepd/mkg001.

Datta, P. K., & Aravindan, A. (2017). Glucose for children during surgery: Pros, cons, and protocols: A postgraduate educational review. *Anesthesia: Essays and Researches, 11*(3), 539–543. doi: 10.4103/aer.AER_18_17.

De Backer, D., & Vincent, J.-L. (2018). Should we measure the central venous pressure to guide fluid management? Ten answers to 10 questions. Critical Care, 22, 43. doi: 10.1186/s13054-018-1959-3.

Drummond, K. E., & Murphy, E. (2012). Minimally invasive cardiac output monitors. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain, 12*(1), 5–10. doi: 10.1093/bjaceaccp/mkr044.

Eaddy, N., & Watene, C. (2023). Perioperative management of fluids and electrolytes in children. *BJA Education, 23*(7), 273–278. doi: 10.1016/j.bjae.2023.03.006.

Fellahi, J.-L., Biais, M., Abou-Arab, O., Beaussier, M., Cholley, B., Chousterman, B., Desebbe, O., Ecoffey, C., Futier, E., Gayat, E., Gonzalez Estevez, M., Guinot, P.-G., Jacquet-Lagreze, M., Joosten, A., Julien-Marsollier, F., Lilot, M., Longrois, D., Lorne, E., Losser, M.-R., ... Blet, A. (2026). Perioperative hemodynamic optimization—Adults including obstetrics. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine, 45*, 101662. doi: 10.1016/j.accpm.2025.101662.

Finfer, S., Micallef, S., Hammond, N., Navarra, L., Bellomo, R., Billot, L., Delaney, A., Gallagher, M., Gattas, D., Li, Q., Mackle, D., Mysore, J., Saxena, M., Taylor, C., Young, P., Myburgh, J., & PLUS Study Investigators and the Australian New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group (2022). Balanced multielectrolyte solution versus saline in critically ill adults. *The New England*

Journal of Medicine, 386(9), 815–826. doi: 10.1056/NEJMoa2114464.

Frykholm, P., Disma, N., Andersson, H., Beck, C., Bouvet, L., Cercueil, E., Elliott, E., Hofmann, J., Isserman, R., Klaucane, A., Kuhn, F., de Queiroz Siqueira, M., Rosen, D., Schmidt, A. R., Schmitz, A., Stocki, D., Sümpelmann, R., & Veyckemans, F. (2022). Pre-operative fasting in children: A guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology, 39*(1), 4–25. doi: 10.1097/EJA.0000000000001599.

Gan, H., Cannesson, M., Chandler, J. R., & Ansermino, J. M. (2013). Predicting fluid responsiveness in children: A systematic review. *Anesthesia & Analgesia, 117*(6), 1380–1392. doi: 10.1213/ANE.0b013e3182a9557e

Goyal, V. K., Gupta, P., Baj, B., & Garg, V. K. (2021). A randomized comparison between pulse pressure variation and central venous pressure in patients undergoing renal transplantation. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology, 37*(4), 628–632. doi: 10.4103/joacp.JOACP_312_19.

Hahn, R. G. (2014). Should anaesthetists stop infusing isotonic saline? *British Journal of Anaesthesia, 112*(1), 4–6. doi: 10.1093/bja/aet292.

Hahn, R. G. (2024). Sequential recruitment of body fluid spaces for increasing volumes of crystalloid fluid. *Frontiers in Physiology, 15*, 1439035. doi: 10.3389/fphys.2024.1439035.

Joannes-Boyau, O., Le Conte, P., Bonnet, M. P., Cesareo, E., Chousterman, B., Chaiba, D., Douay, B., Futier, E., Harrois, A.,

Huraux, C., Ichai, C., Meaudre Desgouttes, E., Mimoz, O., Muller, L., Oberlin, M., Peschanski, N., Quintard, H., Rousseau, G., Savary, D., Tran-Dinh, A., … Weiss, E. (2022). Guidelines for the choice of intravenous fluids for vascular filling in critically ill patients, 2021. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine, 41*(3), 101058. doi: 10.1016/j.accpm.2022.101058.

Joshi, G. P., Abdelmalak, B. B., Weigel, W. A., Harbell, M. W., Kuo, C. I., Soriano, S. G., Stricker, P. A., Tipton, T., Grant, M. D., Marbella, A. M., Agarkar, M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for preoperative fasting: Carbohydrate-containing clear liquids with or without protein, chewing gum, and pediatric fasting duration—A modular update of the 2017 American Society of Anesthesiologists practice guidelines for preoperative fasting. *Anesthesiology, 138*(2), 132–151. doi: 10.1097/ALN.0000000000004381.

Jozwiak, M., Monnet, X., & Teboul, J.-L. (2018). Prediction of fluid responsiveness in ventilated patients. *Annals of Translational Medicine, 6*(18), 352. doi: 10.21037/atm.2018.05.03.

Kan, C. F. K., & Skaggs, J. D. (2023). Current commonly used dynamic parameters and monitoring systems for perioperative goal-directed fluid therapy: A review. *Yale Journal of Biology and Medicine, 96*(1), 107–123. doi: 10.59249/JOAP6662.

Lee, H., & Kim, J. T. (2023). Pediatric perioperative fluid management. *Korean Journal of Anesthesiology, 76*(6), 519–530. doi: 10.4097/kja.23128.

Lee, J. H., Kim, E. H., Jang, Y. E., Kim, H. S., & Kim, J. T. (2019). Fluid responsiveness in the pediatric population. *Korean Journal of Anesthesiology, 72*(5), 429–440. doi: 10.4097/kja.19305.

Lorente, J. V., Hervías Sanz, M., Ripollés-Melchor, J., & Hahn, R. G. (2025). Perioperative fluid therapy in adults and children: a narrative review. *Frontiers in Medicine, 12*, 1607670. doi: 10.3389/fmed.2025.1607670.

Martin, G. S., Kaufman, D. A., Marik, P. E., Shapiro, N. I., Levett, D. Z. H., Whittle, J., MacLeod, D. B., Chappell, D., Lacey, J., Woodcock, T., Mitchell, K., Malbrain, M. L. N. G., Woodcock, T. M., Martin, D., Imray, C. H. E., Manning, M. W., Howe, H., Grocott, M. P. W., Mythen, M. G., Gan, T. J., … Miller, T. E. (2020). Perioperative Quality Initiative (POQI) consensus statement on fundamental concepts in perioperative fluid management: fluid responsiveness and venous capacitance. *Perioperative Medicine (London, England), 9*, 12. doi: 10.1186/s13741-020-00142-8.

Monnet, X., Marik, P. E., & Teboul, J.-L. (2016). Prediction of fluid responsiveness: An update. *Annals of Intensive Care, 6*, 111. doi: 10.1186/s13613-016-0216-7.

Murat, I., & Dubois, M.-C. (2008). Perioperative fluid therapy in pediatrics. *Paediatric Anaesthesia, 18*(5), 363–370. doi: 10.1111/j.1460-9592.2008.02505.x.

National Institute for Health and Care Excellence. (2015). Algorithms for IV fluid therapy in children and young people in hospital (NICE Guideline NG29). https://www.nice.org.uk/guidance/ng29/resources/algorithms-for-iv-fluid-therapy-in-children-and-young-people-in-hospital-set-of-6-pdf-2190274957

Ostermann, M., Auzinger, G., Grocott, M., Morton-Bailey, V., Raphael, J., Shaw, A. D., Zarbock, A., & POQI XI Investigators (2024). Perioperative fluid management: evidence-based consensus recommendations from the international multidisciplinary

PeriOperative Quality Initiative. *British Journal of Anaesthesia, 133*(6), 1263–1275. doi: 10.1016/j.bja.2024.07.038.

Rech, M. A., Zimmerman, D. E., Ray, L., Desai, D., & Shapiro, J. I. (2026). Diagnosis and management of acute hyperkalaemia. *BMJ, 394*, e100287. doi: 10.1136/bmj-2026-100287.

Saugel, B., Fletcher, N., Gan, T. J., Grocott, M. P. W., Myles, P. S., Sessler, D. I., & PeriOperative Quality Initiative XI (POQI XI) Workgroup Members (2024). PeriOperative Quality Initiative international consensus statement on perioperative arterial pressure management. *British Journal of Anaesthesia, 133*(2), 264–276. doi: 10.1016/j.bja.2024.04.046.

Scheingraber, S., Rehm, M., Sehmisch, C., & Finsterer, U. (1999). Rapid saline infusion produces hyperchloremic acidosis in patients undergoing gynecologic surgery. *Anesthesiology, 90*(5), 1265–1270. doi: 10.1097/00000542-199905000-00007.

Self, W. H., Semler, M. W., Wanderer, J. P., Wang, L., Byrne, D. W., Collins, S. P., Slovis, C. M., Lindsell, C. J., Ehrenfeld, J. M., Siew, E. D., Shaw, A. D., Bernard, G. R., Rice, T. W., & SALT-ED Investigators (2018). Balanced crystalloids versus saline in noncritically ill adults. *The New England Journal of Medicine, 378*(9), 819–828. doi: 10.1056/NEJMoa1711586.

Semler, M. W., Self, W. H., Wanderer, J. P., Ehrenfeld, J. M., Wang, L., Byrne, D. W., Stollings, J. L., Kumar, A. B., Hughes, C. G., Hernandez, A., Guillamondegui, O. D., May, A. K., Weavind, L., Casey, J. D., Siew, E. D., Shaw, A. D., Bernard, G. R., Rice, T. W., & SMART Investigators and the Pragmatic Critical Care Research Group (2018). Balanced crystalloids versus saline in critically ill

adults. *The New England Journal of Medicine, 378*(9), 829–839. doi: 10.1056/NEJMoa1711584.

Sundaram, S. C., Salins, S. R., Kumar, A. N., & Korula, G. (2016). Intra-operative fluid management in adult neurosurgical patients undergoing intracranial tumour surgery: Randomised control trial comparing pulse pressure variance (PPV) and central venous pressure (CVP). *Journal of Clinical and Diagnostic Research, 10*(5), UC01–UC05. doi: 10.7860/JCDR/2016/17196.7760.

Wilkes, N. J., Woolf, R., Mutch, M., Mallett, S. V., Peachey, T., Stephens, R., & Mythen, M. G. (2001). The effects of balanced versus saline-based hetastarch and crystalloid solutions on acid-base and electrolyte status and gastric mucosal perfusion in elderly surgical patients. *Anesthesia & Analgesia, 93*(4), 811–816. doi: 10.1097/00000539-200110000-00003.

Zampieri, F. G., Machado, F. R., Biondi, R. S., Freitas, F. G. R., Veiga, V. C., Figueiredo, R. C., Lovato, W. J., Amêndola, C. P., Serpa-Neto, A., Paranhos, J. L. R., Guedes, M. A. V., Lúcio, E. A., Oliveira-Júnior, L. C., Lisboa, T. C., Lacerda, F. H., Maia, I. S., Grion, C. M. C., Assunção, M. S. C., Manoel, A. L. O., Silva-Junior, J. M., … BaSICS investigators and the BRICNet members (2021). Effect of intravenous fluid treatment with a balanced solution vs 0.9% saline solution on mortality in critically ill patients: The BaSICS randomized clinical trial. *JAMA, 326*(9), 818–829. doi: 10.1001/jama.2021.11684.

BÖLÜM 33

OLGULARLA SIVI – ELEKTROLİT BOZUKLUKLARI

AYŞE LAFÇI[1]

Özet

Bu bölüm, sıvı-elektrolit bozukluklarının özellikle asit-baz dengesiyle ilişkisini klinik olgular üzerinden sistematik biçimde ele alır. Kaynak metinde; asit-baz fizyolojisi, Henderson–Hasselbalch yaklaşımı, Stewart'ın güçlü iyon farkı yaklaşımı, tampon sistemleri, respiratuvar ve renal kompansasyon, arter kan gazı (AKG) yorumlama ve dört AKG örneği yer almaktadır (Cullen et al., 2023; Greenbaum & Nirmalan, 2005; Gropper et al., 2025).

Anestezi sırasında ventilasyon, perfüzyon ve hastaya verilen elektrolit içeren sıvılar asit-baz dengesini kısa sürede değiştirebilir. Bu nedenle tek bir kan gazı ölçüm değerinden çok, klinik bağlam, seri ölçümler ve altta yatan neden birlikte değerlendirilmelidir. Güncel perioperatif yaklaşım da sıvı ve hemodinamik tedavinin

[1] Doç. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-3215-4114

cerrahi ve hasta özelliklerine göre bireyselleştirilmesini önermektedir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Ostermann et al., 2024; Saugel et al., 2025).

Öğrenme Hedefleri

- Asit-baz bozukluklarını sistematik bir AKG algoritması ile değerlendirmek.
- Respiratuvar ve metabolik bozuklukları birbirinden ayırmak.
- Kompansatuvar yanıtın uygun olup olmadığını değerlendirmek ve mikst bozuklukları tanımak.
- Anyon açığını ve gerektiğinde delta-delta yaklaşımını kullanmak.
- Stewart yaklaşımında SID, $PaCO_2$ ve A^TOT kavramlarını anlamak.
- Asit-baz bozukluklarının elektrolitler ve anestezik yönetim üzerindeki etkilerini değerlendirmek.

Asit-Baz Dengesinin Temel İlkeleri

Su molekülünün disosiyasyonu $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$ şeklindedir. Kaynak metinde arteriyel H^+ konsantrasyonunun yaklaşık 40 nEq/L olduğu ve pH'nın H^+ konsantrasyonunun negatif logaritması olarak ifade edildiği belirtilmektedir. Normal arteriyel pH yaklaşık 7,40'tır (Cullen et al., 2023; Greenbaum & Nirmalan, 2005; Gropper et al., 2025).

Brønsted–Lowry yaklaşımında asit proton vericisi, baz proton alıcısıdır. Henderson–Hasselbalch denklemi, karbonik asit–

bikarbonat tampon sisteminin değerlendirilmesinde temel yaklaşımdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Stewart'ın Fizikokimyasal Yaklaşımı

Stewart yaklaşımında hidrojen iyonu konsantrasyonu üç bağımsız değişkenle ilişkilendirilir: güçlü iyon farkı (SID), $PaCO_2$ ve total zayıf asit konsantrasyonu (A^TOT). Kaynak metinde ölçülebilen güçlü iyon farkı için SIDa = (Na + K + Mg + Ca) − (Cl + laktat), daha basitleştirilmiş olarak ise SIDa = Na + K − Cl formülü verilmektedir (Greenbaum & Nirmalan, 2005).

Bu yaklaşım özellikle hiperkloremik metabolik asidoz ve hipoalbüminemiye bağlı metabolik değişikliklerin anlaşılmasında yararlıdır. Perioperatif sıvı seçiminde yüksek klorür yükünün hiperkloremik asidoza katkıda bulunabileceği için dengeli kristalloidler birçok klinik durumda tercih edilmektedir (Greenbaum & Nirmalan, 2005; Ostermann et al., 2024).

Tampon Sistemleri ve Kompansasyon

Kimyasal tampon sistemleri

- Bikarbonat/karbonik asit sistemi
- Hemoglobin
- İntrasellüler proteinler
- Fosfat tampon sistemi
- Amonyak/amonyum sistemi

Bikarbonat, ekstrasellüler sıvının temel tamponlarından biridir; $PaCO_2$ akciğerler, HCO_3^- ise esas olarak böbrekler

tarafından düzenlenir. Hemoglobin de önemli bir non-karbonik tampon olarak görev yapar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Solunumsal kompansasyon

Metabolik asidozda alveoler ventilasyon artar ve $PaCO_2$ düşürülerek pH'daki düşüş kısmen sınırlandırılır. Metabolik alkalozda ise hipoventilasyon gelişebilir, ancak hipoksemi kompansasyonu sınırlar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Renal kompansasyon

Böbrekler HCO_3^- geri emilimini, titre edilebilir asit atılımını ve amonyum oluşumunu değiştirerek asit-baz dengesinin uzun dönem düzenlenmesinde temel rol oynar. Renal kompansasyon solunumsal ve metabolik bozuklukların her ikisinde de önemlidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Arter kan gazı: sistematik değerlendirme

Normal arteriyel pH 7,35–7,45, $PaCO_2$ 35–45 mmHg ve HCO_3^- 22–26 mmol/L kabul edilir. Öncelikle pH ile asidemi/alkalemi belirlenir; ardından $PaCO_2$ ve HCO_3^- değerlendirilerek primer bozukluğun respiratuvar mı metabolik mi olduğu belirlenir (Aygencel, 2014; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

1. pH: asidemi mi alkalemi mi?
2. $PaCO_2$: respiratuvar komponent nedir?
3. HCO_3^-: metabolik komponent nedir?
4. Beklenen kompansasyon uygun mu?
5. Anyon açığı gerekli mi?

6. Mikst bozukluk olasılığı var mı?
7. Klinik neden ve tedavi hedefi nedir?

Kompansasyon beklenen sınırların dışındaysa tek bir bozukluk yerine mikst asit-baz bozukluğu düşünülmelidir. Kaynak bölümün temel mesajlarından biri, fizyolojik kompansasyonun "aşırı kompansasyon" şeklinde primer ters bozukluk oluşturmadığıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Asideminin Fizyolojik Sonuçları

Ciddi asidemi miyokardiyal kontraktiliteyi ve vasküler tonusu bozabilir, hipotansiyona katkıda bulunabilir ve katekolamin yanıtını azaltabilir. Asidemi ayrıca potasyum homeostazını etkileyerek hiperkalemi riskini artırabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezi açısından asideminin önemi; kardiyovasküler depresyon, aritmi eğiliminde artış ve sedatif/anestezik ilaçların etkilerinin klinik bağlama göre değişebilmesidir. Tedavi primer nedeni düzeltmeye odaklanmalıdır.

Olgu 1 – Akut Solunumsal Asidoz

AKG: pH 7,28; $PaCO_2$ 60 mmHg; HCO_3^- 27 mmol/L. pH düşüktür ve $PaCO_2$ yükselmiştir; dolayısıyla primer bozukluk respiratuvar asidozdur. HCO_3^- artışı akut respiratuvar kompansasyonla uyumludur. Kaynak bölüm bu olguyu 'akut solunumsal asidoz' olarak değerlendirmektedir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezik yaklaşım

- Alveoler ventilasyon yetersizliğinin nedenini belirle.

- Opioid, sedatif veya anestezik ilaç etkisini değerlendir.
- Bronkospazm, havayolu obstrüksiyonu ve mekanik ventilasyon sorunlarını dışla.
- Alveoler ventilasyonu düzelt; yalnızca pH değerini düzeltmeye odaklanma.
- Seri AKG ve klinik yanıtla tedaviyi titre et.

Olgu 2 – Metabolik Asidoz

AKG: pH 7,30; $PaCO_2$ 30 mmHg; HCO_3^- 15 mmol/L. pH asidemik, HCO_3^- düşük ve $PaCO_2$ kompansatuvar olarak düşmüştür. Kaynak metinde Winter formülü ile beklenen $PaCO_2 = 1{,}5 \times HCO_3^- + 8$ olarak hesaplanmış ve yaklaşık 30,5 mmHg bulunarak kompansasyonun uygun olduğu gösterilmiştir (Aygencel, 2014; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Bu tabloda metabolik asidozun nedeni araştırılmalıdır. Laktik asidozda doku oksijenasyonu ve perfüzyonunun düzeltilmesi, diyabetik ketoasidozda sıvı ve insülin tedavisi ile potasyum, fosfat ve magnezyumun izlenmesi, toksik alkollerde (alkol intoksikasyonu? mu demek istedik) uygun antidot ve gerektiğinde ekstrakorporeal tedavi gündeme gelir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anyon Açığı

Metabolik asidoz saptandığında anyon açığı (AG) değerlendirilir: $AG = Na^+ - (Cl^- + HCO_3^-)$. Kaynak metin normal AG için 7–14 mEq/L aralığını vermektedir (Aygencel, 2014; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Albümin başlıca ölçülmeyen anyonlardan biri olduğundan hipoalbüminemide hesaplanan AG, olduğundan düşük görünebilir. Bu nedenle özellikle yoğun bakım ve perioperatif hastalarda AG klinik bağlamla ve albümin düzeyiyle birlikte yorumlanmalıdır.

Yüksek AG metabolik asidoz saptandığında delta-delta yaklaşımı, eşlik eden metabolik alkaloz veya ek normal AG metabolik asidozu araştırmak için kullanılabilir.

Metabolik Asidozun Anestezik Yönetimi

- Primer nedenin tedavisi esastır.
- Ventilasyonun yeterli olduğundan emin olunmalıdır.
- Şiddetli asidemide hemodinamik instabilite ve aritmi açısından yakın monitörizasyon yapılmalıdır.
- Hiperkalemi eşlik ediyorsa potasyumun kardiyak etkileri acil değerlendirilmelidir.
- İntravenöz bikarbonat rutin olarak her metabolik asidozda verilmemelidir; seçilmiş ağır olgularda ve neden dikkate alınarak değerlendirilmelidir.
- Resüsitasyon sırasında büyük miktarlarda rutin $NaHCO_3$ kullanımından kaçınılmalıdır.

Kaynak metinde bikarbonat kullanımına ilişkin çeşitli eşik ve doz önerileri verilmiş olmakla birlikte, güncel klinik yaklaşımda bikarbonat endikasyonu yalnız pH değerine göre değil; asidozun nedeni, hemodinamik durum, böbrek fonksiyonu ve eşlik eden elektrolit denge bozuklukları ile birlikte değerlendirilmelidir.

Alkaloz

Alkaloz, hemoglobinin oksijene afinitesini artırarak dokulara oksijen bırakılmasını azaltabilir. Hipokalemi ve iyonize kalsiyum azalması nöromüsküler ve kardiyak komplikasyonlara katkıda bulunabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Olgu 3 – Akut Solunumsal Alkaloz

AKG: pH 7,54; $PaCO_2$ 25 mmHg; HCO_3^- 21 mmol/L. pH yüksek ve $PaCO_2$ düşük olduğundan primer bozukluk akut respiratuvar alkalozdur. HCO_3^- düşüşü akut kompansasyonla uyumludur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Tedavi altta yatan hiperventilasyon nedenine yöneliktir. Anestezi sırasında ağrı, hipoksemi, sepsis, mekanik ventilasyon ayarları, pulmoner vasküler olaylar ve anksiyete gibi nedenler klinik bağlamda değerlendirilmelidir.

Olgu 4 – Metabolik Alkaloz

AKG: pH 7,56; $PaCO_2$ 55 mmHg; HCO_3^- 45 mmol/L. Primer bozukluk metabolik alkalozdur ve $PaCO_2$ artışı kompansatuvar hipoventilasyonla uyumludur (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klorür-duyarlı metabolik alkalozda kusma, gastrik aspirasyon veya diüretik kullanımı gibi nedenler araştırılır; volüm ve klorür eksikliği varsa uygun sıvı ve elektrolit replasmanı yapılır. Klorür-dirençli alkalozda mineralokortikoid fazlalığı ve diğer nedenler değerlendirilmelidir.

Alkalozda Anestezik Yaklaşım

Alkalemi ve hipokaleminin birlikteliği ciddi disritmi riskini artırabilir. Nöromüsküler blok yanıtı ve iyonize kalsiyum düzeyi klinik duruma göre izlenmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Potasyum ve magnezyum düzeylerini değerlendir.
- Volüm ve klorür eksikliğini araştır.
- Ventilasyon ayarlarını gereksiz hipokapni oluşturmayacak şekilde düzenle.
- Altta yatan gastrointestinal, renal veya endokrin nedeni tedavi et.

Mikst Asit-Baz Bozuklukları: AKG Örnekleri

Örnek 1

pH 7,20; $PaCO_2$ 50 mmHg; HCO_3^- 19 mmol/L. Hem pH asidemi yönünde hem $PaCO_2$ yüksek hem HCO_3^- düşüktür. Respiratuvar asidoza eşlik eden metabolik asidoz vardır. Kaynak metin sonucu mikst respiratuvar ve metabolik asidoz olarak vermektedir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Örnek 2

pH 7,45; $PaCO_2$ 70 mmHg; HCO_3^- 50 mmol/L. pH normal görünse de $PaCO_2$ belirgin yüksekken HCO_3^- beklenenden fazla yükselmiştir. Bu nedenle basit kompansasyon yerine respiratuvar asidoz + metabolik alkaloz düşünülmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Örnek 3

pH 7,35; $PaCO_2$ 50 mmHg; HCO_3^- 28 mmol/L. Değerler kronik respiratuvar asidoz için uygun kompansatuvar yanıtla uyumludur. Kaynak metin bu örneği kompanse respiratuvar asidoz olarak değerlendirmektedir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Örnek 4

pH 7,46; $PaCO_2$ 20 mmHg; HCO_3^- 9 mmol/L; AG 35. Primer respiratuvar alkaloza ek olarak yüksek AG metabolik asidoz vardır. Delta-delta yaklaşımı eşlik eden metabolik alkaloz olasılığını da göstermektedir. Kaynak metin sonucu üçlü mikst bozukluk olarak vermektedir: respiratuvar alkaloz + metabolik asidoz + metabolik alkaloz (Aygencel, 2014; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sıvı Tedavisi ile Asit-Baz İlişkisi

Perioperatif sıvı tedavisinde kullanılan kristalloidlerin elektrolit kompozisyonu asit-baz dengesini etkileyebilir. Özellikle yüksek klorür içeren %0,9 NaCl'nin büyük miktarlarda kullanımı hiperkloremik metabolik asidoza katkıda bulunabilir. Dengeli kristalloidler birçok perioperatif durumda bu nedenle tercih edilmektedir (Ostermann et al., 2024; Saugel et al., 2025).

2025 ESAIC önerileri, intraoperatif sıvıların yalnız sıvı yanıtlılık gösterdiği için verilmemesini; hipovolemi veya doku hipoperfüzyonu bulguları ile birlikte değerlendirilmesini önermektedir. Yüksek riskli hastalarda stroke volume veya kardiyak debi izlemi tedavi yanıtının değerlendirilmesine yardımcı olabilir (Saugel et al., 2025).

Klinik Uygulama İçin AKG Algoritması

- Adım 1 – pH: 7,35'in altında asidemi, 7,45'in üzerinde alkalemi.
- Adım 2 – $PaCO_2$: respiratuvar bileşeni belirle.
- Adım 3 – HCO_3^-: metabolik bileşeni belirle.
- Adım 4 – Beklenen kompansasyonu hesapla.
- Adım 5 – Kompansasyon uygun değilse mikst bozukluk düşün.
- Adım 6 – Metabolik asidoz varsa AG hesapla.
- Adım 7 – Albümin düşükse AG'yi klinik bağlamla yorumla.
- Adım 8 – Delta-delta ile ek metabolik bozukluk araştır.
- Adım 9 – Nedeni ve tedavi edilebilir tetikleyiciyi belirle.
- Adım 10 – Seri AKG ve elektrolitlerle tedavi yanıtını izle.

Klinik Anahtar Noktalar

- Asit-baz bozukluğu tek başına laboratuvar anormalliği değil, altta yatan fizyolojik sürecin göstergesidir.
- AKG yorumunda pH, $PaCO_2$ ve HCO_3^- birlikte değerlendirilmelidir.
- Kompansasyon beklenen sınırların dışındaysa mikst bozukluk düşünülmelidir.

- Metabolik asidozda anyon açığı önemli bir ayırıcı tanı aracıdır.
- Hipoalbüminemi AG'nin olduğundan düşük hesaplanmasına neden olabilir.
- Sıvı seçimi asit-baz dengesini etkiler; yüksek klorür yükünden gereksiz yere kaçınılmalıdır.
- İntraoperatif sıvı yalnız sıvı yanıtlılık nedeniyle verilmemeli; hipovolemi veya doku hipoperfüzyonu ile ilişkilendirilmelidir.
- Elektrolit, hemodinami ve asit-baz denge bozuklukları birlikte yönetilmelidir.

Kaynakça

Aygencel, G. (2014). Arter kan gazlarının yorumlanması. *Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi (Archives of the Turkish Society of Cardiology), 42*(2), 194-202. doi: 10.5543/tkda.2014.29499.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Geriatric Anesthesia and Perioperative Management Group of the Chinese Society of Anesthesiology, National Alliance of Geriatric Anesthesia (NAGA), & National Clinical Research Center for Geriatric Diseases (Xuanwu Hospital) (2025). Clinical practice guidelines for perioperative fluid therapy in Chinese adult patients (2025 edition). *Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 105*(2), 128–154. doi: 10.3760/cma.j.cn112137-20241003-02245.

Greenbaum, J., & Nirmalan, M. (2005). Acid-base balance: Stewart's physiochemical approach. *Current Anaesthesia and Critical Care, 16*(3), 133-135. doi: 10.1016/j.cacc.2005.03.010.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Ostermann, M., Auzinger, G., Grocott, M., Morton-Bailey, V., Raphael, J., Shaw, A. D., Zarbock, A., & POQI XI Investigators (2024). Perioperative fluid management: evidence-based consensus recommendations from the international multidisciplinary PeriOperative Quality Initiative. *British Journal of Anaesthesia, 133*(6), 1263–1275. doi: 10.1016/j.bja.2024.07.038.

Saugel, B., Buhre, W., Chew, M. S., Cholley, B., Coburn, M., Cohen, B., De Hert, S., Duranteau, J., Fellahi, J. L., Flick, M., Guarracino, F., Joosten, A., Jungwirth, B., Kouz, K., Longrois, D., Buse, G. L., Meidert, A. S., Rex, S., Romagnoli, S., Romero, C. S., … Zarbock, A. (2025). Intra-operative haemodynamic monitoring and management of adults having noncardiac surgery: A statement from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology, 42*(6), 543–556. doi: 10.1097/EJA.0000000000002174.

BÖLÜM 34

ASİT–BAZ DENGESİ

ABDULKADİR BUT[1]

Özet

Asit-baz homeostazı; ventilasyon, böbrek fonksiyonu, tampon sistemleri ve plazma iyonlarının birlikte düzenlediği dinamik bir süreçtir. Anesteziyoloji ve yoğun bakım pratiğinde asit-baz bozukluklarının doğru tanınması; ventilasyonun yönetilmesi, hemodinamik instabilitenin nedeninin belirlenmesi, elektrolit bozukluklarının fark edilmesi ve uygun tedavinin seçilmesi açısından temel öneme sahiptir.

Kaynak dosyada 32. bölümün amacı, asit-baz bozukluklarını basit ve tekrarlanabilir bir algoritmayla yorumlamak olarak tanımlanmış; ayrıca hastanın perioperatif risklerinin belirlenmesi, anestezi tekniği ve monitörizasyonun bireyselleştirilmesi hedeflenmiştir.

[1] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0001-9635-9613

Öğrenme Hedefleri

- Asit-baz homeostazının fizyolojik temellerini açıklamak.
- Arteriyel kan gazını sistematik ve tekrarlanabilir biçimde yorumlamak.
- Primer respiratuvar ve metabolik bozuklukları ayırt etmek.
- Beklenen kompansatuvar yanıtı değerlendirmek ve mikst bozuklukları tanımak.
- Anyon açığı, düzeltilmiş anyon açığı ve delta-delta yaklaşımını kullanmak.
- Stewart yaklaşımında $PaCO_2$, güçlü iyon farkı (SID) ve total zayıf asitlerin rolünü açıklamak.
- Asit-baz bozukluklarının anestezik ve perioperatif sonuçlarını değerlendirmek.

Asit–Baz Homeostazının Fizyolojik Temelleri

Arteriyel pH, hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. Fizyolojik pH'nın dar bir aralıkta tutulması; enzimatik reaksiyonlar, membran fonksiyonu, miyokardiyal kontraktilite ve nöromüsküler iletim açısından gereklidir.

Klasik Henderson–Hasselbalch yaklaşımında pH, bikarbonat ile $PaCO_2$ arasındaki ilişki üzerinden değerlendirilir. Bu yaklaşım klinik yatak başı değerlendirmede pratik ve hızlıdır. Asit-baz bozukluklarının yorumunda bikarbonat-merkezli yaklaşımın yanı sıra Stewart ve baz fazlası yaklaşımları da kullanılabilir.

Tampon Sistemleri

Bikarbonat tampon sistemi

Ekstrasellüler sıvının başlıca tampon sistemidir. Bikarbonat düzeyi renal mekanizmalarla, $PaCO_2$ ise alveoler ventilasyonla düzenlenir. Bu nedenle sistem, akciğer ve böbreklerin birlikte çalışmasını yansıtır.

Hemoglobin ve protein tamponları

Hemoglobin ve plazma/intrasellüler proteinler non-bikarbonat tamponların önemli bileşenleridir. Özellikle hemoglobinin tampon kapasitesi eritrosit içindeki hızlı CO_2/H^+ değişimlerinde önemlidir.

Fosfat ve amonyak

Fosfat ve amonyak tampon sistemleri özellikle renal hidrojen iyonu atılımında önem taşır. Böbrek, filtre edilen bikarbonatı geri kazanmanın yanı sıra yeni bikarbonat oluşturulmasına katkı sağlar.

Akciğerlerin ve Böbreklerin Rolü

Respiratuvar düzenleme

Metabolik asidozda ventilasyon artarak $PaCO_2$ düşürülür; metabolik alkalozda ise ventilasyonun azalması $PaCO_2$'yi yükseltir. Ancak hipokseminin ortaya çıkması hipoventilatuvar kompansasyonu sınırlar.

Renal düzenleme

Böbrekler HCO_3^- geri emilimi, titrasyon yapılabilir asitlerin atılımı ve amonyum üretimi yoluyla asit-baz dengesini düzenler. Renal yanıt hızlı değildir; bu nedenle akut respiratuvar

bozukluklarda kompansasyon sınırlıyken kronik bozukluklarda daha belirgin hale gelir.

Arteriyel Kan Gazının Sistematik Yorumu

ABG yorumunda amaç yalnızca pH'nın normal olup olmadığını belirlemek değildir. Normal pH, kompanse bir bozukluğu veya birden fazla karşıt bozukluğun birbirini maskelemesini gösterebilir. Bu nedenle $PaCO_2$, HCO_3^- ve gerektiğinde anyon açığı birlikte değerlendirilmelidir.

- Adım 1: Verilerin iç tutarlılığını kontrol et.
- Adım 2: pH ile asidemi veya alkalemiyi belirle.
- Adım 3: $PaCO_2$ ile respiratuvar komponenti değerlendir.
- Adım 4: HCO_3^-/baz fazlası ile metabolik komponenti değerlendir.
- Adım 5: Beklenen kompansasyonu hesapla.
- Adım 6: Metabolik asidoz varsa anyon açığını hesapla.
- Adım 7: Albümin düşüklüğünü ve ölçülmeyen anyonları dikkate al.
- Adım 8: Mikst bozukluk açısından klinik ve matematiksel uyumu kontrol et.
- Adım 9: Laktat, elektrolitler, böbrek fonksiyonu ve klinik nedeni birlikte değerlendir.
- Adım 10: Tedavi sonrasında seri kan gazı ve klinik yanıtı izle.

Primer Asit–Baz Bozuklukları

Respiratuvar asidoz

Primer problem alveoler ventilasyonun yetersizliğine bağlı $PaCO_2$ artışıdır. Akut durumda renal bikarbonat yanıtı sınırlıdır; kronik durumda renal kompansasyon daha belirgindir.

- Santral solunum depresyonu
- Opioid ve sedatif etkisi
- Havayolu obstrüksiyonu
- Bronkospazm veya ciddi ventilasyon/perfüzyon bozukluğu
- Nöromüsküler hastalık
- Yetersiz mekanik ventilasyon

Anestezi sırasında yeni gelişen hiperkapnide öncelikle ventilasyon, havayolu açıklığı, cihaz ve devre sorunları, ilaç etkisi ve artmış CO_2 üretimi değerlendirilmelidir.

Respiratuvar alkaloz

Primer problem hiperventilasyona bağlı $PaCO_2$ düşüşüdür. Ağrı, anksiyete, hipoksemi, sepsis, pulmoner vasküler hastalıklar ve mekanik ventilasyon ayarları sık nedenler arasındadır.

Tedavi altta yatan nedeni düzeltmeye yöneliktir. Gereksiz hiperventilasyonun sürdürülmesi özellikle serebral ve koroner perfüzyon açısından olumsuz sonuçlara yol açabilir.

Metabolik asidoz

Metabolik asidoz düşük HCO_3^- veya negatif baz fazlası ile karakterizedir. Artmış anyon açıklı ve normal anyon açıklı metabolik asidoz ayrımı etiyolojik yaklaşım açısından önemlidir.

Başlıca nedenler

- Laktik asidoz ve doku hipoperfüzyonu
- Ketoasidoz
- İleri böbrek yetmezliği
- Toksik alkoller ve diğer toksik maddeler
- İshal veya gastrointestinal bikarbonat kaybı
- Renal tübüler asidoz
- Yüksek klorür yüküne bağlı hiperkloremik asidoz

Klinik yönetimde öncelik primer nedeni düzeltmektir. Laktik asidozda oksijen sunumu ve doku perfüzyonu; ketoasidozda sıvı, insülin ve potasyum dengesi; böbrek yetmezliğinde ise renal replasman gereksinimi değerlendirilir.

Metabolik alkaloz

Metabolik alkalozda HCO_3^- artmıştır. Kusma veya gastrik aspirasyon, diüretik kullanımı, klorür ve potasyum kaybı ile mineralokortikoid fazlalıkları sık nedenlerdir.

Klorür-duyarlı ve klorür-dirençli metabolik alkaloz ayrımı tedaviyi yönlendirebilir. Hipokalemi ve hipomagnezemi eşlik ediyorsa ritim bozukluğu ve nöromüsküler komplikasyon riski artar.

Kompansasyonun Değerlendirilmesi

Primer bozukluğa karşı gelişen kompansasyonun amacı pH değişimini azaltmaktır; primer bozukluğu tamamen ortadan kaldırmaz. Beklenenden daha fazla veya daha az kompansasyon saptanması, ikinci bir primer bozukluk olasılığını artırır.

Pratik yaklaşım

- Metabolik asidoz: beklenen $PaCO_2$ yaklaşık $1,5 \times HCO_3^- + 8 \pm 2$ mmHg.
- Metabolik alkaloz: $PaCO_2$, HCO_3^- artışına paralel olarak yükselir; belirgin uyumsuzluk mikst bozukluk düşündürür.
- Respiratuvar bozukluklarda akut ve kronik kompansasyon ayrı değerlendirilmelidir.

Kompansasyon kuralları klinik değerlendirmeyi destekleyen araçlardır; mekanik olarak tek başına tanı koydurmaz. Özellikle yoğun bakım hastalarında birden fazla patolojik süreç aynı anda bulunabilir. Güncel literatürde klasik yaklaşım ile Stewart ve baz fazlası yöntemlerinin birlikte kullanılmasının karmaşık bozuklukların çözümünü kolaylaştırabileceği vurgulanmaktadır.

Anyon Açığı ve Delta–Delta

Anyon açığı, ölçülen ana katyonlar ile ölçülen ana anyonlar arasındaki farktır: $AG = Na^+ - (Cl^- + HCO_3^-)$. Artmış AG metabolik asidozda laktat, ketonlar, toksik metabolitler ve üremik anyonlar gibi ölçülmeyen anyonların birikimi araştırılır.

Albümin önemli bir ölçülmeyen anyondur. Hipoalbüminemide AG olduğundan düşük hesaplanabileceği için

özellikle yoğun bakım hastalarında albümin düzeyi dikkate alınmalıdır.

Delta–delta yaklaşımı, artmış AG metabolik asidoza eşlik eden ek metabolik alkaloz veya normal AG metabolik asidozu araştırmada kullanılabilir. Ancak sonuç mutlaka klinik tablo, laktat ve diğer laboratuvar verileriyle birlikte yorumlanmalıdır.

Stewart'ın Fizikokimyasal Yaklaşımı

Stewart yaklaşımı asit-baz dengesini üç bağımsız değişken üzerinden açıklar: $PaCO_2$, güçlü iyon farkı (SID) ve total zayıf asit konsantrasyonu (A^TOT). Bu yaklaşım özellikle hipoalbüminemi, hiperkloremi ve karmaşık yoğun bakım tablolarında klasik bikarbonat-merkezli yaklaşımın gözden kaçırabileceği metabolik bileşenleri görünür hale getirebilir.

Pratikte SID için $Na^+ - Cl^-$ yaklaşımı kullanılabilir; laktat ve diğer güçlü iyonlar klinik duruma göre ayrıca değerlendirilir. Albüminin azalması alkalileştirici bir etki oluştururken klorürün sodyuma göre göreceli artışı SID'yi azaltarak metabolik asidoza katkıda bulunabilir.

2026'da yayımlanan 'Stewart light' yaklaşımı, Stewart prensiplerini baz fazlası ve klasik kompansasyon kurallarıyla birleştirerek karmaşık yoğun bakım asit-baz bozukluklarının daha pratik yorumlanmasını önermektedir.

Baz Fazlası ve Baz Açığı

Baz fazlası, metabolik komponentin nicel değerlendirilmesinde kullanılan yararlı bir parametredir. Ancak negatif baz fazlası tek başına hipovolemi anlamına gelmez; laktat artışı, hiperkloremi, böbrek yetmezliği ve diğer metabolik süreçler

de baz açığı oluşturabilir. Bu nedenle sıvı tedavisi yalnızca baz açığına bakılarak başlatılmamalıdır.

Perioperatif hastada baz fazlası; laktat, hemodinamik durum, idrar çıkışı, klinik perfüzyon göstergeleri ve seri ölçümlerle birlikte yorumlanmalıdır.

Asit–Baz Bozukluklarının Anestezik Önemi

- Şiddetli asidemi miyokardiyal kontraktiliteyi ve vasküler yanıtı olumsuz etkileyebilir.
- Asidemi hiperkalemi ile birlikteyse aritmi riski artabilir.
- Alkalemi hipokalemi ve iyonize hipokalsemi ile birlikte kardiyak ve nöromüsküler komplikasyonlara yol açabilir.
- Respiratuvar asidozda temel hedef alveoler ventilasyonu düzeltmektir.
- Metabolik bozukluklarda primer neden tedavi edilmeden yalnız pH'yı düzeltmeye çalışmak yeterli değildir.
- Anestezik ilaçlar ve mekanik ventilasyon mevcut bozukluğu hızla ağırlaştırabilir veya maskeleyebilir.
- Seri kan gazı ve elektrolit izlemi, tek bir ölçümden daha değerlidir.

Perioperatif Sıvı Tedavisi ve Asit–Baz Dengesi

İntravenöz sıvıların elektrolit kompozisyonu asit-baz durumunu etkileyebilir. Özellikle yüksek miktarda klorür içeren sıvıların kullanımı hiperkloremik metabolik asidoza katkıda bulunabilir. Dengeli kristalloidlerin uygun hastalarda kullanılması bu açıdan rasyonel bir seçenektir.

Sıvı tedavisinde temel yaklaşım, hastanın volüm durumu ve perfüzyonunun klinik olarak değerlendirilmesi ve tedaviye yanıtın yeniden ölçülmesidir. 2026 literatüründe de karmaşık asit-baz tablolarında yalnızca tek bir parametre yerine çoklu fizyolojik değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir.

Klinik Yaklaşım: Örnek Algoritma

- pH → asidemi / alkalemi
- $PaCO_2$ → primer respiratuvar komponent?
- HCO_3^- / BE → primer metabolik komponent?
- Kompansasyon → beklenen yanıtla uyumlu mu?
- AG → artmış mı?
- Albümin → AG yorumunu etkiliyor mu?
- Delta-delta → ek metabolik bozukluk var mı?
- Laktat / keton / kreatinin / toksikolojik veriler → neden?
- Na^+, K^+, Cl^-, Mg^{2+}, Ca^{2+} → eşlik eden elektrolit bozuklukları?
- Klinik perfüzyon + seri ölçümler → tedavi yanıtı?

Özel Perioperatif Durumlar

Mekanik ventilasyon

Ventilatör ayarları $PaCO_2$ ve pH üzerinde doğrudan etkilidir. Hipoventilasyon respiratuvar asidoza, aşırı ventilasyon ise respiratuvar alkaloza neden olabilir. Ventilatör değişiklikleri hastanın oksijenasyonu, mekanik özellikleri ve hemodinamisiyle birlikte değerlendirilmelidir.

Şok ve laktik asidoz

Laktik asidoz doku hipoperfüzyonunun önemli bir göstergesi olabilir; ancak tek başına hipoperfüzyon tanısı koydurmaz. Hemodinamik durum, oksijen sunumu, sepsis, beta-adrenerjik aktivite, karaciğer klirensi ve ilaçlar birlikte değerlendirilmelidir.

Böbrek yetmezliği

Böbrek yetmezliği H^+ atılımını ve bikarbonat homeostazını bozarak metabolik asidoza yol açabilir. Potasyum, volüm durumu ve renal replasman gereksinimi asit-baz değerlendirmesinin ayrılmaz parçalarıdır.

Klinik Anahtar Noktalar

- Asit-baz bozuklukları hastanın genel fizyolojisinden bağımsız değerlendirilmemelidir.
- Normal pH, normal asit-baz dengesi anlamına gelmeyebilir.
- Kompansasyonun beklenen sınırların dışında olması mikst bozukluk açısından uyarıcıdır.
- Metabolik asidozda anyon açığı ve albümin birlikte değerlendirilmelidir.
- Stewart yaklaşımı özellikle hiperkloremi ve hipoalbüminemi gibi gizli metabolik bileşenleri ortaya koyabilir.
- 2026 literatüründe klasik yaklaşım ile Stewart/baz fazlası yaklaşımlarını birleştiren pratik algoritmaların karmaşık olgular için yararlı olduğu bildirilmektedir.

- Anestezi sırasında ventilasyon, perfüzyon, sıvı tedavisi ve ilaçlar asit-baz durumunu hızla değiştirebilir.
- Tedavi hedefi yalnız pH'yı normalleştirmek değil, altta yatan patofizyolojiyi düzeltmektir.

Kaynakça

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia.* 10th ed. Elsevier.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia.* 9th ed. Wolters Kluwer.

Rodríguez-Villar, S., Do Vale, B. M., & Fletcher, H. M. (2020). The arterial blood gas algorithm: Proposal of a systematic approach to analysis of acid-base disorders. El algoritmo de la gasometría arterial: propuesta de un enfoque sistemático para el análisis de los trastornos del equilibrio ácido-base. Revista *Espanola de Anestesiologia y Reanimacion, 67*(1), 20–34. doi: 10.1016/j.redar.2019.04.001.

Duška, F., Krbec, M., Heldeweg, M., Elbers, P., & Giosa, L. (2026). A pragmatic approach to complex acid base disturbances of critical illness: the "Stewart light". *Intensive Care Medicine, 52*(6), 1322–1325. doi: 10.1007/s00134-026-08416-3.

Tontu, F., Birtane, D., Canan, E., Tontu, E., Akca, H., Berktas, C. K., Sertcakacilar, G., & Cukurova, Z. (2026). AI-assisted interpretation of arterial blood gases using a hybrid Stewart and standard base excess model. *Journal of Clinical Anesthesia, 113,* 112266. doi: 10.1016/j.jclinane.2026.112266.

Stanie, S. A., Kurniawaty, J., & Sudadi. (2026). Acid-Base Disorders: Interpretation of the Stewart Approach. *Jurnal Komplikasi Anestesi, 13*(2), 137-144. doi: 10.22146/jka.v13i2.28907.

Kaufman, D. A. (2026). *Interpretation of Arterial Blood Gases (ABGs)*. American Thoracic Society Clinical Education. https://www.thoracic.org/professionals/clinical-resources/critical-care/clinical-education/abgs.php

BÖLÜM 35

HEPATİK FİZYOLOJİ VE MONİTÖRİZASYON
Karaciğer Fizyolojisi, Anestezi Etkileşimleri ve Perioperatif Monitörizasyon Rehberi

ESMA TEZER[1]

Özet

Karaciğer, insan vücudunun en karmaşık metabolik, sentetik, ekskretuar ve immünolojik organıdır. Erişkinde kardiyak debinin yaklaşık %20-25'ini alan bu organ, mikro-dolaşım düzeyinde son derece hassas bir regülasyon mekanizmasına (Hepatik Arteriyel Tampon Yanıtı) sahiptir. Perioperatif dönemde anestezik ajanların sistemik ve organ perfüzyon dinamikleri üzerindeki etkileri, hastanın mevcut karaciğer fonksiyon bozuklukları ve cerrahi stres, karaciğer rejenerasyonunu ve ilaç metabolizmasını doğrudan etkiler. Bu kapsamlı rehber, karaciğerin anatomik ve mikroskobik mimarisinden başlayarak, fizyolojik süreçlerini, laboratuvar ve viskoelastik testlerin yorumlanmasını, anestezik ajanların

[1] Uzm. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0003-8608-9500

farmakokinetik/farmakodinamik değişimlerini ve intraoperatif ileri monitörizasyon stratejilerini akademik derinlikle sunmaktadır.

Öğrenme Hedefleri

- Karaciğerin makroskobik Couinaud segmentasyonunu, mikroskobik Klasik Lobül, Portal Lobül ve Rappaport Asinüs modellerini ayrıntılı açıklayabilmek.
- Portal Ven ve Hepatik Arter çiftli kanlanma sisteminin hemodinamik özelliklerini ve Hepatik Arteriyel Tampon Yanıtının (HATY / HABR) moleküler mekanizmalarını kavramak.
- Karaciğer parankim hücrelerinin (hepatositler) ve non-parankimal hücrelerin (Kupffer, Stellat/Ito, Sinüzoidal Endotel) hücresel fizyolojisini ve fonksiyonlarını tanımlamak.
- Faz I, Faz II ve Faz III ilaç metabolizması basamaklarını, CYP450 enzim sistemini ve hepatik klirens modellerini (akım bağımlı vs. enzim bağımlı) analiz etmek.
- Hepatoselüler hasar, sentez bozukluğu ve kolestaz belirteçlerinin (ALT, AST, GST, Albümin, PT/INR, AP, GGT, Bilirubin) spesifite ve sensitivite farklarını ayırt etmek.
- Klasik ve yeni nesil anestezik ajanların (inhalasyon ajanları, IV indüksiyon ajanları, opioidler, kas gevşeticiler) karaciğer kan akımı, oksijen sunumu ve metabolizması üzerindeki etkilerini değerlendirmek.

- Child-Turcotte-Pugh (CTP), MELD ve MELD-Na skorlama sistemlerini kullanarak perioperatif morbidite ve mortalite riskini katmanlandırmak.
- İntraoperatif dönemde ROTEM/TEG viskoelastik pıhtılaşma monitörizasyonunu, hedef odaklı sıvı tedavisini (GDFT) ve İndosiyanin Yeşili (ICG) klirens analizini klinik vakalara uygulamak.

Karaciğerin Cerrahi ve Mikroskobik Anatomisi

Makroskobik ANATOMİ ve Couinaud segmentasyonu

Karaciğer, erişkin bir bireyde toplam vücut ağırlığının yaklaşık %2,0 ile %2,5'ini oluşturan, 1200 ile 1800 gram ağırlığında en büyük parankimal organdır. Sağ üst kadranda, diyagramın hemen altında yer alır ve fasiyal örtüler ile peritoneal katlantılar aracılığıyla sabitlenir. Cerrahi ve radyolojik uygulamalarda klasik anatomik lob ayrımından (sağ, sol, kuadrat ve kaudat lob) ziyade, vasküler ve biliyer pediküllerin dağılımını temel alan **Couinaud Segmentasyonu** kullanılır (Juza & Pauli, 2014).

Couinaud sınıflandırması, karaciğeri 8 bağımsız fonksiyone segmente ayırır. Her segment kendi arterial kanlanmasına, portal venöz drenajına, safra kanalı drenajına ve hepatik venöz çıkışına sahiptir. Bu anatomik bağımsızlık, parsiyel hepatik rezeksiyonlarda (hepatektomi) kan kaybını minimize etmeyi ve fonksiyonel dokuyu korumayı sağlar (Juza & Pauli, 2014):

- **Segment I (Kaudat Lob):** Anatomik olarak bağımsız bir yapıya sahiptir. Kanlanmasını hem sağ hem sol portal ven ve hepatik arter dallarından alır; venöz drenajı ise doğrudan Inferior Vena Kava'ya (IVK) dökülür. Bu

özelliği nedeniyle portal hipertansiyon veya ana hepatik ven tıkanıklıklarında (Budd-Chiari Sendromu) hipertrofiye uğrayarak fonksiyonu sürdürebilir.

- **Segment II, III ve IV (Sol Karaciğer):** Sol hepatik ven ve orta hepatik ven sınırları arasında yer alır. Segment IV kendi içinde IVa (üst) ve IVb (alt) olarak ikiye ayrılır.
- **Segment V, VI, VII ve VIII (Sağ Karaciğer):** Sağ hepatik ven ve orta hepatik ven anatomik aksları doğrultusunda anterior (Segment V ve VIII) ve posterior (Segment VI ve VII) olarak kategorize edilir.

Mikroskobik mimarinin karşılaştırılması

Karaciğer dokusunun fonksiyonel organizasyonunu açıklamak amacıyla tarihsel süreçte üç temel mikroskobik model geliştirilmiştir:

Model Türü	Merkezi Yapı	Sınırlar / Köşeler	Fizyolojik ve Klinik Odak
Klasik Lobül	Sentral Ven (Vena centralis)	6 adet Portal Triad (Köşelerde)	Kanın çevre periferden merkeze (sentral vene) doğru aktığı ekzokrin ve dolaşım odaklı yapısal modeldir.
Portal Lobül	Portal Triad	3 adet Sentral Ven (Üçgen biçiminde)	Safranın sentezlenip merkezdeki safra kanalına doğru döküldüğü ekzokrin/salgı odaklı modeldir.
Rappaport Asinüsü	Vasküler Eksen (Terminal Arteryol ve Venül)	2 adet Sentral Ven ve 2 adet Portal Triad	Kan akımı, mikro-çevre, mikrosirkülasyon, metabolik heterojenlik ve oksijen gradientini en iyi açıklayan **mikrofonksiyonel** birimdir.

Rappaport asinüsü ve metabolik bölgeler (zonlar)

Rappaport Asinüsü, oksijen ve besin maddelerinin portal triaddan çıkıp sinüzoidler boyunca sentral vene doğru akışı sırasında

oluşan konsantrasyon gradientini esas alır. Hepatositler bu gradient doğrultusunda metabolik olarak uzmanlaşmış üç ayrı bölgeye (zon) ayrılır (Kietzmann, 2017):

Bölge 1 (periportal bölge)

- Portal triaddan çıkan terminal arteriyol ve venüllere en yakın olan bölgedir. Oksijen parsiyel basıncı ($PO_2 \approx 60$–65 mmHg), besin maddeleri ve substrat konsantrasyonu en yüksektir. Bu bölgedeki hepatositlerde mitokondri yoğunluğu fazladır.
- **Başlıca Metabolik Süreçler:** Oksidatif fosforilasyon, aerobik metabolizma, gluconeogenesis (glukoneojenez), beta-oksidasyon, üre siklusu, amino asit katabolizması ve sülfatlama.
- **Patofizyolojik Duyarlılık:** İlaç veya direkt toksin hasarına (örn. fosfor zehirlenmesi, viral hepatitler) ilk maruz kalan bölgedir; ancak yüksek oksijenasyon sayesinde rejenerasyon kapasitesi en yüksek bölgedir.

Bölge 2 (orta bölge / geçiş bölgesi)

- Bölge 1 ile Bölge 3 arasında yer alan morfolojik ve metabolik olarak dereceli bir geçiş gösteren hepatosit grubudur. Her iki bölgenin özelliklerini kısmen taşır ve metabolik adaptasyonda yedek kapasite oluşturur.

Bölge 3 (perivenöz / perisentral bölge)

- Sentral vene en yakın, portal triada en uzak olan bölgedir. Sinüzoid boyunca oksijenin ve besinlerin tüketilmesi nedeniyle PO_2 düzeyi oldukça düşüktür ($PO_2 \approx 30$-35)

- **Başlıca Metabolik Süreçler:** Glikoliz, glikojen sentezi, lipojenez, Faz I cytochrome P450 (CYP450) biyo-dönüşüm reaksiyonları, glukuronidasyon ve glutatyon konjugasyonu.
- **Patofizyolojik Duyarlılık:** Sistemik hipoksi, doku perfüzyon bozukluğu, kardişojenik şok ve düşük debili durumlarda **iskemik nekroza (sentrilobüler nekroz)** en hassas olan bölgedir. Ayrıca asetaminofen (parasetamol) toksisitesinde CYP2E1 aktivasyonunun yüksek ve glutatyon depolarının kısıtlı olması sebebiyle irreversible hücresel hasarın ilk başladığı yerdir

Hepato-Splanknik Dolaşım ve Hemodinamik Regülasyon

Çiftli kan dolaşımı hiyerarşisi

Karaciğer, sistemik dolaşımdan benzersiz bir vasküler girdi alır. Toplam istirahat kardiyak debisinin yaklaşık %20–25'i (yaklaşık 1300–1500 mL/dk) karaciğere yönlendirilir. Karaciğer dolaşımı anatomik ve hemodinamik açıdan iki ayrı kaynaktan beslenir (Abdel-Misih & Bloomston, 2010):

- **Portal Ven (PV):** Mide, ince bağırsak, kalın bağırsak, dalak ve pankreastan gelen venöz kanı toplar. Karaciğere giren toplam kan hacminin **%75–80'ini** oluşturur (yaklaşık 1000–1100 mL/dk). Portal kanın oksijen saturasyonu düşük olsa da, yüksek hacmi sayesinde karaciğerin toplam oksijen sunumunun (DO_2) yaklaşık **%50'sini** karşılar. Portal sistem düşük basınçlı (7-10 mmHg) ve düşük dirençli bir vasküler yataktır (Abdel-Misih & Bloomston, 2010).

- **Hepatik Arter (HA):** Çölyak aksis üzerinden köken alan hepatik arter, yüksek basınçlı (120/80 mmHg) sistemik arterial sistemden beslenir. Toplam karaciğer kan akımının **%20–25'ini** (yaklaşık 300–400 mL/dk) sağlamasına karşın, yüksek PO_2 içeriği ile karaciğer oksijen gereksiniminin kalan **%50'sini** karşılar (Abdel-Misih & Bloomston, 2010; Juza & Pauli, 2014).

Hepatik arteriyel tampon yanıtı (HATY / HABR)

Karaciğer mikro-dolaşımının en kritik otoregülasyon mekanizması **Hepatik Arteriyel Tampon Yanıtı (Hepatobiliary Arterial Buffer Response - HABR)** olarak adlandırılır. Portal venöz sistem kendiliğinden intrensek bir otoregülasyon kapasitesine sahip değildir; portal kan akımı gastrointestinal kan akımına ve splanknik organların metabolik aktivitesine bağımlıdır. Karaciğer parankiminin perfüzyonsuz kalmasını engellemek amacıyla hepatik arter kompanzatör olarak devreye girer (Lautt, 1985).

Moleküler mekanizma (adenozin yıkanma teorisi)

Portal triad etrafında yer alan Disse boşluğu ve periarteriyel dokularda bazal seviyede sürekli adenozin salgılanır. Adenozin, güçlü bir lokal vazodilatördür.

1. Portal ven kan akımı azaldığında (örneğin kanama, abdominal cerrahi klempleme veya anestezik indüksiyon nedeniyle), portal venüllerden geçen kan hacmi ve akış hızı düşer.
2. Portal akıştaki bu azalma, ortamda biriken adenozinin yıkanıp uzaklaştırılmasını (washout) engeller.

3. Doku alanında biriken adenozin konsantrasyonu artarak hepatik arteriyollerdeki A_2 reseptörlerini uyarır ve belirgin bir **hepatik arteriyel vazodilatasyonu** tetikler.
4. Aksine, portal kan akımı arttığında yüksek akış adenozini ortamdan hızla uzaklaştırır (washout artar), adenozin konsantrasyonu düşer ve hepatik arter konstrikte olur.

Klinik İpucu: Hepatik Arteriyel Tampon Yanıtı unipolardır. Yani portal akım düştüğünde hepatik arter kan akımını artırarak toplam debiyi korumaya çalışır. Ancak hepatik arter akımı düştüğünde portal ven kompansatör olarak akımını artıramaz! Bu durum hepatik arter obstrüksiyonu veya aşırı alfa-1 agonist kullanımı durumunda karaciğerin neden hızla iskemik hasara uğradığını açıklar.

Parankimal ve Non-Parankimal Hücre Fizyolojisi

Karaciğer parankimi sadece metabolik işlev gören hepatositlerden oluşmaz. Sinüzoid seviyesindeki mikro-çevrede yer alan non-parankimal hücreler organın immünolojik, strüktürel ve hemodinamik dengesini sağlar.

Sinüzoidal yapı ve disse boşluğu

Hepatoportal dolaşımda terminal arteriyol ve venüller sinüzoid adı verilen genişletilmiş kılcal damar ağında birleşir. Sinüzoidler, pencereli (fenestre) endotel hücreleri ile kaplıdır. Endotel tabakası ile hepatosit bazolateral membranı arasında kalan mikro-aralığa **Disse Boşluğu** denir. Fenestrasyonlar basal membran içermez; bu durum plazma proteinlerinin, besinlerin ve ilaçların hepatosit yüzeyi ile direkt temas etmesine olanak tanır (Poisson et al., 2017).

Hücre tiplerinin fonksiyonel özellikleri (Poisson et al., 2017)

Hücre Tipi	Popülasyon Oranı	Lokalizasyon	Temel Fizyolojik Fonksiyonları
Hepatositler	Parankim hacminin %75-80'i	Sinüzoid plakları boyunca	Glikojen depolama, albümin ve pıhtılaşma faktörleri sentezi, safra asidi sentezi, Faz I-II-III ilaç metabolizması.
Kupffer Hücreleri	Non-parankimal hücrelerin %30'u	Sinüzoidal endotel içi yüzey	Vücuttaki resident makrofajların %80-90'ını oluşturur. Bağırsaktan gelen endotoksinleri, bakterileri ve hücresel döküntüleri fagosite eder. İltihabi sitokin salınımı yaparlar.
Hepatik Stellat Hücreler (Ito Hücreleri)	Non-parankimal hücrelerin %5-8'i	Disse Boşluğu	Normalde sessiz durumdadır; vücut A vitamini (retinoid) depolarının %80'ini saklar. Kronik hasarda miyofibroblastlara dönüşerek Tip I ve III kollajen sentezleyip fibrozis ve sirozu başlatır.
Sinüzoidal Endotel (LSEC)	Non-parankimal hücrelerin %45'i	Sinüzoid duvarı	Süzgeç (fenestrasyon) işlevi görür. Endositoz, moleküler taşıma ve vasküler tonusun regülasyonu için NO (Nitrik Oksit) sentezi yapar.

Entegre Metabolik Fonksiyonlar ve İlaç Eliminasyonu

Karbonhidrat, protein ve lipit metabolizması

Karbonhidrat metabolizması

- Karaciğer kan glukoz konsantrasyonunun tampon organıdır. Postprandiyal dönemde insülin etkisiyle glukozu alarak glikojene dönüştürür (glikojenez). Açlık durumunda ise glucagon ve epinefrin uyarısı ile

glikojenoliz ve glukoneojenez süreçlerini çalıştırır. Laktat, alanin ve gliserolden glukoz sentezlenmesi özellikle perioperatif dönemde kan şekeri regülasyonunda kritiktir (Trefts et al., 2017).

Protein metabolizması ve üre siklusu

- Amino asitlerin deaminasyonu sonucu ortaya çıkan highly toksik amonyak (NH_3), Bölge 1 hepatositlerinde gerçekleşen **Üre Siklusu (Kreb-Henseleit Siklusu)** aracılığıyla üreye dönüştürülerek böbreklerden atılır. İleri evre karaciğer yetmezliğinde üre siklusunun bozulması amonyak birikimine ve **Hepatik Ensefalopatiye** yol açar (Trefts et al., 2017).

Lipit metabolizması

- Yağ asitlerinin beta-oksidasyonu ile asetil-CoA elde edilmesi, kolesterol sentezi, safra tuzlarının üretimi ve lipoproteinlerin (VLDL, LDL, HDL) sentezi hepatositlerde gerçekleşir (Kietzmann, 2017; Trefts et al., 2017).

İlaç biotransformasyonu: Faz I, Faz II ve Faz III incelemesi

Lipofilik anestezik maddelerin ve sistemik ilaçların vücuttan atılabilmesi için hidrofilik (su suda çözünür) moleküllere dönüştürülmesi gerekir. Bu biotransformasyon üç aşamada gerçekleşir (Almazroo & Miah, 2017):

- Lipofilik ilaç / ksenobiyotik

  ↓

  Faz I: Oksidasyon, redüksiyon, hidroliz - CYP450 enzimleri

- Reaktif / polar ara metabolit

  ↓

  Faz II: Konjugasyon - UGT, SULT, GST enzimleri

- Hidrofilik konjugat bileşik

  ↓

- Faz III: Aktif transkripsiyon ve pompalama - P-gp, MRP2, OATP)

  Safraya veya sistemik kan dolaşımına atılım (idrar/dışkı)

Faz I reaksiyonları

Endoplazmik retikulumda yerleşik Cytochrome P450 (CYP450) monooksijenaz enzim sistemi tarafından yürütülür. Oksidasyon, redüksiyon ve hidroliz reaksiyonları ile moleküle -OH, $-NH_2$, -SH veya -COOH gibi işlevsel polar gruplar eklenir. Anestezi pratiğinde en sık rol oynayan CYP izoenzimleri şunlardır:

- **CYP3A4/5:** Klinikte kullanılan ilaçların %50'den fazlasını (fentanil, midazolam, lidokain, propofolün bir kısmı) metabolize eder.
- **CYP2E1:** İnhalasyon anesteziklerinin (özellikle sevofluran, izofluran, desfluran ve halotan) ve asetaminofenin metabolizmasından sorumludur. Alkol kullanımı ile indüklenir.

- **CYP2D6:** Tramadol, kodein ve bazı beta-blokörlerin biotransformasyonunu sağlar. Genel popülasyonda polimorfizmi yüksektir.

Faz II reaksiyonları (konjugasyon)

Faz I metabolitlerine veya ilacın kendi yapısına içsel suda çözünür bileşiklerin eklenmesidir. Glukuronidasyon (UDP-glukuronoziltransferaz / UGT), Sülfatlama (SULT), Glutatyon konjugasyonu (GST) ve Asetilasyon bu gruptadır. Glukuronidasyon, morfinin Morfin-6-Glukuronit (aktif) ve Morfin-3-Glukuronit (inaktif) formlarına dönüşümünde temel yoldur.

Faz III reaksiyonları (hücresel dışa aktarım)

Hücre içinde oluşan polar konjugatların ATP-bağımlı transmembran taşıyıcılar (P-glikoprotein / P-gp, Multidrug Resistance-associated Proteins / MRP2) vasıtasıyla kanaliküler membran üzerinden safraya veya sinüzoidal membran üzerinden sistemik kan dolaşımına aktif olarak pompalanmasıdır.

Hepatik ekstraksiyon oranı ve klirens modelleri

Bir ilacın karaciğerdeki eliminasyon hızı "Hepatik Klirens (Cl_H)" ile tanımlanır ve şu formülle ifade edilir:

$$Cl_H = Q_H \setminus E$$

Burada Q_H karaciğer kan akımını, E ise "Hepatik Ekstraksiyon Oranını" temsil eder [$E = (C_{giriş} - C_{çıkış}) / C_{giriş}$] (Almazroo & Miah, 2017).

Kategori	Ekstraksiyon Oranı (E)	Örnek Anestezik ve İlaçlar	Eliminasyonu Belirleyen Temel Faktör
Yüksek Ekstraksiyon Oranlı İlaçlar	E >0,7	Propofol, Etomidat, Fentanil, Sufentanil, Lidokain, Bupivakain, Propranolol	Karaciğer Kan Akımı (Q_H): İlk geçiş etkisi yüksektir. Karaciğer kan akımındaki düşüşler eliminasyonu doğrudan yavaşlatır ve plazma yarı ömrünü uzatır. Enzim aktivitelerindeki değişimden az etkilenirler.
Düşük Ekstraksiyon Oranlı İlaçlar	E <0,3	Alfentanil, Diazepam, Lorezepam, Metotrekzat, Varisin, Teofilin	Enzimatik Kapasite ve Proteine Bağlanma: Karaciğer kan akımından ziyade hepatosit içi CYP450 enzim aktivitesi ve plazma serbest ilaç konsantrasyonu eliminasyon hızını belirler.

Karaciğer Fonksiyon ve Hasar Testleri Fizyopatolojisi

Klinik pratikte "Karaciğer Fonksiyon Testleri (KFT)" olarak adlandırılan paneller aslında tek bir organ fonksiyonunu ölçmez. Hasarın hücresel lokalizasyonuna ve organın sentez/ekskresyon kapasitesine göre alt kategorilere ayrılmalıdır.

Hepatoselüler hasar belirteçleri

- **ALT (Alanin Aminotransferaz):** Temel olarak hepatosit sitoplazmasında bulunur. Karaciğer dokusuna oldukça spesifiktir. Hücresel membran geçirgenliğinin bozulduğu akut hepatit, toksik hasar veya iskemide serum seviyeleri hızla yükselir (Pratt, 2015).
- **AST (Aspartat Aminotransferaz):** Mitokondri (%80) ve sitoplazmada (%20) yer alır. Karaciğer dışında kardiyak kas, iskelet kası, böbrek ve beyinde de yüksek miktarda bulunur. Bu nedenle izole yükselmeleri her

zaman karaciğer hasarını göstermez. Alkolik hepatitte AST/ALT oranı genellikle > 2 olarak gözlenir (Pratt, 2015).

- **GST (Glutatyon-S-Transferaz):** Hepatositlerde bol miktarda bulunan ve plasma yarı ömrü son derece kısa (<90 \ dakika) bir Faz II enzimidir. Özellikle Zone 3 alanında konsantre olmuştur. Standart aminotransferazlara göre perioperatif iskemik karaciğer hasarını ve akut toksisiteyi saatler öncesinden tespit edebilen en hassas duyarlı belirteçtir (Kietzmann, 2017; Maina et al., 2016).

Sentetik kapasite testleri

- **Serum Albümin:** Karaciğer tarafından günde yaklaşık 10–15 gram sentezlenir. Yarı ömrü uzun olduğu için (≈20/gün) akut karaciğer yetmezliğinde seviyesi hemen düşmez. Serum albümin düşüklüğü kronik karaciğer hastalığını, sirozu veya malnütrisyonu gösterir (Pratt, 2015).
- **Protrombin Süresi (PT) ve INR:** Karaciğerde sentezlenen Faktör I, II, V, VII ve X'un dışsal pıhtılaşma yolundaki aktivitesini ölçer. Özellikle "Faktör VII"nin yarı ömrü çok kısa olduğu için (≈4-6/saat), PT/INR yükselmesi "akut karaciğer sentez fonksiyon bozukluğunu en hızlı yansıtan" klinik testtir (Pratt, 2015).

Kolestaz ve ekskresyon testleri

- **Alkalen Fosfataz (AP):** Safra kanaliküllerinin mikrovillus membranlarında bulunur. Safra akımının

engellendiği (kolestaz) durumlarda sentezi indüklenerek artar. Kemik, plasenta ve bağırsakta da izoenzimleri bulunduğu için hepatobilyer orijini doğrulamak adına GGT ile birlikte değerlendirilmelidir (Pratt, 2015).

- **GGT (Gama-Glutamil Transpeptidaz):** Safra epiteli ve hepatosit membranlarında bulunur. Mikrozomal indüksiyona son derece duyarlıdır; alkol ve barbitürat/antikonvülsan kullanımında AP yükselmeden de artabilir. Kolestatik süreçlerin doğrulanmasında sensitivitesi en yüksek parametredir (Pratt, 2015).
- **Bilirubin Metabolizması:** Indirekt (konjuge olmamış) bilirubin lipofiliktir, suda çözünmez ve albümine bağlı taşınır. Karaciğerde UGT1A1 enzimi ile glucuronic asit eklenerek direkt (konjuge) bilirubine çevrilir ve safraya atılır. Direkt bilirubin yüksekliği obstrüktif sarılık veya intrahepatik kolestaza; indirekt bilirubin yüksekliği ise hemolize veya konjugasyon defektlerine (Gilbert, Crigler-Najjar) işaret eder (Pratt, 2015).

Anestezik Ajanların Karaciğer Fizyolojisine Etkileri

İnhalasyon anestezikleri

Modern inhalasyon anestezikleri karaciğer kan akımını ve oksijen tüketimini doza bağımlı olarak etkiler. Tüm volatil ajanlar sistemik vazodilatasyon ve miyokardiyal depresyon yaparak ortalama arter basıncını düşürür; bu durum portal ven kan akımını bir miktar azaltır (Frink EJ Jr et al., 1992; Kiamanesh et al., 2013).

Ajan	Metabolizma Oranı	HATY Koruma Kapasitesi	Hepatotoksisite / Klinik Özellik
Halotan	%20 (Yüksek)	Zayıf / Bozulmuş	CYP2E1 ile metabolize olarak trifloroasetil (TFA) halojenli protein kompleksleri oluşturur. Otoimmün "Halotan Hepatiti" riski yüksektir. Modern anestezi pratiğinde terk edilmiştir.
İzofluran	%0,2	Güçlü Koruma	Hepatik arteriyel dilatasyonu en iyi uyaran ajanlardan biridir. Karaciğer oksijen sunum/tüketim dengesini mükemmel korur.
Sevofluran	%2-5	Mükemmel Koruma	HATY mekanizmasını tam olarak korur. Hepatik arteryel akımı artırarak portal akımdaki düşüşü kompanse eder. İmmün-aracılı hepatotoksisite riski yok denecek kadar azdır.
Desfluran	%0,02	İyi Koruma	Minimal metabolizmaya uğrar. Yüksek dozlarda sempatik aktivasyona bağlı splanknik vazokonstriksiyon yapabilir; ancak klinik dozlarda güvenlidir.

İntravenöz indüksiyon ajanları

- **Propofol:** Hepatik kan akımını sistemik vasküler direnci düşürerek orantılı olarak azaltabilir. Ancak karaciğer dışı (akciğer ve böbrek) eliminasyon yollarına da sahip olduğu için yüksek hepatik klirens sergiler ve organ yetmezliğinde birikim riski göreceli olarak düşüktür (Almazroo & Miah, 2017; Kiamanesh et al., 2013).
- **Etomidat:** Hemodinamik kararlılığı en iyi sağlayan ajandır. Karaciğer kan akımını ve HATY yanıtını minimal düzeyde etkiler. Karaciğer fonksiyon bozukluğu ve kardiyak rezervi kısıtlı olgularda tercih edilir (Kiamanesh et al., 2013).

- **Ketamin:** Sempatomimetik etkisi sayesinde sistemik basıncı ve karaciğer kan akımını korur veya artırır. Splanknik perfüzyonu idame ettirir (Kiamanesh et al., 2013).

Nöromüsküler blokörler (kas gevşeticiler)

Rokuronyum ve vekuronyum: Büyük oranda karaciğerden safraya atılır ve kısmen metabolize edilir. Siroz veya karaciğer yetmezliği olan hastalarda dağılım hacmi artar ve eliminasyon yarı ömrü belirgin şekilde uzar. Derin blokaj sonrası geri çevirmede "Sugammadaks" kullanımı güvenlidir (Fujita et al., 2014; Khalil et al., 1994; Kiamanesh et al., 2013).

Cisatrakuryum ve atrakuryum: Vücut sıcaklığı ve pH'sına bağımlı non-enzimatik "Hoffmann Eliminasyonu" ve plazma esterazları ile yıkılır. Karaciğer ve böbrek fonksiyonlarından tamamen bağımsızdır. Karaciğer yetmezliği olan hastalarda "en güvenli kas gevşetici seçeneğidir" (De Wolf et al., 1996; Kiamanesh et al., 2013).

Opioidler ve analjezikler

- Fentanil, Sufentanil, Remifentanil: Remifentanil non-spesifik plazma ve doku esterazları ile hızla yıkıldığı için karaciğer yetmezliğinden etkilenmez. Fentanil ve sufentanil yüksek ekstraksiyon oranına sahiptir; karaciğer kan akımı düştüğünde klirensleri azalır (Kiamanesh et al., 2013; Soleimanpour et al., 2016).
- Morfin: Glukuronidasyon ile metabolize olur. Sirozlu hastalarda klirens azalır ve eliminasyon yarı ömrü

uzayarak ağır sedasyon ve solunum depresyonuna yol açabilir (Soleimanpour et al., 2016).

- Oddi Sfinkteri Etkisi: Morfin ve meperidin başta olmak üzere tüm saf opioidler Oddi sfinkterinde spazma ve safra yolu içi basıncın artmasına neden olabilir. Intraoperatif kolanjiyografi esnasında yanıltıcı görüntülere yol açabilir. Spazm geliştiğinde "Nalokson, Glukagon veya Nitrogliserin" ile çözülebilir (Soleimanpour et al., 2016).

Risk Değerlendirmesi ve Skorlama Sistemleri

Sirozlu ve kronik karaciğer hastalarında perioperatif mortalite ve morbidite doğrudan hastalığın evresi ile ilişkilidir. Preoperatif dönemde hastaların risk sınıflandırması iki ana skorlama sistemi ile yapılır (Bhangui et al., 2012):

Child-Turcotte-Pugh (CTP) skorlaması

CTP skoru 5 klinik ve laboratuvar parametresinin 1 ile 3 arasında puanlanması ile hesaplanır (Bhangui et al., 2012):

Parametre	**1 Puan**	**2 Puan**	**3 Puan**
Ensefalopati	Yok	Evre 1 - 2 (Hafif-Orta)	Evre 3 - 4 (Ağır / Koma)
Assit	Yok	Hafif / Medikal Tedaviye Yanıtlı	Belirgin / Dirençli (Refrakter)
Bilirubin (mg/dL)	< 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0
Albümin (g/dL)	> 3,5	2,8 - 3,5	< 2,8
PT Uzaması (sn) / INR	< 4 \ sn / 1,7	4 - 6 \ sn / 1,7-2,3	> 6 \ sn / > 2,3

Sınıflandırma ve Perioperatif Cerrahi Mortalite Oranları (Bhangui et al., 2012; Mansour et al., 1997):

- **Child-Pugh Sınıf A (5-6 Puan):** İyi kompanse hasta. Cerrahi mortalite riski düşük (<%10). Elektif cerrahiler güvenle yapılabilir.
- **Child-Pugh Sınıf B (7-9 Puan):** Kompanzasyonu sınırda hasta. Cerrahi mortalite riski orta düzeydedir (%15-30). Preoperatif medikal optimizasyon gereklidir.
- **Child-Pugh Sınıf C (10-15 Puan):** Dekompanse hasta. Cerrahi mortalite riski çok yüksektir (%50-80). Elektif cerrahi kesinlikle kontrendikedir. Acil cerrahi dışında ameliyat ertelenmelidir.

MELD ve MELD-Na skoru

MELD (Model for End-Stage Liver Disease), karaciğer nakli bekleme listesindeki hastaların önceliklendirilmesi ve cerrahi risk tayini için geliştirilmiş objektif, sürekli bir matematiksel metriktir (Bhangui et al., 2012).

MELD = 3,78 *Bilirubin + 9,57 *INR + 11,2 *Kreatinin + 6,43

- MELD Skoru <10: Elektif majör cerrahiler kabul edilebilir riskle uygulanabilir.
- MELD Skoru 10-14: Artmış mortalite ve morbidite riski; majör cerrahi kararı kâr/zarar oranına göre verilmelidir.
- MELD Skoru >15: Yüksek perioperatif mortalite. Elektif cerrahi kontrendikedir. Hastanın transplantasyon adayı olarak değerlendirilmesi gerekir (Bhangui et al., 2012).

İntraoperatif Gelişmiş Monitörizasyon Stratejileri

Majör karaciğer rezeksiyonları, karaciğer nakli veya ağır karaciğer yetmezliği olan hastaların non-hepatik cerrahilerinde konvansiyonel izlem yöntemleri yetersiz kalır.

Viskoelastik koagülasyon izlemi: ROTEM ve TEG

Kronik karaciğer hastalarında pıhtılaşma sistemi bozulmuştur; ancak bu durum sadece kanamaya eğilim şeklinde değil, pıhtılaşma faktörleri ile birlikte doğal antikoagülanların (Protein C, S, Antitrombin III) da azalması nedeniyle "yeniden dengelenmiş hemostaz (rebalanced hemostasis)" tablosudur. Standart PT/INR testi bu dengeyi ölçemez ve hatalı şekilde taze donmuş plazma (TDP) verilmesine yol açabilir (De Pietri et al., 2016).

ROTEM Parametresi	**Fizyolojik Anlamı**	**Bozukluğunda Hedefe Yönelik Tedavi**
CT (Clotting Time)	Tromboplastin aktivasyonu ve pıhtılaşma faktörlerinin (FII, VII, IX, X) başlama hızı.	CT uzamışsa: "Taze Donmuş Plazma (TDP)" veya "Protrombin Kompleks Konsantresi (PCC)".
CFT / Alpha Açısı	Fibrin polimerizasyonu ve pıhtı oluşum hızı.	CFT uzamışsa: Fibrinojen desteği veya Trombosit süspansiyonu.
MCF (Maximum Clot Firmness)	Pıhtının maksimum mekanik gücü (Fibrinojen ve Trombosit etkileşimi).	FIBTEM MCF düşükse: "Fibrinojen Konsantresi" veya "Kriyopresipitat". INTEM/EXTEM MCF düşükse: **Trombosit Süspansiyonu**.
ML (Maximum Lysis)	Fibrinoliz derecesi (Pıhtının erime oranı).	ML > %15 (Hiperfibrinoliz): "Traneksamik Asit (TXA)" veya Epsilon-Aminokaproik Asit.

Hedef odaklı sıvı tedavisi (GDFT) ve dinamik hemodinamik izlem

Karaciğer cerrahisinde aşırı sıvı verilmesi karaciğer venöz basıncını artırarak parankim kesisi sırasında masif kanamaya yol açar. Hipovolemi ise karaciğer perfüzyonunu düşürerek iskemik hasarı ve böbrek yetmezliğini (Hepatorenal Sendrom) tetikler.

- **İnvaziv Arterial Monitörizasyon:** Sürekli kan basıncı takibi ve kan gazı analizi için zorunludur.
- **Strok Hacmi Varyasyonu (SVV) ve Nabız Basıncı Varyasyonu (PPV):** Mekanik ventilasyon altındaki hastalarda preload yanıtını gösteren dinamik parametrelerdir. Majör hepatik rezeksiyonlarda parankim diseksiyonu tamamlanana kadar "Santral Venöz Basınç (CVP) <5 cmH_2O" seviyesinde tutulmalı (Düşük CVP Tekniği), diseksiyon bittikten sonra normovolemi sağlanmalıdır (Lee et al., 2017).

İndosiyanin yeşili (ICG) klirens testi

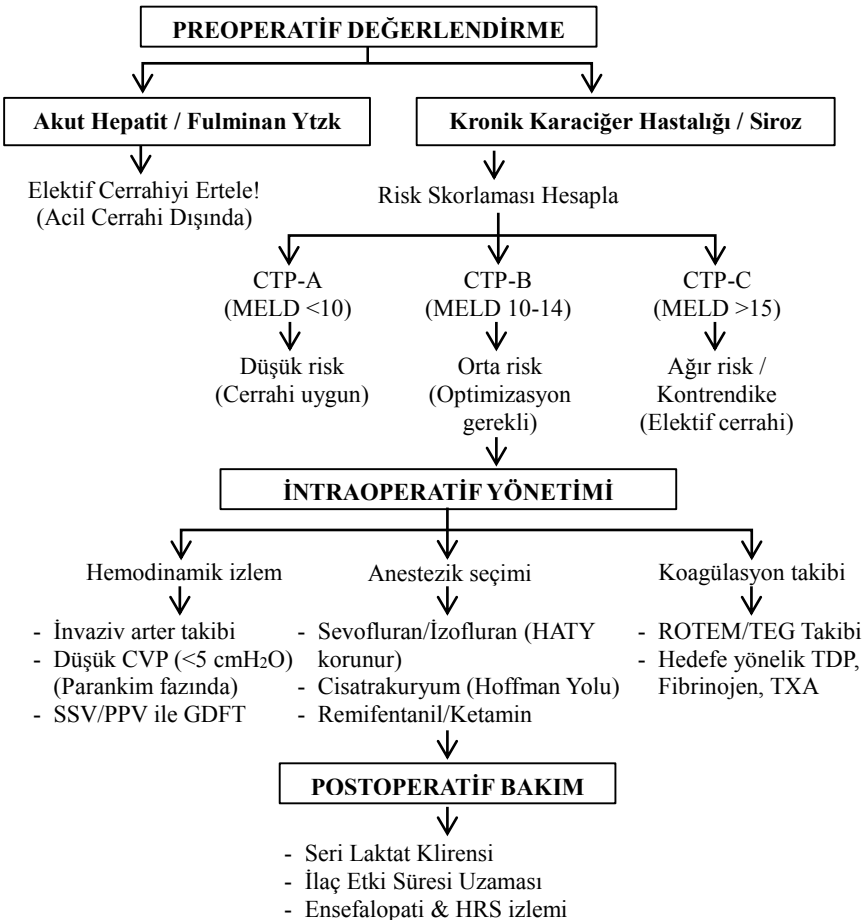
İndosiyanin Yeşili (ICG), intravenöz yoldan verilen, tamamen karaciğer hepatositleri tarafından tutulup değişime uğramadan safraya atılan suda çözünür bir boyadır. Extra-hepatik eliminasyon yolu veya enterohepatik dolaşımı yoktur.

- **ICG R15 (15. Dakika Retention Oranı):** Enjeksiyondan 15 dakika sonra kanda kalan ICG yüzdesidir. Normal değeri <%10'dur.
- **Klinik Kullanım:** Hepatektomi planlanan hastalarda rezeksiyon sonrası kalacak karaciğer dokusunun (Future Liver Remnant - FLR) fonksiyonel kapasitesini

öngörmede altın standarttır. ICG R15 değeri >%15 olan sirozlu olgularda geniş hepatik rezeksiyonlar yüksek karaciğer yetmezliği riski taşır (Sakka, 2007).

Klinik Karar ve Uygulama Algoritması

Aşağıdaki akış şeması, karaciğer hastalığı veya riski olan hastaların perioperatif yönetiminde izlenecek adımları özetlemektedir:



Sınavlar ve Klinik Pratik İçin Kilit Bilgiler

- Asinüs Bölge 3 (Perivenöz): Hipoksiye, iskemik/düşük debili şok hasarına ve asetaminofen (CYP2E1) toksisitesine en hassas karaciğer bölgesidir.
- Çiftli Dolaşım: Portal ven kan akımının %75–80'ini sağlarken, hepatik arter oksijen sunumunun %50'sini karşılar.
- HATY / HABR Mekanizması: Adenozin birikimi ile işleyen unipolar bir yanıttır. Portal ven akımı düştüğünde hepatik arter genişler; ancak hepatik arter akımı düştüğünde portal ven genişleyemez.
- İnhalasyon Anestezikleri: Sevofluran ve İzofluran HATY mekanizmasını mükemmel korur. Halotan ise bozarak iskemik hasarı ve immün-hepatiti tetikler.
- En Hassas İskemi Belirteci: Yarı ömrünün çok kısa olması (<90 dk) ve Bölge 3'te yoğunlaşması nedeniyle GST (Glutatyon-S-Transferaz) akut iskemik hasarı en erken gösteren enzimdir.
- En Hızlı Sentez Belirteci: Faktör VII yarı ömrünün kısa olması (4-6 saat) sebebiyle PT / INR akut sentez bozukluğunu en hızlı yansıtan parametredir.
- Güvenli Kas Gevşetici: Karaciğer ve böbrek fonksiyonlarından bağımsız organ-dışı Hoffmann eliminasyonuna uğrayan Cisatrakuryum sirozlu hastalarda ilk tercihtir.

- Cerrahi Kontrendikasyon: Akut hepatit, fulminan yetmezlik, Child-Pugh Sınıf C ve MELD Skoru >15 olan hastalarda elektif cerrahiler kesinlikle ertelenmelidir.

Kaynakça

Abdel-Misih, S. R., & Bloomston, M. (2010). Liver anatomy. *The Surgical Clinics of North America, 90*(4), 643–653. doi: 10.1016/j.suc.2010.04.017.

Almazroo, O. A., Miah, M. K., & Venkataramanan, R. (2017). Drug Metabolism in the Liver. *Clinics in Liver Disease, 21*(1), 1–20. doi: 10.1016/j.cld.2016.08.001.

Bhangui, P., Laurent, A., Amathieu, R., & Azoulay, D. (2012). Assessment of risk for non-hepatic surgery in cirrhotic patients. *Journal of Hepatology, 57*(4), 874–884. doi: 10.1016/j.jhep.2012.03.037.

De Pietri, L., Bianchini, M., Montalti, R., De Maria, N., Di Maira, T., Begliomini, B., Gerunda, G. E., di Benedetto, F., Garcia-Tsao, G., & Villa, E. (2016). Thrombelastography-guided blood product use before invasive procedures in cirrhosis with severe coagulopathy: A randomized, controlled trial. *Hepatology (Baltimore, Md.), 63*(2), 566–573. doi: 10.1002/hep.28148.

De Wolf, A. M., Freeman, J. A., Scott, V. L., Tullock, W., Smith, D. A., Kisor, D. F., Kerls, S., & Cook, D. R. (1996). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of cisatracurium in patients with end-stage liver disease undergoing liver transplantation. *British Journal of Anaesthesia, 76*(5), 624–628. doi: 10.1093/bja/76.5.624.

Frink, E. J., Jr, Morgan, S. E., Coetzee, A., Conzen, P. F., & Brown, B. R., Jr (1992). The effects of sevoflurane, halothane, enflurane, and isoflurane on hepatic blood flow and oxygenation in chronically instrumented greyhound dogs. *Anesthesiology, 76*(1), 85–90. doi: 10.1097/00000542-199201000-00013.

Fujita, A., Ishibe, N., Yoshihara, T., Ohashi, J., Makino, H., Ikeda, M., & Setoguchi, H. (2014). Rapid reversal of neuromuscular blockade by sugammadex after continuous infusion of rocuronium in patients with liver dysfunction undergoing hepatic surgery. *Acta Anaesthesiologica Taiwanica : Official Journal of the Taiwan Society of Anesthesiologists, 52*(2), 54–58. doi: 10.1016/j.aat.2014.04.007.

Juza, R. M., & Pauli, E. M. (2014). Clinical and surgical anatomy of the liver: a review for clinicians. *Clinical Anatomy (New York, N.Y.), 27*(5), 764–769. doi: 10.1002/ca.22350.

Khalil, M., D'Honneur, G., Duvaldestin, P., Slavov, V., De Hys, C., & Gomeni, R. (1994). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of rocuronium in patients with cirrhosis. *Anesthesiology, 80*(6), 1241–1247. doi: 10.1097/00000542-199406000-00011.

Kiamanesh, D., Rumley, J., & Moitra, V. K. (2013). Monitoring and managing hepatic disease in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia, 111* Suppl 1, i50–i61. doi: 10.1093/bja/aet378.

Kietzmann T. (2017). Metabolic zonation of the liver: The oxygen gradient revisited. *Redox Biology, 11*, 622–630. doi: 10.1016/j.redox.2017.01.012.

Lautt W. W. (1985). Mechanism and role of intrinsic regulation of hepatic arterial blood flow: hepatic arterial buffer response. *The American Journal of Physiology, 249*(5 Pt 1), G549–G556. doi: 10.1152/ajpgi.1985.249.5.G549.

Lee, J., Kim, W. H., Ryu, H. G., Lee, H. C., Chung, E. J., Yang, S. M., & Jung, C. W. (2017). Stroke Volume Variation-Guided Versus Central Venous Pressure-Guided Low Central Venous Pressure With

Milrinone During Living Donor Hepatectomy: A Randomized Double-Blinded Clinical Trial. *Anesthesia and Analgesia, 125*(2), 423–430. doi: 10.1213/ANE.0000000000002197.

Maina, I., Rule, J. A., Wians, F. H., Poirier, M., Grant, L., & Lee, W. M. (2016). α-Glutathione S-Transferase: A New Biomarker for Liver Injury?. *The Journal of Applied Laboratory Medicine, 1*(2), 119–128. doi: 10.1373/jalm.2016.020412.

Mansour, A., Watson, W., Shayani, V., & Pickleman, J. (1997). Abdominal operations in patients with cirrhosis: still a major surgical challenge. *Surgery, 122*(4), 730–736. doi: 10.1016/s0039-6060(97)90080-5.

Poisson, J., Lemoinne, S., Boulanger, C., Durand, F., Moreau, R., Valla, D., & Rautou, P. E. (2017). Liver sinusoidal endothelial cells: Physiology and role in liver diseases. *Journal of Hepatology, 66*(1), 212–227. doi: 10.1016/j.jhep.2016.07.009.

Pratt, D. S. (2015). Liver chemistry and function tests. M. Feldman, L. S. Friedman, L. J. Brandt (eds.), *Sleisenger and Fordtran's Gastrointestinal and Liver Disease: Pathophysiology, Diagnosis, Management* içinde (10th ed., pp. 1243-1253). Philadelphia: Elsevier.

Sakka S. G. (2007). Assessing liver function. *Current Opinion in Critical Care, 13*(2), 207–214. doi: 10.1097/MCC.0b013e328012b268.

Soleimanpour, H., Safari, S., Shahsavari Nia, K., Sanaie, S., & Alavian, S. M. (2016). Opioid Drugs in Patients With Liver Disease: A Systematic Review. *Hepatitis Monthly, 16*(4), e32636. doi: 10.5812/hepatmon.32636.

Trefts, E., Gannon, M., & Wasserman, D. H. (2017). The liver. *Current Biology : CB, 27*(21), R1147–R1151. doi: 10.1016/j.cub.2017.09.019.

BÖLÜM 36

HEPATİK HASTALIKLARDA ANESTEZİ

Perioperatif değerlendirme, risk sınıflaması ve anestezik yönetim

GÜLTEN SAĞIR[1]

Bu bölüm, erişkin karaciğer hastalarında anestezi ve perioperatif yönetimi; akut hepatit, kronik hepatit, siroz ve sirozun çoklu organ sonuçları üzerinden sistematik biçimde ele almak amacıyla hazırlanmıştır. Metin, güncel kılavuzlar ve hakemli literatür temelinde düzenlenmiş; klinik karar vermeyi kolaylaştırmak için tablolar, özgün şemalar, klinik uyarılar ve pratik algoritmalar eklenmiştir.

Özet

Karaciğer hastalığı olan hastalarda anestezi yönetimi yalnızca hepatik metabolizmanın azalması veya koagülasyon testlerinin bozulması üzerinden ele alınamaz. Özellikle siroz, portal hipertansiyon, sistemik vazodilatasyon, hiperdinamik dolaşım,

[1] Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0001-6327-6475

sodyum ve su dengesizliği, böbrek fonksiyon bozukluğu, hepatik ensefalopati, kardiyopulmoner rezerv kaybı ve yeniden dengelenmiş fakat kırılgan hemostaz ile seyreden çoklu organ hastalığıdır. Bu nedenle perioperatif risk, karaciğer hastalığının derecesi ile birlikte cerrahinin tipi, aciliyeti ve hastanın mevcut organ rezervi üzerinden değerlendirilmelidir. Güncel yaklaşım, Child-Pugh ve MELD-Na gibi hastalık şiddeti ölçütlerinin yanında cerrahiye özgü VOCAL-Penn gibi modellerin kullanılmasını ve kararın multidisipliner verilmesini desteklemektedir (European Association for the Study of the Liver, 2025; Mahmud et al., 2025; Northup et al., 2019; Teh et al., 2007).

Akut hepatit veya aktif akut-karaciğer yetmezliği tablosunda elektif cerrahi çoğu durumda ertelenmeli; kronik karaciğer hastalığında ise etiyoloji, fibrozis derecesi, portal hipertansiyon ve dekompansasyon öyküsü belirlenmelidir. Sirozlu hastada varis kanaması, ascites, hepatik ensefalopati, spontan bakteriyel peritonit, akut böbrek hasarı ve hepatorenal sendrom gibi komplikasyonlar anestezik planın merkezine alınmalıdır. Konvansiyonel INR tek başına kanama riskinin güvenilir göstergesi değildir; gereksiz plazma transfüzyonu portal basıncı artırabileceğinden özellikle varis kanamasında zarar verebilir (de Franchis et al., 2022; Garcia-Tsao et al., 2017; Villanueva et al., 2013).

Anestezik ilaç seçimi, karaciğer klirensinden bağımsız olarak dağılım hacmi, protein bağlanması, ekstrahepatik eliminasyon ve farmakodinamik duyarlılıkla birlikte düşünülmelidir. Titrasyon, kısa etkili ajanların tercih edilmesi, nöromüsküler blok için nicel monitörizasyon ve gereksiz benzodiazepin kullanımından kaçınma temel prensiplerdir. Hemodinamik yönetimde amaç yalnızca kan

basıncını yükseltmek değil, organ perfüzyonunu korurken aşırı kristalloid ve kan ürünü kullanımından kaçınmaktır.

Bu bölümün temel mesajı şudur: sirozlu hastada "INR yüksek, o halde kanama riski yüksek" veya "MELD düşük, o halde ameliyat güvenli" gibi tek parametreli kararlar yetersizdir. Güvenli anestezi; hastalığın evresinin, cerrahi riskin, portal basıncın, kardiyopulmoner ve renal rezervin, beslenme/frailty durumunun ve ameliyat sonrası bakım gereksiniminin birlikte değerlendirilmesine dayanır.

Öğrenme Hedefleri

- Karaciğer hastalıklarını anestezi açısından akut, kronik ve dekompanse/sirotik tablolar olarak sınıflandırabilmek.
- Akut hepatitte elektif cerrahi kararını ve erteleme gerekçelerini açıklayabilmek.
- Sirozlu hastada Child-Pugh, MELD-Na ve VOCAL-Penn skorlarının rollerini ve sınırlılıklarını ayırt edebilmek.
- Portal hipertansiyon, varis kanaması ve ascitesin anestezi yönetimine etkilerini açıklayabilmek.
- Koagülasyon bozukluklarını yeniden dengelenmiş hemostaz kavramı ile yorumlayabilmek.
- Sirotik kardiyomiyopati, hepatopulmoner sendrom, portopulmoner hipertansiyon, AKI/HRS ve hepatik ensefalopatiyi perioperatif açıdan yönetebilmek.

- İndüksiyon, opioid, kas gevşetici ve volatil ajan seçiminde farmakokinetik/farmakodinamik değişiklikleri dikkate alabilmek.
- Rejyonal anestezi için risk–yarar değerlendirmesi yapabilmek.
- İntraoperatif hemodinamik, sıvı ve kan ürünü yönetimini hedefe yönelik biçimde planlayabilmek.
- Postoperatif dekompansasyon riskini öngörmek ve uygun izlem düzeyini belirleyebilmek.

Hepatik Hastalıkların Anestezi Açısından Sınıflandırılması

Anestezi açısından karaciğer hastalığını sınıflandırmanın en pratik yolu, hastalığın akut veya kronik olması ve kronik hastalıkta sentetik/metabolik fonksiyon kaybının klinik sonuçlara yansıyıp yansımamasıdır. Serum aminotransferazlarının yüksekliği tek başına perioperatif riski belirlemez. Örneğin belirgin transaminaz yüksekliği olan akut hepatit, sentetik fonksiyonları korunmuş hafif kronik karaciğer hastalığından farklı bir anestezi problemidir.

Tablo 1

Klinik Kategori	Tipik Örnekler	Anestezi Açısından Ana Sorun	Genel Yaklaşım
Akut hepatoselüler hasar	Akut viral hepatit, ilaç ilişkili karaciğer hasarı, akut alkolik hepatit	Metabolik rezervin belirsizliği, akut inflamasyon, nadiren ALF	Elektif cerrahiyi ertele; nedeni ve sentetik fonksiyonu değerlendir
Kronik hepatit/ fibrozis	HBV, HCV, MASLD/MASH, otoimmün hepatit	Fibrozis derecesi ve gizli portal HT	Evreleme; kompansasyon ve cerrahi risk değerlendirmesi
Kompanse siroz	CTP A, dekompansasyon yok	Sınırlı rezerv, portal HT, CCM olasılığı	Cerrahiye özgü risk hesabı ve optimizasyon
Dekompanse siroz	Ascites, varis kanaması, HE, SBP, HRS	Çoklu organ yetmezliği, yüksek mortalite	Elektif cerrahiyi çoğu durumda ertele; transplant/hepatoloji değerlendirmesi
Akut-kronik karaciğer yetmezliği	ACLF	Hızlı organ yetmezliği, yüksek enfeksiyon ve mortalite riski	Acil multidisipliner yönetim; elektif cerrahi uygun değildir

Klinik Uyarı: Karaciğer enzimi yüksekliğini "ameliyat için kontrendikasyon" olarak yorumlamak kadar, normal AST/ALT değerlerini normal karaciğer fonksiyonu olarak kabul etmek de hatalıdır. Sentetik fonksiyon, portal hipertansiyon ve dekompansasyon öyküsü daha belirleyicidir.

Akut Hepatit ve Anestezi

Akut hepatit; hepatoselüler inflamasyonun ve nekrozun farklı derecelerde ortaya çıktığı bir klinik tablodur. Viral hepatitler, ilaç ve toksin ilişkili karaciğer hasarı, iskemi ve alkol ilişkili akut hepatik tablolar başlıca nedenlerdir. Anestezi açısından en kritik ayrım, basit akut hepatitten akut karaciğer yetmezliğine ilerleyen hastanın ayırt edilmesidir.

Akut hepatitte hepatik kan akımı, metabolizma ve protein sentezindeki değişiklikler anestezik ilaçların etkisini öngörmeyi zorlaştırabilir. Daha önemlisi, aktif hepatik inflamasyon ve sistemik hastalık perioperatif fizyolojik stresi tolere etme kapasitesini azaltabilir. Bu nedenle aktif, semptomatik akut hepatitte elektif cerrahinin ertelenmesi genel olarak en güvenli yaklaşımdır (European Association for the Study of the Liver, 2019; Stravitz & Lee, 2019).

Tablo 2

Değerlendirme	**Sorulacak Soru**	**Anestezik Sonuç**
Sentetik fonksiyon	INR/PT, bilirubin, albumin nasıl?	Bozulma varsa risk belirgin artar
Akut karaciğer yetmezliği	Ensefalopati + INR ≥1,5 var mı?	Acil hepatoloji/transplant merkezi; elektif cerrahi yok
Etiyoloji	Viral, ilaç, toksin, alkolik, iskemik?	Tedavi ve ilaç seçimi nedene göre
Sistemik bulgular	Ateş, hipotansiyon, AKI, hipoglisemi?	Perioperatif rezerv azalır
Cerrahi gereklilik	Acil mi elektif mi?	Acil ise risk–yarar ve yoğun bakım planı

Klinik Uyarı: Akut hepatit ile akut karaciğer yetmezliği aynı klinik durum değildir. Ensefalopati ve koagülopati gelişmişse hastayı sıradan ‘hepatitli hasta’ gibi yönetmek ciddi gecikmeye yol açabilir.

Kronik Hepatit

Kronik HBV, HCV, MASLD/MASH, otoimmün hepatit, alkol ilişkili karaciğer hastalığı ve metabolik/kalıtsal hastalıklar yıllar içinde fibrozis ve siroza ilerleyebilir. Anestezi planı, hepatit etiyolojisinden çok mevcut fibrozis, portal hipertansiyon ve organ rezervi tarafından belirlenir.

Kronik hepatitte ALT/AST düzeyleri normal olsa bile ileri fibrozis bulunabilir. Bu nedenle klinik değerlendirme; trombosit

sayısı, albumin, bilirubin, INR, görüntüleme, elastografi ve portal hipertansiyon bulgularını kapsamalıdır. HCC riski ve transplant değerlendirmesi de ileri hastalıkta göz önünde tutulur (AASLD-IDSA, n.d.; Terrault et al., 2018).

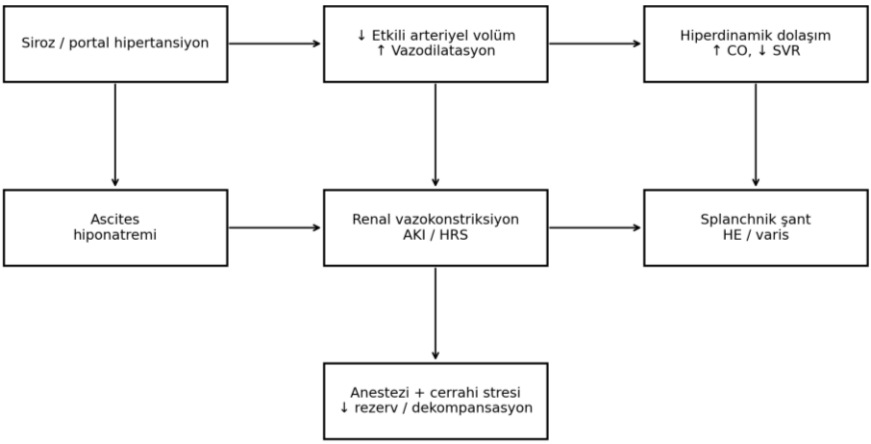
- HBV/HCV için antiviral tedavinin devamlılığı ve ilaç etkileşimleri gözden geçirilmelidir.
- MASLD/MASH hastalarında obezite, diyabet, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalık perioperatif riski artırabilir.
- Otoimmün hepatitte steroid kullanımı enfeksiyon ve adrenal baskılanma açısından ayrıca değerlendirilmelidir.
- İlaç kaynaklı hepatotoksisite öyküsü olan hastalarda yeni ilaçların hepatotoksik potansiyeli gözden geçirilmelidir.

Sirozun Perioperatif Önemi

Siroz, karaciğer mimarisinin bozulması ile birlikte portal hipertansiyon ve ilerleyici hepatik fonksiyon kaybının ortaya çıktığı son-organ hastalığıdır. Perioperatif açıdan siroz "tek organ hastalığı" değildir. Dolaşım, böbrek, akciğer, beyin ve hemostaz sistemlerinde eş zamanlı değişiklikler bulunabilir (Biggins et al., 2021; Northup et al., 2019).

Portal hipertansiyona bağlı splanknik vazodilatasyon etkili arteriyel kan hacmini azaltır. Buna karşılık kalp debisi artar ve sistemik vasküler direnç düşer. Bu hiperdinamik durum istirahatte kompansasyon sağlayabilir; ancak anestezi indüksiyonu, pozitif basınçlı ventilasyon, kan kaybı veya sepsis sırasında dolaşım hızla dekompanse olabilir.

Şekil 1 Sirozda perioperatif riskin çoklu organ fizyopatolojisi



Tablo 3

Perioperatif Risk Alanı	**Temel Mekanizma**	**Pratik Sonuç**
Hemodinamik	↓SVR, splanknik pooling, sınırlı stres rezervi	İndüksiyon hipotansiyonu; vazopressör gereksinimi
Renal	Etkili arteriyel volüm azalması, AKI/HRS	Hipotansiyon ve nefrotoksinlerden kaçın
Pulmoner	HPS, POPH, hepatik hidrotoraks	Hipoksemi/sağ kalp yükü
Nörolojik	HE, ilaç duyarlılığı	Sedatif ve opioidleri titrasyonla kullan
Hemostaz	Prokoagülan + antikoagülan dengede değişim	INR tek başına tedavi hedefi değildir
Beslenme	Sarkopeni, frailty, protein-enerji malnütrisyonu	İyileşme ve enfeksiyon riski

Preoperatif Değerlendirme

Klinik değerlendirme

Preoperatif görüşmede amaç yalnızca “karaciğer fonksiyonu normal mi?” sorusunu yanıtlamak değil; hastanın cerrahi stres karşısında hangi organ sisteminin ilk çökeceğini öngörmektir.

Değerlendirme, hastalığın etiyolojisi, dekompansasyon öyküsü, mevcut ilaçlar, alkol kullanımı, beslenme/frailty ve cerrahiye özgü faktörleri içermelidir.

- Geçirilmiş varis kanaması, ascites, SBP, HE, HRS/AKI ve önceki ameliyat sonrası dekompansasyon sorgulanmalıdır.
- Son 6–12 ayda hastaneye yatış, enfeksiyon, böbrek hasarı ve diüretik gereksinimi kaydedilmelidir.
- Beta-bloker, diüretik, laktüloz, rifaksimin, antiviral, steroid, antikoagülan ve diğer ilaçların dozu/uyumu değerlendirilmelidir.
- Alkol kullanımı miktar, son kullanım zamanı ve önceki yoksunluk öyküsüyle birlikte sorgulanmalıdır.
- Frailty, sarkopeni, düşme riski ve günlük yaşam aktiviteleri değerlendirilmelidir.
- Solunum semptomları, platipne/ortodeoksi, efor kapasitesi ve pulmoner hipertansiyon bulguları aranmalıdır.
- EKG ve gerektiğinde ekokardiyografi; özellikle ileri siroz, kardiyak risk veya portopulmoner hipertansiyon şüphesinde düşünülmelidir.

Laboratuvar ve değerlendirme

Tablo 4

İnceleme	Neyi Gösterir?	Klinik Kullanım
AST/ALT, ALP, GGT	Hepatoselüler/kolestatik hasar	Etiyoloji ve aktivite; tek başına fonksiyon göstergesi değil
Total bilirubin	Ekskresyon ve hastalık şiddeti	CTP/MELD ve risk
Albumin	Sentetik fonksiyon + beslenme/inflamasyon	CTP ve genel rezerv
INR/PT	Koagülasyon faktörlerinin bir kısmı	CTP; kanama riskini tek başına belirlemez
Trombosit	Portal HT için dolaylı belirteç	Varis/portal HT ve rejyonal kararında bağlam
Kreatinin/Na	Renal ve dolaşım rezervi	MELD-Na; AKI/HRS riski
Fibrinojen	Hemostatik rezerv hakkında ek bilgi	Aktif kanamada/ileri hastalıkta bağlamsal
Kan grubu + antikor taraması	Kan ürünü hazırlığı	Beklenen kan kaybı varsa
USG/Doppler ± BT/MR	Ascites, portal ven, kollateraller, HCC	Cerrahi plan ve portal HT
Elastografi	Fibrozis/cACLD	Kronik hastalık evrelemesi

Klinik Uyarı: Normal INR veya normal trombosit sayısı sirozu dışlamaz; tersine, yüksek INR tek başına "plazma ver" anlamına gelmez. Hemostaz değerlendirmesi klinik kanama, tromboz riski ve gerektiğinde viskoelastik testlerle birlikte yapılmalıdır.

Child-Pugh ve VOCAL-Penn

Child-Turcotte-Pugh (CTP), bilirubin, albumin, INR, ascites ve hepatik ensefalopatiyi kullanarak siroz şiddetini A–C olarak sınıflandırır. Hastalık şiddetinin genel bir göstergesidir; ancak

cerrahi tipini ve aciliyeti doğrudan modele katmadığı için tek başına perioperatif mortalite tahmini için yetersizdir.

Tablo 5

Değişken	**1 puan**	**2 puan**	**3 puan**
Bilirubin (mg/dL)	<2	2–3	>3
Albumin (g/dL)	>3,5	2,8–3,5	<2,8
INR	<1,7	1,7–2,3	>2,3
Ascites	Yok	Hafif/diüretik kontrollü	Orta-şiddetli/refrakter
HE	Yok	Grade I–II	Grade III–IV

VOCAL-Penn modeli; yaş, albumin, trombosit, bilirubin, cerrahi kategorisi, aciliyet, ASA sınıfı, obezite ve karaciğer hastalığının etiyolojisi gibi değişkenleri kullanarak cerrahiye özgü 30, 90 ve 180 günlük mortaliteyi tahmin etmek üzere geliştirilmiştir. Orijinal kohortta 30 günlük mortalite için C-istatistiği 0,859 olup MELD, MELD-Na, CTP ve Mayo Risk Score'dan daha iyi ayrım göstermiştir (Mahmud et al., 2021). Güncel ACG kılavuzu da cerrahiye özgü risk değerlendirmesinde VOCAL-Penn gibi doğrulanmış araçların kullanılmasını önermektedir (Mahmud et al., 2025).

Klinik Uyarı: VOCAL-Penn sonucu klinik kararın yerine geçmez. Modelin kapsamadığı cerrahi türleri, transplant adaylığı, çok ileri akut dekompansasyon veya yerel merkez deneyimi gibi faktörler ayrıca değerlendirilmelidir.

Tablo 6

Skor	En Doğru Kullanım	Sınırlılık
CTP	Hastalık şiddeti ve dekompansasyon	Cerrahi tipi/aciliyeti yok; bazı değişkenler öznel
MELD-Na	Kısa dönem karaciğer hastalığı şiddeti/transplant bağlamı	Cerrahiye özgü risk değil
VOCAL-Penn	Cerrahiye özgü postoperatif mortalite	Model popülasyonu ve prosedür kategorileriyle sınırlı
ASA	Genel sistemik hastalık yükü	Karaciğer hastalığına özgü değil

Portal Hipertansiyon

Portal hipertansiyon, sirozun en önemli perioperatif belirleyicilerinden biridir. Klinik olarak varisler, splenomegali/trombositopeni, ascites ve kollateral dolaşım ile kendini gösterebilir. Baveno VII konsensüsü, klinik olarak anlamlı portal hipertansiyonun (CSPH) yönetimini non-invaziv araçlar, portal basınç, varis profilaksisi ve dekompansasyonun önlenmesi çerçevesinde ele almaktadır (de Franchis et al., 2022).

Anestezi açısından portal hipertansiyonun iki sonucu özellikle önemlidir: birincisi kanama riski ve kollateral damarların varlığı; ikincisi düşük sistemik vasküler direnç ve etkili arteriyel volüm azalmasıdır. Pozitif basınçlı ventilasyon ve yüksek PEEP venöz dönüşü azaltarak bu kırılgan dengeyi daha da bozabilir.

- Non-selektif beta bloker kullanımı perioperatif hipotansiyon açısından değerlendirilmelidir; stabil hastada gereksiz kesilme de rebound ve portal basınç artışına yol açabilir.
- Persistan hipotansiyon, MAP <65 mmHg veya HRS-AKI gelişiminde NSBB doz azaltılması/kesilmesi gündeme gelir (de Franchis et al., 2022).

- Portal HT varlığında büyük abdominal cerrahi, kanama ve sıvı yüklenmesi açısından yüksek risklidir.
- TIPS öyküsü varsa şant açıklığı, ensefalopati ve kardiyak rezerv değerlendirilmelidir.

Varis Kanaması ve Anestezi

Akut varis kanaması gerçek bir hava yolu ve dolaşım acilidir. Kan yutulması, hematemez, bilinç bozukluğu ve aspirasyon riski nedeniyle hava yolu yönetimi erken düşünülmelidir. Baveno VII, aktif hematemez veya bilinç değişikliği olan hastalarda endoskopi öncesi entübasyonu önermektedir (de Franchis et al., 2022).

Resüsitasyonun amacı yalnızca kan basıncını normale getirmek değil, doku perfüzyonunu korurken portal basıncı gereksiz artırmamaktır. Restriktif eritrosit transfüzyonu ile hedef Hb genellikle 7–8 g/dL'dir; ancak yaş, kardiyovasküler hastalık, devam eden kanama ve hemodinamik durum hedefi bireyselleştirir (de Franchis et al., 2022).

Tablo 7

Adım	**Pratik Yaklaşım**
Hava yolu	Aktif hematemez/HE III–IV/koruyucu refleksler yetersizse hızlı entübasyon; aspirasyon hazırlığı
Dolaşım	İki geniş IV; gerektiğinde arteriyel kateter; hedefe yönelik resüsitasyon
Kan	Genellikle Hb 7–8 g/dL hedefli restriktif strateji
Vazoaktif tedavi	Terlipressin, somatostatin veya oktreotid; mümkün olduğunca erken
Antibiyotik	Akut varis kanamasında enfeksiyon profilaksisi
Endoskopi	Hemodinamik stabilizasyonla birlikte erken endoskopik kontrol
Koagülasyon	INR'yi normalleştirmek amacıyla rutin FFP verilmez
Başarısız kontrol	TIPS/bridge tedavileri için multidisipliner plan

Klinik Uyarı: Varis kanamasında aşırı kristalloid veya FFP ile "INR düzeltmeye" çalışmak portal basıncı artırabilir ve kanamayı kötüleştirebilir. Baveno VII, FFP'nin rutin kullanımını önermemektedir (de Franchis et al., 2022).

Ascites ve Anestezi

Ascites, portal hipertansiyon ve sodyum/su retansiyonunun sonucudur. Cerrahi açısından abdominal basıncı artırabilir, fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltabilir, aspirasyon riskini yükseltebilir ve yara iyileşmesini bozabilir. Klinik olarak anlamlı ascites aynı zamanda dekompansasyonun önemli bir göstergesidir (Biggins et al., 2021).

Elektif cerrahi öncesinde ascites mümkün olduğunca kontrol edilmelidir. Refrakter ascites varlığında cerrahi risk yükselir ve transplant/hepatoloji değerlendirmesi önem kazanır. Büyük hacimli parasentez yapılacaksa dolaşım disfonksiyonu ve albumin replasmanı gereksinimi göz önünde bulundurulmalıdır (Biggins et al., 2021).

- İndüksiyondan önce abdominal distansiyon, diyafragmatik hareket ve aspirasyon riski değerlendirilmelidir.
- Diüretikler ve sıvı kısıtlaması; hiponatremi, böbrek fonksiyonu ve intravasküler volümle birlikte yönetilmelidir.
- Refrakter ascitesli hastada pozitif basınçlı ventilasyon venöz dönüşü daha fazla azaltabilir.
- Ameliyat sonrası hızlı ascites birikimi solunum yetmezliği ve yara komplikasyonlarına neden olabilir.

Koagülasyon Bozuklukları ve Hemostaz

Sirozda hemostaz "yeniden dengelenmiş" bir sistemdir. Prokoagülan faktörlerin azalmasına ek olarak antikoagülan proteinler, trombosit fonksiyonu, fibrinoliz ve endotel biyolojisi de değişir. Bu nedenle yüksek INR, gerçek kanama riskinin lineer bir göstergesi değildir (de Franchis et al., 2022; Lisman & Porte, 2010).

Cerrahi öncesinde amaç laboratuvar değerlerini normalleştirmek değil, klinik olarak anlamlı kanamayı önlemek ve tedavi etmektir. Kanama yokken rutin FFP veya trombosit transfüzyonu önerilmez. Aktif ciddi kanamada fibrinojen, trombosit, viskoelastik testler ve klinik kanama birlikte değerlendirilmelidir.

Tablo 8

Test/Ürün	**Ne Anlatır?**	**Ne Zaman Kullanılmalı?**
INR/PT	Koagülasyon faktörlerinin bir bölümü	CTP/risk değerlendirmesi; rutin düzeltme hedefi değil
aPTT	İntrinsik yol hakkında sınırlı bilgi	Özel durumlarda
Fibrinojen	Fibrin oluşumu için substrat	Aktif ciddi kanamada bağlamsal
Trombosit	Primer hemostaz için hücresel bileşen	Cerrahi ve aktif kanamaya göre
TEG/ROTEM	Pıhtı oluşumu/kuvveti/erimesi	Aktif kanama veya yüksek riskli cerrahide hedefe yönelik tedavi
FFP	Çoklu faktör replasmanı	Seçilmiş aktif kanama; rutin INR düzeltme için değil
PCC	Konsantre faktör replasmanı	Özel endikasyonlarda, tromboz riski göz önünde
Traneksamik asit	Antifibrinolitik	Endikasyona göre; varis kanamasında rutin önerilmez

Klinik Uyarı: INR 2,0 olan fakat kanamayan sirozlu hastaya otomatik olarak FFP vermek güncel yaklaşım değildir. Klinik kanama ve cerrahinin gerçek kanama riski ön plandadır.

Sirotik Kardiyomiyopati

Sirotik kardiyomiyopati; belirgin yapısal kalp hastalığı olmaksızın stres karşısında yetersiz sistolik yanıt, diyastolik disfonksiyon ve elektrofizyolojik bozukluklarla karakterizedir. Hiperdinamik dolaşım nedeniyle istirahatte kalp debisi normal veya yüksek görünebilir; ancak anestezi, kanama, sepsis ve vazokonstriksiyon ile kardiyak rezerv yetersizliği açığa çıkabilir (Biancofiore et al., 2010; Møller & Henriksen, 2008; Yoon et al., 2022).

- EKG'de QTc uzaması ve ritim bozuklukları araştırılmalıdır.
- Ekokardiyografi; EF'nin yanı sıra diyastolik fonksiyon, sol atriyum, sağ ventrikül, pulmoner basınç ve gerektiğinde strain ile değerlendirilmelidir.
- İndüksiyonda ani SVR düşüşü ve preload azalması tolere edilmeyebilir.
- Vazopressör gerektiğinde norepinefrin sıklıkla ilk seçeneklerden biridir; tedavi MAP ve organ perfüzyonuna göre titre edilmelidir.
- Volüm yüklenmesi ile gizli kalp yetmezliği tetiklenebileceğinden sıvı tedavisi hedefe yönelik olmalıdır.

Klinik Uyarı: Sirotik hastada yüksek kalp debisi "kalbin iyi olduğu" anlamına gelmez. Hiperdinamik dolaşım, stres altında yetersiz kontraktil rezervi maskeleyebilir.

Pulmoner Komplikasyonlar

Sirozlu hastalarda hipokseminin nedenleri arasında ascites ve plevral efüzyon, hepatopulmoner sendrom (HPS), portopulmoner hipertansiyon (POPH), enfeksiyon ve genel cerrahi riskler bulunur. HPS, intrapulmoner vasküler dilatasyon ve oksijenasyon bozukluğu ile; POPH ise pulmoner arteriyel hipertansiyon fenotipi ile ilişkilidir (DuBrock et al., 2026).

Tablo 9

Durum	**Klinik İpucu**	**Anestezik Önem**
Hepatopulmoner sendrom	Platipne/ortodeoksi, hipoksemi	Oksijen rezervi düşük; preoksijenasyon ve postoperatif izlem önemli
Portopulmoner HT	Dispne, RV yüklenmesi, yüksek PAP	RV yetmezliği riski; hipotansiyon ve hipoksi kaçınılmalı
Hepatik hidrotoraks	Plevral sıvı, dispne	Ventilasyon ve oksijenasyon etkilenir
Ascites	Restriktif ventilasyon	FRC azalması, entübasyon sonrası desatürasyon

POPH şüphesinde ekokardiyografi ile tarama ve gerektiğinde sağ kalp kateterizasyonu düşünülmelidir. Ciddi pulmoner hipertansiyonda elektif cerrahi yüksek risklidir ve deneyimli merkezde multidisipliner karar gerekir.

Renal Disfonksiyon ve Hepatorenal Sendrom

Sirozda renal disfonksiyon; hipovolemi, enfeksiyon, nefrotoksinler, diüretik aşırılığı, ATN ve HRS dahil çok faktörlüdür. Güncel yaklaşım, HRS-AKI'yi yalnızca "fonksiyonel böbrek yetmezliği" olarak görmeyen; hemodinamik, inflamatuvar ve bazen tübüler hasarın birlikte bulunabileceğini kabul eden bir çerçevedir (Biggins et al., 2021; European Association for the Study of the Liver, 2018).

Perioperatif dönemde en önemli önlenebilir tetikleyiciler hipotansiyon, aşırı diürez, gereksiz nefrotoksinler, sepsis ve aşırı sıvı kaybıdır. AKI geliştiğinde neden hızla araştırılmalı, enfeksiyon ve volüm durumu değerlendirilmelidir.

Tablo 10

Risk	**Kaçınılacak Yaklaşım**	**Daha Güvenli Yaklaşım**
Hipotansiyon	Uzun süre düşük MAP	Erken vazopressör + hedefe yönelik volüm
Nefrotoksin	NSAİİ, gereksiz kontrast vb.	Endikasyon varsa en düşük riskli seçenek
Aşırı diürez	Kreatinin artışını göz ardı etme	Diüretik ve volüm durumunu yeniden değerlendir
Sepsis	Sadece sıvıyla tedavi	Antibiyotik + kaynak kontrolü + vazopressör
HRS-AKI	Geç tanı	Erken hepatoloji/yoğun bakım yaklaşımı

Hepatik Ensefalopati

Hepatik ensefalopati (HE), ileri karaciğer hastalığında nöropsikiyatrik işlev bozukluğudur. Patogenezde amonyak, nöroinflamasyon, astrosit disfonksiyonu ve portosistemik şantlar rol oynar. HE klinik bir tanıdır; amonyak düzeyi tek başına tanı koydurmaz veya şiddeti güvenilir biçimde göstermez (American Association for the Study of Liver Diseases, & European Association for the Study of the Liver, 2014; Vilstrup et al., 2014).

Perioperatif HE için en önemli yaklaşım tetikleyicileri düzeltmektir: enfeksiyon, gastrointestinal kanama, kabızlık, dehidratasyon, elektrolit bozukluğu, sedatif/opioid kullanımı ve böbrek disfonksiyonu. Laktüloz akut tedavinin temel ajanıdır; tekrarlayan overt HE'de rifaksimin eklenmesi önerilir (American Association for the Study of Liver Diseases, & European Association for the Study of the Liver, 2014; Vilstrup et al., 2014).

- Preoperatif mevcut HE derecesi ve baseline bilişsel durum kaydedilmelidir.
- Sedatif ilaçlar gereksiz yere verilmemeli; benzodiazepinler özellikle dikkatle kullanılmalıdır.
- Entübasyon kararı bilinç düzeyi ve hava yolu koruma kapasitesine göre verilmelidir.
- Postoperatif deliryum ile HE birbirinden ayrılmalıdır; enfeksiyon, hipoksi, hiperkapni ve ilaç etkileri araştırılmalıdır.

Klinik Uyarı: Ameliyat sonrası bilinç değişikliğini otomatik olarak "hepatik ensefalopati" kabul etmeyin. Hipoksi, hiperkapni, sepsis, hipoglisemi, elektrolit bozukluğu, opioid/benzodiazepin etkisi ve intrakraniyal patoloji dışlanmalıdır.

Alkol Kullanımı ve Akut Çekilme

Alkol ilişkili karaciğer hastalığında perioperatif yönetim, karaciğer hasarının yanında alkol kullanım bozukluğu ve yoksunluk riskini de kapsamalıdır. Son kullanım zamanı, günlük miktar, önceki yoksunluk nöbeti/deliryum tremens öyküsü ve daha önce hastanede yoksunluk tedavisi gereksinimi sorgulanmalıdır.

Yüksek riskli hastalarda yoksunluk belirtileri operasyon sonrasında değil, preoperatif dönemde öngörülmelidir. Benzodiazepinler tedavinin temelini oluşturabilir; ancak ileri karaciğer hastalığında metabolizma ve HE riski nedeniyle ajan seçimi ve doz titrasyonu dikkatle yapılmalıdır. Lorazepam/oksazepam gibi konjugasyonla metabolize edilen ajanlar bazı durumlarda tercih edilebilir; kurum protokolü ve hepatoloji/yoğun bakım görüşü önemlidir.

- Tiamin eksikliği riski olan hastalarda glukoz yükünden önce veya eş zamanlı tiamin verilmesi düşünülmelidir.
- Elektrolitler, özellikle Mg, K ve fosfor değerlendirilmelidir.
- Yoksunluk ile HE arasında ayrım zor olabilir; otonom hiperaktivite ve tremor yoksunluğu destekler.
- Postoperatif yakın gözlem ve gerektiğinde yoğun bakım planı yapılmalıdır.

Anestezik İlaçların Seçimi

Karaciğer hastalığında ilaç farmakokinetiği; hepatik kan akımı, enzim aktivitesi, protein bağlanması, dağılım hacmi ve portosistemik şantlardan etkilenebilir. Ancak ilaçların hepsinde aynı derecede değişiklik beklenmez. Bu nedenle "karaciğer hastalığında tüm ilaç dozları yarıya indirilir" gibi bir yaklaşım doğru değildir.

İndüksiyon

Propofol, karaciğer hastalığında uygun titrasyonla kullanılabilen bir indüksiyon ajanıdır. Dağılım ve eliminasyon değişiklikleri nedeniyle özellikle dekompanse hastada standart hızlı bolus yerine klinik yanıta göre yavaş titrasyon daha güvenlidir. Hipotansiyon riski hipovolemi ve düşük SVR nedeniyle artmıştır (Hoetzel et al., 2012; Servin et al., 1990).

Etomidat, belirgin hemodinamik kırılganlıkta düşünülebilir; ancak adrenal baskılanma ve klinik bağlam dikkate alınmalıdır. Ketamin, uygun hastada sempatik desteği nedeniyle yararlı olabilir; ancak portosistemik ensefalopati, sekresyonlar ve kardiyovasküler durum değerlendirilmelidir.

Opioidler

Fentanil, sufentanil ve remifentanil sık kullanılan seçeneklerdir. Remifentanilin organ bağımsız esterazlarla hızlı metabolizması nedeniyle titrasyon avantajı vardır. Fentanil ve sufentanil kullanılabilir; ancak uzamış etki ve solunum depresyonu açısından doz ve tekrarlar dikkatle ayarlanmalıdır (Hoetzel et al., 2012).

Kas gevşeticiler

Nöromüsküler blokta karaciğerden bağımsız Hofmann eliminasyonu ve ester hidrolizi nedeniyle cisatrakuryum veya atrakuryum avantajlıdır. Rocuronium ve vecuronium gibi ajanların etkisi ileri karaciğer hastalığında uzayabilir; bu ajanlar kullanılacaksa nicel nöromüsküler monitörizasyon şarttır (Khalil et al., 1994). Sugammadeks, rokuronyum/vakuronyum reversali için kullanılabilir; ancak ileri karaciğer hastalığında kanıt ve hasta bağlamı değerlendirilmelidir.

Volatil anestezikler

Modern volatil ajanlar arasında desfluran ve sevofluran gibi ajanlar, eski halotan/enfluran gibi belirgin hepatotoksisite ile ilişkili değildir. Karaciğer hastasında seçim; hemodinamik etkiler, uyanma hedefi ve cerrahi gereksinimlere göre yapılmalıdır. Hızlı eliminasyon ve düşük metabolizma nedeniyle desfluran/sevofluran pratik avantaj sağlayabilir (Hoetzel et al., 2012).

Tablo 11

İlaç Grubu	Genel Tercih	Dikkat Edilmesi Gereken
İndüksiyon	Propofol; seçilmiş hastada etomidat/ketamin	Hipotansiyon, titrasyon
Opioid	Fentanil/sufentanil; remifentanil	Solunum depresyonu, birikim
Kas gevşetici	Cisatrakuryum/atrakuryum	TOF ile titrasyon
Volatil	Sevofluran/desfluran	Hemodinamik yanıt, uyanma
Benzodiazepin	Mümkün olduğunca sınırlı	HE ve uzamış sedasyon
Parasetamol	Uygun dozda kullanılabilir	Alkol, düşük kilo, ileri hastalıkta doz bireyselleştir

Klinik Uyarı: Sirozlu hastada kas gevşetici dozunu yalnızca ideal vücut ağırlığına göre vermek yeterli değildir. Asıl güvenlik unsuru başlangıç dozunun klinik olarak uygun seçilmesi ve devam dozlarının nicel TOF monitörizasyonuna göre titre edilmesidir.

Rejyonal Anestezi

Rejyonal anestezi, sistemik opioid ve sedatif gereksinimini azaltması nedeniyle uygun hastalarda önemli avantaj sağlayabilir. Bununla birlikte nöroaksiyel tekniklerde karar yalnızca INR değerine göre verilmemelidir. Trombosit sayısı, fibrinojen, antikoagülan kullanımı, böbrek fonksiyonu, cerrahinin kanama riski ve kurumun güvenlik protokolleri birlikte değerlendirilmelidir.

İleri sirozda koagülasyon sistemi yeniden dengelenmiş olduğundan INR yükselmesi otomatik olarak nöroaksiyel anesteziyi dışlamaz; ancak mevcut kanıt, güvenli tek bir INR veya trombosit eşiği belirlemek için yetersizdir. Bu nedenle özellikle dekompanse hastada multidisipliner ve bireyselleştirilmiş karar gerekir (Bedewy & El-Kassas, 2023; Lisman & Porte, 2010).

Tablo 12

Teknik	Avantaj	Temel Risk/Engel
Spinal	Hızlı ve etkili blok	Hipotansiyon; koagülopati
Epidural	Uzun süreli analjezi	Kateter çıkarılması sırasında da hemostaz riski
Periferik blok	Opioid azaltır	Derin bloklarda kanama riski
Fasiyal plan blokları	Analjezi; düşük sistemik etki	Kanama ve lokal anatomiye göre karar

Klinik Uyarı: Epidural kateterin çıkarılması da yerleştirilmesi kadar hemostatik açıdan önemlidir. Antikoagülanların yeniden başlanma zamanı kateter planı ile birlikte yapılmalıdır.

İntraoperatif Hemodinamik Yönetim

Sirozda intraoperatif hemodinamik yönetimin amacı, organ perfüzyonunu sürdürürken portal basıncı ve venöz konjesyonu gereksiz artırmamaktır. Hipotansiyonun erken tedavisi özellikle böbrek ve karaciğer perfüzyonu için önemlidir. Sıvı yanıtlılığı ile vazopleji ayrımı yapılmalı; yalnızca tansiyon düşüklüğü her zaman sıvı eksikliği olarak yorumlanmamalıdır.

- Arteriyel kateter, ileri siroz ve orta-yüksek riskli cerrahide düşük eşikle düşünülmelidir.
- İndüksiyon öncesi MAP, kalp debisi, volüm durumu ve beta-bloker kullanımı değerlendirilmelidir.
- Norepinefrin, vazodilatasyona bağlı hipotansiyonda sık kullanılan ilk vazopressör seçeneğidir.
- Vazopressör dozu yalnızca MAP değil, laktat, idrar çıkışı, periferik perfüzyon ve gerekirse ekokardiyografi ile yönlendirilmelidir.

- Pozitif basınçlı ventilasyonda aşırı PEEP venöz dönüşü ve sağ kalp dolumunu azaltabilir.
- Kanama varsa hedefe yönelik kan ürünü ve viskoelastik testler kullanılmalıdır.

Tablo 13

Sorun	İlk Düşünülmesi Gerekenler	Müdahale
İndüksiyon hipotansiyonu	Vazopleji + düşük efektif volüm	Yavaş titrasyon, küçük sıvı bolusu gerekiyorsa + vazopressör
Taşikardi	Ağrı, hipovolemi, yoksunluk, anemi	Nedeni düzelt; kör beta-blokajdan kaçın
Oligüri	MAP, volüm, HRS/AKI, cerrahi basınç	Perfüzyon ve neden odaklı yaklaşım
Laktat artışı	Hipoperfüzyon, sepsis, kanama	Kaynağı araştır; tek başına sıvı verme
Akut RV yüklenmesi	POPH, hipoksi, yüksek PEEP	Oksijenasyon, ventilasyon, RV desteği

Sıvı ve Kan Ürünleri Yönetimi

Sıvı yönetiminde iki uçtan kaçınılmalıdır: hipovolemi nedeniyle renal/hepatik hipoperfüzyon ve aşırı sıvı nedeniyle ascites, pulmoner ödem, portal basınç artışı ve kardiyak dekompansasyon. Kristalloid seçiminde dengeli çözeltiler çoğu durumda uygundur; fakat hiponatremi, hiperkalemi, asidoz ve renal fonksiyon gibi hasta özellikleri dikkate alınmalıdır.

Albumin, sirozun belirli klinik durumlarında yararlıdır; örneğin büyük hacimli parasentez sonrasında dolaşım disfonksiyonunu azaltmak amacıyla kullanılır. Ancak intraoperatif her hipotansiyonda rutin albumin verilmesi kanıtlanmış bir standart değildir (Biggins et al., 2021).

Eritrosit transfüzyonu, aktif kanama ve oksijen taşıma gereksinimine göre yapılmalıdır. Varis kanamasında restriktif strateji ve Hb 7–8 g/dL hedefi temel yaklaşımdır. Trombosit, fibrinojen, FFP ve PCC kullanımı aktif kanama ve viskoelastik sonuçlara göre hedeflenmelidir (de Franchis et al., 2022).

Klinik Uyarı: Sirozlu hastada "daha fazla sıvı = daha iyi renal perfüzyon" varsayımı tehlikelidir. Venöz konjesyon ve portal basınç artışı da böbrek fonksiyonunu bozabilir.

Postoperatif Yönetim

Postoperatif dönem, sirozlu hastada komplikasyonların ortaya çıktığı en kritik dönemlerden biridir. Enfeksiyon, AKI, HE, kanama, ascites, solunum yetmezliği ve kardiyovasküler olaylar yakından izlenmelidir. Cerrahi stres ve anestezik ilaçların etkisi, önceden kompanse edilen hastalığı dekompanse edebilir.

Tablo 14

İzlem Alanı	**Kontrol**	**Klinik Hedef**
Hemodinami	MAP, ritim, periferik perfüzyon	Organ perfüzyonunu sürdür
Böbrek	Kreatinin, Na/K, idrar çıkışı	AKI/HRS'yi erken yakala
Nörolojik	Bilinç, HE/deliryum	Tetikleyici ara; gereksiz sedatiften kaçın
Solunum	SpO_2, gaz, plevral/ascites etkisi	Hipoksemiyi erken düzelt
Hemostaz	Klinik kanama ± VET	Hedefe yönelik tedavi
Enfeksiyon	Ateş, kültür, yara, akciğer	Erken tanı ve tedavi
Beslenme	Protein/kalori, oral alım	Sarkopeni ve iyileşmeyi destekle

Ekstübasyon kararı, yalnızca yeterli spontan solunuma değil, bilinç düzeyi, HE, aspirasyon riski, cerrahi kanama ve kardiyopulmoner rezervin birlikte değerlendirilmesine dayanmalıdır. İleri dekompanse siroz, ciddi POPH/HPS, önemli

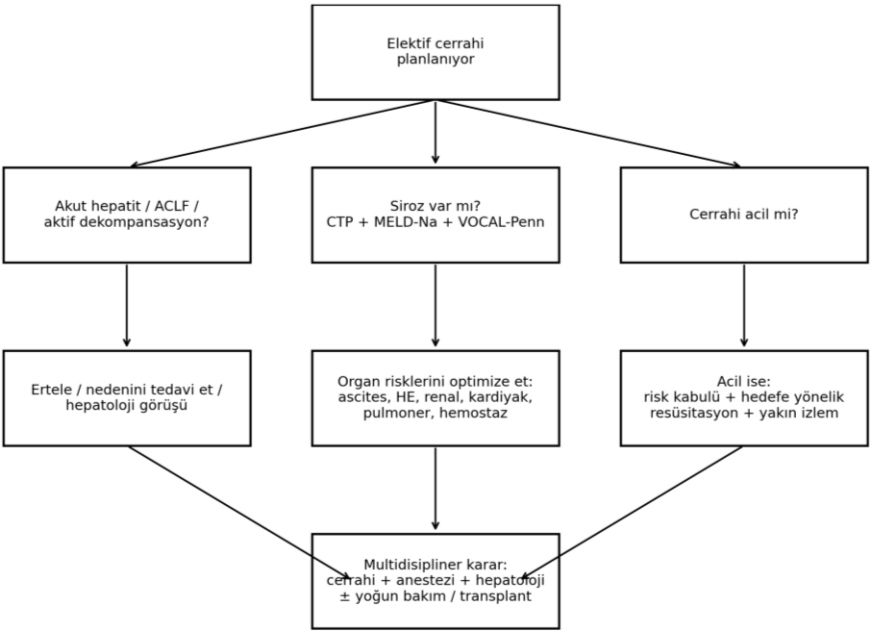
kanama veya organ disfonksiyonu olan hastalarda yoğun bakım gereksinimi ameliyat öncesinde planlanmalıdır.

Elektif Cerrahi Kararı ve Güncel Yaklaşım

Güncel yaklaşım, sirozlu hastada "cerrahi yapılmaz" veya "CTP A ise güvenlidir" şeklinde ikili kararlar yerine kişiselleştirilmiş risk–yarar değerlendirmesini benimser. 2025 EASL kılavuzu özellikle ekstrahepatik abdominal cerrahide multidisipliner, hasta merkezli risk değerlendirmesini vurgulamaktadır (European Association for the Study of the Liver, 2025). 2025 ACG kılavuzu da VOCAL-Penn gibi doğrulanmış cerrahi risk modellerinin kullanılmasını ve dekompanse hastada alternatiflerin değerlendirilmesini önermektedir (Mahmud et al., 2025).

Elektif cerrahi mümkünse akut hepatit, aktif varis kanaması, kontrolsüz ascites, aktif enfeksiyon, AKI/HRS ve kontrolsüz HE düzeltilene kadar ertelenmelidir. Cerrahinin ertelenemediği durumda ise işlem; uygun deneyim, yoğun bakım ve hepatoloji/transplant desteği bulunan merkezde yapılmalıdır.

Şekil 2 Elektif cerrahi öncesi pratik karar algoritması



Tablo 15

Durum	**Genel Yaklaşım**
CTP A, dekompansasyon yok	Cerrahi yapılabilir; cerrahiye özgü risk hesabı ve optimizasyon
CTP B	Cerrahi tipi ve VOCAL-Penn sonucu belirleyici; optimizasyon şart
CTP C / aktif dekompansasyon	Elektif cerrahiden kaçın; transplant/hepatoloji değerlendirmesi
Aktif HE	Önce tetikleyiciyi düzelt; elektif cerrahiyi ertele
Refrakter ascites	Önce kontrol/alternatif cerrahi; yüksek risk
AKI/HRS	Elektif cerrahi genellikle ertelenmeli
Acil cerrahi	Risk kabulü + hızlı optimizasyon + yoğun bakım planı

Klinik Uyarı: Cerrahi kararı skorun kendisine bırakılmamalıdır. Hastanın yaşam beklentisi, ameliyatın sağlayacağı yarar, alternatif tedaviler ve transplant adaylığı kararın ayrılmaz parçalarıdır.

Preoperatif Optimizasyon: Risk Skorundan Klinik Hazırlığa

Sirozlu hastada preoperatif optimizasyonun amacı laboratuvar sonuçlarını "normalleştirmek" değil, geri döndürülebilir dekompansasyon nedenlerini düzeltmek ve cerrahi stres sırasında yetersiz kalacak organ rezervini önceden tanımlamaktır. Değerlendirme; son dekompansasyon tarihi, ascites kontrolü, varis kanaması öyküsü, hepatik ensefalopati sıklığı, enfeksiyon, böbrek fonksiyonu, sodyum, beslenme durumu, frailty ve kardiyopulmoner rezervi kapsamalıdır. Child-Pugh ve MELD-Na hastalık şiddetini tanımlar; VOCAL-Penn cerrahi tipi ve aciliyeti de hesaba kattığından özellikle non-hepatik cerrahide daha gerçekçi bir bireyselleştirme sağlar (European Association for the Study of the Liver, 2025; Mahmud et al., 2021, 2025; Northup et al., 2019; Teh et al., 2007). Skorların hiçbiri "ameliyat edilebilir/edilemez" şeklinde tek başına karar verdiren eşik olarak kullanılmamalıdır.

Elektif cerrahi öncesi aktif enfeksiyon, yeni gelişen akut böbrek hasarı, hepatorenal sendrom, kontrolsüz hepatik ensefalopati, aktif gastrointestinal kanama ve ciddi/refrakter ascites varsa öncelik bu durumların tedavisidir. Portal hipertansiyonlu hastada volüm fazlalığı ile efektif arteriyel hipovolemi eş zamanlı bulunabilir; bu nedenle yalnızca ödem veya ascites varlığına bakarak agresif diürez uygulanması intravasküler volümü daha da azaltabilir. Diüretikler, beta-blokerler, laktüloz/rifaksimin ve diğer kronik ilaçlar klinik duruma göre gözden geçirilmeli; perioperatif hipotansiyon veya AKI riski yüksek hastada ilaç planı cerrahi ve anestezi ekibiyle birlikte yapılmalıdır (Biggins et al., 2021; de Franchis et al., 2022; European Association for the Study of the Liver, 2018; Vilstrup et al., 2014).

Beslenme bozukluğu ve sarkopeni, ileri karaciğer hastalığında yalnızca yaşam kalitesini değil, enfeksiyon, uzamış

ventilasyon, yara iyileşmesi ve postoperatif dekompansasyon riskini de etkileyebilir. Bu nedenle özellikle büyük elektif cerrahi planlanan hastalarda yakın zamanda istemsiz kilo kaybı, kas gücü, oral alım ve günlük aktivite düzeyi sorgulanmalıdır. Uzun süreli açlıktan kaçınma, yeterli protein-enerji alımının sürdürülmesi ve mümkünse cerrahi öncesi fonksiyonel kapasitenin artırılması önemlidir. Hepatik ensefalopati korkusuyla rutin protein kısıtlaması yapılması modern yaklaşım değildir; nütrisyon planı hastanın toleransı ve hepatoloji önerileriyle bireyselleştirilmelidir.

Preoperatif dönemde "koagülopati düzeltme" refleksi özellikle dikkat gerektirir. Sirozda prokoagülan ve antikoagülan faktörler birlikte değişir; bu nedenle uzamış INR, in vivo kanama eğilimini tek başına temsil etmez (Lisman & Porte, 2010). Kanama öyküsü, trombosit sayısı, fibrinojen, antitrombotik ilaçlar, böbrek yetmezliği, sepsis ve yapılacak girişimin kanama riski birlikte değerlendirilmelidir. Yüksek hacimli taze donmuş plazmanın sırf INR'yi düşürmek amacıyla verilmesi portal basıncı ve dolaşım yükünü artırabilir. Özellikle büyük cerrahi veya aktif kanamada viskoelastik testler, deneyimli ekiplerde hedefe yönelik komponent tedavisini destekleyebilir; ancak bunlar klinik değerlendirmeyi ikame etmez.

Tablo 16 Elektif cerrahi öncesi optimizasyon kontrol listesi

Alan	Değerlendirilecek Noktalar	Pratik Hedef
Dekompansasyon	Ascites, HE, varis kanaması, SBP	Aktif/instabil tabloyu tedavi et; elektif cerrahiyi gerekirse ertele
Böbrek	Kreatinin trendi, Na, diüretikler, AKI/HRS	Efektif dolaşımı ve renal perfüzyonu koru
Hemostaz	Kanama öyküsü, trombosit, fibrinojen, antitrombotikler	INR düzeltmeye değil girişim riskine odaklan
Kardiyopulmoner	Efor kapasitesi, SpO_2, EKO gereksinimi	CCM/HPS/POPH açısından seçici değerlendirme
Beslenme/frailty	Kilo kaybı, kas gücü, oral alım	Açlığı kısalt, nütrisyon ve mobilizasyonu optimize et
Risk iletişimi	CTP/MELD-Na/VOCAL-Penn + cerrahi yarar	Multidisipliner ve hasta merkezli karar

İntraoperatif Monitörizasyon, Ventilasyon ve Organ Perfüzyonu

Monitörizasyon düzeyi hastalığın evresi ve cerrahinin büyüklüğü ile orantılı olmalıdır. Kompanse sirozu olan ve düşük riskli kısa girişim geçiren hastada standart monitörizasyon yeterli olabilirken; dekompanse siroz, ciddi portal hipertansiyon, pulmoner hipertansiyon, kardiyak disfonksiyon, büyük kan kaybı beklenen cerrahi veya acil girişimde invaziv arter basıncı ölçümü ve seri kan gazı/laktat değerlendirmesi sıklıkla yararlıdır. Santral venöz kateter yalnızca "siroz var" diye rutin takılmamalı; vazopressör gereksinimi, güvenilir damar yolu ihtiyacı ve cerrahi özelliklere göre seçilmelidir. İleri hemodinamik monitörizasyon kullanılıyorsa tek bir statik parametre yerine klinik bağlam, perfüzyon bulguları ve dinamik yanıt birlikte yorumlanmalıdır.

Sirozda sistemik vasküler direnç düşüklüğü ve hiperdinamik dolaşım, indüksiyon sırasında belirgin hipotansiyona yatkınlık yaratır. Amaç yalnızca belirli bir ortalama arter basıncı sayısına

ulaşmak değil; mental durum, idrar çıkışı, laktat eğilimi, periferik perfüzyon ve gerektiğinde ileri hemodinamik verilerle yeterli organ perfüzyonunu sürdürmektir. Hipotansiyonun ilk yaklaşımı neden odaklı olmalıdır: vazodilatasyon baskınsa vazopressör, gerçek volüm kaybı varsa kontrollü sıvı/kan ürünü, miyokard depresyonu varsa uygun inotropik destek düşünülür. Aşırı kristalloid ascitesi, bağırsak duvarı ödemini, pulmoner konjesyonu ve venöz basıncı artırabileceğinden "bol sıvı" yaklaşımı özellikle ileri sirozda uygun değildir.

Ventilasyon stratejisi karaciğer hastalığına özgü tek bir formüle dayanmaz. Genel olarak akciğer koruyucu tidal volüm, uygun PEEP ve gereksiz hiperoksiden kaçınma prensipleri geçerlidir. Masif ascites, plevral efüzyon veya hepatik hidrotoraks fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltabilir ve indüksiyon sonrası hızlı desatürasyona neden olabilir. Hepatopulmoner sendromda oksijenasyon bozukluğu belirgin olabilir; portopulmoner hipertansiyonda ise hipoksi, hiperkapni, asidoz ve yüksek hava yolu basınçları pulmoner vasküler direnci artırarak sağ ventrikül yükünü ağırlaştırabilir (DuBrock et al., 2026). Bu hastalarda ventilasyon, sağ ventrikül hemodinamiği ile birlikte düşünülmelidir.

Böbrek perfüzyonunun korunması intraoperatif yönetimin merkezindedir. Sirozlu hastada serum kreatinin kas kitlesinin azalması nedeniyle gerçek renal disfonksiyonu olduğundan hafif gösterebilir. Uzamış hipotansiyon, nefrotoksinler, aşırı diürez, enfeksiyon, büyük kan kaybı ve gereksiz klor yükü AKI riskini artırabilir. İdrar çıkışı tek başına volüm yanıtlılığının göstergesi değildir; ancak trend olarak değerli bir organ perfüzyonu işaretidir. Postoperatif kreatinin artışı beklenmeden önce hemodinamik nedenler, enfeksiyon ve ilaçlar gözden geçirilmeli; AKI/HRS ayrımı

hepatoloji ve yoğun bakım ekibiyle erken yapılmalıdır (Biggins et al., 2021; European Association for the Study of the Liver, 2018).

Tablo 17 İntraoperatif sorun–hedef–müdahale çerçevesi

Sorun	**Hedef**	**Öncelikli Yaklaşım**
Vazodilatasyon/ hipotansiyon	Organ perfüzyonu	Neden odaklı vazopressör; gereksiz sıvı yükünden kaçın
Kan kaybı	Oksijen sunumu/ hemostaz	Klinik + laboratuvar/viskoelastik testlerle hedefe yönelik replasman
Hipoksemi	Yeterli oksijenlenme, düşük RV yükü	HPS/POPH/efüzyon/atelektazi ayrımı; uygun ventilasyon
Oligüri/AKI riski	Renal perfüzyon	Hipotansiyon, kanama, nefrotoksin ve volüm durumunu yeniden değerlendir
Uzamış nöromüsküler blok	Tam geri dönüş	Nicel TOF monitörizasyonu ve uygun antagonizasyon

Cerrahi Türüne Göre Özel Durumlar

Cerrahi risk yalnızca karaciğer hastalığının evresinden değil, işlemin fizyolojik yükünden de belirlenir. Büyük açık abdominal cerrahi; kan kaybı, sıvı kayması, enfeksiyon ve portal hipertansiyonla ilişkili komplikasyonlar açısından yüksek risklidir. Laparoskopi seçilmiş kompanse hastalarda daha az doku travması ve daha kısa iyileşme avantajı sağlayabilir; ancak pnömoperitoneum venöz dönüşü, portal akımı ve solunumu etkileyebilir. Bu nedenle intraabdominal basınç, hemodinami ve ventilasyon birlikte değerlendirilmelidir. Cerrahi yaklaşım seçiminde hepatik hastalık tek başına açık veya laparoskopik yöntemi zorunlu kılmaz; deneyimli ekip ve hastanın fizyolojik rezervi belirleyicidir.

Kardiyak ve majör vasküler cerrahi, kardiyopulmoner bypass, antikoagülasyon, büyük sıvı değişimleri ve inflamatuvar yanıt nedeniyle ileri karaciğer hastasında özellikle yüksek risk taşır. Sirotik kardiyomiyopati istirahatte belirgin olmayabilir; stres altında

kontraktil rezerv yetersizliği, diyastolik disfonksiyon ve ritim sorunları ortaya çıkabilir (Biancofiore et al., 2010; Møller & Henriksen, 2008; Yoon et al., 2022). Elektif kardiyak cerrahi öncesinde ekokardiyografi bulguları, fonksiyonel kapasite, pulmoner basınçlar ve dekompansasyon durumu birlikte değerlendirilmelidir. İleri dekompanse sirozda beklenen cerrahi yarar ile kısa dönem mortalite riski arasında belirgin çatışma varsa karar transplant/hepatoloji, kardiyoloji, cerrahi ve anestezi ekiplerinin ortak değerlendirmesini gerektirir.

Acil cerrahi, sirozlu hastada bağımsız bir risk artırıcıdır. Elektif koşullarda düzeltilebilecek enfeksiyon, elektrolit bozukluğu, anemi, koagülasyon sorunları veya ascites acil durumda tam olarak optimize edilemeyebilir. Bu durumda hedef "mükemmel laboratuvar" değil, zaman kritik cerrahiyi geciktirmeden hayatı tehdit eden düzeltilebilir bozuklukları hızla ele almaktır. Geniş damar yolu, kan ürünü erişimi, uygun invaziv monitörizasyon, postoperatif yoğun bakım yatağı ve gerektiğinde endoskopi/intervansiyonel radyoloji/hepatoloji desteği önceden organize edilmelidir. Acil girişimlerde karar iletişimi, beklenen perioperatif mortalite ve olası organ destek gereksinimini açık biçimde içermelidir.

Postoperatif İzlem, Analjezi ve Dekompansasyonun Erken Tanınması

Postoperatif bakım planı ameliyat sonunda değil, preoperatif değerlendirme sırasında yapılmalıdır. Yüksek riskli sirozlu hastada ilk 24–72 saat; kanama, enfeksiyon, AKI, ensefalopati, solunum yetmezliği, kardiyak dekompansasyon ve ascites artışı açısından kritik dönemdir. Gecikmiş ekstübasyon veya yoğun bakım izlemi, "başarısız anestezi" değil, fizyolojik rezervi sınırlı hastada planlı risk

azaltma stratejisi olabilir. İzlem düzeyi; cerrahinin büyüklüğü, intraoperatif vazopressör/kan ürünü ihtiyacı, laktat eğilimi, renal fonksiyon, mental durum ve preoperatif dekompansasyon öyküsüne göre belirlenmelidir.

Analjezi yetersiz olduğunda sempatik stres, solunum mekaniği bozukluğu ve mobilizasyon gecikmesi gelişir; aşırı sedatif/opioid kullanımı ise ensefalopati, hipoventilasyon ve aspirasyon riskini artırabilir. Bu nedenle multimodal analjezi tercih edilir. Lokal infiltrasyon, uygun periferik sinir blokları ve seçilmiş hastalarda nöroaksiyel teknikler opioid gereksinimini azaltabilir; ancak koagülasyon, trombosit, fibrinojen, antitrombotik ilaçlar ve girişim riski birlikte değerlendirilmelidir. Parasetamol çoğu kronik karaciğer hastasında uygun toplam günlük doz sınırları içinde kullanılabilir; aktif ağır alkol kullanımı, malnütrisyon veya ileri hepatik yetmezlikte daha konservatif yaklaşım gerekir. NSAİİ'ler renal perfüzyon, sodyum retansiyonu ve gastrointestinal kanama riski nedeniyle dekompanse sirozda genellikle sakıncalıdır.

Yeni gelişen konfüzyon otomatik olarak "hepatik ensefalopati" kabul edilmemelidir. Hipoksi, hiperkapni, sepsis, kanama, elektrolit bozukluğu, hipoglisemi, ilaç etkisi, ağrı ve yoksunluk da değerlendirilmelidir. HE düşünülüyorsa tetikleyici neden aranmalı, konstipasyon önlenmeli ve daha önce etkili olan laktüloz/rifaksimin tedavisi klinik plana göre sürdürülmelidir (American Association for the Study of Liver Diseases, & European Association for the Study of the Liver, 2014; Vilstrup et al., 2014). Benzer şekilde postoperatif kreatinin artışında HRS tanısına erken atlanmamalı; hemodinamik AKI, kanama, sepsis, nefrotoksinler ve obstrüksiyon dışlanmalıdır. Erken ve neden odaklı yaklaşım, çoklu organ dekompansasyon zincirinin ilerlemesini önleyebilir.

Taburculuk öncesinde yalnızca cerrahi yara ve ağrı kontrolü değil, karaciğer hastalığının yeni bazal durumu da değerlendirilmelidir. Kilo/ödem değişimi, diüretik gereksinimi, mental durum, böbrek fonksiyonu, sodyum, hemoglobin, enfeksiyon bulguları ve oral alım gözden geçirilmelidir. Yeni dekompansasyon gelişen veya önceki dekompansasyonu belirginleşen hastada hepatoloji kontrolü geciktirilmemelidir. Cerrahiden sonra ortaya çıkan ascites artışı, tekrarlayan HE, AKI veya varis kanaması yalnızca "postoperatif komplikasyon" değil, karaciğer hastalığının evresinde klinik değişim anlamına gelebilir.

Klinik Uyarı: Postoperatif normal INR/AST/ALT değerleri güvenli seyri garanti etmez. Yeni ascites, mental durum değişikliği, kreatinin yükselmesi, hiponatremi, enfeksiyon veya artan oksijen ihtiyacı dekompansasyonun erken işareti olabilir.

Anestezik ilaçlarda pratik dozlama ilkeleri

Karaciğer hastalığında ilaç seçiminin temel ilkesi, "hepatik metabolize olan ajanı kullanma" şeklinde değildir. Hepatik kan akımı, ekstraksiyon oranı, plazma proteinlerine bağlanma, dağılım hacmi, aktif metabolitler, renal fonksiyon ve farmakodinamik duyarlılık birlikte değişebilir. Bu nedenle öneri çoğu zaman sabit doz azaltımından çok küçük artışlarla titrasyon, klinik etki monitörizasyonu ve tekrarlayan dozlar arasında yeterli zaman bırakılmasıdır. Özellikle dekompanse sirozda düşük sistemik vasküler direnç ve efektif hipovolemi nedeniyle indüksiyon ajanlarının hemodinamik etkisi belirginleşebilir. Propofol, orta dereceli sirozda farmakokinetiği dramatik biçimde bozulmasa da dağılım hacmi ve iyileşme süresi değişebilir; klinik yanıta göre yavaş titrasyon uygun yaklaşımdır (Hoetzel et al., 2012; Servin et al., 1990).

Benzodiazepinler özellikle ileri siroz ve hepatik ensefalopati öyküsünde dikkat gerektirir. Protein bağlanması ve klirens değişiklikleri sedasyonun uzamasına yol açabilir; ayrıca benzodiazepinler mental durum bozukluğunu ağırlaştırabilir. Premedikasyon rutin olmamalı, gerekli olduğunda düşük doz ve yakından izlem tercih edilmelidir. Opioidlerde de aynı prensip geçerlidir: tek bir "güvenli opioid" yoktur. Kısa etkili ve kolay titre edilebilen ajanlar avantaj sağlar; aktif metaboliti bulunan ilaçlarda renal disfonksiyon ek risk oluşturur. Remifentanilin esteraz metabolizması ileri karaciğer hastalığında öngörülebilirlik açısından avantajlı olabilir; buna karşılık tüm opioidlerde postoperatif solunum depresyonu ve ensefalopati benzeri klinik tablo açısından dikkatli gözlem gerekir (Bedewy & El-Kassas, 2023; Hoetzel et al., 2012).

Nöromüsküler blokta rokuronyumun dağılım hacmi artabilir ve etki süresi uzayabilir; bu nedenle sabit yeniden dozlama aralıkları yerine nicel train-of-four monitörizasyonu kullanılmalıdır (Khalil et al., 1994). Cisatrakuryum ve atrakuryumun organ bağımsız eliminasyon özellikleri ileri hepatik disfonksiyonda pratik avantaj sağlar, ancak hipotermi, asidoz ve diğer fizyolojik değişkenler eliminasyon hızını etkileyebilir. Blok geri döndürülürken klinik görünüm yerine objektif TOF oranı ile yeterli geri dönüş doğrulanmalıdır. Rezidüel nöromüsküler blok; solunum yetmezliği, aspirasyon ve yoğun bakım gereksinimini artırabileceğinden sirozlu hastada özellikle önlenmesi gereken komplikasyondur.

Volatil ajan seçiminde modern ajanlar genel olarak düşük hepatotoksisite profiline sahiptir. Asıl hedef, derin anesteziye bağlı hipotansiyon ve hepatik perfüzyon azalmasını önlemektir. Sevofluran veya desfluran gibi ajanlar uygun titrasyonla

kullanılabilir; total intravenöz anestezi de klinik duruma göre seçilebilir. Teknik seçimi "karaciğer için en az toksik ajan" arayışından çok hemodinamik stabilite, hızlı uyanma, postoperatif ventilasyon planı, cerrahi gereksinimler ve ek organ disfonksiyonları belirlemelidir. Anestezi derinliği monitörizasyonu, özellikle uzun cerrahi ve yüksek doz sedatif/opioid gereksinimi olan hastada aşırı ilaç uygulamasını azaltmaya yardımcı olabilir; ancak tek başına dozlama algoritması olarak kullanılmamalıdır.

Postoperatif analjezide parasetamol, uygun seçilmiş kronik karaciğer hastalarında doz sınırları gözetilerek kullanılabilir; bununla birlikte aktif ağır alkol tüketimi, ileri malnütrisyon veya akut hepatik hasar varsa daha konservatif toplam günlük dozlar ve kısa tedavi süresi düşünülmelidir. NSAİİ'ler prostaglandin aracılı renal perfüzyonu bozabildiği, sodyum-su retansiyonunu artırabildiği ve gastrointestinal kanama riskini yükseltebildiği için özellikle dekompanse sirozda genellikle kaçınılması gereken ajanlardır. Multimodal analjezi; lokal anestezik teknikler, periferik bloklar ve gerektiğinde düşük doz opioid kombinasyonu ile opioid yükünü azaltmayı hedeflemelidir.

Bilinmesi Gerekenler

- Karaciğer hastalığında perioperatif risk, AST/ALT düzeylerinden çok sentetik fonksiyon, portal hipertansiyon, dekompansasyon ve çoklu organ rezervi ile ilişkilidir.
- Aktif akut hepatitte elektif cerrahi çoğu durumda ertelenmelidir; akut karaciğer yetmezliği varsa yaklaşım acil hepatoloji/transplant merkezinde yapılmalıdır.

- Sirozlu hastayı “karaciğer hastası” değil, potansiyel çoklu organ hastası olarak değerlendirin.
- CTP ve MELD-Na hastalık şiddetini, VOCAL-Penn ise cerrahiye özgü mortalite riskini tamamlayıcı biçimde değerlendirir.
- INR tek başına kanama riskini göstermez; gereksiz FFP kullanımı portal basıncı ve volüm yükünü artırabilir.
- Varis kanamasında erken hava yolu koruması, restriktif eritrosit stratejisi, erken vazoaktif tedavi ve antibiyotik profilaksisi temel prensiplerdir.
- Ascites, HRS/AKI ve HE perioperatif dekompansasyonun önemli belirleyicileridir; mümkünse elektif cerrahi öncesi optimize edilmelidir.
- Sirotik kardiyomiyopati istirahatte gizli olabilir; anestezi ve cerrahi stresi ile açığa çıkabilir.
- Hipoksemi varlığında HPS ve POPH mutlaka düşünülmelidir.
- Anestezik ilaçlar küçük dozlarla değil, doğru titrasyonla güvenli hale gelir; kısa etkili ve öngörülebilir ajanlar avantajlıdır.
- Cisatrakuryum/atrakuryum gibi organ bağımsız eliminasyonlu kas gevşeticiler ve nicel TOF monitörizasyonu pratik avantaj sağlar.
- Rejyonal anestezi seçilmiş hastada yararlıdır; ancak nöroaksiyel anestezi kararı INR’ye indirgenmemelidir.

- Sıvı tedavisinin hedefi “normal tansiyon” değil, yeterli organ perfüzyonudur; hem hipovolemi hem aşırı volüm zararlıdır.
- Postoperatif dönem, dekompansasyonun ortaya çıkabileceği dönemdir; yüksek riskli hastalarda yoğun bakım planı önceden yapılmalıdır.
- Elektif cerrahi kararı multidisipliner ve hasta merkezli verilmelidir; güncel kılavuzlar cerrahiye özgü risk modellemesini desteklemektedir.

Kısa Klinik Soru–Cevaplar

Soru: Sirozlu hastada INR 2,2 ise spinal anestezi kesin kontrendike midir?

Yanıt: Hayır. INR tek başına yeterli değildir. Trombosit, fibrinojen, antikoagülanlar, klinik kanama, cerrahinin kanama riski ve kurum protokolleri birlikte değerlendirilmelidir. Güvenli tek bir INR eşiği kanıtlanmış değildir.

Soru: VOCAL-Penn neden CTP’den daha yararlı olabilir?

Yanıt: Çünkü cerrahi kategorisi ve aciliyeti gibi operasyonla ilişkili değişkenleri içerir. Bu nedenle postoperatif mortalite tahmininde cerrahiye özgü bilgi sağlar.

Soru: Varis kanamasında neden FFP rutin verilmez?

Yanıt: Konvansiyonel INR sirozda hemostatik dengeyi doğru yansıtmaz; FFP büyük volüm gerektirir ve portal basıncı artırabilir. Baveno VII rutin FFP kullanımını önermemektedir.

Soru: HE’li hastada amonyak düzeyi normal ise HE dışlanır mı?

Yanıt: Hayır. HE klinik tanıdır. Amonyak düzeyi tanı ve şiddetle güvenilir biçimde korele değildir.

Soru: Sirozlu hastada en güvenli kas gevşetici hangisidir?

Yanıt: Genellikle cisatrakuryum veya atrakuryum, organ bağımsız eliminasyonları nedeniyle pratik avantaj sağlar. Ancak asıl güvenlik unsuru nicel nöromüsküler monitörizasyondur.

Soru: Elektif ameliyatı hangi durumda ertelemek gerekir?

Yanıt: Aktif akut hepatit, kontrolsüz HE, aktif enfeksiyon, AKI/HRS, ciddi/refrakter ascites veya devam eden varis kanaması gibi akut dekompansasyon tablolarında önce stabilizasyon gerekir.

Kaynakça

AASLD-IDSA. (n.d.). *HCV Guidance: Recommendations for Testing, Managing, and Treating Hepatitis C*. Updated online guidance.

American Association for the Study of Liver Diseases, & European Association for the Study of the Liver (2014). Hepatic encephalopathy in chronic liver disease: 2014 practice guideline by the European Association for the Study of the Liver and the American Association for the Study of Liver Diseases. *Journal of Hepatology, 61*(3), 642–659. doi: 10.1016/j.jhep.2014.05.042.

Bedewy, A., & El-Kassas, M. (2023). Anesthesia in patients with chronic liver disease: An updated review. *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology, 47*(8), 102205. doi: 10.1016/j.clinre.2023.102205.

Biancofiore, G., Mandell, M. S., & Rocca, G. D. (2010). Perioperative considerations in patients with cirrhotic cardiomyopathy. *Current Opinion in Anaesthesiology, 23*(2), 128–132. doi: 10.1097/ACO.0b013e328337260a.

Biggins, S. W., Angeli, P., Garcia-Tsao, G., Ginès, P., Ling, S. C., Nadim, M. K., Wong, F., & Kim, W. R. (2021). Diagnosis, Evaluation, and Management of Ascites, Spontaneous Bacterial Peritonitis and Hepatorenal Syndrome: 2021 Practice Guidance by the American Association for the Study of Liver Diseases. *Hepatology (Baltimore, Md.), 74*(2), 1014–1048. doi: 10.1002/hep.31884.

de Franchis, R., Bosch, J., Garcia-Tsao, G., Reiberger, T., Ripoll, C., & Baveno VII Faculty (2022). Baveno VII - Renewing consensus in

portal hypertension. *Journal of Hepatology, 76*(4), 959–974. doi: 10.1016/j.jhep.2021.12.022.

DuBrock, H. M., Savale, L., Sitbon, O., Raevens, S., Kawut, S. M., Fallon, M. B., Heimbach, J. K., Chadha, R. M., Crespo, G., Ramsay, M. A. E., & Krowka, M. J. (2026). International Liver Transplantation Society practice guideline update on portopulmonary hypertension. *Liver transplantation : official publication of the American Association for the Study of Liver Diseases and the International Liver Transplantation Society, 32*(2), 296–314. doi: 10.1097/LVT.0000000000000600.

European Association for the Study of the Liver (2018). EASL Clinical Practice Guidelines for the management of patients with decompensated cirrhosis. *Journal of Hepatology, 69*(2), 406–460. doi: 10.1016/j.jhep.2018.03.024.

European Association for the Study of the Liver (2019). EASL Clinical Practice Guidelines: Drug-induced liver injury. *Journal of Hepatology, 70*(6), 1222–1261. doi: 10.1016/j.jhep.2019.02.014.

European Association for the Study of the Liver (2025). EASL Clinical Practice Guidelines on extrahepatic abdominal surgery in patients with cirrhosis and advanced chronic liver disease. *Journal of Hepatology, 83*(3), 768–789. doi: 10.1016/j.jhep.2025.04.008.

Garcia-Tsao, G., Abraldes, J. G., Berzigotti, A., & Bosch, J. (2017). Portal hypertensive bleeding in cirrhosis: Risk stratification, diagnosis, and management: 2016 practice guidance by the American Association for the study of liver diseases. *Hepatology (Baltimore, Md.), 65*(1), 310–335. doi: 10.1002/hep.28906.

Hoetzel, A., Ryan, H., & Schmidt, R. (2012). Anesthetic considerations for the patient with liver disease. *Current Opinion in Anaesthesiology, 25*(3), 340–347. doi: 10.1097/ACO.0b013e3283532b02.

Khalil, M., D'Honneur, G., Duvaldestin, P., Slavov, V., De Hys, C., & Gomeni, R. (1994). Pharmacokinetics and pharmacodynamics of rocuronium in patients with cirrhosis. *Anesthesiology, 80*(6), 1241–1247. doi: 10.1097/00000542-199406000-00011.

Lisman, T., & Porte, R. J. (2010). Rebalanced hemostasis in patients with liver disease: evidence and clinical consequences. *Blood, 116*(6), 878–885. doi: 10.1182/blood-2010-02-261891.

Mahmud, N., Fricker, Z. P., McElroy, L. M., Qayed, E., Wong, R. J., & Ioannou, G. N. (2025). ACG Clinical Guideline: Perioperative Risk Assessment and Management in Patients With Cirrhosis. *The American Journal of Gastroenterology, 120*(9), 1968–1984. doi: 10.14309/ajg.0000000000003616.

Mahmud, N., Fricker, Z., Hubbard, R. A., Ioannou, G. N., Lewis, J. D., Taddei, T. H., Rothstein, K. D., Serper, M., Goldberg, D. S., & Kaplan, D. E. (2021). Risk Prediction Models for Post-Operative Mortality in Patients With Cirrhosis. *Hepatology (Baltimore, Md.), 73*(1), 204–218. doi: 10.1002/hep.31558.

Møller, S., & Henriksen, J. H. (2008). Cardiovascular complications of cirrhosis. *Gut, 57*(2), 268–278. doi: 10.1136/gut.2006.112177.

Northup, P. G., Friedman, L. S., & Kamath, P. S. (2019). AGA Clinical Practice Update on Surgical Risk Assessment and Perioperative Management in Cirrhosis: Expert Review. *Clinical Gastroenterology and Hepatology : the Official Clinical Practice*

Journal of the American Gastroenterological Association, 17(4), 595–606. doi: 10.1016/j.cgh.2018.09.043.

Servin, F., Cockshott, I. D., Farinotti, R., Haberer, J. P., Winckler, C., & Desmonts, J. M. (1990). Pharmacokinetics of propofol infusions in patients with cirrhosis. *British Journal of Anaesthesia, 65*(2), 177–183. doi: 10.1093/bja/65.2.177.

Stravitz, R. T., & Lee, W. M. (2019). Acute liver failure. *Lancet (London, England), 394*(10201), 869–881. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31894-X.

Teh, S. H., Nagorney, D. M., Stevens, S. R., Offord, K. P., Therneau, T. M., Plevak, D. J., Talwalkar, J. A., Kim, W. R., & Kamath, P. S. (2007). Risk factors for mortality after surgery in patients with cirrhosis. *Gastroenterology, 132*(4), 1261–1269. doi: 10.1053/j.gastro.2007.01.040.

Terrault, N. A., Lok, A. S. F., McMahon, B. J., Chang, K. M., Hwang, J. P., Jonas, M. M., Brown, R. S., Jr, Bzowej, N. H., & Wong, J. B. (2018). Update on prevention, diagnosis, and treatment of chronic hepatitis B: AASLD 2018 hepatitis B guidance. *Hepatology (Baltimore, Md.), 67*(4), 1560–1599. doi: 10.1002/hep.29800.

Villanueva, C., Colomo, A., Bosch, A., Concepción, M., Hernandez-Gea, V., Aracil, C., Graupera, I., Poca, M., Alvarez-Urturi, C., Gordillo, J., Guarner-Argente, C., Santaló, M., Muñiz, E., & Guarner, C. (2013). Transfusion strategies for acute upper gastrointestinal bleeding. *The New England Journal of Medicine, 368*(1), 11–21. doi: 10.1056/NEJMoa1211801.

Vilstrup, H., Amodio, P., Bajaj, J., Cordoba, J., Ferenci, P., Mullen, K. D., Weissenborn, K., & Wong, P. (2014). Hepatic encephalopathy

in chronic liver disease: 2014 Practice Guideline by the American Association for the Study of Liver Diseases and the European Association for the Study of the Liver. *Hepatology (Baltimore, Md.), 60*(2), 715–735. doi: 10.1002/hep.27210.

Yoon, U., Topper, J., & Goldhammer, J. (2022). Preoperative Evaluation and Anesthetic Management of Patients With Liver Cirrhosis Undergoing Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 36*(5), 1429–1448. doi: 10.1053/j.jvca.2020.08.022.

BÖLÜM 37

ENDOKRİN SİSTEM FİZYOLOJİSİ VE HASTALIKLARI

MELİKE DEMİR IŞIKTEKİN[1]

ENDOKRİN SİSTEMİN FİZYOLOJİSİ

Genel Çerçeve

Endokrin sistem, metabolik gereksinimlerin karşılanmasını, sıvı ve elektrolit dengesini, büyüme ve gelişmeyi ve organizmanın cerrahi strese verdiği yanıtı düzenler (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013). Anestezi uygulamasında hormonal bozuklukların yalnızca laboratuvar sonuçları değil; hava yolu, solunum, dolaşım, böbrek fonksiyonları ve nörolojik durum üzerindeki etkileri de değerlendirilir (Gropper et al., 2020). Bu bölümde önce hormonal düzenleme ve cerrahi stres yanıtı, ardından ilgili hastalıkların klinik özellikleri ve perioperatif yönetimi ele alınmaktadır.

[1] Uzm. Dr., University College London Hospitals NHS Foundation Trust, Orcid: 0000-0002-9909-6924

Hipotalamus ve Hipofizin Anatomik ve İşlevsel İlişkisi

Hipofiz, sfenoid sinüsün üzerinde, sella turcica içinde yer alır. Hipotalamusa infundibulum aracılığıyla bağlanır; optik kiazma ile yakın komşuluğu vardır (Katznelson et al., 2014). Ön lob adenohipofiz, arka lob nörohipofiz olarak adlandırılır. Adenohipofizin pars distalis ve pars tuberalis bölümleri bulunur. Bu anatomik ilişkiler, hipofiz kitlelerinin görme bozukluklarına yol açmasını ve transsfenoidal cerrahi yaklaşımın temelini açıklar.

Hipotalamik damarlar ve superior hipofizer arter, hipofizer portal sistemin primer kapiller pleksusunu besler. Uzun hipofizer portal venler kanı adenohipofizin sekonder kapiller pleksusuna taşır. Kısa hipofizer portal venler, infundibulumun kapiller pleksusu, trabeküler arter ve inferior hipofizer arter de bu dolaşım sisteminde yer alır. Venöz drenaj, kavernöz sinüse uzanan efferent hipofizer venlerle gerçekleşir. Hipotalamustan salınan düzenleyici hormonlar bu damar ilişkileri sayesinde ön hipofiz hormonlarının salınımını kontrol eder (Morgan et al., 2013).

İnsülin ve Glukoz Metabolizması

İnsülin, glukozun periferik dokular tarafından kullanılmasını destekler; karbonhidrat ve lipid metabolizmasının düzenlenmesinde temel rol oynar (Morgan et al., 2013). Mutlak veya göreceli insülin eksikliği, glukoz kullanımını azaltırken karaciğerde glukoz üretimini ve yağ dokusunda lipolizi artırır (Umpierrez et al., 2024). Glukagon, büyüme hormonu, katekolaminler ve kortizol, insüline karşı düzenleyici hormonlardır.

İnsülin yetersizliğinde kas ve yağ hücreleri dolaşımdaki glukozu yeterince kullanamaz. Hücresel enerji eksikliği, katabolik hormonların salınımını artırır; protein sentezi azalırken kas

proteolizi artar. Ortaya çıkan substratlar karaciğerde glukoneogenezi destekler. Glikojenolizin de artması hiperglisemiyi ağırlaştırır. Hipotalamik hücrelerin düşük hücre içi glukozu algılaması açlık hissine ve polifajiye neden olabilir.

Yağ dokusundan salınan serbest yağ asitleri karaciğerde metabolize edilerek asetil koenzim A ve keton cisimlerinin oluşumuna katkıda bulunur. Başlıca keton cisimleri asetoasetat ve beta-hidroksibütirattır. Ketonlar enerji substratı olarak kullanılabilir; glukoz yetersizliğinde beyin için alternatif yakıt sağlar. Aşırı keton üretimi ise yüksek anyon açıklı metabolik asidoza yol açar. Bu mekanizmaların klinik karşılığı, ikinci bölümde açıklanan diyabetik ketoasidozdur (Umpierrez et al., 2024).

Adrenal Hormonlar

Katekolamin sentezi ve metabolizması

Katekolamin sentezi tirozin ile başlar. Tirozin hidroksilaz, tirozini L-DOPA'ya; DOPA dekarboksilaz, L-DOPA'yı dopamine; dopamin beta-hidroksilaz ise dopamini noradrenaline dönüştürür. Noradrenalinden adrenalin oluşur (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013). Sentez ve yıkım basamakları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 Katekolaminlerin sentez ve metabolizma basamakları

Başlangıç Maddesi	**Enzim veya Süreç**	**Ürün**
Tirozin	Tirozin hidroksilaz	L-DOPA
L-DOPA	DOPA dekarboksilaz	Dopamin
Dopamin	Dopamin beta-hidroksilaz	Noradrenalin
Noradrenalin	Metilasyon (PNMT)	Adrenalin
Dopamin	Monoamin oksidaz (MAO) ile başlayan yıkım	Dihidroksifenilasetik asit (DOPAC)
DOPAC	Katekol-O-metiltransferaz (COMT)	Homovanilik asit (HVA)
Noradrenalin	Katekol-O-metiltransferaz (COMT)	Normetanefrin
Adrenalin	Katekol-O-metiltransferaz (COMT)	Metanefrin
Noradrenalin ve Adrenalin metabolitleri	MAO ve diğer metabolik basamaklar	Vanilmandelik asit (VMA)

Noradrenalinin sinir uçlarına geri alınması, etkisinin sonlandırılmasında önemlidir. Metabolik yıkımda katekol-O-metiltransferazın (COMT) metilasyon, monoamin oksidazın (MAO) ise deaminasyon etkisi önemlidir. Metanefrinler ve VMA, feokromasitomanın biyokimyasal değerlendirmesinde ele alınan metabolitlerdir (Morgan et al., 2013).

Steroid hormon sentezi

Steroid hormonların başlangıç maddesi kolesteroldür. Kolesterol mitokondride pregnenolona dönüştürülür; sonraki basamaklarda düz endoplazmik retikulum ve mitokondriyal enzim sistemleri aracılığıyla glukokortikoidler, mineralokortikoidler ve androjenler oluşur (Beuschlein et al., 2024). Hipotalamustan kortikotropin salgılatıcı hormon (CRH), ön hipofizden adrenokortikotropik hormon (ACTH) salınımını uyarır. ACTH özellikle adrenal korteksin glukokortikoid üretimini düzenler. Adrenal steroidlerin üretim yeri kortekstir.

Tablo 2 Adrenal steroid sentezindeki enzim ve dönüşüm ilişkileri

Dönüşüm	**Enzim veya İlişki**
Kolesterol → Pregnenolon	CYP11A1
Pregnenolon → Progesteron	HSD3B (3-beta-hidroksisteroid dehidrogenaz)
Pregnenolon → 17-hidroksipregnenolon	CYP17A1
Progesteron → 17-hidroksiprogesteron	CYP17A1
17-hidroksipregnenolon → 17-hidroksiprogesteron	HSD3B
17-hidroksipregnenolon → Dehidroepiandrosteron (DHEA)	CYP17A1
17-hidroksiprogesteron → Androstenedion	CYP17A1
DHEA → Dehidroepiandrosteron sülfat (DHEAS)	SULT2A1 / DHEA-DHEAS ilişkisi
DHEA → Androstenedion	HSD3B
DHEA ↔ Androstenediol	HSD17B
Androstenediol → Testosteron	HSD3B
Androstenedion ↔ Testosteron	HSD17B
Androstenedion → Östron	CYP19A1 (Aromataz)
Testosteron → Östradiol	CYP19A1 (Aromataz)
Östron ↔ Östradiol	HSD17B
Testosteron → Dihidrotestosteron (DHT)	SRD5A2 (5-alfa-redüktaz tip 2)

Aldosteron ve renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi (RAAS)

Aldosteron, adrenal korteksin zona glomeruloza tabakasından salgılanan bir mineralokortikoiddir. Böbrekte sodyum geri emilimini artırırken potasyum ve hidrojen iyonlarının atılımını destekler; böylece ekstrasellüler sıvı hacmi, kan basıncı ve elektrolit dengesine katkıda bulunur (Morgan et al., 2013).

Dehidratasyon, sodyum eksikliği veya kanama dolaşan kan hacmini azaltır. Kan basıncının ve afferent arteriyoldeki perfüzyonun azalması, böbreğin jukstaglomerüler hücrelerinden renin salınımını uyarır. Renin, karaciğer kaynaklı anjiyotensinojeni anjiyotensin I'e dönüştürür. Başta akciğer damar yatağı olmak üzere

endotelde bulunan anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE), anjiyotensin I'i anjiyotensin II'ye çevirir.

Anjiyotensin II, arterioler vazokonstriksiyon oluşturur ve aldosteron sentezini artırır. Aldosteronla artan renal sodyum ve su geri emilimi kan hacmini ve kan basıncını yükseltir; potasyum ve hidrojen iyonlarının idrarla atılımı artar. Ekstrasellüler potasyum artışı da adrenal korteksi doğrudan uyarır. Anjiyotensin II ayrıca susamayı ve antidiüretik hormon (ADH) salınımını destekler. Hacim ve kan basıncının düzelmesi renin salınımını baskılayan negatif geri bildirim oluşturur.

Tiroid Hormonlarının Sentezi ve Etkileri

Hipotalamus-hipofiz-tiroid ekseni

Tiroid hormonlarının sentez ve salınımı, ön hipofizden salgılanan tiroid stimülan hormon (TSH) tarafından düzenlenir. TSH salınımı ise hipotalamik tirotropin salgılatıcı hormonun (TRH) kontrolündedir (Morgan et al., 2013). Hipotalamus, üst merkezlerden, vücut çekirdek sıcaklığından ve çevresel sıcaklıktan gelen uyarıları bütünleştirir. TSH artışı tiroid hormonlarının salınımını uyarır; dolaşımdaki hormonların yükselmesi hipotalamus ve hipofizde negatif geri bildirim oluşturur.

Foliküler yapı ve hormon sentezi

Tiroid bezi, foliküler epitel hücrelerinin çevrelediği foliküllerden oluşur. Folikül lümenindeki protein bakımından zengin kolloidin temel bileşeni tiroglobulindir. Tiroglobulin içindeki tirozin kalıntıları ve bunlara bağlanan iyot, triiyodotironin (T3) ve tiroksin (T4) sentezinin temelini oluşturur. İyot, diyetle alınması gereken bir

eser elementtir. Sentez süreci folikül hücresi içinde ve lümende gerçekleşir:

- Tiroglobulin sentezlenir ve folikül lümenine taşınır.
- İyodür (I-), sodyum-iyodür simporterı (NIS) aracılığıyla ATP kullanılarak aktif taşımayla folikül hücresine alınır.
- İyodür apikal yüzeye ulaşır ve tiroid peroksidaz (TPO) aracılığıyla okside edilerek iyoda dönüştürülür.
- Organifikasyon sırasında iyot, tiroglobulindeki tirozin kalıntılarına bağlanır; monoiyodotirozin (MIT) ve diiyodotirozin (DIT) oluşur.
- İki DIT'nin eşleşmesi T4'ü, bir MIT ile bir DIT'nin eşleşmesi T3'ü oluşturur.
- İyotlanmış tiroglobulin endositozla folikül hücresine alınır ve lizozomal işlemden geçirilir.
- T3 ve T4 tiroglobulinden ayrılarak dolaşıma verilir; MIT ve DIT bileşenleri deiyodinazlarca serbest bırakılarak iyot geri kazanılır.

TSH'nin reseptörüne bağlanması, G proteini aracılığıyla adenilat siklazı uyarır; ATP'den cAMP oluşur ve protein kinaz A aktivasyonu ile hormon sentez ve salınımı uyarılır (Morgan et al., 2013).

Taşınma ve sistemik etkiler

T4 daha fazla miktarda üretilir; T3 ise biyolojik olarak daha aktiftir. Hedef dokularda 5′-deiyodinaz aracılığıyla T4, T3'e dönüştürülür; inaktif form olarak revers T3 (rT3) de oluşabilir. Tiroid hormonları dolaşımda başta tiroksin bağlayıcı globuline (TBG) bağlı

taşınır. Karaciğer yetmezliğinde TBG üretiminin azalmasıyla serbest tiroid hormonu konsantrasyonu geçici olarak artabilir ve negatif geri bildirimle hormon üretimi dengelenir.

Tiroid hormonları yeni protein sentezi üzerinden yaygın etki gösterir. Büyüme hormonu ile sinerji oluşturur; doku oksijen tüketimini, bazal metabolizma hızını ve vücut sıcaklığını artırır. Kalp debisi ve ventilasyon artar. Merkezi sinir sisteminin olgunlaşması ve işlevlerinin sürdürülmesi desteklenir. Hipersekresyon kilo kaybı, besin alımında artış, metabolik hız ve sıcaklık artışı ile taşikardiye (örn. Graves hastalığı) yol açabilir. Hormon yetersizliği erişkinde kilo artışı, yavaşlama ve adet bozukluklarıyla; yenidoğanda ise büyüme ve nörogelişim bozukluklarıyla ilişkilidir (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013).

Paratiroid Hormonu ve D Vitamini ile Kalsiyum Düzenlenmesi

Plazma iyonize kalsiyumunun azalması paratiroid hormon (PTH) salınımını uyarır. PTH kemik rezorpsiyonunu ve böbrekten kalsiyum geri emilimini artırır; böbrekte 1-alfa-hidroksilaz enzimini uyararak D vitamininin aktifleşmesini destekler. Aktif D vitamini [$1,25(OH)_2D$] bağırsaktan kalsiyum ve fosfat emilimini artırır. Kan kalsiyumunun yükselmesi paratiroid bezlerindeki kalsiyum algılayan reseptörler (CaSR) üzerinden negatif geri bildirimle PTH salınımını azaltır (Morgan et al., 2013).

D vitamini metabolizması: Derideki 7-dehidrokolesterol, Güneşten gelen UVB ışını ve ısı etkisiyle kolekalsiferole (D3 vitamini) dönüşür. Besinlerle alınan D vitamini bağırsaktan emilerek dolaşıma katılır. Karaciğerde 25-hidroksivitamin D [25(OH)D], böbrekte ise 1,25-dihidroksivitamin D [$1,25(OH)_2D$] oluşur. Aktif D

vitamini renal kalsiyum tutulmasını, bağırsak mukozasından kalsiyum emilimini ve kemik mineralizasyonunu düzenler.

Antidiüretik Hormon (ADH) ve Su Dengesi

Antidiüretik hormon (ADH) veya vazopressin, hipotalamusun supraoptik ve paraventriküler çekirdeklerinde sentezlenip arka hipofizden salgılanır. Böbreğin toplayıcı kanallarında V2 reseptörleri aracılığıyla su kanallarının (Akuaporin-2) lüminal membrana eklenmesini sağlar ve suyun geri emilimini artırır (Society for Endocrinology, 2018; Spasovski et al., 2014). Su tutulması plazmayı seyreltir ve idrarı konsantre eder. ADH eksikliği veya böbreğin ADH'ye yanıt vermemesi santral veya nefrojenik Diabetes Insipidus'a (bol miktarda seyreltik idrar atılımı); uygunsuz aşırı ADH salınımı (SIADH) ise su tutulumu ve dilüsyonel hiponatremiye yol açar (Spasovski et al., 2014).

Cerrahi ve Anesteziye Stres Yanıtı

Nöroendokrin değişiklikler

Cerrahi ve travma, hormonal ve sempatik yanıtları birlikte başlatır (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013). ACTH ve kortizol salınımı artar; kortizol artışına karşı normal negatif geri bildirim düzeni değişir. Büyüme hormonu, prolaktin, ADH, renin ve glukagon salınımı artarken insülin, T3, östrojen ve testosteron düzeyleri veya salınımı azalabilir. Renin artışı, RAAS sistemini aktive eder.

Hipotalamus sempatik sinir sistemini uyarır. Sempatik uyarı adrenal medulladan katekolamin salınımına, sempatik sinir uçlarından ise noradrenalin salınımına neden olur. Renin ve glukagon salınımı da sempatik uyarıyla artar.

Metabolik sonuçlar

Karbonhidrat yıkımındaki artış ve periferik glukoz alımındaki azalma hiperglisemi oluşturur. Glukoneogenez ve katabolizma artarken anabolizma azalır; kas proteolizi ve kilo kaybı gelişebilir. Su ve sodyum tutulumu ile potasyum atılımı (hipokalemi) görülebilir. Lipid metabolizmasında lipoliz artar ve serbest yağ asitleri mobilizasyonu gerçekleşir (Morgan et al., 2013).

Stres yanıtının değiştirilmesi

Yüksek doz opioidler kortizol ve katekolamin yanıtını azaltabilir. Etomidat, 11-beta-hidroksilaz enzimini inhibe ederek geçici kortizol sentez baskılanmasına yol açar (Beuschlein et al., 2024). Klonidin ve dexmedetomidin sempatik yanıtı azaltır. Nöroaksiyel blokaj (epidural/spinal anestezi) cerrahi stres yanıtını belirgin şekilde baskılayabilir (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013). Laparoskopik cerrahi gibi daha az invaziv yöntemler proinflamatuvar sitokin salınımını azaltır. Normoterminin korunması ve beslenmenin desteklenmesi stres yanıtını azaltan diğer yaklaşımlardır.

ENDOKRİN HASTALIKLAR VE PERİOPERATİF YÖNETİM

Diyabetik Ketoasidoz (DKA) ve Hiperglisemik Hiperosmolar Durum (HHS)

Diyabetik ketoasidoz (DKA) ve hiperglisemik hiperosmolar durum (HHS), insülin eksikliği ve katabolik hormon fazlalığı sonucu gelişen akut, yaşamı tehdit eden metabolik acillerdir (Umpierrez et al., 2024). DKA hiperglisemi, metabolik asidoz ve ketonemi üçlüsü

ile karakterizeyken; HHS belirgin hiperglisemi, yüksek serum osmolalitesi ve ağır dehidratasyon ile seyreder.

Tablo 3 DKA ve HHS tanı kriterleri ve klinik karşılaştırması

Parametre	**Diyabetik Ketoasidoz (DKA)**	**Hiperglisemik Hiperosmolar Durum (HHS)**
Plazma Glukozu	≥200 mg/dL (veya bilinen DM öyküsü)	≥600 mg/dL
Arteriyel / Venöz pH	<7,30	≥7,30
Serum Bikarbonat	<18 mEq/L	≥15-18 mEq/L
Ketonemi / Ketonüri	Beta-hidroksibütirat ≥3,0 mmol/L veya idrarda ≥2+	Yok veya hafif (<3,0 mmol/L)
Etkin Osmolalite	Değişken	>300 mOsm/kg
Gelişim Süreci	Hızlı (saatler - günler içinde)	Yavaş (günler - haftalar içinde)
Mantal Durum	Hafif vakalarda açık; ağırda konfüzyon/koma	Sıklıkla belirgin stupor veya koma

Tedavi İlkeleri (Morgan et al., 2013; Umpierrez et al., 2024):

- Sıvı Tedavisi: %0,9 NaCl ile agresif sıvı replasmanı. Kan glukoz düzeyi <250 mg/dL seviyesine düştüğünde, hipoglisemiyi önlemek ve insülin infüzyonuna devam edebilmek için %5-%10 dekstroz eklenir.
- İnsülin İnfüzyonu: 0,05 - 0,1 ünite/kg/saat kısa etkili insülin infüzyonu. Kan glukozu DKA'da <200-250 mg/dL, HHS'de ise <250-300 mg/dL seviyesinde hedeflenerek insülin dozu ayarlanır.
- Potasyum Yönetimi: İnsülin tedavisi potasyumu hücre içine kaydırır. Serum potasyumu <3,5 mEq/L ise insülin geçici durdurulup potasyum replasmanı yapılmalıdır; 3,5-5,0 mEq/L arasında iv sıvılara potasyum eklenir.

- Perioperatif Yaklaşım: Elektif cerrahiler DKA veya HHS tablosu tamamen düzelene kadar ertelenmelidir. Acil cerrahilerde sürekli iv insülin ve yakın glukoz/elektrolit takibi ile cerrahiye girilmelidir.

Akromegali

Akromegali, sıklıkla bir hipofiz adenomundan aşırı Büyüme Hormonu (GH) ve buna bağlı olarak karaciğerden İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü-1 (IGF-1) salgılanması sonucu gelişir (Katznelson et al., 2014). Glikoz tolerans bozukluğu ve insülin direnci sık eşlik eder.

Anestezi ve Perioperatif Riskler (Katznelson et al., 2014; Morgan et al., 2013):

- Zor Hava Yolu: Dil büyümesi (makroglossi), yumuşak doku hipertrofisi, vokal kortlarda kalınlaşma ve rekürren laringeal sinir basısı zor entübasyon ve ventilasyon riskini belirgin artırır. Preoperatif ayrıntılı hava yolu muayenesi ve videolaringoskop/fleksibil bronkoskop hazırlığı şarttır.
- Kardiyovasküler Etkiler: Hipertansiyon, sol ventrikül hipertrofisi, kardiromiyopati ve aritmi riski artmıştır.
- Solunum Sistemi: Obstrüktif uyku apnesi (OUA) prevalansı yüksektir. Postoperatif yakın solunum takibi ve CPAP hazırlığı gerekebilir.

Adrenal Yetmezlik ve Steroid Replasmanı

Adrenal yetmezlik primer (Adrenal korteks harabiyeti - Addison hastalığı) veya sekonder/tersiyer (Hipofiz/Hipotalamus baskılanması veya kronik glukokortikoid kullanımı) olabilir

(Beuschlein et al., 2024; York and Scarborough NHS, 2023). Kronik steroid alan hastalarda cerrahi stres altında akut adrenal kriz (hipotansiyon, hiponatremi, hiperkalemi, hipoglisemi) gelişme riski yüksektir.

Perioperatif Glukokortikoid Stres Dozu Protokolü (Beuschlein et al., 2024; Woodcock et al., 2020):

Tablo 4 Cerrahi stres düzeyine göre perioperatif steroid replasmanı

Cerrahi Stres Seviyesi	**Örnek Prosedürler**	**Önerilen Hidrokortizon Dozu**
Küçük Stres (Minor)	Lokal anestezi altındaki girişimler, küçük yüzeyel cerrahiler	Mutlak idame dozuna devam edilir veya indüksiyonda 25-50 mg iv hidrokortizon verilir.
Orta Stres (Moderate)	Laparoskopik cerrahiler, eklem protezleri, rezeksiyonlar	İndüksiyonda 50-75 mg iv hidrokortizon, ardından 24 saat boyunca 3x25 mg/gün iv veya oral.
Büyük Stres (Major)	Açık batın/toraks cerrahisi, büyük kanser ameliyatları, kardiyak cerrahi	İndüksiyonda 100 mg iv bolus hidrokortizon, ardından 24 saatlik sürekli infüzyonla 200 mg/gün (veya 4x50 mg iv). Hasta oral alana kadar devam edilir.

Santral Diabetes Insipidus (CDI)

Santral Diabetes Insipidus, antidiüretik hormonun (ADH/vazopressin) yetersiz salınımı sonucu ortaya çıkar. Hipofiz ve hipotalamus cerrahileri sonrası sıklıkla gelişir (Society for Endocrinology, 2018). Poliüri (>3 L/gün veya >200 mL/saat), hipoosmolar idrar (<300 mOsm/kg) ve hipernatremi ile karakterizeyken.

Perioperatif Yönetim (Society for Endocrinology, 2018):

- Sıvı Dengesi ve Saatlik İdrar Takibi: Saatlik idrar çıkışı ve sıvı balansı titizlikle izlenmelidir.

- Desmopressin (DDAVP) Tedavisi: Aşırı poliüri ve yükselen sodyum varlığında parenteral desmopressin (1-2 mcg iv/sc) uygulanır.
- Serum Sodyum Takibi: Sodyum düzeyleri 4-6 saatte bir ölçülmeli; sodyum konsantrasyonundaki hızlı değişimlerden ve santral pontin miyelinolizis riskinden kaçınılmalıdır.

Hiponatremi Tanı ve Tedavisi

Hiponatremi, serum sodyum konsantrasyonunun <135 mEq/L (mmol/L) olmasıdır ve klinik pratikte en sık karşılaşılan elektrolit bozukluğudur (Spasovski et al., 2014). Serum osmolalitesine göre hipotonik, izotonik (örneğin psödohiponatremi) ve hipertonik (örneğin belirgin hiperglisemiye bağlı) olarak ayrılır.

Hiperglisemiye Bağlı Düzeltilmiş Sodyum Hesabı (Hillier et al., 1999; Spasovski et al., 2014):

Kan glukozu normal sınırın (100 mg/dL) üzerindeki her 100 mg/dL artış için ölçülen serum sodyum değerine 1,6 mEq/L (ağır hiperglisemide 2,4 mEq/L) eklenir:

Düzeltilmiş Na = Ölçülen Na + 1,6 x [(Glukoz (mg/dL) - 100) / 100]

Tedavi Prensipleri (Spasovski et al., 2014):

- Ağır Semptomatik Hiponatremi (Nöbet, Koma, Serebral Ödem): %3 hipertonik NaCl iv bolus (150 mL 10-20 dakikada) uygulanarak serum sodyumu hızla 4-6 mEq/L yükseltilir.

- Düzeltme Hızı Sınırı: Osmotik Demyelinizasyon Sendromu (ODS) riskini önlemek için sodyum düzeltme hızı ilk 24 saatte 8-10 mEq/L'yi geçmemelidir.
- Asemptomatik / Hafif Hiponatremi: SIADH durumunda sıvı kısıtlaması; hipovolemide ise %0,9 NaCl ile volum replasmanı tercih edilir.

Kaynakça

Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K., Cahalan, M. K., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., & Holt, N. F. (2024). *Barash, Cullen, and Stoelting's clinical anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Beuschlein, F., Else, T., Bancos, I., Hahner, S., Hamidi, O., van Hulsteijn, L., Husebye, E. S., Karavitaki, N., Prete, A., Vaidya, A., Yedinak, C., & Dekkers, O. M. (2024). European Society of Endocrinology and Endocrine Society joint clinical guideline: Diagnosis and therapy of glucocorticoid-induced adrenal insufficiency. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 109*(7), 1657–1683. doi: 10.1210/clinem/dgae250.

Gropper, M. A., Cohen, N. H., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Leslie, K., & Wiener-Kronish, J. P. (2020). *Miller's anesthesia* (9th ed.). Elsevier.

Hillier, T. A., Abbott, R. D., & Barrett, E. J. (1999). Hyponatremia: Evaluating the correction factor for hyperglycemia. *American Journal of Medicine, 106*(4), 399–403. doi: 10.1016/s0002-9343(99)00055-8.

Katznelson, L., Laws, E. R., Jr., Melmed, S., Molitch, M. E., Murad, M. H., Utz, A., & Wass, J. A. (2014). Acromegaly: An Endocrine Society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 99*(11), 3933–3951. doi: 10.1210/jc.2014-2700.

Morgan, G. E., Mikhail, M. S., & Murray, M. J. (2013). *Morgan and Mikhail's Clinical Anesthesiology* (5th ed.). McGraw-Hill Medical.

Society for Endocrinology (2018). Clinical guidance: Inpatient management of cranial diabetes insipidus. *Endocrine Connections, 7*(7), G1–G7. doi: 10.1530/EC-18-0154.

Society for Endocrinology (2026). Adrenal crisis. https://www.endocrinology.org/adrenal-crisis

Spasovski, G., Vanholder, R., Allolio, B., Annane, D., Ball, S., Bichet, D., Decaux, G., Fenske, W., Hoorn, E. J., Ichai, C., Joannidis, M., Soupart, A., Zietse, R., Haller, M., van der Veer, S., Van Biesen, W., & Nagler, E. (2014). Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of hyponatraemia. *European Journal of Endocrinology, 170*(3), G1–G47. doi: 10.1530/EJE-13-1020

Umpierrez, G. E., Davis, G. M., ElSayed, N. A., Fadini, G. P., Galindo, R. J., Hirsch, I. B., Klonoff, D. C., McCoy, R. G., Misra, S., Gabbay, R. A., Bannuru, R. R., & Dhatariya, K. K. (2024). Hyperglycemic crises in adults with diabetes: A consensus report. *Diabetes Care, 47*(8), 1257–1275. doi: 10.2337/dci24-0032.

Woodcock, T., Barker, P., Daniel, S., Fletcher, S., Wass, J. A., & Arlt, W. (2020). Guidelines for the management of glucocorticoids during the peri-operative period for patients with adrenal insufficiency: Guidelines from the Association of Anaesthetists, the Royal College of Physicians and the Society for Endocrinology UK. *Anaesthesia, 75*(5), 654–663. doi: 10.1111/anae.14963.

York and Scarborough Teaching Hospitals NHS Foundation Trust (2023). Investigation of adrenal insufficiency in adults (Version 1.0, CB-INF-CORTISOL). Scarborough, Hull and York Pathology Service. https://www.yorkhospitals.nhs.uk/seecmsfile/?id=7384

BÖLÜM 38

ENDOKRİN HASTALIKLARDA ANESTEZİ

MELİKE DEMİR IŞIKTEKİN[1]

Diabetes Mellitus ve Perioperatif Yönetim

Tanım ve sınıflandırma

Diabetes mellitus, mutlak veya göreceli insülin yetersizliği nedeniyle karbonhidrat ve lipid metabolizmasının bozulduğu, birden fazla organ sistemini etkileyen bir hastalıktır (American Diabetes Association [ADA], 2026; Morgan et al., 2013). Tip 1 diyabet, pankreas beta hücrelerinin otoimmün hasarına bağlı insülin eksikliğiyle ilişkilidir; çocuklukta veya genç erişkinlikte başlayabilir. Tip 2 diyabet, özellikle obeziteyle ilişkili insülin direnci zemininde gelişir ve daha ileri yaşta ortaya çıkan biçimdir. Gestasyonel diyabet, ilaca bağlı diyabet ve diğer pankreas hastalıklarına bağlı diyabet de dikkate alınmalıdır.

[1] Uzm. Dr., University College London Hospitals NHS Foundation Trust, Orcid: 0000-0002-9909-6924

Tanı

Tanı, açlık plazma glukozu veya oral glukoz yüklemesinden iki saat sonraki plazma glukozuna dayandırılmıştır. Kaynakta 75 g glukoz yüklemesi kullanılır. Türkiye klinik uygulamaları ve uluslararası kılavuzlar (ADA, 2026) doğrultusunda glukoz değerleri mg/dL cinsinden aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1 Türkiye klinik uygulamaları ve uluslararası kılavuzlar (ADA, 2026) doğrultusunda glukoz değerleri

Durum	**Açlık Plazma Glukozu (mg/dL)**	**2. Saat Plazma Glukozu (mg/dL)**
Diabetes Mellitus	≥126 mg/dL (≥7,0 mmol/L)	veya ≥200 mg/dL (≥11,1 mmol/L)
Bozulmuş Glukoz Toleransı (IGT)	<126 mg/dL (<7,0 mmol/L)	140 - 199 mg/dL (7,8 - 11,0 mmol/L)
Bozulmuş Açlık Glukozu (IFG)	100 - 125 mg/dL (6,1 - 6,9 mmol/L)	<140 mg/dL (<7,8 mmol/L)

Bozulmuş glukoz toleransı prediyabetik durum, bozulmuş açlık glukozu ise diyabet gelişme riskinin arttığı durum olarak tanımlanmıştır. Tablodaki değerler tarihsel önemı vardır; tek ölçümle tanı doğrulama koşullarını veya bütün güncel tanı yöntemlerini kapsamaz (ADA, 2026).

Preoperatif değerlendirme ve sistemik komplikasyonlar

Uzun süreli diyabette makrovasküler ve mikrovasküler hasar birlikte araştırılır (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013). Hipertansiyonun kontrol durumu ve antihipertansiflerin alınıp alınmadığı sorgulanır. İskemik kalp hastalığı, inme veya geçici iskemik atak ve periferik damar hastalığı değerlendirilir. İleri damar hastalığı bulunan hastada intraoperatif iskemi riski yüksektir.

Nefropati mikroalbüminüriden düşük tahmini glomerüler filtrasyon hızına ve diyaliz bağımlılığına kadar uzanan bir spektrum oluşturur. Nöropati ve retinopati mikrovasküler komplikasyonlardır. Otonom nöropati perioperatif kardiyovasküler instabiliteye neden olabilir. Gastrointestinal tutulum gecikmiş mide boşalması, gastroparezi, reflü ve gece ishaliyle kendini gösterebilir.

Sınırlı eklem hareketliliği veya "stiff joint syndrome", ağız açıklığını ve boyun hareketlerini azaltarak hava yolu yönetimini güçleştirebilir (Morgan et al., 2013). Enfeksiyona yatkınlık ve eşlik eden sepsis olasılığı da değerlendirilir. İnsülin tedavisi, diyabetin süresi, yakın dönem glisemik kontrol ve tedaviye uyum ayrıntılı biçimde sorgulanır. Preoperatif değerlendirme randevusuna gelmeme, hastanın tedavinin önemini yeterince anlamadığını veya daha geniş uyum sorunları bulunduğunu düşündürebilir; bu durum preoperatif görüşmeyle açıklığa kavuşturulmalıdır.

Otonom nöropatinin değerlendirilmesi

Ortostatik hipotansiyon, gece ishali ve yemekle tetiklenen terleme otonom nöropatiyi düşündürür (Morgan et al., 2013). Derin solunum sırasında kalp hızı değişkenliğinin 10 atım/dakikanın altında olması bir bulgu olarak belirtilir. Valsalva manevrasına anormal yanıt da araştırılabilir. İkinci fazda aşırı hipotansiyon ve üçüncü-dördüncü fazlarda beklenen basınç artışı ve bradikardinin görülmemesi tanıyı destekler.

Antidiyabetik ilaç grupları

Tablo 2 Antidiyabetik ilaç grupları

Grup	Örnek ve Özellik
Sülfonilüreler	Glibenklamid uzun, gliklazid daha kısa etkili örneklerdir; insülin salınımını artırırlar.
Biguanidler	Metformin glukoz kullanımını artırır ve glukoneogenezi azaltır.
Tiyazolidindionlar	Pioglitazon PPAR-gama aktivasyonu üzerinden etki gösterir. Kaynak, rosiglitazonun artık kullanılmadığını belirtir.
Meglitinidler	Repaglinid ve kaynakta "Metiglinde" olarak yazılan ilaç adı listelenmiştir. İkinci adın hangi ilacı ifade ettiği açık değildir.
Alfa-glukozidaz İnhibitörleri	Akarboz.
İnsülin	Salınım ve etki süreleri farklı çeşitli preparatlar.
GLP-1 Reseptör Agonistleri	Subkutan uygulanan eksenatid.
DPP-4 İnhibitörleri	Gliptinler; örnek saksagliptin.
Amilin Analogları	Pramlintid; beta hücrelerinden insülinle birlikte salgılanan amilinin etkisini taklit eder.

Klinik örnek ve hastane içi glisemik yönetim

Klinik Örnek: *Elli iki yaşında, uzun süredir insülin kullanan bir erkek hasta, preoperatif değerlendirme polikliniğine gelmemiş ve timpanoplasti ameliyatının sabahında hastaneye başvurmuştur. Bu hastada diyabete bağlı organ hasarının yanı sıra perioperatif insülin planının yapılmamış olması, hipoglisemiye yol açabilecek ilaçların veya olağan insülin dozlarının alınmış olma olasılığı ve yakın tarihli HbA1c sonucunun bulunmaması önemlidir. Ameliyat günü tamamlanacak tetkikler işlemi geciktirerek açlık süresini uzatabilir.*

Başvuruda düzenli kapiller glukoz ölçümü, idrarda albümin ve keton değerlendirmesi, elektrokardiyografi (EKG), böbrek fonksiyonları, elektrolitler ve HbA1c incelenir. Açlık en aza indirilir; mümkünse hasta ameliyat listesinin erken sıralarına alınır.

Postoperatif bulantı ve kusma aktif olarak önlenir ve uygun olduğunda oral beslenmeye erken dönülür. Birden fazla öğünün atlanması bekleniyorsa değişken hızlı intravenöz insülin infüzyonu (VRIII) değerlendirilir. Türkiye klinik standartlarında ve uluslararası kılavuzlarda hedef kapiller glukoz aralığı 108 - 180 mg/dL (6 - 10 mmol/L) olarak belirlenmiştir (Umpierrez et al., 2024).

Peroperatif plan: AAGBI 2015 ve yerel protokollere dayanan yaklaşımında uzun etkili insülinin sürdürülmesi, ameliyat sabahı uygulanacaksa dozun %20 azaltılması; bolus insülinin ise kılavuza göre ayarlanması veya atlanması belirtilir. Hasta oral beslenmeye döndüğünde olağan rejime mümkün olduğunca erken geçilir. Glisemik kontrol güçse diyabet ekibinden destek alınır. Hastaya normoglisemi hedefi ve olağan tedavideki kesintinin en aza indirilmesi açıklanır. Bu doz yaklaşımı bütün insülin preparatları için tek bir evrensel şema olarak uygulanmamalıdır.

Büyük ve acil cerrahide glukoz kontrolü

Klinik Örnek: *On beş yıldır diyabeti bulunan 65 yaşındaki erkek hasta, başarısız seri debridmanların ardından acil aortobifemoral greft ameliyatına alınacaktır. Hasta olası kötü kontrollü tip 2 diyabet, insülin dâhil birden fazla antidiabetik ilaç kullanımı ve büyük cerrahi gereksinimi çerçevesinde değerlendırılmelıdır. Dekompansasyon ve uzun açlık, örnekte ikiden fazla öğünün atlanması, intravenöz insülin infüzyonu gereksinimini artırır. Bu durumda "sliding scale" tercih edılmelıdır (NHS Diabetes 2011; Umpierrez et al., 2024).*

Solunum ve kardiyovasküler etkiler

Obezite, obstrüktif uyku apnesi (OUA) ve obezite hipoventilasyon sendromuyla ilişkili olabilir (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013). Polisitemi, sağ ventrikül yetersizliği, kor pulmonale ve tip 2 solunum yetersizliği gelişebilir. Oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimi artar; göğüs duvarı kompliyansı azalır ve diyafram hareketi kısıtlanır. Solunum işi artarken fonksiyonel rezidüel kapasite (FRK) azalır ve ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu oluşur. Kardiyovasküler açıdan hipertansiyon, iskemik kalp hastalığı, kardiyomiyopati, aritmi, konjestif kalp yetersizliği, ani kardiyak ölüm ve dislipidemi sıklığında artış bildirilir.

Tablo 3

Vücut Kitle İndeksi (kg/m^2)	**Sınıf**
<18,5	Düşük kilolu
18,5 - 24,9	Normal
25,0 - 29,9	Fazla kilolu
30,0 - 34,9	Obezite Sınıf 1
35,0 - 39,9	Obezite Sınıf 2
>40,0	Obezite Sınıf 3 (Morbid Obezite)

Vücut ağırlığı kavramları

Toplam vücut ağırlığı (TBW), hastanın ölçülen gerçek ağırlığıdır. İdeal vücut ağırlığı (IBW), yağsız kütle ile yağ kütlesi arasındaki normal oran esas alınarak beklenen ağırlığı ifade eder; yaşla değişir ve yaklaşık olarak boy ile cinsiyetten hesaplanabilir. Kaynakta kullanılan yaklaşık formül, boydan erkeklerde 100, kadınlarda 105 çıkarılmasıdır.

Düzeltilmiş vücut ağırlığı (ABW), obez hastada artmış yağsız kütleyi ve bazı ilaçların artmış dağılım hacmini hesaba katar.

Kaynakta ideal ağırlığa fazla ağırlığın %40'ının eklenmesiyle hesaplanır:

$$ABW\ (kg) = IBW\ (kg) + 0{,}4 \times [TBW\ (kg) - IBW\ (kg)]$$

Anestezi planına etkiler

OUA bulunan hastada sedatif premedikasyondan kaçınma gereksinimi değerlendirilir (Morgan et al., 2013). Hava yolu açıklığını sürdürmek zor olabilir; obstrüksiyon ve zor ventilasyon olasılığı artar. Uyanık fiberoptik entübasyon gereksinimini artabilır ve aspirasyon riski nedeniyle hızlı seri indüksiyonun düşünülebilir. FRK azalması hızlı desatürasyona yatkınlık oluşturduğu için baş yukarı pozisyonda etkili preoksijenasyon önemlidir. Azalmış kompliyans daha yüksek inspiratuvar basınç ve pozitif ekspirasyon sonu basıncı gerektirebilir. Ekstübasyon oturur veya baş yukarı pozisyonda planlanır.

Bariatrik cerrahide intraoperatif yaklaşım

Uygun taşıma kapasitesine sahip ameliyat masası ve güvenli pozisyonlandırma gerekir. Kol destekleri ve uygun pozisyon yastıklarıyla bası noktaları ve periferik sinirler korunur.

İlacın ideal vücut ağırlığına, süksinilkolinin ise gerçek vücut ağırlığına göre verilmesi gerekir. İyi preoksijenasyon sağlanır; aspirasyon riski varsa hızlı seri indüksiyon, zor entübasyon bekleniyorsa uyanık fiberoptik entübasyon düşünülür. İdame için desfluran, sevofluran, propofol ve remifentanil sıralanır. Venöz tromboemboli profilaksisi uygulanır; mide dekompresyonu için orogastrik sonda kullanılabilir.

Cerrahi yöntemlere bağlı komplikasyonlar

Tablo 4

Restriktif Teknikler	**Malabsorptif Teknikler**
Bant kayması	Daha uzun cerrahi süre
Mide poşunda genişleme	B12 vitamini eksikliği
Mide prolapsusu	Demir eksikliği
Obstrüksiyon	Kalsiyum eksikliği
Disfaji	Folat eksikliği
Reflü	Yemek sonrası abdominal ve vazomotor belirtilerle dumping sendromu
Bant erozyonu	
Eroziv özofajit	
Port kaçağı	
Bağlantı tüpünün ayrılması veya işlev bozukluğu	

Postoperatif bakım

Yoğun bakım veya yüksek bağımlılık düzeyinde bakım gereksinimi değerlendirilirken Montefiore Obezite Cerrahisi Skoru MOSS kullanilir. Kırk yaşın üzerinde olma veya astım/horlama öyküsü, bu durumda yüksek bağımlılık ünitesi gereksinimini düşündüren özellikler olarak düşünülür. Gastrik bant cerrahisi, erkek cinsiyet, VKİ'nin 50 kg/m^2 üzerinde olması, OUA, önemli komorbiditeler ve önceki abdominal cerrahi de değerlendirmeye eklenir. Bu özellikler tek başına otomatik yoğun bakım endikasyonu olarak sunulmamalıdır. Beklenen entübasyon güçlüğü değerlendirilip kaydedilmeli; bütün bariatrik hastalar preoperatif değerlendirme polikliniğine başvurmalı ve gerektiğinde yatış öncesi anestezist değerlendirmesi yapılmalıdır.

Feokromasitoma

Klinik bulgular ve incelemeler

Klinik Örnek: *Kırk beş yaşındaki erkek hasta, feokromasitomanın laparoskopik rezeksiyonu için başvurmuştur. Katekolamin sentezi ve metabolizması birinci bölümde açıklanmıştır. Klinik değerlendirmede katekolamin fazlalığının kardiyovasküler, nörolojik, gastrointestinal ve renal sonuçları araştırılır (Barash et al., 2024; Morgan et al., 2013).*

Kardiyovasküler bulgular arasında çarpıntı, göğüs ağrısı, taşikardi, hipertansiyon, taşiaritmiler, yüzde kızarma, terleme, Raynaud fenomeni ve yüz solukluğu bulunur. Baş ağrısı, bulanık görme, papilödem, ateş, anksiyete, yaklaşan felaket veya ölüm hissi ve panik atak nörolojik ve psikolojik belirtilerdir. Bulantı, kusma, hiperglisemi, poliüri ve polidipsi de görülebilir.

Tanı: 24 saatlik idrar VMA ölçümü, serum metanefrin ölçümü, klonidin supresyon testi, manyetik rezonans görüntüleme (MRG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve metaiyodobenzilguanidin (MIBG) sintigrafisi. EKG'de miyokard infarktüsüyle ilişkili ST-T değişiklikleri, ventrikül hipertrofisi ve aritmiler araştırılır. Kardiyomiyopati varsa iki boyutlu ekokardiyografiyle miyokard işlevi değerlendirilir.

Preoperatif hazırlık

Cerrahi, kardiyoloji, endokrinoloji ve anestezi ekipleri birlikte çalışır. Ayrıntılı öykü ve muayenede kardiyak belirtiler, kardiyomiyopati ve hipertansiyona bağlı hedef organ hasarı değerlendirilir; miyokard işlevi incelenir (Morgan et al., 2013). Hazırlık hedefleri şunlardır:

- Kan basıncının sürekli olarak 160/90 mmHg'nın altında olması.
- Ortostatik kan basıncının 80/45 mmHg'nın altına düşmemesi.
- Aritmilerin tedavi edilmesi.
- Yedi günden uzun süre yeni ST değişikliği görülmemesi.
- Beş dakikada birden az ventriküler erken atım bulunması.
- Alfa blokajın etkisiyle burun tıkanıklığının ortaya çıkabilmesi.

Kaynakta fenoksibenzamin günde iki kez 10 mg ile başlayıp toplam 200 mg/güne kadar artırılabilen bir ilaç olarak verilir; yaklaşık 14 günlük hazırlık ve ameliyattan 1-2 gün öncesine kadar kullanım tarif edilir. Selektif alfa blokerler prazosin, doksazosin ve terazosin alternatiflerdir. Taşiaritmi varsa beta bloker eklenmesi gerekebilir. Bu yaklaşımda yeterli alfa blokaj sağlanmadan beta blokaj uygulanmaması önemlidir; kaynak ilaç sıralaması tek başına güvenli uygulama protokolü oluşturmaz.

İntraoperatif ve postoperatif yönetim

İndüksiyon, tümör manipülasyonu ve tümörün venöz drenajının bağlanması sırasında hızlı hemodinamik değişikliklere hazırlıklı olunur. Hipertansiyon için 1-5 mg fentolamin bolusu, 5-10 mg labetalol, sodyum nitroprussid ve nikardipin infüzyonu; alternatif olarak izofluran ve magnezyum infüzyonu yardımcı olur. Taşiaritmilerin tedavisinde lidokain ve amiodaron belirtilir. Ani pulmoner ödem gelişimine karşı hazırlık yapılır.

Kan basıncında ani düşüş veya yükselmeler beklenebilir. Sol ventrikül işlevi bozulmuş hastada sıvı ve inotrop gereksinimini yönlendirmek için pulmoner arter flotasyon kateteri ve santral venöz kateter kullanımı düşünülebilir. Postoperatif bakım düzeyi ameliyatın süresi ve karmaşıklığına göre belirlenir. Epidural analjezi bir seçenektir. Hipoglisemi izlenip tedavi edilir; bilateral adrenalektomi yapılmışsa glukokortikoid ve mineralokortikoid replasmanı gerekir.

Addison Hastalığı ve Adrenal Kriz

Klinik görünüm

Klinik Örnek: *Yeni Addison hastalığı tanısı alan bir hasta acil apendektomi için başvurmuştur. Adrenal yetmezlik sinsi başlangıçlı olabileceği gibi akut krizle de ortaya çıkabilir. Yorgunluk, çökkün duygudurum, karın ağrısı, iştahsızlık, güçsüzlük, kollaps, nöbet ve artmış susama özgül olmayan belirtilerdir (Beuschlein et al., 2024; York and Scarborough NHS Trust, 2023).*

Hipotansiyon, hiponatremi, hiperkalemi, hipoglisemi, poliüri ve pigmentasyon değişikliği görülür. Adrenal krizde belirgin bitkinlik, dehidratasyon, vasküler kollaps, böbrek işlevlerinde ciddi bozulma, düşük serum sodyumu ve yüksek serum potasyumu yer alır.

Tanısal değerlendirme

Kısa Synacthen testinde başlangıç kortizol örneği alınır; 250 mikrogram tetrakosaktid uygulanır ve 30. ile 60. dakikalarda kortizol ölçülür (Beuschlein et al., 2024; York and Scarborough NHS Trust, 2023). Test eşikleri kullanılan kortizol yöntemine ve laboratuvara bağlıdır. Kaynakta ayrıca aç hastaya 0,1 ünite/kg insülin verilmesiyle

yapılan insülin tolerans testi açıklanır. Glukozun 40 mg/dL (2,2 mmol/L) altına düşmesi ACTH salınımını ve kortizol yanıtını uyarır; yeterli yanıt için 500 nmol/L üzeri kortizol değeri belirtilir. Bu provokasyon testi, uygun hasta seçimi ve uzman gözetimi gerektiren bir incelemedir.

Adrenal krizde destek tedavisi

Hava yolu, solunum ve dolaşım hızla değerlendirilir. %100 oksijen, gereğinde ventilasyon desteği, intravenöz erişim ve sıvı resüsitasyonu önerilir (Beuschlein et al., 2024; Woodcock et al., 2020). İnotrop gereksiniminde santral erişim ve invaziv monitörizasyonla yüksek bağımlılık veya yoğun bakım düzeyinde izlem planlanır. Ortalama arter basıncı, sıvı dengesi, sodyum, potasyum ve glukoz yakından takip edilir; hipoglisemi için dekstroz gerekebilir.

Güncel Society for Endocrinology ve ESE acil yaklaşımına göre tedavi başlangıçta 100 mg intravenöz veya intramüsküler hidrokortizon, ardından 24 saatte 200 mg infüzyon veya altı saatte bir 50 mg şeklindedir (Beuschlein et al., 2024; Woodcock et al., 2020).

Perioperatif glukokortikoid desteği

Normalde cerrahinin büyüklüğüne göre endojen kortizol salınımı artar. Dışarıdan glukokortikoid kullanımı hipotalamus-hipofiz-adrenal ekseni baskılayarak bu yanıtı azaltabilir. Değerlendirmede kullanılan doz, son kullanım zamanı ve cerrahinin büyüklüğü önemlidir (Beuschlein et al., 2024; Woodcock et al., 2020). Uygulamada kullanılan tablo:

Tablo 5

Durum	**Yaklaşım**
Günlük doz <10 mg	Ek steroid desteğine gerek olmadığı belirtilir.
Son 3 ayda >10 mg/gün prednizon veya eşdeğeri + küçük cerrahi	Ameliyathanede 25 mg hidrokortizon.
Aynı steroid öyküsü + orta cerrahi	Olağan preoperatif doz; indüksiyonda 25 mg hidrokortizon ve 24 saat boyunca 100 mg/gün.
Aynı steroid öyküsü + büyük cerrahi	Olağan preoperatif doz; indüksiyonda 25 mg hidrokortizon ve 48-72 saat boyunca 100 mg/gün.

Klinik Güncelleme: “10 mg altında ek destek gerekmez” kuralı adrenal baskılanmayı güvenle dışlamaz. 2024 ESE/Endocrine Society kılavuzu (Beuschlein et al., 2024), 3-4 hafta veya daha uzun süre fizyolojik düzeyin üzerinde kullanımda risk bulunduğunu; fizyolojik düzeyin yaklaşık 4-6 mg/gün prednizon veya prednizolona karşılık geldiğini belirtir. Adrenal yetmezliği dışlanmamış hastada cerrahi stres, anestezi türü, oral alım ve hemodinamik durum dikkate alınarak destek planlanır.

Conn Hastalığı ve Hiperaldosteronizm

Primer hiperaldosteronizm genellikle adrenal adenom veya bilateral adrenal hiperplaziye bağlıdır. Sekonder hiperaldosteronizm, artmış renine yanıt olarak gelişir; kaynakta konjestif kalp yetersizliği ve karaciğer sirozu örnek olarak verilir (Morgan et al., 2013).

Klinikte hipertansiyon ön plandadır ve bazen dirençli veya malign olabilir. Hipokalemi ve zaman zaman metabolik alkaloz görülür. Hipertansiyon için kullanılan bazı diüretikler hipokalemiyi ağırlaştırabilir.

Adrenal MRG ile adenom araştırılır.

Hiperparatiroidizm ve Paratiroidektomi

Etiyoloji ve sistemik etkiler

Klinik Örnek: *Elli yaşındaki erkek hasta, tedaviye dirençli hiperkalsemi nedeniyle acil paratiroidektomi için yönlendirilmiştir. Kaynakta primer hiperparatiroidizmin nedenleri tek paratiroid adenomu için %90, birden fazla adenom veya hiperplazi için %10 olarak verilmiştir (Morgan et al., 2013).*

Hiperkalsemi böbrek taşı, tübüler işlev bozukluğu, poliüri ve polidipsiye yol açabilir. İskelet bulguları osteopeni, subkortikal kemik rezorpsiyonu, kemik ağrısı ve patolojik kırıklardır. Yorgunluk, özellikle proksimal kaslarda güçsüzlük ve duygudurum bozuklukları görülebilir. Gastrointestinal bulgular arasında peptik ülser yer alır. Hipertansiyon, EKG'de QT ve ST segmentlerinde kısalma ve kardiyak ileti bozuklukları gelişebilir.

Preoperatif değerlendirme

Öykü ve muayenede klinik ötiroidi durumu, hava yolu ve boyun değerlendirilir. Guatr veya boyun kitlesi araştırılır; hava yoluna bası nadirdir. Boyun venlerinde dolgunluk superior vena kava obstrüksiyonunu düşündürebilir. Tam kan sayımı, üre-elektrolitler, tiroid fonksiyonları ve düzeltilmiş kalsiyum ölçülür. Akciğer grafisinde trakeal deviasyon araştırılır; guatr varsa toraks girişinin lateral görüntüleri, hava yolu basısı düşünülüyorsa BT ve nazoendoskopi değerlendirilir.

Cerrahi ve intraoperatif anestezi

Gözler kapatılıp korunur; spiralli endotrakeal tüpler sık kullanılır. Venöz dolgunluğu azaltmak için hafif baş yukarı pozisyon verilir. Baş ekstansiyona getirilip baş halkasıyla desteklenir;

skapulalar arasına uygun destek yerleştirilebilir. Kolların pozisyonu ve cerrahi örtüler nedeniyle uzun intravenöz hat gerekebilir. Nöromüsküler blokaj izlenir. Yara kapatılmadan önce hemostazı değerlendirmek için Valsalva manevrası istenebilir.

Geleneksel paratiroidektomide boyunda kolye biçimli kesi, bilateral eksplorasyon ve dört bezin tanımlanması yapılır. Çıkarılacak bez sayısı hastalığın türüne bağlıdır; bu ifade bütün hastalarda dört bezin çıkarılması anlamına gelmez. Genel anestezi yaklaşımı tiroid cerrahisine benzer. Frozen inceleme veya intraoperatif PTH ölçümü nedeniyle ameliyat süresi öngörülemeyebilir; aktif ısı korunması düşünülür.

Teknesyum-99m sestamibi ile preoperatif lokalizasyon, yaklaşık 2 cm'lik kesiyle minimal invaziv paratiroidektomi yapılmasını sağlayabilir. Genel anestezide spiralli tüp veya uygun hastada laringeal maske kullanılabilir. Lokal anestezi seçenekleri yüzeyel veya derin servikal pleksus bloğu ve cerrahi infiltrasyondur.

Postoperatif izlem ve komplikasyonlar

Hasta, venöz konjesyon ve ödemi azaltmak için mümkün olduğunca dik pozisyonda derlenir. Serum kalsiyumunun ameliyattan 6 ve 24 saat sonra ölçülmesi önerilir. Hipokalsemide replasman gerekir. Ağrı genellikle şiddetli değildir ve oral analjeziklerle kontrol edilebilir; renal işlev bozukluğunda nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlardan kaçınılır.

Komplikasyonlar; boyunda gergin şişlik ve hava yolu basısı oluşturan kanama, nadir trakeomalazi, rekürren laringeal sinir paralizisi, laringeal ödem, hipokalsemi ve pnömotorakstır.

Hipertiroidizm ve Tiroidektomi

Tirotoksikozun ilaç tedavisi

Klinik Örnek: *Graves hastalığı ve palpe edilebilir guatrı olan 45 yaşındaki kadın hasta elektif tiroidektomi için başvurmuştur. Tiroid hormon sentezinin düzenlenmesi birinci bölümde açıklanmıştır (Morgan et al., 2013).*

Tablo 6

İlaç	Etki ve Önemli Özellikler
Karbimazol	Hızla metimazole dönüşen ön ilaçtır. Tiroid peroksidazı ve iyodürün iyoda oksidasyonunu inhibe ederek T3 ve T4 sentezini azaltır. Ciddi yan etkiler arasında kemik iliği baskılanması ve agranülositoz bulunur.
Propiltiyourasil	Tiroglobulindeki tirozin kalıntılarının iyotlanmasını ve periferde T4'ün T3'e dönüşümünü inhibe eder. Kaynakta trombositopeni, aplastik anemi ve agranülositoz belirtilir.
Propranolol	Beta blokajla sempatik belirtileri kontrol eder; ayrıca periferik T4-T3 dönüşümünü azaltır.
İyot	Yüksek dozlarda hormon üretimini ve TSH etkisini azaltır. Yaklaşık 10-14 günde tiroid vaskülaritesini belirgin azaltabilir. Antitiroid etkisi zamanla azalır; aşırı duyarlılık riski vardır.

Preoperatif değerlendirme

Elektif cerrahi öncesinde klinik ötiroidi hedeflenir. Devam eden hipertiroidi belirtileri araştırılır. Disfaji, yatmakla artan dispne, düz yatamama, ses değişikliği veya stridor indüksiyonda hava yolu sorunlarını düşündürebilir. Diğer sistemik hastalıklar cerrahiye uygunluk açısından sorgulanır (Morgan et al., 2013).

Guatr ayrıntılı değerlendirilir. Sert ve fikse nodül maligniteyi düşündürür. Guatrın alt sınırının palpe edilememesi retrosternal uzanımı gösterebilir; cerrahi yaklaşımda sternotomi veya bazı olgularda trakeostomi gereksinimi doğabilir. Trakeal deviasyon veya

kompresyon entübasyon güçlüğü açısından önemlidir. Superior vena kava obstrüksiyonu, Horner sendromu, perikardiyal veya plevral efüzyon büyük retrosternal guatra eşlik edebilir. Ayrıntılı hava yolu değerlendirmesi önceliklidir.

Tam kan sayımı, üre-elektrolitler ve tiroid fonksiyon testleri incelenir. Tam kan sayımı, antitiroid ilaçlara bağlı agranülositozu ve kanama olasılığı bulunan cerrahide başlangıç hemoglobinini değerlendirmeye yardımcı olur. Kontrolsüz tiroid fonksiyonu perioperatif tiroid fırtınası riskini artırabilir. Trakeal bası veya deviasyon şüphesinde akciğer grafisi ve boyun BT'si; laringeal anatomiyi değerlendirmek için kulak burun boğaz ekibince nazoendoskopi kullanılabilir.

Tiroidektomi sonrası komplikasyonlar

Kanama: Boyunda gelişen hematom hızlı hava yolu basısına neden olabilir. Şişlik veya hematom geliştiğinde cerrahi klipslerin çıkarılarak acil dekompresyon yapılmasını ve uygun koşullarda erken reentübasyon gerekebilir. Bu tablo, cerrahi ve hava yolu ekiplerinin eş zamanlı müdahalesini gerektirir.

Laringeal Ödem: Nadir bir postoperatif solunum obstrüksiyonu nedenidir. Travmatik entübasyondan veya venöz drenajı bozan hematomdan sonra gelişebilir.

Rekürren Laringeal Sinir Paralizisi: İskemi, gerilme, sıkışma veya sinirin kesilmesiyle oluşabilir. Tek taraflı paralizide ses kısıklığı, fonasyon güçlüğü ve bazen solunum güçlüğü görülür. Bilateral paraliziyi kordların tam addüksiyonu ve stridorla tanımlanır. Acil yeniden entübasyon ve sonrasında trakeostomi gerekebilir.

Hipokalsemi: Paratiroid bezlerinin istemsiz hasarı geçici hipokalsemiye yol açabilir; kalıcı hipokalseminin nadirdir. Konfüzyon, kas seğirmesi ve tetani görülebilir. Trousseau ve Chvostek bulguları araştırılabilir. Hipokalsemi laringospazm, dolaşım instabilitesi, QT uzaması ve aritmiye neden olabileceğinden uygun kalsiyum replasmanı geciktirilmemelidir.

Trakeomalazi: Büyük guatr veya tümöre bağlı uzun süreli trakeal kompresyon öyküsünde düşünülür. Ekstübasyon öncesi kaf kaçak testinin güven verici olabileceği belirtir.

Tiroid Fırtınası: Hiperpireksi, taşikardi, bilinç değişikliği ve hipotansiyonla seyredebilir. Cerrahi öncesi ötiroidi sağlanmasıyla daha seyrek görülse de cerrahi veya enfeksiyon gibi stresler tetikleyebilir. Aktif soğutma, hidrasyon, beta blokerler ve antitiroid ilaçlarla destek tedavisigerekir; dantrolenin başarılı kullanımlarından da söz edilir.

Diyabetik Ketoasidoz (DKA)

Klinik örnek ve patofizyoloji

Klinik Örnek: *Evde bilinç düzeyi azalmış olarak bulunan 18 yaşındaki erkek hasta acil serviste değerlendirilir. İnsüline bağımlı diyabeti vardır, kontrolü kötüdür ve kapiller glukozu 421 mg/dL (23,4 mmol/L) ölçülmüştür. Diyabetik ketoasidoz (DKA), insülin eksikliği ve karşı düzenleyici hormonların fazlalığıyla ortaya çıkar (Dhatariya et al., 2024; Umpierrez et al., 2024). Enfeksiyon veya artmış metabolik gereksinim, insülin gereksinimini yükseltir; yeterli insülin üretilmediğinde veya uygulanmadığında ketogenez gelişir.*

İnsülin yokluğu periferik glukoz kullanımını azaltır. Glukagon, büyüme hormonu ve katekolaminler trigliserid yıkımını ve hepatik glukoneogenezi artırır. Serbest yağ asitlerinin beta

oksidasyonu ve ketogenez sonucunda asetoasetat ve beta-hidroksibütirat oluşur. Hiperglisemi ve ketoasit birikimi temel metabolik bozukluklardır; yüksek anyon açıklı metabolik asidoz ve ozmotik diürez bunların sonuçlarıdır. Ketoasitler bikarbonatı tüketir.

Glukoz, yaklaşık 216 mg/dL (12 mmol/L) olarak verilen renal eşiği aştığında glikozüri ve zorunlu ozmotik diürez oluşur. İdrarla su, glukoz, keton, sodyum, potasyum ve fosfat kaybedilir. Ekstrasellüler sıvı azalması dolaşımdaki ketonları yoğunlaştırarak asidozu ağırlaştırır. Ağır dehidratasyonda 4-5 L'ye varan sıvı açığı, juguler venöz basınçta azalma, postüral hipotansiyon veya taşikardi ve istirahat taşikardisi görülebilir. Bilinci açık ve suya erişimi olan hastada polidipsi gelişir.

Klinik ve laboratuvar bulguları

Güçsüzlük, letarji, bulantı-kusma, karın ağrısı ve kilo kaybı sık belirtilerdir. Dehidratasyon, taşikardi ve hipotansiyon görülebilir. Kussmaul solunumu, metabolik asidozu kompanse etmeye yönelik derin ve hızlı solunumdur. Solukta meyvemsi aseton kokusu keton atılımından kaynaklanır.

Tanı ölçütleri: glukoz >250 mg/dL (>14,0 mmol/L), idrar veya plazmada keton varlığı, pH <7,3 ve serum bikarbonatı <18 mmol/L (Dhatariya et al., 2024). Daha düşük glukozla da DKA görülebileceği güncel tanı yaklaşımında dikkate alınır.

Sodyum: Hiperglisemi dilüsyonel hiponatremiye yol açabilir. Formül: Düzeltilmiş Na = Ölçülen Na + 1,6 × [(Glukoz (mg/dL) - 100) / 100].

Potasyum: Toplam vücut potasyumu azalmıştır; buna rağmen asidoz, hücre dışına kayma ve dehidratasyon nedeniyle başlangıç serum potasyumu normal veya yüksek olabilir.

Üre ve Kreatinin: Başvuruda renal işlev bozukluğu bulunabilir. Asetoasetat, bazı kolorimetrik kreatinin ölçümlerinde yalancı yüksekliğe neden olabilir.

Tam Kan Sayımı: 10-15×10^9/L lökosit değeri DKA'da enfeksiyon olmadan görülebilir.

İlk saat değerlendirmesi ve tedavinin temel ilkeleri

Hasta ağır durumda veya komada olabilir. Tanı doğrulanırken hava yolu, solunum, dolaşım ve nörolojik durum hızla değerlendirilir. İntravenöz erişim sağlanır. Tedavinin temelini izotonik sıvılarla perfüzyonun düzeltilmesi, ardından kontrollü rehidrasyon ve elektrolit replasmanı, ketoz ve hiperglisemiyi baskılayan insülin ve sık klinik-laboratuvar izlem oluşturur (Dhatariya et al., 2024; Umpierrez et al., 2024).

Sıvı tedavisi şeması

Başlangıç resüsitasyonundan sonra kaynaklar, düzeltilmiş sodyum normal veya yüksekse %0,45 salin, düşükse %0,9 salin verilmesini tarif eder. Kan glukozu 250 mg/dL (14 mmol/L) altına düştüğünde, asidoz ve ketoz çözülene kadar %0,45 salin içinde %5 dekstroza geçilmesini belirtir. Sodyum ve glukoz gibi metabolik değişkenlerin yavaş düzeltilmesi hedeflenir; aşırı hızlı veya fazla sıvının serebral ödemi tetikleyebileceği vurgulanır.

İnsülin ve elektrolit yaklaşımı

İnsülin: %0,9 salin içinde toplam 50 mL hacimde 50 ünite Actrapid hazırlanarak 0,1 ünite/kg/saat infüzyon başlanır. Glukozun saatte 50-70 mg/dL (3-4 mmol/L) düşmesi hedeflenir. Bu düşüş sağlanmazsa hızın her saat iki katına çıkarılmasını; saatte 90 mg/dL'den (5 mmol/L) hızlı düşüşte ise kısa süreyle 0,05

ünite/kg/saate azaltılması gerekir. Ketogenezin baskılanması için 0,1 ünite/kg/saatin gerekli olduğu ileri sürülür.

Glukoz 250 mg/dL (14 mmol/L) altına indiğinde dekstroz içeren sıvı eklenir. DKA çözülmeden hipoglisemi gelişirse kaynak, insülini kesmek yerine glukoz desteğinin artırılmasını ve gerekirse insülin hızının geçici azaltılmasını önerir.

Potasyum: Sıvı ve insülin başlandığında serum potasyumu düşer. 20-40 mmol/L potasyum klorür eklenmesi ve serum potasyumunun yaklaşık 4,5 mEq/L'de (mmol/L) tutulması gerekir. Başlangıç potasyumu <3,3 mEq/L ise insülinin geçici ertelenmesini önerir.

Bikarbonat: Nadiren gerekir; yalnızca pH <6,9 ve inotroplara dirençli dolaşım yetersizliğinde düşünülmesi önerilir.

Tedavi sırasında gelişebilen komplikasyonlar

Serebral Ödem: İzlem başvuruda başlamalıdır. Genellikle tedavinin 2-24. saatleri arasında ortaya çıkar. Erken belirtiler baş ağrısı, konfüzyon ve irritabilite; geç belirtiler bilinç azalması ve nöbetlerdir. Serebral ödem kuşkusunda 1 g/kg mannitol (%20 mannitolden 5 mL/kg) hemen verilir.

Hipoglisemi: Dekstroz artırılır; gerektiğinde insülin hızı geçici azaltılır.

Hipokalemi: Uygun replasman ve kardiyak monitörizasyon gerekir.

Güncel uygulamayla ilgili kritik ayrımlar

2024 Uluslararası Konsensüs Raporunda (Dhatariya et al., 2024; Umpierrez et al., 2024) DKA tanısı glukoz ≥200 mg/dL (≥11,1

mmol/L) veya bilinen diyabet, ketoz ve asidoz birlikteliğine dayanır; öglisemik DKA mümkündür. Potasyum <3,5 mEq/L ise insülin, potasyum düzeltilene kadar ertelenir. DKA'nın çözülmesi, plazma ketonunun <0,6 mmol/L olmasıyla birlikte venöz pH ≥7,3 veya bikarbonat ≥18 mEq/L olmasıyla değerlendirilir.

ADH Bozuklukları ve Su-Elektrolit Dengesi

Santral diabetes insipidus

Santral diabetes insipidus, ADH salınımının azalmasına bağlıdır. Uygunsuz su kaybı nedeniyle fazla miktarda seyreltik idrar, hipernatremi ve serum osmolalitesinde artış gelişir (Society for Endocrinology, 2018). Poliüri, polidipsi ve susama tipiktir.

Tablo 7

Özellik	**Santral Diabetes Insipidus**	**Uygunsuz ADH Salınımı Sendromu (SIADH)**
Temel Bozukluk	ADH salınımında azalma	ADH etkisinde uygunsuz artış ve su geri emilimi
İdrar Özelliği	Fazla miktarda ve seyreltik	Az miktarda ve konsantre
Serum Sodyumu	>145 mEq/L (mmol/L)	<135 mEq/L (mmol/L)
Serum Osmolalitesi	>300 mOsm/kg	<280 mOsm/kg
İdrar Osmolalitesi	<200 - 300 mOsm/kg	Artmış (>300 mOsm/kg)
İdrar Dansitesi	<1,005	>1,030
İdrar Miktarı	>3 L/gün (poliürik)	Azalmış (oligürik)
İdrar Sodyumu	Normal / Düşük	Artmış (>40 mEq/L)

Tedavi su ve ADH eksikliğinin yerine konmasına dayanır. Desmopressin (DDAVP), intranazal veya intravenöz uygulanabilir (Society for Endocrinology, 2018). Klinik güncelleme: Sodyumun saatte 1 mmol/L düşürülmesi rutin hedef değildir. Society for Endocrinology rehberi, sodyum düşüşünün saatte 0,5 mEq/L'yi ve 24 saatte 10 mEq/L'yi aşmamasını önerir.

Nefrojenik diabetes İnsipidus

ADH salınımı normal olduğu hâlde böbreğin yanıt verememesi poliüriye yol açar. X'e bağlı resesif mutasyon, renal displazi ve lityum gibi ilaçlar nedenler arasındadır. Tedavide su replasmanı ve tiyazid diüretikler yer alır.

Uygunsuz ADH salınımı sendromu (SIADH)

SIADH'de toplayıcı kanallarda su geri emilimi artar; serum sodyumu ve osmolalitesi azalırken idrar uygunsuz biçimde konsantre kalır (Spasovski et al., 2014). Baş travması, menenjit, akciğer kanseri, enfeksiyonlar, karbamazepin ve amitriptilin nedenler arasındadır. Tedavide serbest sıvı kısıtlaması (1 L/gün) ve semptomatik durumlarda hipertonik salin (%3 NaCl) uygulanır.

Akromegali

Tanım ve sistemik bulgular

Akromegali, erişkinde büyüme hormonu (GH) salınımının artmasıyla gelişir (Hussein et al., 2017; Katznelson et al., 2014). Sinsi başlangıç nedeniyle tanı on yıla kadar gecikebilir.

Hava Yolu: Kafatasında büyüme, frontal belirginleşme, alt çenenin öne çıkması, makroglossi, laringeal-faringeal yumuşak doku kalınlaşması ve laringeal stenoz hava yolu yönetimini güçleştirir. Akromegali zor ventilasyon ve entübasyon nedenidir. Uyanık fiberoptik entübasyon planlanabilir (Morgan et al., 2013).

Kardiyovasküler Sistem: Hastaların yaklaşık %30'unda hipertansiyon bulunur. Sol ventrikül hipertrofisi, kardiyomyopati ve aritmi riski yüksektir.

Endokrin Etkiler: Bozulmuş glukoz toleransı ve diabetes mellitus hastaların %25'inden fazlasında bildirilir. Perioperatif glukoz takibi ve gerektiğinde insülin infüzyonu planlanır.

Tanı ve tedavi

Tanıda klinik görünüm, IGF-1 düzeyleri ve hipofiz MRG değerlendirilir (Hussein et al., 2017; Katznelson et al., 2014). Oral glukoz tolerans testinde (75 g oral glukoz yüklemesi) GH'nin baskılanmaması tanısal esastır. Tedavide ilk seçenek transsfenoidal cerrahidir; medikal tedavide somatostatin analogları (oktreotid, lanreotid), dopamin agonistleri (kabergolin) ve GH reseptör antagonistleri kullanılır.

Cerrahide anestezi öncelikleri

Nöroanestezi açısından hedefler hemodinamik stabilite, serebral perfüzyonun korunması, zor hava yolu önlemlerinin alınması, intraoperatif kanama ve diabetes insipidus gelişiminin takibidir (Katznelson et al., 2014; Morgan et al., 2013).

Kaynakça

American Diabetes Association [ADA]. (2026). Standards of care in diabetes—2026. *Diabetes Care, 49*(Suppl. 1), S1-S370. https://sentucuman.com.ar/docs/standards-of-care-2026.pdf

Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K., Cahalan, M. K., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., & Holt, N. F. (2024). *Barash, Cullen, and Stoelting's clinical anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Beuschlein, F., Else, T., Bancos, I., Hahner, S., Hamidi, O., van Hulsteijn, L., Husebye, E. S., Karavitaki, N., Prete, A., Vaidya, A., Yedinak, C., & Dekkers, O. M. (2024). European Society of Endocrinology and Endocrine Society joint clinical guideline: Diagnosis and therapy of glucocorticoid-induced adrenal insufficiency. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 109*(7), 1657–1683. doi: 10.1210/clinem/dgae250.

Dhatariya, K. K., Davis, G. M., ElSayed, N. A., Fadini, G. P., Galindo, R. J., Hirsch, I. B., Klonoff, D. C., & Umpierrez, G. E. (2024). Hyperglycemic crises in adults with diabetes: A consensus report. *Diabetes Care, 47*(8), 1257-1275. doi: 10.2337/dci24-0032

Gropper, M. A., Cohen, N. H., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Leslie, K., & Wiener-Kronish, J. P. (2020). *Miller's anesthesia* (9th ed.). Elsevier.

Hillier, T. A., Abbott, R. D., & Barrett, E. J. (1999). Hyponatremia: Evaluating the correction factor for hyperglycemia. *American Journal of Medicine, 106*(4), 399–403. doi: 10.1016/s0002-9343(99)00055-8.

Hussein, Z., Alias, A., Nasruddin, A. B., Ratnasingam, J., Latif, K. A., & Bidin, M. B. L. (2017). *Clinical practice guidelines:*

Management of acromegaly. Malaysian Endocrine & Metabolic Society (MEMS).

Katznelson, L., Laws, E. R., Jr., Melmed, S., Molitch, M. E., Murad, M. H., Utz, A., & Wass, J. A. (2014). Acromegaly: An Endocrine Society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 99*(11), 3933–3951. doi: 10.1210/jc.2014-2700.

Morgan, G. E., Mikhail, M. S., & Murray, M. J. (2013). *Morgan and Mikhail's Clinical Anesthesiology* (5th ed.). McGraw-Hill Medical.

Society for Endocrinology (2018). Clinical guidance: Inpatient management of cranial diabetes insipidus. *Endocrine Connections, 7*(7), G1–G7. doi: 10.1530/EC-18-0154.

Spasovski, G., Vanholder, R., Allolio, B., Annane, D., Ball, S., Bichet, D., Decaux, G., Fenske, W., Hoorn, E. J., Ichai, C., Joannidis, M., Soupart, A., Zietse, R., Haller, M., van der Veer, S., Van Biesen, W., & Nagler, E. (2014). Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of hyponatraemia. *European Journal of Endocrinology, 170*(3), G1–G47. doi: 10.1530/EJE-13-1020

Umpierrez, G. E., Davis, G. M., ElSayed, N. A., Fadini, G. P., Galindo, R. J., Hirsch, I. B., Klonoff, D. C., McCoy, R. G., Misra, S., Gabbay, R. A., Bannuru, R. R., & Dhatariya, K. K. (2024). Hyperglycemic crises in adults with diabetes: A consensus report. *Diabetes Care, 47*(8), 1257–1275. doi: 10.2337/dci24-0032.

Woodcock, T., Barker, P., Daniel, S., Fletcher, S., Wass, J. A., & Arlt, W. (2020). Guidelines for the management of glucocorticoids during the peri-operative period for patients with adrenal insufficiency: Guidelines from the Association of Anaesthetists, the Royal College

of Physicians and the Society for Endocrinology UK. *Anaesthesia, 75*(5), 654–663. doi: 10.1111/anae.14963.

York and Scarborough Teaching Hospitals NHS Foundation Trust (2023). Investigation of adrenal insufficiency in adults: Clinical protocol. Scarborough, Hull and York Pathology Service. https://www.yorkhospitals.nhs.uk/seecmsfile/?id=7384

BÖLÜM 39

PERİOPERATİF HİPOGLİSEMİ VE HİPERGLİSEMİ YÖNETİMİ

GÜLTEN SAĞIR[1], EZGİ ERKILIÇ[2]

Özet

Perioperatif dönemde glukoz homeostazı; cerrahi stres yanıtı, açlık, anestezik teknik, eşlik eden hastalıklar ve antidiyabetik tedaviler arasındaki dinamik etkileşimle belirlenir. Hiperglisemi enfeksiyon, akut böbrek hasarı, uzamış hastanede kalış ve mortalite ile; hipoglisemi ise nörolojik hasar, aritmi ve perioperatif güvenlik sorunları ile ilişkilidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Dungan et al., 2009; Sahap et al., 2025; Umpierrez et al., 2002). Güncel yaklaşım, normoglisemiyi zorlayan sıkı kontrolden kaçınarak hipoglisemiyi önleyen, bireyselleştirilmiş ve protokole dayalı bir yönetimi benimser. American Diabetes Association (ADA) 2026 önerilerine

[1] Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0001-6327-6475

[2] Prof. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-1211-9354

göre cerrahi öncesi, sırası ve sonrasında çoğu erişkin için kan glukozunun 100-180 mg/dL aralığında tutulması hedeflenir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a). Bu bölümde preoperatif değerlendirme, antidiyabetik ilaç ve insülin yönetimi, intraoperatif izlem, sürekli glukoz monitörizasyonu, hipoglisemi ve hiperglisemi tedavisi, diyabetik ketoasidoz (DKA), hiperosmolar hiperglisemik durum (HHS) ve postoperatif geçiş stratejileri güncel kanıtlar doğrultusunda ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: diyabetes mellitus, perioperatif glukoz, hiperglisemi, hipoglisemi, insülin, DKA, HHS, SGLT2 inhibitörleri, GLP-1 reseptör agonistleri

Öğrenme Hedefleri

- Perioperatif hiperglisemi ve hipogliseminin patofizyolojisini ve klinik sonuçlarını açıklamak.
- Preoperatif glisemik risk değerlendirmesini sistematik biçimde gerçekleştirmek.
- Oral/injektabl antidiyabetik ilaçlar ile insülin tedavisini cerrahi çevresinde güvenli biçimde düzenlemek.
- İntraoperatif glukoz hedeflerini, ölçüm sıklığını ve insülin stratejisini belirlemek.
- Hipoglisemi, DKA ve HHS'yi erken tanımak ve ilk tedavi basamaklarını uygulamak.
- CGM ve insülin pompası kullanan hastalarda perioperatif güvenliği sağlamak.

- Postoperatif dönemde IV insülinden subkutan rejime güvenli geçiş ve taburculuk planı oluşturmak.

Perioperatif Glukoz Yönetiminin Temel İlkeleri

Cerrahi travma; katekolamin, kortizol, büyüme hormonu ve glukagon salınımını artırarak hepatik glukoz üretimini yükseltir, periferik glukoz kullanımını azaltır ve insülin direncini belirginleştirir. Bu yanıt diyabeti olmayan hastalarda dahi stres hiperglisemisine yol açabilir (Dungan et al., 2009; Sahap et al., 2025). Hiperglisemi yalnızca metabolik stresin bir göstergesi değildir; oksidatif stres, inflamasyon, endotel disfonksiyonu ve immün fonksiyon bozukluğu üzerinden klinik sonuçları da etkileyebilir (Dungan et al., 2009; Umpierrez et al., 2002).

Perioperatif glisemik yönetimin amacı "mümkün olan en düşük glukoz" değildir. NICE-SUGAR çalışması, yoğun bakım hastalarında çok sıkı glisemik kontrolün ciddi hipoglisemi riskini ve mortaliteyi artırabileceğini göstermiştir (NICE-SUGAR Study Investigators; Finfer et al., 2009). Güncel yaklaşım bu nedenle güvenli bir hedef aralığı, düzenli ölçüm, beslenme ile insülinin eşleştirilmesi ve klinik değişikliklere hızlı yanıt üzerine kuruludur (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Galway et al., 2021).

ADA 2026, cerrahi öncesi, sırası ve sonrasında kan glukozunun genel olarak 100-180 mg/dL aralığında tutulmasını önermektedir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a). Kritik hastalarda tedavi başladıktan sonra 140-180 mg/dL aralığı çoğu hasta için uygundur. Hedefler; hipoglisemi riski, cerrahinin türü, organ yetmezliği, beslenme durumu ve kullanılan glukoz düşürücü tedaviye göre

bireyselleştirilmelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

Preoperatif Değerlendirme

Preoperatif değerlendirmede diyabet tipi ve süresi, evdeki glukoz profili, son hipoglisemi ve hiperglisemi epizotları, DKA/HHS öyküsü, kullanılan ilaçların son dozları, insülin pompası/CGM kullanımı ve diyabete bağlı organ hasarı sorgulanmalıdır. Kardiyovasküler hastalık, nefropati, otonom nöropati ve gastroparezi anestezi planını doğrudan etkileyebilir (Galway et al., 2021; Rajan et al., 2024; Sahap et al., 2025).

Yakın dönemde HbA1c ölçümü bulunmayan diyabetli veya hastanede hiperglisemi saptanan hastalarda HbA1c değerlendirmesi kronik glisemik kontrol ile akut stres hiperglisemisini ayırt etmeye yardımcı olur. Elektif cerrahide ADA 2026, son üç ay içinde HbA1c için <8% hedefini önermekte; gerektiğinde 14 günlük glukoz yönetim göstergesi (GMI) <8% ve/veya zaman-aralıkta (TIR) >50% değerlerini alternatif göstergeler olarak kabul etmektedir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a). Bununla birlikte, cerrahiyi yalnızca HbA1c/GMI değerine dayanarak ertelemek önerilmez; karar cerrahi gereklilik, metabolik dekompansasyon ve toplam risk temelinde verilmelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

Preoperatif laboratuvar değerlendirmesi cerrahinin büyüklüğü ve klinik duruma göre glukoz, elektrolitler, kreatinin/eGFR ve gerektiğinde keton, kan gazı ile genişletilmelidir. DKA, HHS, ciddi dehidratasyon veya kontrolsüz akut hastalık varsa elektif cerrahi metabolik stabilizasyon sağlanıncaya kadar

ertelenmelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Umpierrez et al., 2024).

Tablo 1 Perioperatif glisemik hedefler

Klinik Durum	Hedef / Eşik	Klinik Yaklaşım
Genel perioperatif hedef	100-180 mg/dL	Preoperatif, intraoperatif ve erken postoperatif dönemde temel hedef (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)
Kritik olmayan hospitalize hasta	100-180 mg/dL	Hipoglisemi oluşturmadan sürdürülür (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)
Yoğun bakım hastası	140-180 mg/dL	Tedavi başladıktan sonra çoğu kritik hasta için uygun (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)
Persistan hiperglisemi	≥180 mg/dL	24 saatte iki ölçümde sürüyorsa tedavi başlatılır/yoğunlaştırılır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)
Düzey 1 hipoglisemi	54-69 mg/dL	Derhal tedavi ve neden değerlendirmesi (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b)
Düzey 2 hipoglisemi	<54 mg/dL	Klinik olarak önemli hipoglisemi; acil tedavi (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b)
Düzey 3 hipoglisemi	Sabit eşik yok	Yardım gerektiren ciddi olay; glukoz değerinden bağımsız (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b)

Antidiyabetiklerin Perioperatif Yönetimi

Perioperatif ilaç yönetiminde temel hedef, açlık ve cerrahi stres altında hipoglisemi, hiperglisemi, ketoasidoz ve aspirasyon gibi ilaca özgü riskleri azaltırken gereksiz metabolik bozulmadan

kaçınmaktır. Güncel ADA yaklaşımında metformin ve diğer oral glukoz düşürücü ajanlar cerrahi günü verilmez; insülin perioperatif glukoz kontrolünde temel farmakolojik tedavidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

SGLT2 inhibitörleri, özellikle açlık, akut hastalık ve insülin yetersizliği sırasında öglisemik DKA ile ilişkilidir. Elektif cerrahide bu ilaçların 3-4 gün önce kesilmesi önerilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Umpierrez et al., 2024). Glukozun normal veya yalnız hafif yüksek olması DKA'yı dışlamaz; açıklanamayan metabolik asidozda beta-hidroksibütirat değerlendirilmelidir (Umpierrez et al., 2024).

GLP-1 reseptör agonistleri ve dual GIP/GLP-1 agonistleri gastrik boşalmayı geciktirebilir. Güncel çok-disiplinli yaklaşım evrensel ilaç kesme kuralı yerine; doz artırma fazı, yüksek doz, gastrointestinal semptomlar, gastroparezi veya diğer gecikmiş gastrik boşalma nedenleri, cerrahinin aciliyeti ve anestezi planını dikkate alan bireyselleştirilmiş risk değerlendirmesini önermektedir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026; Kindel et al., 2025). Yüksek riskli olgularda 24 saat sıvı diyet, gastrik ultrason, dolu mide önlemleri veya seçilmiş durumlarda erteleme düşünülebilir (Kindel et al., 2025).

Tablo 2 Antidiyabetik ajanların perioperatif yönetimi

İlaç Grubu	**Temel Risk**	**Cerrahi Öncesi Yaklaşım**	**Yeniden Başlama**
Metformin	Hipoperfüzyon/ renal disfonksiyonda laktik asidoz kaygısı	Cerrahi günü verilmez (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	Oral alım ve organ fonksiyonları uygun olduğunda
Sülfonilüre	Uzamış hipoglisemi	Cerrahi günü verilmez (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Sahap et al., 2025)	Düzenli oral beslenmeyle
Meglitinid	Açlıkta hipoglisemi	Hasta açsa verilmez (Sahap et al., 2025)	Öğünlerle
DPP-4 inhibitörü	Düşük hipoglisemi riski	ADA: cerrahi günü oral ajanları tut (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	Oral alımla değerlendir
SGLT2 inhibitörü	Öglisemik DKA	3-4 gün önce kes (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Umpierrez et al., 2024)	Klinik stabilite, yeterli oral alım ve ketozis yokluğunda
GLP-1 RA / GIP-GLP-1	Gecikmiş gastrik boşalma/ aspirasyon	Bireysel risk değerlendirmesi (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Kindel et al., 2025)	Klinik duruma göre
Bazal insülin	Tam kesilirse hiperglisemi/ DKA	Kesilmez; doz azaltılır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	Devam
Prandiyal insülin	Açlıkta hipoglisemi	Hasta yemiyorsa rutin öğün dozu verilmez (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	Beslenmeyle

Klinik Uyarı: Tip 1 diabetes mellituslu hastada bazal insülin tamamen kesilmemelidir. Bazal insülin eksikliği ketogenez ve DKA gelişimine yol açabilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Umpierrez et al., 2024).

4. İnsülin Tedavisinin Perioperatif Yönetimi

Bazal insülinin amacı açlık sırasında hepatik glukoz üretimini baskılamaktır. Bu nedenle özellikle tip 1 diyabette tamamen kesilmesi güvenli değildir. ADA 2026, bireyselleştirme kaydıyla uzun etkili bazal analogların akşam/cerrahi öncesi dozunun yaklaşık %75-80'ine indirilmesini; NPH için daha belirgin azaltımı önermektedir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a). Yaşlı, renal yetmezlikli veya tekrarlayan hipoglisemisi olan hastalarda daha konservatif dozlama gerekebilir.

Majör cerrahi, uzun açlık, hemodinamik instabilite, kritik hastalık veya hızlı değişen insülin gereksiniminde intravenöz kısa etkili insülin infüzyonu tercih edilebilir. IV insülinin kısa yarı ömrü hızlı titrasyona olanak sağlar; ancak glukoz ve potasyum izlemi ile beslenme/dekstroz desteğinin protokole bağlanması gerekir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Duggan & Mazer, 2026a).

Tablo 3 Perioperatif insülin yönetimi

İnsülin / Uygulama	Cerrahi Günü Yaklaşım	İzlem	Klinik Not
Uzun etkili bazal analog	Genellikle olağan dozun %75-80'i (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	2-4 saatte bir veya klinik duruma göre	Hipoglisemi riski yüksekse bireyselleştir
NPH	Genellikle yaklaşık %50 (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	Yakın glukoz takibi	Pik etkisi nedeniyle dikkat
Prandiyal hızlı etkili	Oral alım yoksa rutin öğün dozu verilmez (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	Glukoz izlemi	Gerektiğinde düzeltme dozu
Premiks	Bireysel azaltım / alternatif rejim	Yakın takip	Bazal-prandiyal bileşen birlikte
IV insülin	Majör cerrahi/kritik hastada uygun (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Duggan & Mazer, 2026a)	Genellikle saatlik	Hızlı titrasyon
İnsülin pompası	Uygun kısa girişimde bazal devam edebilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)	Genellikle saatlik	Kesilecekse alternatif bazal planlanmalı

İnsülin Pompası ve Otomatik İnsülin Sistemleri

İnsülin pompası (CSII) veya otomatik insülin iletim sistemi kullanan hastalarda cihazın türü, bazal hız, son set değişimi, rezervuar durumu ve hastanın cihazı yönetme yeteneği kaydedilmelidir. Kısa ve düşük riskli girişimlerde, pompa cerrahi sahadan uzakta kalabiliyor ve kurum protokolü izin veriyorsa bazal infüzyon sürdürülebilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Sahap et al.,

2025). Pompanın çıkarılması gerekiyorsa alternatif bazal insülin veya IV insülin, pompa kesilmeden önce planlanmalıdır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

Klinik İpucu: Pompa/CGM kullanan hastada cihazın varlığını kaydetmek yeterli değildir; sensör ve infüzyon setinin cerrahi alan, pozisyon, elektrokoter ve görüntüleme ile etkileşimi de ameliyat öncesi kontrol edilmelidir.

İntraoperatif Glukoz İzlemi

İntraoperatif dönemde glukoz ölçüm sıklığı; cerrahinin süresi, başlangıç glukozu, kullanılan insülin rejimi, hemodinamik durum ve hipoglisemi riskine göre belirlenir. NPO hastalarda ADA en az 2-4 saatte bir glukoz izlemini önermektedir; IV insülin kullanılan veya hızla değişen klinik durumda ölçümler genellikle saatlik yapılır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a). Hipotermi, şok, vazopressör kullanımı ve periferik perfüzyon bozukluğu kapiller ölçümlerin güvenilirliğini azaltabilir; kritik kararlar gerektiğinde arteriyel/venöz örnekle doğrulanmalıdır.

İntraoperatif glisemik hedef çoğu erişkinde 100-180 mg/dL'dir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a). Persistan ≥180 mg/dL değerlerinde tedavi başlatılması veya yoğunlaştırılması düşünülmelidir. Tek bir ölçüm yerine eğilim, önceki insülin dozu, cerrahi stresin seyri, steroid uygulaması ve beslenme/dekstroz kaynakları birlikte değerlendirilmelidir.

Sık Yapılan Hata: Tek bir yüksek glukoz değerine agresif düzeltme insülini uygulayıp kısa aralıklarla ek doz vermek "insülin stacking" ve gecikmiş hipoglisemiye yol açabilir.

Sürekli Glukoz Monitörizasyonu

CGM interstisyel glukozu sık aralıklarla ölçerek trend bilgisi sağlar ve özellikle glukoz değişkenliğinin izlenmesinde değerlidir. Bununla birlikte anestezi altında hipotansiyon, hipoperfüzyon, hipotermi, sensör kompresyonu ve cihaz etkileşimleri ölçüm doğruluğunu bozabilir (Sahap et al., 2025). ADA 2026, CGM'nin hastanede uygun hastalarda sürdürülebileceğini ancak intraoperatif tedavi kararlarında tek başına kullanılmamasını; kritik veya beklenmedik değerlerin POC ya da laboratuvar glukozu ile doğrulanmasını vurgular (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

Hipoglisemi

Hipoglisemi perioperatif dönemde özellikle tehlikelidir; genel anestezi ve sedasyon adrenerjik ve nöroglikopenik belirtileri maskeleyebilir. Risk faktörleri arasında uzun açlık, fazla insülin, sülfonilüre kullanımı, renal yetmezlik, yetersiz beslenme, beklenmeyen cerrahi gecikme ve bakım geçişlerinde eksik iletişim yer alır (Ahmad et al., 2023; Sahap et al., 2025).

ADA 2026 sınıflamasında düzey 1 hipoglisemi <70 mg/dL ve ≥54 mg/dL; düzey 2 <54 mg/dL; düzey 3 ise glukoz değerinden bağımsız olarak kişinin tedavi için başka birinin yardımına ihtiyaç duyduğu ağır olaydır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b). Bilinci açık ve oral alımı güvenli hastada yaklaşık 15 g hızlı etkili karbonhidrat verilip 15 dakika sonra glukoz yeniden ölçülür; devam eden düşüklükte tedavi

tekrarlanır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b). Anestezi altında veya oral alamayan hastada IV dekstroz ve kısa aralıklı yeniden ölçüm gerekir.

Tablo 4 Hipoglisemi düzeyleri ve yaklaşım

Düzey	Kan Glukozu	Klinik Önem	Yaklaşım
Düzey 1	54-69 mg/dL	Uyarı düzeyi	Hızlı tedavi, tekrar ölçüm, neden araştırması (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b)
Düzey 2	<54 mg/dL	Klinik olarak önemli	Acil glukoz replasmanı ve yakın takip (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b)
Düzey 3	Sabit eşik yok	Yardım gerektiren ciddi olay	Acil tedavi; tekrarlama riskini değerlendir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b)

Klinik Uyarı: Düzey 3 hipoglisemi <40 mg/dL olarak tanımlanmaz. Güncel tanım, ölçülen glukozdan bağımsız biçimde ağır mental/fiziksel bozulma nedeniyle dış yardım gerektiren olaydır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b).

Hiperglisemi

Perioperatif hiperglisemi diyabeti olan ve olmayan hastalarda enfeksiyon, böbrek hasarı, uzamış yatış ve mortalite ile ilişkilidir (Sahap et al., 2025; Umpierrez et al., 2002; Zhang et al., 2022). Stres hiperglisemisi daha önce diyabet tanısı olmayan hastalarda da ortaya çıkabilir ve bu grupta kötü prognozun önemli bir belirteci olabilir (Umpierrez et al., 2002). Persistan glukoz ≥180 mg/dL olduğunda insülin tedavisinin başlatılması veya yoğunlaştırılması önerilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

Tedavi yöntemi klinik bağlama göre seçilir. Kısa ve stabil girişimlerde subkutan düzeltme insülini yeterli olabilirken; majör cerrahi, hemodinamik instabilite, uzun operasyon, kritik hastalık veya hızlı glukoz değişkenliğinde IV insülin daha öngörülebilir bir seçenektir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Duggan & Mazer, 2026a). Amaç hızlı normalizasyon değil, kontrollü ve güvenli düzeltmedir.

Diyabetik Ketoasidoz ve Hiperosmolar Hiperglisemik Durum

DKA ve HHS perioperatif dönemde elektif cerrahiyi ertelemeyi ve acil metabolik tedaviyi gerektiren yaşamı tehdit edici tablolardır. 2024 uluslararası konsensusuna göre DKA tanısı üç bileşenin birlikte bulunmasına dayanır: diyabet/hiperglisemi (glukoz ≥200 mg/dL veya bilinen diyabet), ketonemi ve metabolik asidoz (Umpierrez et al., 2024). Olguların yaklaşık onda birinde öglisemik DKA görülebilir; SGLT2 inhibitörleri önemli nedenler arasındadır (Umpierrez et al., 2024).

DKA tedavisinin temel bileşenleri sıvı replasmanı, insülin, potasyum/elektrolit yönetimi ve tetikleyici nedenin tedavisidir. Glukoz genellikle 1-2 saatte bir; elektrolitler, kreatinin, beta-hidroksibütirat ve venöz pH yaklaşık 4 saatte bir değerlendirilir (Umpierrez et al., 2024). IV kısa etkili insülin sıklıkla 0,1 U/kg/saat hızında başlanır; glukoz <250 mg/dL olduğunda dekstroz eklenerek insülin yaklaşık 0,05 U/kg/saat düzeyine azaltılır ve ketoasidoz çözülene kadar sürdürülür (Umpierrez et al., 2024). Potasyum yönetimi başlangıç ve seri serum potasyum değerlerine göre protokole bağlanmalıdır.

HHS; ağır hiperglisemi, hiperosmolalite ve dehidratasyon ile karakterizedir; belirgin ketozis ve asidoz tipik olarak yoktur.

Tedavide sıvı replasmanının kontrollü yapılması kritik önemdedir. HHS'de glukoz düşüş hızının yaklaşık 90-120 mg/dL/saat, serum sodyum değişiminin 24 saatte 10 mmol/L ve osmolalite düşüşünün 3-8 mOsm/kg/saat sınırlarını aşmaması önerilir (Umpierrez et al., 2024).

Tablo 5 DKA şiddetinin güncel sınıflandırılması

Parametre	**Hafif DKA**	**Orta DKA**	**Ağır DKA**
β-hidroksibütirat	3-6 mmol/L	3-6 mmol/L	>6 mmol/L
Venöz pH	>7,25-<7,30	7,0-7,25	<7,0
HCO_3^-	15-18 mmol/L	10-<15 mmol/L	<10 mmol/L
Mental durum	Uyanık	Uyanık / uykulu	Stupor / koma
Bakım düzeyi	Standart/ara bakım*	Ara bakım*	Yoğun bakım*

**Bakım düzeyi hemodinamik durum, eşlik eden hastalıklar ve kurum olanaklarına göre bireyselleştirilir (Umpierrez et al., 2024).*

Tablo 6 DKA ve HHS'nin klinik karşılaştırılması

Özellik	**DKA**	**HHS**
Başlangıç	Saatler-günler	Genellikle günler
Hiperglisemi	Değişken; öglisemik olabilir	Genellikle belirgin
Ketozis	Belirgin	Yok veya hafif
Metabolik asidoz	Belirgin	Yok veya hafif
Hiperosmolalite	Değişken	Belirgin
Dehidratasyon	Orta-ciddi	Genellikle çok ciddi
Nörolojik bozukluk	Şiddete göre	Daha belirgin olabilir
Temel tedavi	Sıvı + insülin + K^+ + neden	Kontrollü sıvı + elektrolit + insülin + neden (Umpierrez et al., 2024)

Klinik Uyarı: DKA'da glukozun normale gelmesi tedavinin bittiği anlamına gelmez. Çözülme için plazma ketonunun <0,6 mmol/L olması ve pH ≥7,3 veya bikarbonat ≥18 mmol/L olması beklenir; anyon açıklığı tek başına çözülme kriteri olarak kullanılmamalıdır (Umpierrez et al., 2024).

Postoperatif Glukoz Yönetimi

Postoperatif dönemde ağrı, bulantı-kusma, enfeksiyon, steroidler, değişken beslenme ve organ fonksiyonundaki değişiklikler glisemik kontrolü etkiler. Beslenme yeniden başladığında prandiyal insülin beslenme miktarıyla eşleştirilmeli; bazal insülin sürekliliği korunmalıdır. Sadece düzeltme insülinine dayanan "sliding scale" yaklaşımı, özellikle önceden insülin kullanan hastalarda yetersiz kalabilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Ann Levesque, 2025).

IV insülinden subkutan insüline geçişte insülin etkisinde boşluk oluşmamalıdır. Uzun etkili bazal insülin, IV infüzyon kesilmeden yeterli süre önce uygulanmalıdır; kesin zaman kullanılan preparata ve kurum protokolüne göre belirlenir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a). Taburculuk öncesinde ev tedavisi, ilaçların yeniden başlama zamanı, hipoglisemi eğitimi, glukoz izlemi ve takip planı yazılı hale getirilmelidir.

Özel Klinik Durumlar

Acil cerrahi

Acil cerrahide ilaç kesme süreleri tamamlanamayabilir. SGLT2 inhibitörü kullanımı varsa ketozis ve metabolik asidoz açısından düşük eşikle tarama yapılmalı; GLP-1 ilişkili gecikmiş gastrik boşalma riski varsa hasta dolu mide kabul edilerek aspirasyon önlemleri düşünülmelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Kindel et al., 2025; Umpierrez et al., 2024).

Steroid kullanımı

Glukokortikoidler postprandiyal ve gün içi hiperglisemiyi belirginleştirebilir. Tek doz perioperatif steroid sonrası bile glukoz eğilimi izlenmeli; tekrarlayan veya yüksek doz steroid kullanımında insülin gereksiniminin artabileceği öngörülmelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

Böbrek yetmezliği ve yaşlı hasta

Azalmış renal insülin klirensi ve düzensiz beslenme hipoglisemi riskini artırır. Bu hastalarda daha konservatif bazal dozlar, daha sık glukoz kontrolü ve tedavi hedeflerinin bireyselleştirilmesi gerekir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

Tablo 7 Perioperatif glukoz yönetiminde kırmızı bayraklar

Kırmızı Bayrak	Klinik Anlamı	Yapılması Gereken
SGLT2 kullanımı + metabolik asidoz	Öglisemik DKA olabilir	β-hidroksibütirat ve kan gazı değerlendir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Umpierrez et al., 2024)
Tip 1 DM + bazal insülinin kesilmesi	DKA gelişebilir	Bazal insülini yeniden planla (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)
GLP-1 tedavisi + belirgin GI semptom	Rezidüel gastrik içerik/ aspirasyon	Aspirasyon riskini yeniden değerlendir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Kindel et al., 2025)
Glukoz <70 mg/dL	Daha ciddi hipogliseminin habercisi	Derhal tedavi et (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b)
Persistan glukoz ≥180 mg/dL	Komplikasyon riski artar	Tedaviyi başlat/yoğunlaştır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)
CGM'de beklenmedik kritik değer	Ölçüm hatası olabilir	POC/laboratuvar glukozuyla doğrula (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a)
DKA'da glukozun normale gelmesi	Ketozis/asidoz sürebilir	Çözülme kriterlerine kadar insülini sürdür (Umpierrez et al., 2024)

Klinik Karar Algoritması

Aşağıdaki algoritma erişkin cerrahi hastasında pratik bir perioperatif çerçeve sunar; kurum protokolü ve bireysel klinik özellikler her zaman önceliklidir.

1. PREOPERATİF	Diyabet tipi ve tedavi → HbA1c/son glukoz → SGLT2/GLP-1/pompa-CGM → organ hasarı → ketozis/dekompansasyon var mı?
↓	
2. İLAÇ PLANI	Oral ajanları cerrahi günü tut → SGLT2'yi 3-4 gün önce kes → GLP-1 için aspirasyon riskini bireyselleştir → bazal insülini azalt fakat tip 1 DM'de kesme
↓	
3. AMELİYAT GÜNÜ	Glukoz ölç → hedef 100-180 mg/dL → hipoglisemiyi önce düzelt → metabolik dekompansasyon varsa elektif cerrahiyi ertele
↓	
4. İNTRAOPERATİF	Glukozu 2-4 saatte bir; IV insülinde genellikle saatlik izle → persistan ≥180 mg/dL'de tedaviyi yoğunlaştır → CGM kritik değerlerini doğrula
↓	
5. POSTOPERATİF	Beslenme ile prandiyal insülini eşleştir → bazal insülini sürdür → IV-SC geçişi örtüştür → ilaçları güvenli koşullarda yeniden başlat → taburculuk planı
↓	

Tablo 8 Hızlı perioperatif kontrol listesi

Dönem	**Kontrol Edilecek Temel Noktalar**
Preoperatif	Diyabet tipi • HbA1c • son ilaç/insülin • SGLT2 • GLP-1 • hipoglisemi öyküsü • renal fonksiyon • gastroparezi
Ameliyat Sabahı	Kan glukozu • bazal insülin dozu • oral ajanlar • ketozis riski • pompa/CGM durumu
İntraoperatif	100-180 mg/dL hedef • ölçüm sıklığı • insülin gereksinimi • hipoglisemi • elektrolitler
Postoperatif	Oral alım • bazal insülin • beslenme-insülin eşleşmesi • IV→SC geçiş • ilaçların yeniden başlanması
Taburculuk	Ev tedavisi • glukoz izlemi • hipoglisemi eğitimi • ilaç yeniden başlama zamanı • kontrol planı

Klinik Uyarılar ve Sık Yapılan Hatalar

Sık Yapılan Hata: Tip 1 diyabette bazal insülini tamamen kesmek.

Sık Yapılan Hata: SGLT2 inhibitörü kullanan hastada normal glukoz nedeniyle DKA'yı dışlamak.

Sık Yapılan Hata: Elektif cerrahiyi yalnızca HbA1c veya tek bir glukoz değerine dayanarak otomatik ertelemek.

Sık Yapılan Hata: GLP-1 reseptör agonistlerinde tüm hastalara aynı ilaç kesme süresini uygulamak; semptom ve aspirasyon riskini değerlendirmemek.

Sık Yapılan Hata: İntraoperatif CGM değerini POC/laboratuvar doğrulaması olmadan kritik tedavi kararında tek kaynak olarak kullanmak.

Sık Yapılan Hata: Yüksek glukoz değerlerine kısa aralıklarla tekrarlayan düzeltme dozu vererek insülin birikimine yol açmak.

Sık Yapılan Hata: DKA'da glukoz düzeldiğinde ketozis ve asidoz çözülmeden insülini sonlandırmak.

Sık Yapılan Hata: IV insülini subkutan bazal insülin etkisi başlamadan kesmek.

Bilinmesi Gerekenler

1. Çoğu erişkin cerrahi hastasında perioperatif glukoz hedefi 100-180 mg/dL'dir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
2. Persistan ≥180 mg/dL hiperglisemi tedavinin başlatılması veya yoğunlaştırılması için temel eşiktir (American

Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).

3. Kritik hastalarda tedavi sonrası 140-180 mg/dL hedefi çoğu hasta için uygundur (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
4. Elektif cerrahide HbA1c <8% hedeflenir; cerrahi yalnızca HbA1c/GMI değerine göre ertelenmemelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
5. NPO hastada glukoz en az 2-4 saatte bir; IV insülin altında genellikle daha sık izlenir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
6. SGLT2 inhibitörleri elektif cerrahiden 3-4 gün önce kesilmelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Umpierrez et al., 2024).
7. Öglisemik glukoz değeri SGLT2 ilişkili DKA'yı dışlamaz (Umpierrez et al., 2024).
8. GLP-1/GIP-GLP-1 tedavisinde perioperatif yaklaşım bireyselleştirilmiş aspirasyon riski değerlendirmesine dayanır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Kindel et al., 2025).

9. Tip 1 diyabette bazal insülin tamamen kesilmez (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
10. Uzun etkili bazal insülin sıklıkla olağan dozun yaklaşık %75-80'ine azaltılır; NPH için daha büyük azaltım gerekebilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
11. CGM intraoperatif dönemde tek başına tedavi karar aracı değildir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
12. Hipoglisemi düzey 1: 54-69 mg/dL; düzey 2: <54 mg/dL; düzey 3: dış yardım gerektiren ciddi olaydır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026b).
13. Anestezi hipogliseminin klinik belirtilerini maskeleyebilir; düzenli ölçüm zorunludur (Sahap et al., 2025).
14. DKA tanısı hiperglisemi/diyabet + ketozis + metabolik asidoz üçlüsüne dayanır (Umpierrez et al., 2024).
15. DKA'da glukoz <250 mg/dL olduğunda dekstroz eklenerek insülin ketozis çözülene kadar sürdürülür (Umpierrez et al., 2024).
16. DKA çözülmesi için keton <0,6 mmol/L ve pH ≥7,3 veya HCO_3^- ≥18 mmol/L beklenir (Umpierrez et al., 2024).
17. HHS'de hızlı osmolalite ve sodyum değişiminden kaçınılmalıdır (Umpierrez et al., 2024).

18. Postoperatif insülin planı beslenme ile eşleştirilmeli ve IV-SC geçişte insülin boşluğu bırakılmamalıdır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a).
19. Bakım geçişlerinde son insülin dozu, son glukoz, beslenme ve cihaz durumu açık biçimde devredilmelidir (Ahmad et al., 2023).
20. Başarılı perioperatif glisemik yönetim tek bir sayıdan çok; protokol, trend izlemi, ilaç bilgisi ve ekip iletişimine dayanır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Duggan & Mazer, 2026a, 2026b).

Sonuç

Perioperatif glukoz yönetimi, diyabetli hastanın yalnızca kan glukozunu düzeltme süreci değildir; cerrahi stres, açlık, ilaç farmakolojisi, organ fonksiyonu, beslenme ve anestezi planının birlikte yönetildiği bir hasta güvenliği alanıdır. Güncel kanıtlar, sıkı normoglisemi yerine 100-180 mg/dL çevresinde güvenli ve bireyselleştirilmiş hedefleri; SGLT2 inhibitörlerine bağlı öglisemik DKA farkındalığını; GLP-1 tedavilerinde kişiselleştirilmiş aspirasyon risk değerlendirmesini; CGM ve pompa teknolojilerinin kontrollü entegrasyonunu desteklemektedir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026a; Duggan & Mazer, 2026b; Kindel et al., 2025; Umpierrez et al., 2024). Kurumsal protokoller, standardize devir süreçleri ve anestezi-cerrahi-endokrinoloji iş birliği komplikasyonların azaltılmasında temel unsurlardır.

Kısaltmalar

ADA: American Diabetes Association; BG/KG: kan glukozu; CGM: sürekli glukoz monitörizasyonu; CSII: sürekli subkutan insülin infüzyonu; DKA: diyabetik ketoasidoz; HHS: hiperosmolar hiperglisemik durum; HbA1c: glikozile hemoglobin; GMI: glukoz yönetim göstergesi; TIR: hedef aralıkta geçen süre; SGLT2: sodyum-glukoz kotransporter 2; GLP-1 RA: glukagon benzeri peptid-1 reseptör agonisti; GIP: glukoza bağımlı insülinotropik polipeptid; DPP-4: dipeptidil peptidaz-4; NPH: neutral protamine Hagedorn; IV: intravenöz; SC: subkutan; POC: hasta başı ölçüm; YBÜ: yoğun bakım ünitesi; βOHB: beta-hidroksibütirat; eGFR: tahmini glomerüler filtrasyon hızı.

Kaynakça

Academy of Medical Royal Colleges, Diabetes Guideline Working Group. (2023). *Centre for Perioperative Care. Guideline for Perioperative Care for People with Diabetes Mellitus Undergoing Elective and Emergency Surgery.* London: Centre for Perioperative Care. https://cpoc.org.uk/guidelines-and-resources/guidelines/perioperative-care-diabetes

Ahmad, R., Naftalovich, R., Tewfik, G., Eloy, J. D., & Rodriguez-Correa, D. T. (2023). Near-miss hypoglycemia-reflections on perioperative glucose management guidelines in diabetics. *BMC Anesthesiology, 23*(1), 190. doi: 10.1186/s12871-023-02145-6.

American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes* (2026a). 16. Diabetes Care in the Hospital: Standards of Care in Diabetes-2026. *Diabetes Care, 49*(Supplement_1), S339–S355. doi: 10.2337/dc26-S016.

American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes* (2026b). 6. Glycemic Goals, Hypoglycemia, and Hyperglycemic Crises: Standards of Care in Diabetes-2026. *Diabetes Care, 49*(Supplement_1), S132–S149. doi: 10.2337/dc26-S006.

Ann Levesque, C. (2025). Perioperative Management of the Patient with Diabetes Mellitus. *Critical Care Nursing Clinics of North America, 37*(1), 133–145. doi: 10.1016/j.cnc.2024.05.003.

Duggan, E. W., & Mazer, C. D. (2026a). Perioperative Glycemic Management in the Adult Patient. *The Medical Clinics of North America, 110*(3), 467–479. doi: 10.1016/j.mcna.2025.11.011.

Duggan, E. W., & Mazer, C. D. (2026b). Perioperative Medication Management for Patients with Diabetes: Oral Agents, Insulins, Noninsulin Injectables, and Diabetes Devices. *The Medical Clinics of North America, 110*(3), 481–499. doi: 10.1016/j.mcna.2025.11.010.

Dungan, K. M., Braithwaite, S. S., & Preiser, J. C. (2009). Stress hyperglycaemia. *Lancet (London, England), 373*(9677), 1798–1807. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60553-5.

Galway, U., Chahar, P., Schmidt, M. T., Araujo-Duran, J. A., Shivakumar, J., Turan, A., & Ruetzler, K. (2021). Perioperative challenges in management of diabetic patients undergoing non-cardiac surgery. *World Journal of Diabetes, 12*(8), 1255–1266. doi: 10.4239/wjd.v12.i8.1255.

Kindel, T. L., Wang, A. Y., Wadhwa, A., Schulman, A. R., Sharaiha, R. Z., Kroh, M., Ghanem, O. M., Levy, S., Joshi, G. P., LaMasters, T., & Representing the American Gastroenterological Association, American Society for Metabolic and Bariatric Surgery, American Society of Anesthesiologists, International Society of Perioperative Care of Patients with Obesity, and the Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (2025). Multi-society clinical practice guidance for the safe use of glucagon-like peptide-1 receptor agonists in the perioperative period. *Surgical Endoscopy, 39*(1), 180–183. doi: 10.1007/s00464-024-11263-2.

NICE-SUGAR Study Investigators, Finfer, S., Chittock, D. R., Su, S. Y., Blair, D., Foster, D., Dhingra, V., Bellomo, R., Cook, D., Dodek, P., Henderson, W. R., Hébert, P. C., Heritier, S., Heyland, D. K., McArthur, C., McDonald, E., Mitchell, I., Myburgh, J. A., Norton, R., Potter, J., … Ronco, J. J. (2009). Intensive versus

conventional glucose control in critically ill patients. *The New England Journal of Medicine, 360*(13), 1283–1297. doi: 10.1056/NEJMoa0810625.

Rajan, N., Duggan, E. W., Abdelmalak, B. B., Butz, S., Rodriguez, L. V., Vann, M. A., & Joshi, G. P. (2024). Society for Ambulatory Anesthesia Updated Consensus Statement on Perioperative Blood Glucose Management in Adult Patients With Diabetes Mellitus Undergoing Ambulatory Surgery. *Anesthesia and Analgesia, 139*(3), 459–477. doi: 10.1213/ANE.0000000000006791.

Sahap, M., Coban, B. N., Asik, I. E., Gulec, H., & Erkilic, E. (2025). Perioperative Management of Hyperglycemia and Hypoglycemia. *European Archives of Medical Research*, *41*(3), 125-130. doi: 10.14744/eamr.2025.45762.

Umpierrez, G. E., Davis, G. M., ElSayed, N. A., Fadini, G. P., Galindo, R. J., Hirsch, I. B., Klonoff, D. C., McCoy, R. G., Misra, S., Gabbay, R. A., Bannuru, R. R., & Dhatariya, K. K. (2024). Hyperglycemic Crises in Adults With Diabetes: A Consensus Report. *Diabetes Care, 47*(8), 1257–1275. doi: 10.2337/dci24-0032.

Umpierrez, G. E., Isaacs, S. D., Bazargan, N., You, X., Thaler, L. M., & Kitabchi, A. E. (2002). Hyperglycemia: an independent marker of in-hospital mortality in patients with undiagnosed diabetes. The *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 87*(3), 978–982. doi: 10.1210/jcem.87.3.8341.

Zhang, X., Hou, A., Cao, J., Liu, Y., Lou, J., Li, H., Ma, Y., Song, Y., Mi, W., & Liu, J. (2022). Association of Diabetes Mellitus With Postoperative Complications and Mortality After Non-Cardiac Surgery: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Frontiers in Endocrinology, 13*, 841256. doi: 10.3389/fendo.2022.841256.

BÖLÜM 40

OBEZİTE VE ANESTEZİ

SERHAT SOLMAZ[1]

Özet

Obezite; havayolu yönetimi, solunum mekaniği, obstrüktif uyku apnesi (OSA), obezite hipoventilasyon sendromu (OHS), aspirasyon, kardiyometabolik hastalıklar, venöz tromboembolizm (VTE) ve postoperatif solunum komplikasyonları açısından anestezi pratiğini doğrudan etkiler. Perioperatif yaklaşım yalnızca vücut kitle indeksine (VKİ) göre değil; yağ dağılımı, fonksiyonel kapasite, eşlik eden hastalıklar, OSA/OHS varlığı ve cerrahinin özelliklerine göre bireyselleştirilmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Chung et al., 2016a, 2016b; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

[1] Uzm. Dr., Özel Antalya Yaşam Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-1666-4018

Öğrenme Hedefleri

- Obezitenin anestezi açısından temel fizyopatolojik özelliklerini açıklamak.
- Preoperatif değerlendirmede OSA, OHS ve kardiyometabolik komorbiditeleri tanımak.
- Obez hastada havayolu, preoksijenasyon ve ventilasyon stratejisini planlamak.
- Anestezik ilaç dozlamasını uygun ağırlık skalası ve klinik etkiye göre bireyselleştirmek.
- Postoperatif solunum depresyonu, hipoksemi, atelektazi ve VTE riskini azaltmak.
- Bariatrik/metabolik cerrahide ERAS temelli perioperatif yaklaşımı uygulamak.

Tanım ve Sınıflandırma

Obezite, aşırı veya anormal yağ birikimi ile karakterize kronik bir hastalıktır. Erişkinlerde VKİ $\geq$30 kg/m^2 obezite olarak sınıflandırılır. Bununla birlikte VKİ, yağ dağılımını ve bireysel metabolik/işlevsel riski tek başına yeterince göstermez. Bel çevresi, santral yağlanma, fonksiyonel kapasite ve eşlik eden hastalıklar perioperatif değerlendirmeye eklenmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezi açısından özellikle ileri derecede obezite, OSA/OHS, kardiyopulmoner hastalık, zor havayolu öyküsü, azalmış fonksiyonel kapasite ve yüksek VTE riski önemlidir. Obez hastalar tüm cerrahi branşlarda karşılaşılabildiğinden yaklaşım yalnız

bariatrik cerrahiye özgü değildir (McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

Obezitede Solunum Fizyolojisi

Obezitede göğüs duvarı ve abdominal yağ dokusunun mekanik etkisi ekspiratuvar rezerv volümünü ve fonksiyonel rezidüel kapasiteyi (FRC) azaltır. Supin pozisyon ve genel anestezi bu azalmayı daha da belirginleştirir; küçük hava yollarının kapanması ve atelektazi eğilimi artar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

Oksijen tüketimi artarken FRC'nin azalması, apne sırasında oksijen rezervinin daha hızlı tükenmesine ve desatürasyonun daha erken gelişmesine yol açar. Bu nedenle obez hastada peroksijenasyon/preoksijenasyon, baş-yukarı pozisyon ve uygun oksijen destek stratejileri kritik öneme sahiptir (McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

Obstrüktif Uyku Apnesi

OSA obez hastalarda sık görülür ve perioperatif dönemde üst havayolu kollapsı, opioid/sedatif duyarlılığı, hipoksemi ve solunum depresyonu riskini artırabilir. Tanısı olmayan hastaların risk sınıflandırılmasında STOP-Bang gibi doğrulanmış tarama araçları kullanılabilir (Chung et al., 2016a, 2016b).

Bilinen OSA'da evde CPAP kullanımı, cihaz/ayarları, tedaviye uyum ve önceki perioperatif solunum olayları sorgulanmalıdır. OSA şüphesi yüksek hastalarda opioid-sparing analjezi ve uygun postoperatif solunum desteği planlanmalıdır (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Chung et al., 2016b).

Obezite Hipoventilasyon Sendromu

OHS, obezite zemininde başka bir nedene bağlanamayan gündüz alveoler hipoventilasyon ve hiperkapni ile karakterizedir. OSA ile sık birliktedir ve perioperatif hipoventilasyon, hipoksemi, opioid ilişkili solunum depresyonu ve yoğun bakım gereksinimi açısından risk oluşturur (Mokhlesi et al., 2019).

OHS şüphesinde serum bikarbonatı tarama amacıyla kullanılabilir; klinik şüphe yüksekse arteriyel kan gazı ile $PaCO_2$ değerlendirilmelidir. ATS kılavuzunda, düşük klinik olasılıkta serum bikarbonatının <27 mmol/L olmasının OHS'yi dışlamada yardımcı olabileceği; yüksek klinik şüphede doğrudan arteriyel kan gazı ölçülmesi önerilmektedir (Mokhlesi et al., 2019).

Preoperatif Değerlendirme

Preoperatif değerlendirme yalnız VKİ ölçümüyle sınırlı olmamalıdır. Havayolu anatomisi, OSA/OHS riski, kardiyopulmoner rezerv, metabolik hastalıklar, reflü/gastroparezi, VTE riski, önceki anestezi kayıtları, fonksiyonel kapasite ve cerrahinin fizyolojik yükü birlikte değerlendirilmelidir (Chung et al., 2016b; McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

- Havayolu: ağız açıklığı, Mallampati, mandibular yapı, boyun hareketleri/çevresi ve önceki zor havayolu öyküsü.
- OSA/OHS: STOP-Bang, gündüz somnolansı, horlama, CPAP/NIV kullanımı ve hiperkapni açısından risk değerlendirmesi.
- Kardiyovasküler: hipertansiyon, koroner arter hastalığı, kalp yetmezliği, pulmoner hipertansiyon ve fonksiyonel kapasite.

- Metabolik: diyabet, dislipidemi ve diğer obezite ilişkili komorbiditeler.
- Aspirasyon: reflü, gastroparezi, diyabet, acil cerrahi ve kullanılan ilaçlar.
- VTE: önceki VTE, immobilite, malignite ve cerrahiye özgü riskler.
- İlaçlar: özellikle GLP-1 reseptör agonistleri ve diğer perioperatif açıdan önemli ilaçların kullanımı ve güncel kurumsal/ulusal önerilere göre yönetimi (McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

Havayolu Yönetimi

Obezitede zor maske ventilasyonu ve havayolu yönetimindeki komplikasyon riski artabilir. 2025 SOBA önerileri, obez hastalarda havayolu stratejisinin indüksiyon öncesinde planlanmasını; peroksijenasyonun ≥30° baş-yukarı/ramped pozisyonda yapılmasını ve videolaringoskopun ilk basamak trakeal entübasyon tekniği olarak düşünülmesini önermektedir (McKechnie et al., 2025).

Baş-yukarı/ramped pozisyon; preoksijenasyon, laringoskopik görüş ve oksijenasyon rezervi açısından avantaj sağlayabilir. Videolaringoskop, supraglottik havayolu ve zor havayolu kurtarma araçları uygun şekilde hazır bulundurulmalıdır. Planlı ve kurtarma stratejileri indüksiyon öncesinde belirlenmelidir (McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

2022 ASA zor havayolu kılavuzu, zor havayolu olasılığında oksijenasyonun sürdürülmesini, uygun olduğunda uyanık havayolu yaklaşımının düşünülmesini ve başarısızlık durumları için önceden

tanımlanmış kurtarma stratejileri oluşturulmasını vurgular (Apfelbaum et al., 2022).

Preoksijenasyon ve Peroksijenasyon

Obez hastada düşük FRC ve artmış oksijen tüketimi nedeniyle desatürasyon hızlı gelişebilir. ≥30° baş-yukarı/ramped pozisyonda yüksek FiO_2 ile preoksijenasyon temel yaklaşımdır. Hipoksemisi, OSA/OHS'si veya zor havayolu riski olan hastalarda CPAP/NIV veya yüksek akımlı nazal oksijen gibi yöntemler hasta özelliklerine göre düşünülebilir (McKechnie et al., 2025; Stenberg et al., 2022).

Apneik oksijenasyon yardımcı bir yöntem olabilir; ancak tek başına güvenli oksijenasyon garantisi değildir. Amaç, ilk entübasyon girişiminde başarı olasılığını artırmak ve oksijenasyonun kesintisiz sürdürülmesini sağlamaktır (Apfelbaum et al., 2022; McKechnie et al., 2025).

Mekanik Ventilasyon

Obez hastalarda tidal volüm gerçek vücut ağırlığına göre değil, akciğer boyutunu daha iyi yansıtan ideal vücut ağırlığına göre belirlenmelidir. PEEP oksijenasyon, akciğer mekanikleri ve hemodinamik etkiler birlikte değerlendirilerek titre edilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

Akciğer koruyucu ventilasyon; uygun tidal volüm, bireyselleştirilmiş PEEP, gereksiz yüksek FiO_2'den kaçınma ve mekanik yükün izlenmesini içerir. Recruitment manevraları rutin olarak zorunlu değildir; seçilmiş hastalarda yarar-zarar dengesi gözetilerek uygulanmalıdır (Memtsoudis et al., 2018).

Ekstübasyon öncesinde yeterli nöromüsküler derlenme nicel monitörizasyonla doğrulanmalıdır. Obezite ve OSA/OHS varlığında rezidüel nöromüsküler blokajın sonuçları daha ciddi olabilir (McKechnie et al., 2025; Thilen et al., 2023).

Hemodinamik Yönetim

Obezite hipertansiyon, sol ventrikül hipertrofisi, diyastolik disfonksiyon, koroner arter hastalığı ve pulmoner hipertansiyon ile birliktelik gösterebilir. İndüksiyon sonrası vazodilatasyon ve pozitif basınçlı ventilasyon venöz dönüşü azaltarak hipotansiyona yol açabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Uygun genişlikte kan basıncı manşonu kullanılmalıdır. Noninvaziv ölçüm güvenilir değilse invaziv arter basıncı düşünülebilir. Sıvı ve vazopressör tedavisi volüm durumu, kanama, kardiyak rezerv ve cerrahiye göre titre edilmelidir.

Anestezik İlaçların Dozlanması

Obezitede vücut kompozisyonu, dağılım hacmi, klirens ve farmakodinamik yanıt değişir. Bu nedenle tüm ilaçlar gerçek vücut ağırlığına göre otomatik olarak dozlanmamalıdır. İlaç sınıfına göre ideal vücut ağırlığı, yağsız vücut ağırlığı, düzeltilmiş vücut ağırlığı veya gerçek vücut ağırlığı kullanılabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Rousseleau & De Baerdemaeker, 2026).

İlaç dozlamasında tek bir evrensel ağırlık skalası yerine ilaca özgü farmakokinetik/farmakodinamik veriler ve klinik etki esas alınmalıdır. 2026 tarihli güncel derleme, obezitede lipofilik ilaçların dağılım hacminin artabileceğini, bazı hidrofilik ilaçların ise gerçek vücut ağırlığına göre dozlandığında aşırı maruziyet oluşturabileceğini vurgulamaktadır (Rousseleau & De Baerdemaeker, 2026).

Nöromüsküler blokajda nicel monitörizasyon ve yeterli antagonizma/derlenmenin doğrulanması önemlidir. Özellikle OSA/OHS'de opioid ve sedatifler mümkün olan en düşük etkili dozlarda titre edilmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; McKechnie et al., 2025; Rousseleau & De Baerdemaeker, 2026; Thilen et al., 2023).

Rejyonal ve Multimodal Analjezi

Rejyonal teknikler, uygun hastalarda opioid gereksinimini azaltabilir. Ultrason eşliğinde periferik sinir blokları ve lokal infiltrasyon teknikleri anatomik güçlüklerin aşılmasına yardımcı olabilir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).

Multimodal analjezide parasetamol, uygun hastada NSAİİ/COX-2 inhibitörü, rejyonal teknikler ve gerektiğinde düşük doz opioidler birlikte değerlendirilebilir. OSA/OHS varlığında opioid ve diğer solunum depresanı ilaçlar özellikle dikkatle titre edilmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Memtsoudis et al., 2018).

Bariatrik/Metabolik Cerrahi

Bariatrik/metabolik cerrahide OSA/OHS, diyabet, hipertansiyon, reflü, VTE ve ileri obeziteye bağlı fizyolojik değişiklikler perioperatif planlamayı etkiler. ERAS Society'nin 2021 güncellemesi, kısa etkili anesteziklerin, opioid-sparing analjezinin, erken mobilizasyonun ve uygun postoperatif solunum desteğinin önemini vurgular (Thorell et al., 2016).

İndüksiyonda seçilen ilaçların dozlaması obez hastaya göre bireyselleştirilmelidir. Laparoskopik pnömoperitoneum ve pozisyon değişiklikleri ventilasyon ve hemodinamik yükü artırabileceğinden PEEP, ventilasyon basınçları, pozisyon ve dolaşım birlikte değerlendirilmelidir (Thorell et al., 2016).

ERAS yaklaşımında rutin invaziv monitorizasyon her hasta için gerekli değildir; monitorizasyon cerrahi ve hastanın kardiyopulmoner riskine göre bireyselleştirilmelidir (Thorell et al., 2016).

Aspirasyon Riski

Obezite, reflü ve bazı hastalarda gecikmiş gastrik boşalma ile ilişkili olabilir; ancak obezitenin tek başına 'dolu mide' kabul edilmesi doğru değildir. Aspirasyon riski açlık süresi, semptomlar, gastroparezi, diyabet, acil cerrahi ve kullanılan ilaçlar gibi faktörlerin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenmelidir (American Society of Anesthesiologists, n.d.; McKechnie et al., 2025).

GLP-1 reseptör agonistleri kullanan hastalarda gastrik boşalma üzerindeki olası etkiler ayrıca değerlendirilmelidir. Perioperatif ilaç yönetimi için güncel ulusal/kurumsal öneriler ve ilacın endikasyonu, dozu ve uygulama zamanı dikkate alınmalıdır (American Society of Anesthesiologists, n.d.; McKechnie et al., 2025).

Yüksek aspirasyon riskinde hızlı seri indüksiyon, gastrik ultrasonografi ve diğer havayolu stratejileri hasta bazında değerlendirilebilir. Karar, aspirasyon riskini ve zor havayolu riskini birlikte dikkate almalıdır (Apfelbaum et al., 2022; McKechnie et al., 2025).

Tromboemboli Riski

Obezite VTE riskini artıran önemli bir faktördür. Büyük cerrahi, immobilite, önceki VTE, malignite ve diğer risk faktörleri eşlik ediyorsa mekanik ve farmakolojik profilaksi gereksinimi artar (Thorell et al., 2016).

- Erken mobilizasyon.
- Uygun hastada mekanik profilaksi.
- Kanama riski ile VTE riskinin birlikte değerlendirilmesi.
- Farmakolojik profilaksi doz ve süresinin cerrahi ve kurumsal protokole göre belirlenmesi.

Postoperatif Solunum Yönetimi

Ekstübasyon obez hastada kritik bir aşamadır. Hasta yeterince uyanık olmalı, nöromüsküler derlenme nicel olarak doğrulanmalı ve mümkünse baş-yukarı pozisyonda ekstübe edilmelidir (Apfelbaum et al., 2022; McKechnie et al., 2025; Thilen et al., 2023).

OSA/OHS bulunan hastalarda mevcut CPAP/NIV tedavisinin erken dönemde yeniden başlatılması planlanmalıdır. OHS'de yalnızca oksijen satürasyonuna güvenmek hipoventilasyonu gözden kaçırabilir; yüksek riskli hastalarda ventilasyonun değerlendirilmesi için klinik gözlem, kapnografi ve gerektiğinde kan gazı kullanılmalıdır (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Mokhlesi et al., 2019).

Postoperatif opioidler dikkatle titre edilmeli; mümkün olduğunda opioid-sparing analjezi tercih edilmelidir. Sürekli pulse

oksimetri ve yüksek riskli hastalarda uygun ventilasyon monitorizasyonu düşünülmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Memtsoudis et al., 2018; Mokhlesi et al., 2019).

Postoperatif İzlem ve Yoğun Bakım Kararı

Yoğun bakım veya daha yakın monitorizasyon gereksinimi; OHS, ciddi OSA, uzun/kompleks cerrahi, yüksek opioid gereksinimi, zor havayolu, kardiyopulmoner hastalık ve postoperatif hipoksemi/hiperkapni gibi faktörlere göre belirlenmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Memtsoudis et al., 2018; Mokhlesi et al., 2019).

Monitorizasyon planı hastanın riskine göre pulse oksimetri, klinik solunum değerlendirmesi, gerektiğinde kapnografi ve kan gazını içerebilir. Evde CPAP/NIV kullanan hastaların cihazlarını hastaneye getirmeleri ve tedavinin perioperatif plana dahil edilmesi önerilmektedir (McKechnie et al., 2025).

Obez Hastada Perioperatif Klinik Algoritma

1. Riski tanımla

VKİ + yağ dağılımı/fonksiyonel kapasite + OSA/OHS + kardiyopulmoner komorbiditeler + cerrahi risk.

2. Havayolunu planla

Baş-yukarı/ramped ≥30° + etkin preoksijenasyon/ peroksijenasyon + videolaringoskop + kurtarma planı.

3. Ventilasyonu koru

Tidal volüm ideal vücut ağırlığına göre + bireyselleştirilmiş PEEP + mekanik ve hemodinamik etkilerin izlenmesi.

4. İlaçları bireyselleştir

İlaca uygun ağırlık skalası + klinik etkiye göre titrasyon + nicel nöromüsküler monitörizasyon.

5. Ekstübasyonu planla

Uyanık hasta + yeterli nöromüsküler derlenme + baş-yukarı pozisyon + yüksek riskte CPAP/NIV ve yakın monitorizasyon.

6. VTE ve analjezi

Erken mobilizasyon + uygun VTE profilaksisi + multimodal/opioid-sparing analjezi.

Klinik Anahtar Noktalar

- VKİ tek başına perioperatif riski açıklamaz; OSA/OHS ve hedef organ hastalıkları ayrıca değerlendirilmelidir (Chung et al., 2016b; Mokhlesi et al., 2019).
- Obez hastada düşük FRC ve artmış oksijen tüketimi nedeniyle hızlı desatürasyon riski vardır (Gropper et al., 2025; McKechnie et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).
- ≥30° baş-yukarı/ramped pozisyonda etkin preoksijenasyon temel yaklaşımdır; yüksek riskli hastalarda ek peroksijenasyon yöntemleri düşünülebilir (McKechnie et al., 2025).

- Videolaringoskop 2025 SOBA önerilerinde obez hastada ilk basamak trakeal entübasyon tekniği olarak önerilmektedir (McKechnie et al., 2025).
- Tidal volüm ideal vücut ağırlığına göre belirlenmeli; PEEP hastaya göre titre edilmelidir (Gropper et al., 2025; Memtsoudis et al., 2018).
- İlaç dozlamasında tek bir ağırlık skalası kullanılmamalı; ilaca özgü farmakokinetik/farmakodinamik özellikler dikkate alınmalıdır (Cullen et al., 2023; Rousseleau & De Baerdemaeker, 2026).
- OSA/OHS'de opioid ve sedatifler dikkatle titre edilmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Mokhlesi et al., 2019).
- Ekstübasyon tam nöromüsküler derlenme sonrasında, tercihen baş-yukarı pozisyonda yapılmalıdır (Apfelbaum et al., 2022; McKechnie et al., 2025; Thilen et al., 2023).
- Yüksek riskli hastalarda postoperatif CPAP/NIV ve uygun solunum monitorizasyonu planlanmalıdır (American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea, 2014; Memtsoudis et al., 2018; Mokhlesi et al., 2019).
- Bariatrik cerrahide ERAS yaklaşımı opioid-sparing analjezi, erken mobilizasyon ve uygun solunum desteğini öne çıkarır (Thorell et al., 2016).

Kaynakça

American Society of Anesthesiologists (n.d.). *Perioperative Use of GLP-1 Receptor Agonists: current multidisciplinary guidance.* Update immediately before publication according to the most recent ASA/multisociety guidance.

American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea (2014). Practice guidelines for the perioperative management of patients with obstructive sleep apnea: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Perioperative Management of patients with obstructive sleep apnea. *Anesthesiology, 120*(2), 268–286. doi: 10.1097/ALN.0000000000000053.

Apfelbaum, J. L., Hagberg, C. A., Connis, R. T., Abdelmalak, B. B., Agarkar, M., Dutton, R. P., Fiadjoe, J. E., Greif, R., Klock, P. A., Mercier, D., Myatra, S. N., O'Sullivan, E. P., Rosenblatt, W. H., Sorbello, M., & Tung, A. (2022). 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology, 136*(1), 31–81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002.

Chung, F., Abdullah, H. R., & Liao, P. (2016a). STOP-Bang Questionnaire: A Practical Approach to Screen for Obstructive Sleep Apnea. *Chest, 149*(3), 631–638. doi: 10.1378/chest.15-0903.

Chung, F., Memtsoudis, S. G., Ramachandran, S. K., Nagappa, M., Opperer, M., Cozowicz, C., Patrawala, S., Lam, D., Kumar, A., Joshi, G. P., Fleetham, J., Ayas, N., Collop, N., Doufas, A. G., Eikermann, M., Englesakis, M., Gali, B., Gay, P., Hernandez, A. V., Kaw, R., … Auckley, D. (2016b). Society of Anesthesia and Sleep

Medicine Guidelines on Preoperative Screening and Assessment of Adult Patients With Obstructive Sleep Apnea. *Anesthesia and Analgesia, 123*(2), 452–473. doi: 10.1213/ANE.0000000000001416.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

McKechnie, A., Iliff, H. A., Black, R., Ahmad, I., Chesworth, A., Chesworth, P., Davis, N., & Griffiths, C. (2025). Airway management in patients living with obesity: best practice recommendations from the Society for Obesity and Bariatric Anaesthesia: Endorsed by the All Wales Airway Group, Scottish Airway Group and Difficult Airway Society. *Anaesthesia, 80*(9), 1103–1114. doi: 10.1111/anae.16647.

Memtsoudis, S. G., Cozowicz, C., Nagappa, M., Wong, J., Joshi, G. P., Wong, D. T., Doufas, A. G., Yilmaz, M., Stein, M. H., Krajewski, M. L., Singh, M., Pichler, L., Ramachandran, S. K., & Chung, F. (2018). Society of Anesthesia and Sleep Medicine Guideline on Intraoperative Management of Adult Patients With Obstructive Sleep Apnea. *Anesthesia and Analgesia, 127*(4), 967–987. doi: 10.1213/ANE.0000000000003434.

Mokhlesi, B., Masa, J. F., Brozek, J. L., Gurubhagavatula, I., Murphy, P. B., Piper, A. J., Tulaimat, A., Afshar, M., Balachandran, J. S., Dweik, R. A., Grunstein, R. R., Hart, N., Kaw, R., Lorenzi-Filho, G., Pamidi, S., Patel, B. K., Patil, S. P., Pépin, J. L., Soghier,

I., Tamae Kakazu, M., … Teodorescu, M. (2019). Evaluation and Management of Obesity Hypoventilation Syndrome. An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 200*(3), e6–e24. doi: 10.1164/rccm.201905-1071ST.

Rousseleau, D., & De Baerdemaeker, L. (2026). Perioperative drug pharmacokinetics in patients with obesity. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 29*(4), 403–409. doi: 10.1097/MCO.0000000000001225.

Stenberg, E., Dos Reis Falcão, L. F., O'Kane, M., Liem, R., Pournaras, D. J., Salminen, P., Urman, R. D., Wadhwa, A., Gustafsson, U. O., & Thorell, A. (2022). Guidelines for Perioperative Care in Bariatric Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society Recommendations: A 2021 Update. *World Journal of Surgery, 46*(4), 729–751. doi: 10.1007/s00268-021-06394-9.

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

Thorell, A., MacCormick, A. D., Awad, S., Reynolds, N., Roulin, D., Demartines, N., Vignaud, M., Alvarez, A., Singh, P. M., & Lobo, D. N. (2016). Guidelines for Perioperative Care in Bariatric Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society

Recommendations. *World Journal of Surgery, 40*(9), 2065–2083. doi: 10.1007/s00268-016-3492-3.

BÖLÜM 41

REJYONAL ANESTEZİ

TUNAHAN ÇEVİK[1]

Özet

Rejyonal anestezi; merkezi (nöroaksiyel) veya periferik sinir yapılarına lokal anestezik uygulanarak cerrahi anestezi ve/veya analjezi oluşturulmasıdır. Nöroaksiyel teknikler ile periferik sinir ve pleksus blokları; hastanın özellikleri, cerrahinin gereksinimleri ve perioperatif riskler birlikte değerlendirilerek seçilmelidir.

Bu bölüm rejyonal anestezinin temel prensiplerini ve özellikle antitrombotik tedavi alan hastalarda güvenlik yaklaşımını vurgulamaktadır.

Öğrenme Hedefleri

- Rejyonal anestezinin temel tekniklerini ve klinik kullanım alanlarını açıklamak.

[1] Uzm. Dr., Kocaeli Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-1185-4971

- Nöroaksiyel ve periferik bloklar için hasta seçimini sistematik yapmak.
- Ultrason rehberliğinin güvenlik ve başarıya katkısını değerlendirmek.
- Lokal anesteziklerin farmakolojisini ve maksimum güvenli doz yaklaşımını anlamak.
- Antitrombotik tedavi, koagülasyon bozuklukları ve rejyonal teknikler arasındaki ilişkiyi değerlendirmek.
- LAST, yüksek/total spinal blok, hematom, enfeksiyon ve nörolojik komplikasyonları erken tanımak.
- Postoperatif analjeziyi multimodal ve opioid-sparing bir yaklaşımla planlamak.

Anestezi Pratiğinde Rejyonal Anestezi

Rejyonal anestezinin tanımı ve kapsamı

Rejyonal anestezi, belirli bir anatomik bölgenin duyusal ve gerektiğinde motor innervasyonunun lokal anesteziklerle geçici olarak bloke edilmesidir. Spinal ve epidural gibi nöroaksiyel tekniklerin yanında periferik sinir, pleksus, fasiyal plan ve intravenöz bölgesel anestezi teknikleri de rejyonal anestezi kapsamındadır. Teknik seçimi; cerrahinin yeri ve süresi, beklenen ağrı düzeyi, hastanın komorbiditeleri, antitrombotik tedavisi ve hastanın tercihi birlikte değerlendirilerek yapılır. Ultrason rehberliğinin yaygınlaşması, uzun etkili lokal anesteziklerin ve multimodal analjezi kavramının benimsenmesi, rejyonal tekniklerin perioperatif tıptaki yerini belirgin biçimde genişletmiştir (Hadzic, 2017).

Temel kaynaklar spinal, epidural, kaudal, periferik sinir blokları ve intravenöz bölgesel anesteziyi temel teknikler arasında sınıflandırmaktadır (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Rejyonal anestezinin avantajları

- Uygun hastada genel anestezi ve hava yolu araçlarına olan gereksinimi azaltabilmesi.
- Postoperatif opioid tüketimini ve bulantı-kusmayı azaltması.
- Segmental analjezi sağlaması.
- Solunum depresyonu ve sedatif ilaç gereksinimini azaltmaya katkıda bulunması.
- Erken mobilizasyon, erken oral alım ve hızlandırılmış iyileşme (ERAS) protokollerini desteklemesi.
- Seçilmiş hastalarda hemodinamik stres yanıtını azaltabilmesi.
- Kateter teknikleriyle uzun süreli ve titre edilebilir analjezi sağlaması.

Rejyonal anestezinin avantajları kullanılan teknik, hastanın komorbiditeleri ve cerrahinin özelliklerine göre değişir; rejyonal teknik genel anestezinin tüm risklerini otomatik olarak ortadan kaldırmaz ve her zaman genel anesteziye geçiş için hazırlık gerektirir (Gropper et al., 2025).

Hasta seçimi ve preoperatif değerlendirme

Rejyonal anestezi planlanan her hastada genel anestezi planlanmış gibi kapsamlı preoperatif değerlendirme yapılmalıdır;

çünkü blok başarısızlığı, yetersiz cerrahi anestezi, cerrahi sürenin uzaması veya cerrahi sırasında teknik gereksinim nedeniyle sedasyon ya da genel anesteziye geçiş gerekebilir (Gropper et al., 2025).

Temel kaynaklar bu yaklaşımı özellikle vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025).

Rejyonal anestezi planlanan hastanın preoperatif değerlendirilmesi sırasında dikkat edilmesi gerekenler:

- Cerrahinin yeri, süresi ve beklenen ağrı düzeyi.
- Hastanın nörolojik muayenesi ve mevcut nörolojik hastalıkları.
- Antikoagülan/antiplatelet ilaçlar ve son doz zamanları.
- Trombosit sayısı ve gerektiğinde INR, aPTT ve ilaca özgü testler (anti-Xa vb.)
- Enfeksiyon/sepsis ve girişim bölgesinde enfeksiyon.
- Pozisyon verme güçlüğü, geçirilmiş spinal cerrahi ve omurga anatomisi.
- Solunum rezervi, kardiyak rezerv (ciddi kapak darlığı, sabit kalp debisi) ve yüksek blok riskine duyarlılık.
- Hasta ile iletişim ve kooperasyon.
- Rejyonal tekniğin başarısız olması durumunda alternatif plan.

Nöroaksiyel bloğun mutlak ve göreli kontrendikasyonları Tablo 1'de özetlenmiştir. Göreli kontrendikasyonlarda karar, tekniğin beklenen yararı ile riski hasta bazında tartılarak verilir.

Tablo 1 Nöroaksiyel anestezinin kontrendikasyonları

Kategori	Durum
Mutlak	Hastanın reddi veya kooperasyon kuramaması Girişim bölgesinde enfeksiyon Ciddi koagülopati veya düzeltilmemiş antikoagülasyon Artmış intrakraniyal basınç (kitle etkisi) Düzeltilmemiş ciddi hipovolemi/şok Bilinen lokal anestezik alerjisi
Göreli	Sepsis/bakteriyemi Trombositopeni (özellikle <70.000/μL) veya sınırda hemostaz Ciddi aort/mitral darlığı, hipertrofik obstrüktif kardiyomiyopati Önceden var olan nörolojik hastalık (multipl skleroz, demiyelinizan hastalık) Ciddi spinal deformite, geçirilmiş spinal cerrahi, spinal stenoz Yüksek blok riski taşıyan ciddi solunum yetersizliği

Kaynak: Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017; Kietaibl et al., 2022.

Aydınlatılmış onam, rejyonal anestezinin ayrılmaz bir parçasıdır; blok başarısızlığı, geçici veya kalıcı sinir hasarı, baş ağrısı, hematom ve enfeksiyon gibi riskler anlaşılır bir dille anlatılmalıdır. Hastaların spinal ve epidural anestezi hakkında başvurduğu Türkçe çevrim içi kaynakların kalitesinin ve güvenilirliğinin genellikle yetersiz olduğu gösterilmiştir (Çetin & Yılmaz, 2026). Bu nedenle onam görüşmesi yazılı formla sınırlı kalmamalı, sözlü bilgilendirme ile desteklenmelidir.

Nöroaksiyel Anestezi

Nöroaksiyel anestezinin başlıca teknikleri spinal, epidural ve kombine spinal-epidural (KSE) anestezidir. Spinal anestezide lokal anestezik beyin omurilik sıvısına (BOS), yani subaraknoid aralığa verilerek hızlı ve yoğun bir blok oluşturulur. Epidural teknikte ilaç epidural aralığa verilir; tek doz bolus şeklinde uygulanabildiği gibi kateter aracılığıyla sürekli veya aralıklı analjezi de sağlanabilir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Nöroaksiyel sempatik blok, vazodilatasyon ve venöz kapasite artışı nedeniyle hipotansiyona ve bazı hastalarda bradikardiye yol açabilir. Hemodinamik yanıt blok seviyesine, intravasküler volüme, yaşa ve eşlik eden kardiyak hastalıklara göre değişir. Temel kaynaklar da sempatik bloğun hipotansiyon ve bradikardi oluşturabileceğini belirtmektedir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Nöroaksiyel anatomi ve fizyoloji

Vertebral kolon 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 4 koksigeal olmak üzere 33 vertebradan oluşur. Servikal ve lomber lordoz ile torakal kifoz, hiperbarik lokal anesteziklerin yayılımını belirler: sırtüstü yatan hastada torakal kifozun en alt noktası (T5–T7) ve lomber lordozun tepesi (L3–L4) ilaç dağılımının sınırlarını oluşturur. Erişkinde spinal kord L1–L2 düzeyinde konus medullaris ile sonlanır, dural kese ise S2 düzeyine kadar uzanır; bu nedenle spinal anestezi L2–L3 aralığı ve altından uygulanmalıdır. İliak kristaları birleştiren Tuffier hattı yaklaşık L4 vertebra veya L4–L5 aralığına denk gelir; ancak bu işaret özellikle obez ve gebe hastalarda yanıltıcı olabilir ve palpasyonla belirlenen aralık gerçek düzeyden sıklıkla bir seviye yüksektir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Orta hat yaklaşımında iğne sırasıyla cilt, cilt altı doku, supraspinöz ligament, interspinöz ligament ve ligamentum flavumu geçerek epidural aralığa ulaşır. Epidural aralık; yağ dokusu, lenfatikler ve venöz pleksus içerir ve lomber bölgede orta hatta 4–6 mm derinliğindedir. Dura ve araknoid mater geçildiğinde beyin omurilik sıvısı (BOS) içeren subaraknoid aralığa ulaşılır (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Nöroaksiyel blokta lokal anesteziğin temel etki yeri spinal sinir kökleridir. Blok, lif kalınlığı ve miyelinizasyonuna göre belirli bir sırayla gelişir: önce preganglionik sempatik lifler (B lifleri), ardından ısı, ağrı, dokunma, derin basınç, motor lifler ve en son propriyosepsiyon ile vibrasyon duyusu bloke olur. Bu nedenle sempatik blok duyusal bloğun iki, motor blok ise duyusal bloğun iki dermatom altında kalır (diferansiyel blok). Sempatik blokaj arteriyel ve venöz dilatasyona yol açarak hipotansiyona; T1–T4 kardiyoakseleratör liflerin etkilenmesi ise bradikardiye neden olabilir. Hemodinamik yanıt blok seviyesine, intravasküler volüme, yaşa ve eşlik eden kardiyak hastalığa göre değişir (Gropper et al., 2025).

Cerrahi anestezi için gerekli duyusal blok seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir; blok seviyesi soğuk/iğne testi ile dermatom düzeyinde değerlendirilmelidir.

Tablo 2 Cerrahi girişimlere göre gerekli duyusal blok seviyesi

Dermatom	**Cerrahi Girişim**
T4 (meme başı)	Üst abdominal cerrahi, sezaryen
T6–T8 (ksifoid)	Alt abdominal cerrahi, apendektomi, jinekolojik pelvik cerrahi
T10 (göbek)	Kalça cerrahisi, TUR-P, vajinal doğum, herni onarımı
L1 (inguinal ligament)	Uyluk ve alt ekstremite cerrahisi (turnike kullanılıyorsa T8–T10)
L2–L3	Diz ve altı cerrahi, ayak cerrahisi
S2–S5 (perine)	Perineal ve anal cerrahi (saddle blok)

Kaynak: Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017.

Spinal anestezi

Spinal anestezide küçük hacimde lokal anestezik subaraknoid aralığa uygulanır. 3–5 dakika içinde başlayan hızlı, yoğun ve öngörülebilir bir blok ile güvenilir cerrahi anestezi ve

kolay uygulanabilirlik başlıca avantajlardır. Ancak blok seviyesinin yükselmesi, hipotansiyon, bradikardi ve nadiren yüksek/total spinal blok önemli komplikasyonlardır (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Blok yüksekliği; lokal anestezik dozu, barisite, hasta pozisyonu, enjeksiyon düzeyi, BOS hacmi ve anatomik özelliklerden etkilenir; ileri yaş, gebelik, obezite ve kısa boy yayılımı artırır. Bu nedenle doz; hastanın yaşı, boyu, cerrahinin düzeyi ve klinik durumuna göre bireyselleştirilmelidir. Hiperbarik bupivakain (%0,5, 7,5–15 mg) en sık kullanılan ajandır; kısa süreli günübirlik girişimlerde prilokain veya klorprokain tercih edilebilir. İntratekal opioidler (fentanil 10–25 μg, morfin 100–150 μg) blok kalitesini ve postoperatif analjeziyi artırır; intratekal morfin geç solunum depresyonu riski nedeniyle 24 saat monitörizasyon gerektirir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

İnce (25–27 G) ve kalem uçlu (pencil-point) iğnelerin kullanılması postdural ponksiyon baş ağrısı riskini belirgin şekilde azaltır; kesici uçlu iğne kullanılacaksa keskin kenar dura liflerine paralel (longitudinal) yönlendirilmelidir (Uppal et al., 2023).

Klinik uyarı: Spinal doz “kilo başına” hesaplanmaz; yaş, boy, gebelik ve cerrahinin düzeyine göre bireyselleştirilir. Sezaryenle doğumda hipotansiyonu önlemek için sol lateral tilt, ko-yükleme ve profilaktik fenilefrin infüzyonu standart yaklaşımdır (Gropper et al., 2025).

Epidural anestezi

Epidural anestezide lokal anestezik ve gerektiğinde opioidler epidural aralığa uygulanır; etki 15–25 dakikada başlar ve segmental bir blok elde edilir. Epidural aralık, direnç kaybı (loss of resistance)

yöntemiyle tanımlanır. Kateter kullanımı, cerrahi anesteziye ek olarak uzun süreli postoperatif analjezi sağlar; torakal epidural analjezi majör abdominal ve torasik cerrahide pulmoner komplikasyonları ve ileusu azaltabilir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Epidural teknik spinal tekniğe göre çok daha büyük ilaç hacmi (segment başına 1–2 mL) gerektirdiğinden sistemik toksisite ve yanlışlıkla intratekal/intravasküler enjeksiyon riski taşır. Bu nedenle her kateter yerleştirmeden sonra ve her bolus öncesinde aspirasyon yapılmalı, epinefrinli test dozu (lidokain %1,5; 3 mL + epinefrin 15 µg) uygulanmalı ve ilaçlar fraksiyone (3–5 mL) verilmelidir. Test dozu sonrası kalp hızında 20 atım/dk artış intravasküler, hızlı gelişen yoğun motor blok ise intratekal yerleşimi düşündürür (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Kombine spinal-epidural

KSE tekniği spinal anestezinin hızlı ve yoğun başlangıcını epidural kateterin titrasyon ve uzatılabilirlik avantajıyla birleştirir. Özellikle obstetrik ve uzun sürebilecek alt abdominal/alt ekstremite cerrahilerinde uygun hastalarda kullanılabilir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Teknik seçiminde dural ponksiyon, epidural kateter komplikasyonları ve antitrombotik tedaviye bağlı hematom riski ayrıca değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Tablo 3 Spinal, epidural ve kombine spinal-epidural tekniklerin karşılaştırılması

Özellik	**Spinal**	**Epidural**	**KSE**
Etki başlangıcı	3–5 dk	15–25 dk	Spinal komponentle hızlı
İlaç hacmi/dozu	Küçük (1–3 mL)	Büyük (10–20 mL)	Her iki komponent
Blok yoğunluğu	Yoğun, öngörülebilir	Değişken, segmental	Yoğun + uzatılabilir
Süre uzatma	Sınırlı	Kateterle sınırsız	Kateterle sınırsız
Hipotansiyon	Ani ve belirgin	Kademeli	Spinal doza bağlı
LAST riski	Çok düşük	Var (büyük hacim)	Var
PDPH riski	İğne çapına bağlı	Kazara dural ponksiyonda yüksek	Düşük–orta
Başlıca kullanım	Alt abdominal, pelvik, alt ekstremite	Analjezi, torakal/abdominal cerrahi, obstetri	Obstetri, uzun ortopedik/pelvik cerrahi

Kaynak: Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017.

Periferik Sinir, Pleksus Blokları ve Fasiyal Plan Blokları

Periferik bloklarda lokal anestezik hedef sinir, pleksus veya fasiyal düzlem çevresine uygulanır. Üst ve alt ekstremite cerrahilerinde cerrahi anestezi veya postoperatif analjezi amacıyla kullanılabilir (Hadzic, 2017).

- Üst ekstremitede; interskalen (omuz), supraklaviküler ve infraklaviküler (dirsek altı, önkol, el) ve aksiller (el, önkol) brakiyal pleksus yaklaşımları,
- Alt ekstremitede; femoral, adduktor kanal, siyatik (subgluteal, popliteal), fasiya iliaka ve ayak bileği blokları en sık kullanılan tekniklerdir.
- Fasiyal plan blokları; erektör spina plan (ESP), transversus abdominis plan (TAP), kuadratus lumborum, PECS/serratus ve rektus kılıfı blokları

- İntravenöz bölgesel anestezi (Bier bloğu).

Periferik bloklar nöroaksiyel bloğun uygulanamadığı veya istenmediği hastalarda gövde analjezisi için giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Total abdominal histerektomi gibi jinekolojik girişimlerde ESP bloğu postoperatif opioid tüketimini azaltabilir (Baran et al., 2024; Çetin & Şahin, n.d.).

Periferik bloklarda kanama riski; bloğun derinliği, bölgenin komprese edilebilirliği, damar yoğunluğu ve hematomun olası sonuçları ile belirlenir. Derin pleksus blokları (lomber pleksus, paravertebral, derin servikal pleksus, proksimal siyatik) nöroaksiyel bloklarla benzer güvenlik ilkeleri gerektirirken, yüzeyel ve komprese edilebilir bloklar daha düşük risk taşır (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017; Kietaibl et al., 2022).

Ultrason eşliğinde rejyonal anestezi

Ultrason; sinir, pleksus, damar, plevra ve iğne ucunun gerçek zamanlı görüntülenmesini, lokal anestezik dağılımının izlenmesini ve daha düşük hacimlerle etkin blok yapılmasını sağlar. Ultrason rehberliği damar ponksiyonu ve LAST sıklığını azaltmakla birlikte antitrombotik tedaviye bağlı kanama için önerilen ilaç kesme sürelerini değiştirmez; ESAIC/ESRA kılavuzu da ultrason rehberliği, ilaç kombinasyonları ve kanama skorlarının belirli antitrombotik zaman aralıklarını değiştirmediğini belirtmektedir (Kietaibl et al., 2022).

Klinik uyarı: İnterskalen blokta ipsilateral frenik sinir paralizisi neredeyse kaçınılmazdır. Ciddi solunum yetersizliği olan hastalarda kaçınılmalı veya düşük hacimli/alternatif teknikler tercih edilmelidir. Sinir içi (intranöral) enjeksiyondan kaçınmak için

yüksek enjeksiyon direncinde ve parestezide enjeksiyon durdurulmalıdır (Hadzic, 2017).

Lokal Anestezikler

Lokal anestezikler voltaj bağımlı sodyum kanallarını bloke ederek sinir iletimini engeller. Klinik seçim; başlangıç hızı, etki süresi, motor blok profili ve toksisite özelliklerine göre yapılır. Amidler karaciğerde metabolize edilir; esterler plazma kolinesterazı ile hızla yıkılır (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

- Amid grubu: lidokain, mepivakain, prilokain, bupivakain, ropivakain.
- Ester grubu: klorprokain, prokain ve tetrakain.
- Uzun etkili ajanlar özellikle postoperatif analjezide yararlıdır.
- Bupivakain, kardiyak sodyum kanallarına yüksek afinitesi nedeniyle en kardiyotoksik ajandır.
- Ropivakain daha düşük kardiyotoksisite profili nedeniyle bazı klinik durumlarda tercih edilebilir.

Maksimum dozlar (Tablo 4) yalnızca kaba bir kılavuzdur; enjeksiyon bölgesinin vaskülaritesi (interkostal > kaudal > epidural > brakiyal pleksus > cilt altı), yaş, gebelik, karaciğer ve kalp hastalığı, düşük albümin ve eş zamanlı diğer lokal anesteziklerin kullanımı toksik eşiği düşürür. Birden fazla ajan kullanıldığında toksisite aditif kabul edilmelidir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017; Neal et al., 2018).

Tablo 4 Sık kullanılan lokal anesteziklerin özellikleri ve maksimum dozları

İlaç	Grup	Etki süresi (dk)	Maks. doz (mg/kg)	Epinefrinli maks. (mg/kg)
Lidokain	Amid	60–120	4,5	7
Mepivakain	Amid	90–180	5	7
Prilokain	Amid	90–180	6 (metHb riski)	8
Bupivakain	Amid	180–360	2,5 (maks. 175 mg)	3 (maks. 225 mg)
Levobupivakain	Amid	180–360	2,5	3
Ropivakain	Amid	180–360	3 (maks. 225 mg)	3,5
Klorprokain	Ester	30–60	11	14

Kaynak: Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017. Değerler erişkin için tek seferlik uygulamaya aittir.

Rejyonal Anestezi Komplikasyonları

Lokal anestezik sistemik toksisitesi (LAST)

LAST, lokal anesteziğin sistemik dolaşıma yüksek miktarda geçmesi veya intravasküler enjeksiyon sonucu gelişen yaşamı tehdit eden bir komplikasyondur. Klasik tablo perioral uyuşma, metalik tat, kulak çınlaması, ajitasyon ve konfüzyon gibi santral sinir sistemi bulgularıyla başlar; nöbet, bilinç kaybı, aritmi, ileti bloğu ve kardiyovasküler kollapsa ilerleyebilir. Olguların yaklaşık yarısında bulgular atipiktir veya enjeksiyondan dakikalar sonra gecikmeli ortaya çıkar; bu nedenle blok sonrası en az 30 dakika monitörizasyon önerilir (Neal et al., 2018).

Risk; yüksek doz, damardan yanlışlıkla enjeksiyon, yüksek vaskülariteli bölgeler, düşük protein bağlanması ve bazı hasta özellikleriyle artabilir (Neal et al., 2018). Literatür yaş, karaciğer yetmezliği, kardiyak hastalık ve hiperkapni gibi durumları da risk faktörleri arasında belirtmektedir (Hadzic, 2017; Neal et al., 2018).

Önleme; en düşük etkili dozun kullanılması, her 3–5 mL'de aspirasyon yapılarak fraksiyone enjeksiyon, epinefrinli test dozu, ultrason rehberliği ve standart monitörizasyonu içerir. LAST geliştiğinde hava yolu ve oksijenasyonun güvence altına alınması, nöbetlerin tedavisi, ileri yaşam desteği ve erken %20 lipid emülsiyonu tedavisi temel yaklaşımlardır. Güncel ASRA LAST kontrol listesi tedavinin doz ve uygulama ayrıntıları için başvurulacak temel kaynaktır (Neal et al., 2021).

Tablo 5 LAST yönetimi (ASRA 2020 kontrol listesi)

Basamak	**Uygulama**
1. İlk önlemler	Lokal anestezik enjeksiyonunu durdur, yardım çağır, LAST kitini ve lipid emülsiyonunu getirt Hava yolunu güvence altına al, %100 oksijen, hiperventilasyondan kaçın (asidoz ve hipoksi toksisiteyi artırır) Gerekirse kardiyopulmoner baypas yapılabilecek merkezi bilgilendir
2. Nöbet kontrolü	Benzodiazepin (midazolam) tercih edilir Propofol hemodinamik instabilitede kaçınılmalı; lipid tedavisinin yerine geçmez
3. Lipid emülsiyonu (%20)	>70 kg: 100 mL bolus (2–3 dk), ardından 200–250 mL infüzyon (15–20 dk) <70 kg: 1,5 mL/kg bolus, ardından 0,25 mL/kg/dk infüzyon Dolaşım stabil değilse bolus tekrarlanır ve infüzyon hızı iki katına çıkarılır Dolaşım düzeldikten sonra en az 10 dk infüzyona devam edilir; ilk 30 dakikada üst sınır yaklaşık 12 mL/kg
4. Kardiyak arrest	İleri yaşam desteği; epinefrin dozu ≤1 μg/kg boluslarla düşük tutulur Vazopressin, kalsiyum kanal blokerleri, beta blokerler ve lokal anestezik (lidokain) antiaritmik olarak kullanılmaz Uzamış resüsitasyon gerekebilir; ECMO/kardiyopulmoner baypas düşünülür
5. İzlem	Kardiyovasküler instabilite sonrası ≥4–6 saat, yalnızca SSS bulgularında ≥2 saat monitörizasyon Olgu bildirimi (www.lipidrescue.org)

Kaynak: Neal et al., 2021.

Yüksek ve total spinal blok

Spinal bloğun beklenenden daha yüksek seviyeye ulaşması interkostal kasların ve üst ekstremiteye giden motor liflerin etkilenmesine, ciddi hipotansiyon, bradikardi ve solunum yetersizliğine neden olabilir. Total spinal blokta bilinç kaybı, apne ve kardiyak arrest gelişebilir. En sık nedenleri, kazara dural ponksiyon sonrasında epidural dozun subaraknoid aralığa verilmesi, yanlış doz ve uygunsuz pozisyondur (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Tedavi; yardım çağrılması, %100 oksijen, hava yolu kontrolü, ventilasyon, dolaşım desteği ve uygun vazopressör/antikolinerjik tedaviyi içerir. Gerektiğinde trakeal entübasyon ve mekanik ventilasyon uygulanmalıdır (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Klinik uyarı: Bloğun dakikalar içinde yükselmesi, dispne ve ellerde uyuşma total spinal bloğun habercisidir; "hasta konuşabiliyor" diye beklemek yerine derhal ventilasyon ve dolaşım desteğine geçilmelidir.

Postdural ponksiyon baş ağrısı

Postdural ponksiyon baş ağrısı (PDPH), dural delik yoluyla BOS kaçağına bağlı gelişen, dik pozisyonda artan, yatınca azalan, sıklıkla boyun sertliği, bulantı ve işitsel/görsel yakınmaların eşlik ettiği bir baş ağrısıdır. Genç yaş, kadın cinsiyet, gebelik, düşük vücut kitle indeksi, baş ağrısı öyküsü ve büyük çaplı kesici uçlu iğne kullanımı riski artırır; kazara dural ponksiyon sonrası (17–18 G Tuohy) PDPH sıklığı %50'yi aşabilir (Uppal et al., 2023).

Yönetim; hidrasyon, parasetamol/NSAİİ ile multimodal analjezi ve ilk 24 saatte kafein gibi konservatif yaklaşımlarla başlar. Konservatif tedaviye 24–48 saatte yanıt vermeyen, günlük yaşam

aktivitelerini bozan olgularda epidural kan yaması (15–20 mL otolog kan) temel girişimsel tedavidir. Şiddeti değişen, postural özelliğini kaybeden, ateş, nöbet veya fokal nörolojik bulgu eşlik eden baş ağrısında subdural hematom, serebral venöz tromboz ve menenjit dışlanmalıdır (Uppal et al., 2023).

Nöroaksiyel Hematom

Spinal/epidural hematom nadir (yaklaşık 1/150.000 epidural, 1/220.000 spinal) ancak kalıcı paraplejiye yol açabilen bir komplikasyondur. Antikoagülan/antiplatelet tedavi, koagülopati, trombositopeni, travmatik veya tekrarlayan ponksiyon, ileri yaş, kadın cinsiyet, spinal anatomik bozukluk ve kalıcı kateter başlıca risk faktörleridir. Olguların yarıya yakını kateter çıkarılması sırasında gelişir; bu nedenle kateter çıkarılması da yerleştirilmesi kadar riskli kabul edilir (Kopp et al., 2025).

Yeni başlayan veya ilerleyen motor güçsüzlük, duyu kaybı, şiddetli sırt ağrısı ve mesane/bağırsak disfonksiyonu alarm bulgularıdır. Acil manyetik rezonans görüntüleme ve nöroşirürjik değerlendirme gerekir; nörolojik defisitin erken tanınması ve hızlı dekompresyon nörolojik sonucu belirleyebilir (Kopp et al., 2025).

Enfeksiyon ve nörolojik komplikasyonlar

Nöroaksiyel enfeksiyon, menenjit ve epidural apse nadirdir. Maske, el hijyeni, steril eldiven, klorheksidin-alkol ile cilt antisepsisi ve kateter bakımı temel önlemlerdir. Enfeksiyon bulgularının erken tanınması önemlidir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Kalıcı nörolojik hasar; iğne travması, hematom/apse basısı, toksik ilaç uygulaması, iskemi veya önceden var olan nörolojik/spinal hastalıklarla ilişkili olabilir. Temel kaynaklar bu mekanizmaları sıralamaktadır (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Antikoagülan Tedavi ve Rejyonal Anestezi

Antikoagülan ilaç kullanan hastada rejyonal anestezi kararı; ilacın adı, dozu, son doz zamanı, böbrek fonksiyonu, eş zamanlı antitrombotik tedavi, bloğun derinliği ve bölgenin komprese edilebilirliği birlikte değerlendirilerek verilmelidir. ASRA'nın 2025 yılında yayımlanan beşinci baskı kılavuzu "profilaktik/terapötik" yerine "düşük doz/yüksek doz" terminolojisini benimsemiş, DOAC'lar için böbrek fonksiyonuna göre bireyselleştirilmiş kesme sürelerini ve ilaca özgü koagülasyon testlerinin (anti-Xa, dilüe trombin zamanı) ne zaman isteneceğini tanımlamış, nöroaksiyel bloklar ile derin pleksus/periferik blokları daha net ayırmıştır (Kopp et al., 2025).

ESAIC/ESRA 2022 kılavuzunda ise blok bazlı kanama riski sınıflaması, düşük ve yüksek doz antikoagülan tedavi ayrımı, böbrek fonksiyonu ve bloğun kanama riskinin birlikte değerlendirilmesi temel prensiptir. Yüzeyel ve komprese edilebilir periferik bloklarda nöroaksiyel/derin bloklara göre farklı bir risk yaklaşımı uygulanabilir (Kietaibl et al., 2022). Her iki kılavuzun nöroaksiyel girişim ve kateter çıkarılması için önerdiği zaman aralıkları Tablo 6'da özetlenmiştir. Tablo klinik karar için başlangıç noktasıdır; tereddütte tam metne ve kurumsal protokole başvurulmalıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Antikoagülan ilaçlarda temel güvenlik ilkeleri

- Nöroaksiyel blok ve derin, komprese edilemeyen periferik/pleksus bloklarında güncel ASRA/ESAIC-ESRA zaman aralıkları kullanılmalıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

- İlaç dozu, böbrek fonksiyon bozukluğu, ileri yaş ve düşük vücut ağırlığı ilaç birikimini artırdığından DMAH ve DOAC aralıkları buna göre uzatılmalıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).
- Kateter yerleştirilmesi kadar kateter çıkarılması da kanama riski açısından değerlendirilmelidir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).
- Birden fazla hemostaz etkileyen ilacın birlikte kullanımı risk değerlendirmesini değiştirir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).
- Travmatik ponksiyon sonrası plan yeniden değerlendirilmelidir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).
- DOAC'ların yalnızca rejyonal anestezi yapabilmek amacıyla rutin farmakolojik reversali önerilmemektedir; cerrahi gereksinim ve aciliyet ayrıca değerlendirilmelidir (Kietaibl et al., 2022).
- Yeni antikoagülan zamanlamalar 2018 kaynaklarından değil, güncel 2025 ASRA ve uygun durumda 2022 ESAIC/ESRA kılavuzlarından alınmalıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Klinik uyarı: Trombosit sayısı normal ve INR normal olsa bile P2Y12 inhibitörü veya DOAC etkisi bu testlerle dışlanamaz. "Testleri normal" bilgisi, ilacın kesildiğinden ne kadar süre geçtiğinin sorgulanmasının yerini tutmaz (Kopp et al., 2025).

Varfarin

Varfarin kullanan hastada nöroaksiyel girişim öncesi antikoagülan etkinin ortadan kalkması ve INR'nin uygun düzeye gelmesi gerekir. Kılavuzlar tam hemostatik düzelmeyi esas alır; yalnız tek bir laboratuvar değerinin klinik bağlamdan bağımsız yorumlanması uygun değildir. 2025 ASRA ve 2022 ESAIC/ESRA önerileri bu konuda güncel başvuru kaynaklarıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Güncel karar, ilacın kesilme süresi, INR ve hastanın tromboemboli riski birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Heparin ve Düşük Molekül Ağırlıklı Heparin

Unfraksiyone heparin ve düşük molekül ağırlıklı heparin kullanımında nöroaksiyel girişim için zamanlama doz ve uygulama yoluna göre belirlenir. Böbrek yetmezliği, ileri yaş ve eş zamanlı antiplatelet tedavi kanama riskini artırabilir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

UFH ve DMAH için ayrıntılı zaman aralıkları Tablo 6'da özetlenmiştir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Antiplatelet İlaçlar

Aspirin ve NSAİİ'lerin tek başına kullanımı ile nöroaksiyel hematom riski düşük olmakla birlikte, ek antikoagülanlar veya diğer hemostaz etkileyen ilaçlar kullanılıyorsa risk yeniden değerlendirilmelidir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025). Kılavuzlar da kombinasyon tedavilerinde daha dikkatli olunmasını vurgulamaktadır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

P2Y12 inhibitörleri ve GP IIb/IIIa inhibitörleri daha güçlü antiplatelet etki oluşturduğundan nöroaksiyel girişim zamanlaması için güncel ASRA/ESAIC-ESRA önerileri kullanılmalıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Periferik bloklarda antiplatelet tedavi

Periferik sinir bloklarında kanama riski, bloğun anatomik derinliği, komprese edilebilirliği, bölgedeki damar yoğunluğu ve olası hematomun sonuçları ile birlikte değerlendirilmelidir. Derin pleksus ve derin periferik bloklar için nöroaksiyel yaklaşımın benzeri antitrombotik güvenlik ilkeleri uygulanırken, yüzeyel ve komprese edilebilir bloklar daha düşük kanama riski taşır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Trombolitik/Fibrinolitik Tedavi

Trombolitik tedavi alan hastalarda nöroaksiyel teknikler ciddi kanama riski nedeniyle genel olarak uygun değildir. Yakın zamanda trombolitik verilen hastada nöroaksiyel girişim düşünülüyorsa fibrinojen ve diğer hemostaz göstergeleri ile klinik risk değerlendirilmelidir (Kopp et al., 2025).

ASRA kılavuzu trombolitik tedavi sırasında veya yakın zamanda nöroaksiyel blok uygulanmış hastalarda yakın nörolojik izlemi ve muayene aralıklarının kısa tutulmasını önermektedir (Kopp et al., 2025).

Tablo 6 Antitrombotik ilaçlarda nöroaksiyel girişim ve kateter çıkarılması için önerilen zaman aralıkları

İlaç	**Girişim/Kateter Çıkarma Öncesi Son Doz**	**Girişim/Kateter Çıkarma Sonrası İlk Doz**	**Notlar**
Aspirin, NSAİİ	Kısıtlama yok	Kısıtlama yok	Diğer antitrombotiklerle kombinasyonda risk artar
Klopidogrel	5–7 gün	Kateter çıkarıldıktan hemen sonra (yükleme dozu: 6 sa)	Kateterli hastada kullanılmaz
Prasugrel	7–10 gün	6 sa	Kateterli hastada kullanılmaz
Tikagrelor	5–7 gün	6 sa	Kateterli hastada kullanılmaz
Kangrelor (IV)	3 sa	8 sa	
GP IIb/IIIa inhibitörleri	Absiksimab 24–48 sa; eptifibatid/ tirofiban 4–8 sa	Nöroaksiyel sonrası ≥8–12 sa	Kateterli hastada kontrendike
UFH SC düşük doz (≤5.000 Ü, 2–3x/gün)	4–6 sa	1 sa	>4 gün kullanımda trombosit sayımı
UFH IV (yüksek doz)	4–6 sa ve aPTT normal	≥1 sa (kateter çıkarma sonrası ≥1 sa)	Kalp cerrahisi dışı tam heparinizasyonda kateter önerilmez
DMAH düşük doz (ör. enoksaparin 40 mg/gün)	12 sa (CrCl <30: 24 sa)	≥4 sa (iğne girişinden ≥12 sa sonra); kateter çıkarma son dozdan ≥12 sa sonra	Günde 2 doz rejimde kateter ilk dozdan önce çıkarılır
DMAH yüksek doz (ör. 1 mg/kg 2x1)	24 sa	24 sa (yüksek kanama riskli cerrahide 48–72 sa); kateter ilk dozdan ≥4 sa önce çıkarılır	Kateterli hastada yüksek doz DMAH kullanılmaz

Fondaparinuks 2,5 mg	36–42 sa (ESAIC); ASRA: yalnızca tek geçişli atravmatik girişim	6–12 sa	Kateterli hastada kaçınılır
Varfarin	5 gün önce kesilir; INR normal (≤1,4)	Kateter çıkarma INR <1,5 iken; sonrasında INR takibi	Köprüleme tedavisi ayrıca planlanır
Rivaroksaban, apiksaban, edoksaban	72 sa (ASRA); ESAIC: düşük dozda 3, yüksek dozda 5 yarı ömür	6 sa	<72 sa ise anti-Xa düzeyi bakılabilir; kateterli hastada kullanılmaz
Dabigatran	72 sa (CrCl ≥80 mL/dk); 96 sa (50–79); 120 sa (30–49); CrCl <30: kontrendike	6 sa	Dilüe trombin zamanı ile değerlendirilebilir
Trombolitikler	Kaçınılmalı; zorunluysa 48 sa ve fibrinojen/ koagülasyon normal	Nöroaksiyel sonrası en az 10 gün trombolitik verilmemesi önerilir	Uygulanmışsa 2 saatte bir nörolojik muayene

Kaynak: Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025. sa: saat; SC: subkutan; IV: intravenöz; UFH: unfraksiyone heparin; DMAH: düşük molekül ağırlıklı heparin; CrCl: kreatinin klirensi.

Özel Hasta Grupları

Yaşlı hasta

Yaşlı hastalarda epidural aralığın daralması ve BOS hacminin azalması lokal anestezik gereksinimini düşürür; spinal anestezide hipotansiyon ve bradikardiye duyarlılık artar. Doz azaltılmalı, sedasyon minimumda tutulmalı ve hemodinami yakından izlenmelidir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Karaciğer hastalığı

Amid tipi lokal anesteziklerin hepatik metabolizması nedeniyle ileri karaciğer hastalığında toplam doz ve tekrarlayan uygulamalar dikkatle planlanmalıdır. Koagülopati ve trombositopeni de nöroaksiyel girişim kararını etkiler (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Böbrek hastalığı

Böbrek yetmezliği lokal anesteziklerin kendisinden çok metabolit birikimi, asit-baz bozuklukları ve eşlik eden antitrombotik tedavi açısından önemlidir. Antitrombotik zamanlamada böbrek fonksiyonu özellikle önem taşır (Gropper et al., 2025; Kopp et al., 2025).

Diyabetik nöropati

Diyabetik nöropatide mevcut nörolojik defisitin işlem öncesinde belgelenmesi önemlidir. Lokal anestezik dozu ve sinir iğneleme basıncı mümkün olduğunca düşük tutulmalı, ultrason rehberliği tercih edilmelidir (Hadzic, 2017).

Nörolojik hastalıklar

Önceden var olan nörolojik hastalık rejyonal anestezi için otomatik kontrendikasyon değildir. Ancak preoperatif nörolojik durum belgelenmeli, hastaya mevcut hastalığın doğal seyri ile işlem ilişkisi açıkça anlatılmalı ve teknik hasta bazında seçilmelidir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

Gebelik

Gebede aortokaval bası, artmış epidural venöz basınç ve progesteron etkisi ile lokal anestezik gereksinimi azalır; aynı dozla daha yüksek blok elde edilir (Gropper et al., 2025).

Sedasyon ve Rejyonal Anestezi

Sedasyon, hastanın anksiyetesini azaltabilir ancak hava yolu reflekslerini ve ventilasyonu etkileyebilir. Özellikle yaşlı, obez, OSA/OHS veya ciddi kardiyopulmoner hastalığı bulunanlarda sedasyon minimum etkili dozla ve sürekli monitörizasyon altında uygulanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Rejyonal anestezinin amacı hastayı mutlaka tamamen sedasyonsuz bırakmak değildir; ancak gereksiz derin sedasyondan kaçınmak hasta güvenliği açısından önemlidir (Gropper et al., 2025).

Postoperatif Analjezi

Rejyonal analjezi, multimodal perioperatif ağrı yönetiminin önemli bileşenidir. Periferik sinir kateterleri ve epidural analjezi uygun hastalarda uzun süreli analjezi sağlayabilir (Gropper et al., 2025; Hadzic, 2017).

- Parasetamol ve uygun hastada NSAİİ/COX-2 inhibitörü.
- Periferik sinir blokları veya fasiyal plan blokları.
- Seçilmiş cerrahilerde epidural analjezi ve kateter teknikleri.
- Opioidlerin gereksiz kullanımını azaltan multimodal yaklaşım.

- Kateterli tekniklerde enfeksiyon, hematom, lokal anestezik birikimi ve motor bloğa bağlı düşme riski dikkate alınmalıdır.

Klinik Anahtar Noktalar

- Rejyonal anestezi seçimi hastanın özellikleri ve cerrahinin gereksinimleriyle birlikte yapılmalıdır.
- Genel anesteziye geçiş olasılığı her zaman göz önünde bulundurulmalıdır.
- Ultrason rehberliği başarı ve güvenliği artırabilir ancak antitrombotik zamanlama kurallarını ortadan kaldırmaz.
- LAST nadir ancak yaşamı tehdit eden bir komplikasyondur; lipid emülsiyonu tedavisi ve LAST protokolü hazır bulunmalıdır.
- Yüksek/total spinal blokta derhal ventilasyon, vazopressör ve atropin; gebede sol lateral tilt korunur.
- Yeni motor güçsüzlük veya şiddetli sırt ağrısı nöroaksiyel hematom kanıtlanana kadar öyle kabul edilir; MRG ve dekompresyon için 8 saat pencere vardır.
- Antitrombotik tedavide güncel referans ASRA 2025 (5. baskı) ve ESAIC/ESRA 2022 kılavuzlarıdır: DMAH düşük doz 12 sa, yüksek doz 24 sa; DOAC 72 sa; klopidogrel 5–7 gün; varfarin INR ≤1,4.
- Derin ve komprese edilemeyen periferik bloklarda nöroaksiyel güvenlik ilkeleri dikkate alınmalıdır.
- Kateter çıkarılması yerleştirilmesi kadar risklidir; zamanlama antitrombotik dozlara göre planlanır.

- Rejyonal teknikler multimodal analjezinin parçası olarak opioid tüketimini azaltabilir.

Kaynakça

Baran, O., Şahin, A., & Arar, C. (2024). Comparative efficacy of erector spinae plane and quadratus lumborum blocks in managing postoperative pain for total abdominal hysterectomy: A randomized controlled trial. *Medicine, 103*(43), e40313. doi: 10.1097/MD.0000000000040313.

Çetin, E., & Şahin, T. (n.d.). Erector Spinae Plane Block Reduces Opioid Consumption and Pain After Abdominal Hysterectomy. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi,* In press. doi: 10.53424/balikesirsbd.1946530.

Çetin, E., & Yılmaz, M. (2026). Quality and Reliability of Turkish-Language Online Information on Spinal and Epidural Anesthesia: A Cross-Sectional Evaluation Using the JAMA Benchmark Criteria and the DISCERN Instrument. *Kocaeli Medical Journal, 15*, 66–71. doi: 10.5505/ktd.2026.22803.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Hadzic, A. (2017). *Hadzic's Textbook of Regional Anesthesia and Acute Pain Management* (2nd ed.). New York: McGraw Hill.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology*, *39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine,* rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Neal, J. M., Barrington, M. J., Fettiplace, M. R., Gitman, M., Memtsoudis, S. G., Mörwald, E. E., Rubin, D. S., & Weinberg, G. (2018). The Third American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Practice Advisory on Local Anesthetic Systemic Toxicity: Executive Summary 2017. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, *43*(2), 113–123. doi: 10.1097/AAP.0000000000000720.

Neal, J. M., Neal, E. J., & Weinberg, G. L. (2021). American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Local Anesthetic Systemic Toxicity checklist: 2020 version. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, *46*(1), 81–82. doi: 10.1136/rapm-2020-101986.

Uppal, V., Russell, R., Sondekoppam, R., Ansari, J., Baber, Z., Chen, Y., DelPizzo, K., Dîrzu, D. S., Kalagara, H., Kissoon, N. R., Kranz, P. G., Leffert, L., Lim, G., Lobo, C. A., Lucas, D. N., Moka, E., Rodriguez, S. E., Sehmbi, H., Vallejo, M. C., Volk, T., … Narouze, S. (2023). Consensus Practice Guidelines on Postdural Puncture Headache From a Multisociety, International Working Group: A Summary Report. *JAMA Network Open, 6*(8), e2325387. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.25387.

BÖLÜM 42

TROMBOLİTİK VE ANTİTROMBOTİK TEDAVİ ALAN HASTALARDA REJYONAL ANESTEZİ

MEHLİKA KUŞVURAN KURTAY[1]

Özet

Trombolitik ve antitrombotik tedavi alan hastalarda nöroaksiyel ve derin periferik / pleksus bloklarının güvenli uygulanması; ilacın türü, dozu ve son doz zamanı, hastanın böbrek fonksiyonu, hemostazı etkileyen ilaçların eş zamanlı kullanımı, blok derinliği ve kanama alanının komprese edilebilirliği birlikte değerlendirilerek planlanmalıdır.

Öğrenme Hedefleri

- Antikoagülan, antiplatelet ve trombolitik ilaçların rejyonal anestezi açısından önemini açıklamak.
- Nöroaksiyel girişim öncesinde kanama ve tromboemboli riskini birlikte değerlendirmek.

[1] Uzm. Dr., Mersin Şehir Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Mersin, Türkiye, Orcid: 0000-0002-2177-991X

- İlaç türü, kullanım dozu, son uygulama zamanı ve hastanın böbrek fonksiyonuna göre güvenli zamanlamayı belirlemek.
- Kateter yerleştirilmesi ve çıkarılması için ayrı güvenlik değerlendirmesi yapmak.
- Derin pleksus / periferik bloklarla yüzeyel ve komprese edilebilir bloklar arasındaki risk farkını değerlendirmek.
- Nöroaksiyel hematomun erken klinik bulgularını tanımak ve acil yönetimi başlatmak.

Giriş

Antitrombotik tedavi perioperatif dönemde giderek daha sık kullanılmaktadır. Bu hastalarda rejyonal anestezinin temel sorunu, antitrombotik etkinin kesilmesiyle ortaya çıkabilecek tromboemboli riski ile rejyonal girişime bağlı ciddi kanama riskinin dengelenmesidir.

Nöroaksiyel hematom nadir olmakla birlikte spinal kanal içinde geliştiğinde kompresyonu sınırlı olduğu için kalıcı nörolojik hasara neden olabilir. Bu nedenle karar yalnızca laboratuvar sonuçlarına değil, ilacın farmakolojisine ve işlemin anatomik riskine dayanmalıdır. Güncel *American Society of Regional Anesthesia ASRA* Beşinci Baskı, bu komplikasyonun nadir olması nedeniyle yüksek düzey randomize kanıtların sınırlı olduğunu ve güvenlik odaklı konservatif bir yaklaşımın sürdürüldüğünü belirtmektedir (Kopp et al., 2025).

Risk Değerlendirmesinin Temel Bileşenleri

- Antitrombotik ilacın adı ve sınıfı.
- İlacın dozu ve uygulanan düşük / yüksek doz rejimi.
- Son dozun zamanı ve tedavinin süresi.

- Böbrek fonksiyonu; özellikle renal atılımlı ilaçlarda.
- Eş zamanlı antikoagülan veya antiplatelet ajan kullanımı.
- Trombosit sayısı ve gerekli durumlarda diğer hemostaz testleri.
- Planlanan bloğun nöroaksiyel, derin pleksus / periferik veya yüzeyel / komprese edilebilir alanda olması.
- Tek enjeksiyon veya kateterli Teknik.
- Ponksiyonun travmatik veya kanlı olup olmadığı.
- Hastanın tromboembolik riskinin antitrombotik tedavinin kesilmesiyle ne ölçüde artacağı.

Kaynak bölümde de risk değerlendirmesinin ilacın kullanım dozu ve son doz zamanı, hastanın böbrek fonksiyonu ve blok tipi üzerinden yapılması önerilmektedir.

Unfraksiyone Heparin (UFH)

UFH antitrombin aracılığıyla başta trombin ve faktör Xa olmak üzere çeşitli koagülasyon faktörlerinin aktivitesini azaltır. İntravenöz ve subkutan kullanılabilir. Kaynak metinde intravenöz UFH için aPTT/ACT izlemi, girişim ve kateter zamanlamasının antikoagülan etkinin değerlendirilmesiyle birlikte ele alınması gerektiği belirtilmektedir.

Güncel yaklaşımda nöroaksiyel girişim zamanlaması UFH'nin uygulama yolu, dozu ve toplam günlük dozu ile birlikte değerlendirilir. Dört günden uzun süren heparin tedavisinde heparine bağlı trombositopeni olasılığı nedeniyle trombosit sayısının değerlendirilmesi önemlidir. Güncel ASRA önerileri uygulanırken kurum protokolü ve hastanın klinik riskleri de dikkate alınmalıdır (Kopp et al., 2025).

Düşük Molekül Ağırlıklı Heparin (DMAH/LMWH)

DMAH, antitrombin üzerinden özellikle faktör Xa inhibisyonu oluşturan ilaçlardır. Kaynak metin anti-Xa aktivitesinin farmakolojik etkiyi yansıttığını ancak tek başına kanama riskini belirlemediğini belirtmektedir.

Profilaktik ve terapötik / yüksek doz rejimler birbirinden ayrılmalıdır. Nöroaksiyel girişim ve kateter uygulamasında doz, böbrek fonksiyonu ve son doz zamanı birlikte değerlendirilir. Renal fonksiyon bozukluğu ve ileri yaşta rezidüel antikoagülan etkinin uzayabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

2025 ASRA Beşinci Baskı, önceki profilaktik / terapötik terminolojisini daha doğru bir biçimde düşük doz / yüksek doz şeklinde ele almakta ve ilaç spesifik testlerin bazı durumlarda karar vermeye yardımcı olabileceğini belirtmektedir (Kopp et al., 2025).

Varfarin

Varfarin K vitamini bağımlı faktör II, VII, IX ve X ile protein C ve S sentezini etkiler. Etki INR üzerinden izlenir. Kaynak metin varfarin kullanan hastalarda nöroaksiyel girişim öncesi PT/INR değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Eski metindeki ‘48 saat önce kesilmesi’ gibi sabit süreli yaklaşım güncel kitap metninde tek başına kullanılmamalıdır. Nöroaksiyel girişim kararı varfarinin kesilme süresi, güncel INR, tedavinin süresi, eşzamanlı ilaçlar ve hastanın tromboemboli riski birlikte değerlendirilerek verilmelidir.

Özellikle INR’nin normalleşmesi, klinik hemostaz ve eşlik eden antitrombotik tedaviler birlikte değerlendirilmelidir.

Yeni Nesil Oral Antikoagülanlar (YOAK)

Varfarine alternatif olarak günümüzde yaygın kullanıma sahip yeni nesil oral antikoagülanlar arasında direkt faktör Xa

inhibitörleri olan rivaroksaban, apiksaban, edoksaban ve direkt trombin inhibitörü olan dabigatran bulunmaktadır. Bu ilaçların nöroaksiyel girişim açısından değerlendirilmesinde ilacın dozu, son doz zamanı ve renal fonksiyon kritik öneme sahiptir.

- Dabigatran, rivaroksaban, apiksaban ve edoksaban için ilacın düşük veya yüksek doz rejimi ile kullanımı ayrı değerlendirilmelidir.
- Dabigatran için böbrek fonksiyonu özellikle önemlidir; renal klirens azaldıkça rezidüel antikoagülan etki uzayabilir.
- ilacın plazma düzeyi veya uygun kalibre edilmiş anti faktör Xa testleri, bazı belirsiz durumlarda karar vermeye yardımcı olabilir.
- Kateter çıkarılması ile sonraki doz arasında güvenli zamanlama ayrıca planlanmalıdır.

2025 ASRA Beşinci Baskı, YOAK'larda doz kategorisini, ilaç plazma düzeyini, anti faktör Xa aktivitesini ve renal fonksiyonu önceki baskılara göre daha belirgin şekilde ele almaktadır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Antiplatelet İlaçlar

Aspirin ve nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar (NSAİİ)

Aspirin ve NSAİİ'lerin tek başına kullanımı nöroaksiyel hematom açısından önemli bir risk oluşturmaz. Ancak antikoagülanlar veya diğer antiplatelet ilaçlarla kombinasyon kanama riskini değiştirebilir.

Bu nedenle aspirin / NSAİİ kullanımı tek başına değerlendirilmemeli; hastanın tüm antitrombotik tedavisi ve planlanan bloğun özellikleri göz önüne alınmalıdır.

P2Y12 inhibitörleri

Tiklopidin, klopidogrel, prasugrel ve tikagrelor güçlü antiplatelet etkiye sahiptir. Kaynak metin klopidogrel, prasugrel ve tikagrelor için belirli kesilme süreleri vermektedir; ancak bu tarihsel süreler 2026 kitabında doğrudan 2018/ACCP metni olarak kullanılmamalı, güncel ASRA/ESAIC-ESRA önerileriyle doğrulanmalıdır (Horlocker et al., 2018).

Nöroaksiyel kateterin P2Y12 inhibitörleriyle birlikte tutulması ayrıca değerlendirilmelidir; hızlı başlangıçlı ajanlarda kateter güvenliği özellikle önemlidir.

GP IIb/IIIa inhibitörleri

Abciximab, eptifibatid ve tirofiban trombosit agregasyonunu güçlü biçimde inhibe eder. Kaynak metin nöroaksiyel tekniklerin trombosit fonksiyonu yeterince düzelene kadar ertelenmesini önermektedir.

Silostazol, dipiridamol ve kangrelor

Bu ilaçlar için rejyonal anestezi kararında ilaç yarı ömrü, antiplatelet etkinin süresi ve kateter kullanımı dikkate alınmalıdır. Kaynak metin silostazol, uzatılmış salımlı dipiridamol ve kangrelor için ayrı zamanlama önerileri vermektedir.

Bu süreler güncel ASRA Beşinci Baskı ile karşılaştırılarak kullanılmalıdır; eski kılavuzdaki değerler otomatik olarak yeni öneri kabul edilmemelidir.

Trombolitik ve Fibrinolitik Tedavi

Trombolitikler plazminojen sistemini aktive ederek fibrin pıhtısının çözülmesini sağlar. Sistemik fibrinoliz ve eşlik eden antikoagülan tedavi, nöroaksiyel kanama açısından ciddi risk oluşturabilir.

Kaynak metin trombolitik tedavi alan hastalarda santral blokları genel olarak kontrendike kabul etmekte; daha önce nöroaksiyel blok yapılmışsa sık nörolojik değerlendirme ve gerektiğinde fibrinojen ölçümünü önermektedir.

Trombolitik tedavi ile yakın zamanda nöroaksiyel girişim arasında güvenli bir aralık için kanıt sınırlıdır. Bu nedenle güncel kılavuz, hemostazın düzelmesini ve fibrinojen dahil koagülasyon sisteminin değerlendirilmesini temel alan konservatif yaklaşımı desteklemektedir (Kopp et al., 2025).

Gebelik ve Obstetrik Hastalar

Gebelikte venöz tromboembolizm riski artar. Bu nedenle DMAH / UFH profilaksisi veya tedavisi gereken hasta sayısı giderek artmaktadır. Kaynak metin; yaş, immobilizasyon, obezite, trombofili, önceki VTE ve sezaryen gibi risk faktörlerini belirtmektedir.

Acil doğum veya sezaryen durumunda nöroaksiyel anestezi kararı; antitrombotik ajanın türü, dozu, son uygulama zamanı, laboratuvar sonuçları ve genel anestezinin maternal / fetal riskleri birlikte değerlendirilerek verilmelidir.

Obstetrik hastalarda antitrombotik zamanlamanın güncel ASRA ve ilgili obstetrik kılavuzlarla doğrulanması gerekir; tek başına sabit bir beklenmesi gereken süre yaklaşımı kullanılmamalıdır.

Antikoagülan Alan Hastada Derin Pleksus ve Periferik Bloklar

Derin pleksus veya derin periferik blokların kanama riski nöroaksiyel tekniklere benzer biçimde ele alınmalıdır. Kaynak metin perinöral, derin pleksus ve derin periferik bloklarda nöroaksiyel kılavuzların benzer şekilde uygulanmasını; diğer periferik bloklarda ise komprese edilebilirlik, vasküler yoğunluk ve kanama potansiyelinin dikkate alınmasını önermektedir.

Güncel ASRA yaklaşımı da işlemin anatomik derinliğini ve olası kanamanın sonuçlarını dikkate alan risk temelli yaklaşımı sürdürmektedir (Kopp et al., 2025).

Nöroaksiyel Hematom

Nöroaksiyel hematom nadir fakat katastrofik bir komplikasyondur. Risk faktörleri arasında antitrombotik tedavi, eşzamanlı birden fazla hemostaz etkileyen ilaç, koagülopati, trombositopeni, travmatik girişim, yaş, anatomik bozukluk ve kalıcı kateter bulunabilir.

Kaynak metindeki vaka serileri, hematom geliştiğinde nörolojik defisitlerin ortaya çıkabileceğini ve yakın nörolojik izlemin önemini göstermektedir.

- Yeni motor güçsüzlük.
- İlerleyen duyu kaybı.
- Şiddetli veya yeni başlayan sırt ağrısı.
- Mesane / bağırsak disfonksiyonu.
- Beklenenden uzun veya giderek artan nöroaksiyel blok.

Bu bulgular acil nörolojik değerlendirme ve manyetik rezonans görüntüleme gerektirir. Nöroşirürjik dekompresyon gerektiren olgularda dekompresyonun 8 saat içinde yapılması sonuçları iyileştirebilirken, gecikme nörolojik sonucu kötüleştirebilir.

Klinik Karar Algoritması

1. Antitrombotik ilacı ve dozu kesin olarak belirle.
2. Son doz zamanını doğrula.
3. Böbrek fonksiyonunu ve gerekli laboratuvar sonuçlarını değerlendir.

4. Eşzamanlı antikoagülan / antiplatelet ilaçların kullanımını belirle.
5. Bloğun nöroaksiyel, derin veya yüzeyel / komprese edilebilir olduğunu sınıflandır.
6. Güncel ASRA Beşinci Baskı ve gerektiğinde ESAIC/ESRA önerilerindeki zamanlamayı kontrol et.
7. Tromboemboli riskini antitrombotik kesilme riskiyle birlikte değerlendir.
8. Kateter yerleştirme ve çıkarma zamanlarını ayrı planla.
9. Travmatik ponksiyon olursa planı yeniden değerlendir.
10. İşlem sonrası nörolojik izlemi ve antitrombotik tedavinin yeniden başlatılmasını planla.

Antitrombotik ilaçlarda rejyonal anestezi için pratik zamanlama

Medikasyon	Blok Öncesi Beklenmesi Gereken Süre	Blok Sonrası İlk Doz	Kateter	Kateter Çıkarıldıktan Sonra İlk Doz	Önemli Not
Aspirin / NSAİİ	Ek risk faktörü yoksa risk oluşturmaz, kesilmesi gerekmez				Kombine antitrombotik tedavide risk yeniden değerlendirilir.
Klopidogrel	5–7 gün	6 saat *yükleme dozu uygulanırsa	Yükleme dozu uygulanmazsa kateter 1-2 gün korunabilir	6 saat *yükleme dozu uygulanırsa	Yüksek tromboemboli riskinde kardiyoloji ile karar.
Prasugrel	7–10 gün	6 saat *yükleme dozu uygulanırsa	Kateter önerilmez	6 saat *yükleme dozu uygulanırsa	Yükleme dozu uygulanmazsa hemen başlanabilir
Tikagrelor	5 gün	6 saat (yükleme dozu uygulanırsa)	Kateter önerilmez	6 saat *yükleme dozu uygulanırsa	Yükleme dozu uygulanmazsa hemen başlanabilir
Kangrelor	3 saat (en az)	8 saat	İlk dozdan önce kateter çekilmeli	8 saat	
Abciximab	24-48 saat	4 hafta kontraendike	İlk dozdan önce kateter çekilmeli	4 hafta	
Ebtifibatid ve tirofiban	4-8 saat	4 hafta kontraendike	İlk dozdan önce kateter çekilmeli	4 hafta	
Silostazol	2 gün	6 saat	İlk dozdan önce kateter çekilmeli	6 saat	
DMAH Düşük doz	12 saat	12 saat	Düşük doz 1x1 rejim uygulanıyorsa kateter son dosdan 12 saat sonra çıkarılır. Düşük doz 2x1 rejim uygulanıyorsa İlk dozdan önce kateter çekilmelidir	4 saat	Renal yetmezlik/ileri yaşta daha dikkatli.
DMAH Yüksek doz	24 saat	24 saat *Kanama riski yüksek cerrahiler için 48-72 saat	İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 4 saat	CrCl ≤30 mL/dk ve ileri yaşta rezidüel etki açısından dikkat.
UFH İntravenöz	En az 4–6 saat *aPTT/koagülasyon değerlendirmesi	En az 1 saat	Kateter son dozdan en az 4-6 saat sonra ve hemostaz değerlendirilerek çıkarılır	En az 1 saat	Güncel ASRA önerisi ve kurum protokolü birlikte kullanılmalı.

UFH Subkutan Düşük doz	En az 4-6 saat *Koagülasyon değerlendirilmeli		Kateter son dozdan en az 4-6 saat sonra ve hemostaz değerlendirilerek çıkarılır	Hemen yapılabilir	Düşük doz: 2x1 veya 3x1 5000 ünite
UFH Subkutan Yüksek doz	En az 12-24 saat *Koagülasyon değerlendirilmeli		Kateter güvenli değildir		Kullanılan doz rejimine göre süre değişir
Varfarin	En az 5 gün; INR lokal laboratuvarın normal aralığına dönmeli		Kateterli düşük doz tedavide günlük INR izlemi; kateter çıkarılması INR ile ilişkilendirilir		Kesme kararı tromboemboli riski ve gerekirse köprüleme ile birlikte değerlendirilir.
Apiksaban Düşük doz	En az 36 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 6 saat	Rezidüel düzey <30 ng/mL veya anti-Xa ≤0.1 IU/L kabul edilebilir.
Apiksaban Yüksek doz	En az 72 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 24 saat	Rezidüel düzey <30 ng/mL veya anti-Xa ≤0.1 IU/L kabul edilebilir.
Rivaroksaban Düşük doz	En az 24 saat; CrCl <30 mL/dk ise en az 30 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 6 saat	Rezidüel düzey <30 ng/mL veya anti-Xa ≤0.1 IU/L kabul edilebilir.
Rivaroksaban Yüksek doz	En az 72 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 24 saat	Rezidüel düzey <30 ng/mL veya anti-Xa ≤0.1 IU/L kabul edilebilir.
Edoksaban Yüksek doz	En az 72 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 24 saat	Rezidüel düzey <30 ng/mL veya anti-Xa ≤0.1 IU/L kabul edilebilir.
Dabigatran Yüksek doz; CrCl ≥50	CrCl ≥50 mL/dk ise en az 72 saat CrCl 30–49 mL/dk ise en az 120 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 24 saat	CrCl <30 mL/dk ise plazma düzeyi <30 ng/mL olmadan önerilmez.

Dabigatran Düşük doz	En az 48 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 6 saat	Dabigatran renal atılımlı olduğundan böbrek fonksiyonu kritik.
Fondaparinuks Düşük doz	CrCl ≥50 mL/dk ise 36-42 saat CrCl 30–49 mL/dk ise en az 58 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 6 saat	CrCl <30 mL/dk ise nöroaksiyel / derin blok önerilmez.
Fondaparinuks Yüksek doz	CrCl ≥50 mL/dk ise en az 70-105 saat		İlk dozdan önce kateter çekilmeli	En az 6 saat	Ileri yaş için dada uzun süre beklenmelidir
Trombolitik/fibrinolitik	Rutin nöroaksiyel/derin bloktan kaçınılır		Yakın zamanda trombolitik verilmişse nöroaksiyel girişim ertelenir; fibrinojen/hemostaz değerlendirilir		Kanama riski çok yüksektir.

Tablo notu: *Bu tablo erişkin hastalarda nöroaksiyel veya derin, komprese edilemeyen periferik / pleksus bloklar için pratik özet niteliğindedir. Yüzeyel ve kolay komprese edilebilen periferik bloklarda bu zaman aralıkları otomatik olarak uygulanmaz. İlaç dozu, renal fonksiyon, eşzamanlı antitrombotik tedavi, travmatik ponksiyon ve cerrahinin kanama / tromboemboli riski ayrıca değerlendirilmelidir. 2025 ASRA Beşinci Baskı ve 2022 ESAIC/ESRA kılavuzları temel alınmıştır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).*

Klinik Anahtar Noktalar

- Antitrombotik tedavi alan hastada rejyonal anestezi kararı yalnızca INR veya aPTT'ye göre verilmemelidir.
- İlacın adı, dozu, son doz zamanı ve hastanın renal fonksiyonu birlikte değerlendirilmelidir.
- Nöroaksiyel ve derin periferik / pleksus bloklar yüksek dikkat gerektirir.
- Yüzeyel ve komprese edilebilir periferik bloklarda risk farklıdır.
- Kateter çıkarılması, kateter yerleştirilmesi kadar önemlidir.
- Tromboemboli riskinin antitrombotik ilaçların kesilmesiyle artabileceği unutulmamalıdır.
- 2025 ASRA Beşinci Baskı, temel güncel referans olarak kullanılmalıdır (Kopp et al., 2025).

Kaynakça

Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K., Cahalan, M. K., Stock, M. C., & Ortega, R. (2023). *Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Horlocker, T. T., Vandermeuelen, E., Kopp, S. L., Gogarten, W., Leffert, L. R., & Benzon, H. T. (2018). Regional Anesthesia in the Patient Receiving Antithrombotic or Thrombolytic Therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (Fourth Edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, *43*(3), 263–309. doi: 10.1097/AAP.0000000000000763.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology*, *39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

BÖLÜM 43

GERİATRİK HASTADA REJYONAL ANESTEZİ

HİLMİ AKDAĞ[1]

Özet

Geriatrik hastada rejyonal anestezi yaklaşımı yalnızca kronolojik yaşa göre değil; kırılganlık, bilişsel rezerv, fonksiyonel kapasite, kardiyopulmoner rezerv, antitrombotik tedavi, mevcut nörolojik hastalıklar ve hastanın erken mobilizasyon hedefleri birlikte değerlendirilerek planlanmalıdır. Rejyonal anestezi uygun hastada opioid gereksinimini ve genel anestezi maruziyetini azaltabilir; ancak rejyonal anestezinin postoperatif deliryumu otomatik olarak önlediği gösterilmemiştir (Aldecoa et al., 2024; Guay et al., 2017).

[1] Uzm. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Bursa Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Bursa, Türkiye, Orcid: 0000-0002-7976-9773

Öğrenme Hedefleri

- Geriatrik hastada yaşlanmaya bağlı fizyolojik değişiklikleri rejyonal anestezi açısından değerlendirmek.
- Kırılganlık, bilişsel rezerv ve fonksiyonel kapasiteyi preoperatif değerlendirmeye dahil etmek.
- Nöroaksiyel ve periferik blokları hasta ve cerrahi özelliklerine göre seçmek.
- Lokal anestezik dozunu ve sedasyonu yaşa bağlı farmakokinetik/farmakodinamik değişikliklere göre uyarlamak.
- Antitrombotik tedavi, koagülasyon ve rejyonal teknik arasındaki ilişkiyi değerlendirmek.
- Deliryum, hipotansiyon, LAST, nörolojik komplikasyonlar ve solunum depresyonunu önlemek.
- Erken mobilizasyon ve fonksiyonel iyileşmeyi destekleyen multimodal analjezi planlamak.

Geriatrik Hastada Yaşlanmanın Fizyolojik Etkileri

İleri yaşta kardiyovasküler, solunum, renal ve santral sinir sistemi rezervleri azalır. Miyokardiyal gevşeme ve diyastolik dolum değişiklikleri, barorefleks yanıtının azalması ve damar sertliğinin artması, sempatik blok sonrası hipotansiyonun daha belirgin ve daha uzun sürmesine neden olabilir (Gropper et al., 2025).

Yaşla birlikte böbrek kan akımı ve glomerüler filtrasyon azalabilir; karaciğer kan akımı ve ilaç metabolizması değişebilir. Vücut kompozisyonundaki yağ oranının artması lipofilik ilaçların

dağılımını ve eliminasyonunu etkiler. Bu nedenle lokal anestezikler, sedatifler ve opioidler daha düşük başlangıç dozlarında ve titre edilerek kullanılmalıdır (Gropper et al., 2025).

Kırılganlık ve Fonksiyonel Rezerv

Kırılganlık, yaşın kendisinden farklı olarak fizyolojik rezervlerin azalması ve stres karşısında olumsuz sonuçlara yatkınlığın artmasıdır. 2024 AHA/ACC perioperatif kardiyovasküler kılavuzu kırılganlığın cerrahi sonrası kardiyak ve nonkardiyak komplikasyonlar, fonksiyonel gerileme, hastanede kalış ve mortalite ile ilişkili bağımsız bir risk faktörü olduğunu vurgulamaktadır (Thompson et al., 2024).

Kırılganlık değerlendirmesi yalnızca yaşa göre yapılmamalı; mobilite, günlük yaşam aktiviteleri, kilo kaybı, kas gücü, yorgunluk ve bilişsel durum dikkate alınmalıdır. Klinik uygulamada Clinical Frailty Scale gibi yapılandırılmış araçlar kullanılabilir.

Kırılganlığı olan seçilmiş hastalarda cerrahi öncesi dönemde "prehabilitasyon" uygulanmasının ameliyat sonrası sonuçları iyileştirebileceğine dair kanıtlar bulunmaktadır. Bireysel postoperatif deliryum önleme planlaması ve prehabilitasyon için; kırılganlık, duyusal bozukluklar, malnütrisyon, polifarmasi, anemi ve sosyal risk faktörlerini de içeren kapsamlı bir geriatrik değerlendirme yapılması gereklidir. Bu yaklaşımın etkinliği, cerrahi tedavinin aciliyetine ve prehabilitasyon önlemlerini hayata geçirebilmek için ameliyat öncesinde ne kadar zaman olduğuna bağlı olarak değişmektedir (Aldecoa et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Bilişsel Değerlendirme

Preoperatif bilişsel durumun bilinmesi, postoperatif deliryum ve nörokognitif değişikliklerin erken tanınmasını sağlar. Özellikle

demans, daha önce deliryum geçirme, depresyon, işitme/görme bozukluğu ve frajilite bulunan hastalar yüksek risklidir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015).

Kısa ve uygulanabilir bilişsel tarama araçları hastanın durumuna göre kullanılabilir. Değerlendirme sonucu yalnızca 'ameliyat uygun/uygun değil' şeklinde yorumlanmamalı; bakım hedeflerinin, iletişim yönteminin ve postoperatif izlem düzeyinin belirlenmesine yardımcı olmalıdır.

Rejyonal Anestezi Genel Anesteziye Karşı

Geriatrik hastada rejyonal anestezi seçimi bireyselleştirilmelidir. Rejyonal teknik; hava yolu manipülasyonunu, volatil anestezik ve sistemik opioid gereksinimini azaltabilir ve iyi analjezi sağlayabilir. Bununla birlikte, rejyonal anestezinin tek başına postoperatif deliryumu önlediğine ilişkin güçlü kanıt bulunmamaktadır (Aldecoa et al., 2024; Guay et al., 2017).

Güncel ESAIC deliryum kılavuzu, rejyonal ve genel anesteziyi karşılaştıran çalışmalarda postoperatif deliryum insidansında tutarlı bir fark bulunmadığını bildirmektedir (Aldecoa et al., 2024). Kalça kırığı cerrahisinde 950 yaşlı hastayı içeren RAGA randomize çalışmasında da sedasyonsuz rejyonal anestezi, genel anesteziye kıyasla deliryumu anlamlı biçimde azaltmamıştır (Li et al., 2022).

Preoperatif Değerlendirme

- Yaş, kırılganlık ve fonksiyonel kapasite.
- Bilişsel durum ve önceki deliryum öyküsü.

- Kardiyovasküler hastalık, ortostatik hipotansiyon ve kalp yetmezliği.
- Bilinen kardiyovasküler hastalığı olan veya 65 yaş ve üzerindeki hastalarda, perioperatif kardiyak riski değerlendirmek amacıyla BNP veya NT-proBNP gibi biyobelirteçlerin ölçümü.
- Solunum hastalıkları, OSA ve hiperkapni riski.
- Böbrek ve karaciğer fonksiyonları.
- Antikoagülan ve antiplatelet ilaçlar.
- Mevcut periferik nöropati veya santral nörolojik hastalık.
- Omurga deformitesi, spinal stenoz ve önceki spinal cerrahi.
- İşitme ve görme bozuklukları.
- Hastanın cerrahi sonrası mobilizasyon ve yaşam kalitesi hedefleri.

Geriatrik hastada antitrombotik tedavi varsa rejyonal teknik kararı güncel ASRA ve ESAIC/ESRA kılavuzlarına göre verilmelidir; yaşlı hastalarda renal fonksiyon ve ilaç birikimi özellikle önemlidir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Nöroaksiyel Anestezide Teknik Özellikler

Yaşlı hastalarda spinal aralık anatomik değişiklikler, dejeneratif omurga hastalığı, kifoz ve osteofitler nedeniyle daha zor olabilir. İğne girişinin zorlaşması, pozisyon toleransının azalması ve anatomik işaretlerin belirsizleşmesi ultrason rehberliğini yararlı hale getirebilir.

Spinal anestezide lokal anestezik gereksinimi yaşla azalabilir. Daha düşük dozlarla başlanması ve blok düzeyinin klinik olarak değerlendirilmesi, aşırı sempatik blok ve hipotansiyon riskini azaltmaya yardımcı olabilir (Gropper et al., 2025).

Hemodinamik Yönetim

Geriatrik hastalarda barorefleks yanıtının azalması nedeniyle spinal veya epidural sempatik blok sonrası hipotansiyon daha kötü tolere edilebilir. Hipotansiyonun serebral, miyokardiyal ve renal perfüzyon üzerindeki etkileri göz önüne alınmalıdır (Gropper et al., 2025).

- Blok öncesi volüm durumunun değerlendirilmesi.
- Başlangıç kan basıncının ve bazal perfüzyonun bilinmesi.
- Kristalloid uygulamasının hastaya göre titre edilmesi.
- Vazopressörlerin erken ve uygun dozda kullanılması.
- Aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınılması.
- Yüksek riskli hastalarda invaziv arter basıncının değerlendirilmesi.

Periferik Sinir Blokları

Periferik sinir blokları geriatrik hastalarda özellikle ortopedik cerrahi, kalça/diz cerrahisi ve üst ekstremite girişimlerinde analjezi sağlayabilir. Ultrason eşliğinde uygulama, anatomik yapıların görüntülenmesine ve lokal anestezik dozunun azaltılmasına yardımcı olabilir.

Geriatrik hastada sinir dokusunun kırılganlığı, mevcut nöropati ve vasküler hastalıklar nedeniyle preoperatif nörolojik

muayenenin belgelenmesi önemlidir. Yeni nörolojik bulgular postoperatif dönemde daha kolay fark edilebilmelidir.

Lokal Anestezik Dozlaması

Yaşlı hastalarda lokal anesteziklerin farmakokinetiği ve farmakodinamiği değişebilir. Karaciğer kan akımındaki azalma, plazma proteinlerindeki değişiklikler ve kardiyak rezervin azalması sistemik toksisite riskini artırabilir (Gropper et al., 2025).

- En düşük etkili doz kullanılmalıdır.
- Doz kilogram başına otomatik hesaplanmamalı; toplam doz klinik koşullara göre bireyselleştirilmelidir.
- Enjeksiyon fraksiyone yapılmalı ve aspirasyon tekrarlanmalıdır.
- Ultrason rehberliği tercih edilmelidir.
- Birden fazla blokta toplam lokal anestezik dozu hesaplanmalıdır.
- LAST tedavisi için %20 lipid emülsiyonu ve uygun resüsitasyon ekipmanı hazır bulunmalıdır.

Sedasyonun Yönetimi

Rejyonal anestezi sırasında sedasyon gereksinimi yaşlı hastada dikkatle değerlendirilmelidir. Derin sedasyon; hava yolu obstrüksiyonu, hipoventilasyon, hipotansiyon ve deliryum riskini artırabilir. Amaç hastayı gereksiz sedasyondan korurken cerrahi konforu sağlamaktır (Aldecoa et al., 2024; Gropper et al., 2025).

Benzodiazepinler yaşlı hastalarda deliryum ve uzamış sedasyon açısından dikkatle kullanılmalıdır. Opioidler ve diğer

sedatifler düşük dozdan başlanarak titre edilmelidir. Dexmedetomidinin yaşlı hastalarda rejyonal anesteziye eklenmesiyle deliryum ve nörokognitif sonuçların azalabileceğini bildiren meta-analizler vardır; ancak bradikardi ve hipotansiyon gibi yan etkiler dikkate alınmalıdır (Wang et al., 2024).

Postoperatif Deliryum

Postoperatif deliryum; dikkat ve bilinç düzeyinde akut ve dalgalanan bozuklukla karakterize perioperatif nörokognitif bozukluktur. Yaş, frajilite, önceden bilişsel bozukluk, ciddi hastalık, görme/işitme bozuklukları, ağrı ve polifarmasi önemli risk faktörleridir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015).

Rejyonal anestezi tek başına deliryumu önleyen bir yöntem değildir. Deliryumun azaltılmasında daha geniş bir perioperatif yaklaşım gereklidir. Bu stratejilerin içerisinde ağrının yeterli kontrolü, gereksiz sedatiflerden kaçınma, erken mobilizasyon, uyku düzeninin korunması, hidrasyon, işitme/görme yardımcılarının kullanılması ve erken tanı sayılabilir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015).

Postoperatif Analjezi ve Erken Mobilizasyon

İyi analjezi geriatrik hastada mobilizasyonu kolaylaştırır ve opioid gereksinimini azaltır. Periferik sinir blokları, fasiyal plan blokları ve seçilmiş nöroaksiyel teknikler multimodal analjezinin parçası olarak kullanılabilir.

Analjezi planı cerrahinin ağrı paternine göre oluşturulmalı; motor blok mümkün olduğunca azaltılarak erken mobilizasyon

hedeflenmelidir. Özellikle kalça ve diz cerrahisinde motor-sparing periferik blokların seçimi fonksiyonel iyileşme açısından önemlidir.

Antitrombotik Tedavi

Geriatrik hastalarda antitrombotik ilaç kullanımı yaygındır ve renal fonksiyon bozukluğu nedeniyle ilaçların etkisi uzayabilir. Nöroaksiyel veya derin periferik/pleksus blok öncesinde ilaç adı, doz, son doz zamanı ve böbrek fonksiyonu birlikte değerlendirilmelidir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

2025 ASRA Beşinci Baskı, nöroaksiyel ve derin pleksus/periferik bloklarda kanama riskini azaltmak için konservatif yaklaşımı sürdürmekte; önceki 'profilaktik/terapötik' sınıflamasına ek olarak düşük/yüksek doz ayrımını kullanmaktadır (Kopp et al., 2025).

Özel Klinik Durumlar

Kalça kırığı

Kalça kırığı geriatrik hastada sık görülen, yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkili acil cerrahi durumlardan biridir. Rejyonal teknikler analjezi ve opioid azaltımı açısından değerlidir; ancak spinal ve genel anestezi arasında deliryum veya mortalite açısından otomatik üstünlük varsayılmamalıdır (Aldecoa et al., 2024; Li et al., 2022).

Demans

Demanslı hastada iletişim ve kooperasyon güçlüğü rejyonal anesteziyi teknik olarak zorlaştırabilir. Hastanın bazal bilişsel durumu, bakım verenin bilgisi ve hastanın karar verme kapasitesi değerlendirilmelidir. Gereksiz derin sedasyondan kaçınılmalıdır.

Spinal stenoz ve nörolojik hastalık

Önceden mevcut nörolojik hastalık rejyonal anestezinin mutlak kontrendikasyonu değildir. Ancak işlem öncesi nörolojik bulguların belgelenmesi ve olası risklerin hastayla paylaşılması önemlidir.

Kardiyopulmoner rezervi kısıtlı hasta

Rejyonal teknikler seçilmiş hastalarda genel anestezi ve opioid gereksinimini azaltabilir. Bununla birlikte nöroaksiyel sempatik blokun hipotansiyonu kardiyak ve serebral perfüzyonu etkileyebileceğinden doz, blok yüksekliği ve hemodinamik destek dikkatle planlanmalıdır.

Rejyonal Anestezi Karar Algoritması

1. Kronolojik yaştan önce kırılganlık ve fonksiyonel rezervi değerlendir.
2. Bazal bilişsel durumu ve deliryum riskini belirle.
3. Kardiyopulmoner ve renal rezervi değerlendir.
4. Antitrombotik ilaçları ve son doz zamanını doğrula.
5. Cerrahi için gerekli analjezi ve motor blok hedefini belirle.
6. Nöroaksiyel veya periferik tekniği anatomik ve klinik özelliklere göre seç.
7. Lokal anestezik dozunu düşükten başla ve titre et.
8. Sedasyonu mümkün olduğunca hafif tut.
9. Postoperatif analjezi ve erken mobilizasyonu işlem öncesinde planla.

10. Deliryum önleme paketini postoperatif döneme entegre et.

Klinik Anahtar Noktalar

- Yaş tek başına rejyonal anestezi endikasyonu değildir.
- Kırılganlık, bilişsel rezerv ve fonksiyonel kapasite perioperatif riskin önemli belirleyicileridir.
- Rejyonal anestezi postoperatif deliryumu otomatik olarak önlemez.
- Yaşlı hastada lokal anestezik ve sedatif dozları daha düşükten başlanıp titre edilmelidir.
- Spinal/epidural sempatik blok hipotansiyonu geriatrik hastada daha kötü tolere edilebilir.
- Ultrason eşliğinde periferik bloklar anatomik görüntülemeyi ve doz optimizasyonunu kolaylaştırır.
- Antitrombotik ilaçlarda renal fonksiyon ve ilaç dozu özellikle önemlidir.
- Multimodal analjezi, erken mobilizasyon ve gereksiz sedatiflerden kaçınma temel deliryum önleme stratejileridir.
- Rejyonal ve genel anestezi arasında seçim hastanın hedefleri, cerrahinin özellikleri ve perioperatif risklere göre yapılmalıdır.

Kaynakça

Aldecoa, C., Bettelli, G., Bilotta, F., Sanders, R. D., Aceto, P., Audisio, R., Cherubini, A., Cunningham, C., Dabrowski, W., Forookhi, A., Gitti, N., Immonen, K., Kehlet, H., Koch, S., Kotfis, K., Latronico, N., MacLullich, A. M. J., Mevorach, L., Mueller, A., Neuner, B., … Spies, C. D. (2024). Update of the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine evidence-based and consensus-based guideline on postoperative delirium in adult patients. *European Journal of Anaesthesiology*, *41*(2), 81–108. doi: 10.1097/EJA.0000000000001876.

American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults (2015). American Geriatrics Society abstracted clinical practice guideline for postoperative delirium in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, *63*(1), 142–150. doi: 10.1111/jgs.13281.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Guay, J., Parker, M. J., Griffiths, R., Kopp, S. (2017). Regional versus general anaesthesia for hip fracture surgery in adults. *Cochrane Database Syst Rev.*

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology*, *39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Li, T., Li, J., Yuan, L., Wu, J., Jiang, C., Daniels, J., Mehta, R. L., Wang, M., Yeung, J., Jackson, T., Melody, T., Jin, S., Yao, Y., Wu, J., Chen, J., Smith, F. G., Lian, Q., & RAGA Study Investigators (2022). Effect of Regional vs General Anesthesia on Incidence of Postoperative Delirium in Older Patients Undergoing Hip Fracture Surgery: The RAGA Randomized Trial. *JAMA*, *327*(1), 50–58. doi: 10.1001/jama.2021.22647.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. doi: 10.1161/CIR.0000000000001285.

Wang, D., He, X., Li, Z., Tao, H., & Bi, C. (2024). The role of dexmedetomidine administered via intravenous infusion as adjunctive therapy to mitigate postoperative delirium and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients undergoing

regional anesthesia: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Anesthesiology*, *24*(1), 73. doi: 10.1186/s12871-024-02453-5.

BÖLÜM 44

REJYONAL ANESTEZİ KOMPLİKASYONLARI

EYÜP HORASANLI[1]

Özet

Rejyonal anestezi komplikasyonları; işlem öncesi hasta seçimi ve hazırlık, doğru anatomik yaklaşım, ultrasonografi eşliğinde teknik, uygun lokal anestezik dozlaması, antitrombotik tedavinin değerlendirilmesi ve işlem sonrası erken tanı ile önemli ölçüde azaltılabilir. Komplikasyonlar lokal anestezik sistemik toksisitesi (LAST), sinir hasarı, vasküler ponksiyon ve hematom, enfeksiyon, pnömotoraks, nöroaksiyel komplikasyonlar, yüksek/total spinal blok, postdural ponksiyon baş ağrısı ve kateter komplikasyonları başlıklarında ele alınabilir. Kaynak dosyada ayrıca ortopedik cerrahiye özgü pozisyon, turnike, yağ embolisi ve kemik çimentosu implantasyon sendromu vurgulanmıştır.

[1] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-6077-8549

Öğrenme Hedefleri

- Rejyonal anestezinin majör komplikasyonlarını sınıflandırmak.
- Komplikasyonlar için hasta ve işlem ilişkili risk faktörlerini belirlemek.
- LAST'ı erken tanımak ve ASRA yaklaşımına göre yönetmek.
- Sinir hasarı ve intranöral enjeksiyon riskini azaltmak.
- Hematoma bağlı nörolojik acilleri erken fark etmek.
- Enfeksiyon ve kateter ilişkili komplikasyonları önlemek.
- Yüksek/total spinal blok ve ciddi hipotansiyonu yönetmek.
- Pozisyon, turnike, pnömotoraks, yağ embolisi ve kemik çimentosu implantasyon sendromunu tanımak.
- Postoperatif nörolojik izlemi ve hasta bilgilendirmesini standardize etmek.

Komplikasyonların Genel Sınıflandırılması

Komplikasyonlar erken ve geç; mekanizmaya göre sistemik, nörolojik, vasküler, enfeksiyöz, solunumsal ve mekanik komplikasyonlar şeklinde sınıflandırılabilir.

- İlaç ve sistemik komplikasyonlar: LAST, hipotansiyon, bradikardi, yüksek/total spinal blok.
- Nörolojik komplikasyonlar: geçici veya kalıcı sinir hasarı, nöroaksiyel hematom ve kauda ekuina sendromu.

- Vasküler komplikasyonlar: arteriyel ponksiyon, intravasküler enjeksiyon ve hematom.
- Enfeksiyöz komplikasyonlar: lokal enfeksiyon, epidural/spinal apse ve kateter enfeksiyonu.
- Solunumsal komplikasyonlar: pnömotoraks, frenik sinir bloğu ve yüksek spinal blok.
- Pozisyon ve cerrahi ilişkili komplikasyonlar: bası nöropatileri, görme kaybı ve venöz hava embolisi.
- Ortopedik cerrahiye özgü komplikasyonlar: turnike sendromu, yağ embolisi ve kemik çimentosu implantasyon sendromu.

Komplikasyonların Önlenmesinde Temel İlkeler

Kaynak dosyada preoperatif değerlendirmenin anestezi planının belirlenmesi, sistemik hastalıkların optimize edilmesi ve cerrahi beklentilerin sorgulanması açısından temel olduğu belirtilmektedir.

- Hastanın tıbbi öyküsü, önceki nörolojik bulguları ve ilaçları değerlendirilmelidir.
- Antikoagülan/antiplatelet tedavi ve böbrek fonksiyonu işlem öncesi doğrulanmalıdır.
- Blok bölgesinde enfeksiyon ve anatomik anormallik araştırılmalıdır.
- İşleme özgü riskler ve alternatif anestezi yöntemleri hasta ile paylaşılmalıdır.

- Standart monitörizasyon ve resüsitasyon ekipmanı hazır olmalıdır.
- Ultrasonografi, uygun hastalarda anatomik yapıların ve iğne ucunun görüntülenmesini sağlayarak güvenliği artırabilir.
- Lokal anestezik toplam dozu, aynı seansta uygulanan tüm bloklar dikkate alınarak hesaplanmalıdır.

Lokal Anestezik Sistemik Toksisitesi (LAST)

LAST nadir fakat yaşamı tehdit eden bir komplikasyondur. İntravasküler enjeksiyon, yüksek toplam doz, hızlı sistemik emilim veya riskli hastalarda azalmış klirens toksisiteye yol açabilir. ASRA'nın 2020 kontrol listesi, erken lipid tedavisi ve LAST'a özgü resüsitasyon yaklaşımını vurgulamaktadır.

Klinik bulgular

- Perioral uyuşma, metalik tat, tinnitus ve ajitasyon gibi erken santral sinir sistemi belirtileri.
- Konvülziyon, bilinç değişikliği ve santral sinir sistemi depresyonu.
- Hipotansiyon, bradikardi, ileti bozuklukları ve ventriküler aritmiler.
- İleri olgularda kardiyovasküler kollaps ve kardiyak arrest.

Önleme

- En düşük etkili lokal anestezik dozunun kullanılması.

- Enjeksiyon öncesinde ve sırasında tekrarlayan aspirasyon.
- Fraksiyone enjeksiyon ve yavaş uygulama.
- Ultrason rehberliği.
- Yüksek riskli hastalarda toplam dozun daha konservatif tutulması.
- LAST kurtarma setinin ve %20 lipid emülsiyonunun hazır bulundurulması.

Tedavi

Şüphelenildiğinde enjeksiyon hemen durdurulmalı, yardım çağrılmalı ve hava yolu/oksijenizasyon güvenceye alınmalıdır. Konvülziyonlar için benzodiazepinler tercih edilir. Hemodinamik instabilite veya ciddi toksisite geliştiğinde %20 lipid emülsiyonu erken başlanmalıdır. ASRA 2020 kontrol listesinde 70 kg altındaki erişkin için başlangıç bolusu yaklaşık 1,5 mL/kg ve infüzyon 0,25 mL/kg/dk; 70 kg üzeri için yaklaşık 100 mL bolus ve 250 mL/15–20 dk infüzyon önerilmektedir; maksimum toplam lipid dozu 12 mL/kg'dır. LAST resüsitasyonu standart ACLS'den farklıdır; küçük doz epinefrin tercih edilir ve vazopressin, beta-blokerler, kalsiyum kanal blokerleri ve ek lokal anesteziklerden kaçınılır.

İntravasküler Enjeksiyon ve Vasküler Ponksiyon

Brakiyal pleksus ve diğer periferik sinirler vasküler yapılara yakın olduğundan intravasküler enjeksiyon riski anatomik bölgeye göre değişir. Kaynak dosyada özellikle supraklaviküler yaklaşımda vasküler yaralanma ve intravasküler enjeksiyon riskine dikkat çekilmektedir.

- Renkli Doppler ile damarların işlem öncesi tanımlanması.
- İğne ucunun sürekli görüntülenmesi.
- Fraksiyone enjeksiyon ve tekrarlayan aspirasyon.
- İnfüzyon sırasında yüksek basınçtan kaçınma.
- LAST belirtileri açısından işlem ve erken postoperatif dönemde gözlem.

Sinir Hasarı ve İntranöral Enjeksiyon

Nörolojik komplikasyonlar nadirdir; ancak kalıcı fonksiyon kaybı açısından önemlidir. ASRA nörolojik komplikasyon yaklaşımı; mekanizma, risk azaltma, erken tanı ve uygun nörolojik değerlendirmeyi öne çıkarır.

- İşlem öncesinde mevcut nörolojik defisitler belgelenmelidir.
- İğne ilerletilirken hasta geri bildirimi ve ultrason görüntüsü birlikte değerlendirilmelidir.
- Yüksek enjeksiyon basıncından kaçınılmalıdır.
- İntranöral enjeksiyondan şüphelenildiğinde enjeksiyon durdurulmalıdır.
- Postoperatif yeni motor veya duyusal defisit gecikmeden değerlendirilmelidir.

Kaynak dosyada interskalen ve supraklaviküler blok komplikasyonları arasında vasküler ponksiyon, hematom, sistemik toksisite, frenik sinir paralizisi, Horner sendromu, enfeksiyon, pnömotoraks ve sinir hasarı sayılmıştır.

Hematom ve Nöroaksiyel Hematom

Nöroaksiyel hematom nadir ancak nörolojik sonuçları ağır olabilen bir komplikasyondur. Risk; antitrombotik tedavi, koagülasyon bozukluğu, travmatik girişim, tekrarlayan ponksiyon ve kateter uygulaması gibi faktörlerle artabilir.

- İşlem öncesi antitrombotik ilaç, doz, son doz zamanı ve renal fonksiyon değerlendirilmelidir.
- ASRA ve ESAIC/ESRA antitrombotik kılavuzları izlenmelidir.
- Yeni veya ilerleyen motor güçsüzlük, duyu kaybı, şiddetli sırt ağrısı veya sfinkter bozukluğu acil değerlendirme gerektirir.
- Nörolojik defisit geliştiğinde görüntüleme ve uygun uzmanlık değerlendirmesi geciktirilmemelidir.

Enfeksiyöz Komplikasyonlar

Rejyonal anestezi sonrası enfeksiyon nadirdir; ancak kateter uygulamalarında ve uzun süreli infüzyonlarda aseptik tekniğin önemi artar. ASRA 2025 yılında rejyonal anestezi ve ağrı tıbbı işlemleri için kapsamlı enfeksiyon kontrol kılavuzu yayımlamıştır.

- El hijyeni ve uygun aseptik teknik.
- Cilt antisepsisinin uygun şekilde yapılması.
- Steril ekipman ve uygun örtü kullanımı.
- Kateter giriş yerinin düzenli değerlendirilmesi.
- Kateter çevresinde eritem, akıntı, ağrı veya ateş gelişirse enfeksiyon açısından değerlendirme.

- Şüpheli epidural/spinal enfeksiyonda nörolojik değerlendirme ve görüntülemenin geciktirilmemesi.

Yüksek ve Total Spinal Blok

Yüksek spinal blok, lokal anesteziğin beklenenden daha kraniyal yayılmasıyla solunum ve kardiyovasküler fonksiyonları bozabilir. İleri olgularda bilinç kaybı, apne, ciddi hipotansiyon ve kardiyak arrest gelişebilir.

- Yardım çağrılmalı ve hava yolu güvenceye alınmalıdır.
- Oksijenizasyon ve ventilasyon desteklenmelidir.
- Hemodinamik destek için uygun vazopressörler kullanılmalıdır.
- Bradikardi agresif biçimde değerlendirilmelidir.
- Blok gerileyene kadar sürekli hemodinamik ve solunumsal izlem sürdürülmelidir.

Postdural Ponksiyon Baş Ağrısı

Postdural ponksiyon baş ağrısı özellikle dural ponksiyon sonrası gelişen, tipik olarak postürle ilişkili baş ağrısıdır. Tedavi hastanın semptom şiddetine ve klinik seyrine göre konservatif yaklaşımdan epidural kan yamasına kadar değişebilir.

- Atravmatik iğne ve uygun iğne çapının seçilmesi riski azaltabilir.
- Tanı konulduğunda alternatif ciddi baş ağrısı nedenleri dışlanmalıdır.
- Persistan veya şiddetli semptomlarda epidural kan yaması değerlendirilmelidir.

- Yeni nörolojik bulgu, bilinç değişikliği veya atipik baş ağrısı ileri değerlendirme gerektirir.

Solunumsal Komplikasyonlar

Pnömotoraks

Pnömotoraks özellikle plevraya yakın bloklarda önemli bir komplikasyondur. Ultrasonografi ile plevranın görülmesi ve iğne ucunun sürekli izlenmesi riski azaltmaya yardımcı olur. Kaynak dosyada supraklaviküler blok için pnömotoraks riski özellikle vurgulanmıştır.

Frenik sinir bloğu ve hemidiyafragmatik parezi

İnterskalen blokta frenik sinir bloğu ve hemidiyafragmatik parezi beklenen fizyolojik etkiler arasında olabilir. Ciddi pulmoner rezervi sınırlı hastalarda teknik ve lokal anestezik hacmi dikkatle seçilmelidir. Kaynak dosya da ciddi pulmoner hastalığı olanlarda bu riskin önemini belirtmektedir.

Hipotansiyon ve Bradikardi

Nöroaksiyel sempatik blok, özellikle yaşlı, hipovolemik veya kardiyovasküler rezervi sınırlı hastalarda belirgin hipotansiyon ve bradikardiye neden olabilir.

- Blok öncesi volüm durumunun değerlendirilmesi.
- Kan basıncının yakın izlenmesi.
- Kristalloid ve vazopressörlerin hastaya göre titre edilmesi.
- Ciddi bradikardide vagal tonus ve yüksek blok açısından değerlendirme.

- Hipotansiyonun serebral ve miyokardiyal perfüzyon üzerindeki etkilerinin dikkate alınması.

Pozisyona Bağlı Komplikasyonlar

Kaynak dosyada supin, lateral, prone ve oturur/Fowler pozisyonları ile bunlara bağlı basınç noktaları ve nörolojik komplikasyonlara dikkat çekilmektedir.

- Basınç noktalarının korunması.
- Periferik sinirlerin aşırı gerilme veya basıdan korunması.
- Baş-boyun pozisyonunun güvenli olması.
- Uzun süren cerrahilerde düzenli pozisyon kontrolü.
- Oturur pozisyonda serebral perfüzyon basıncının korunması.

Turnike İlişkili Komplikasyonlar

Kaynak dosyada turnike şişirilmesiyle venöz dönüş ve hemodinamik değişiklikler, uzun süreli uygulamada nöropraksi ve turnike ağrısı; turnike açılmasıyla ise geçici hipotansiyon, metabolik değişiklikler ve $ETCO_2$ artışı tanımlanmıştır.

- Turnike süresi mümkün olan en kısa süre ile sınırlandırılmalıdır.
- Turnike basıncı hastaya ve ekstremite özelliklerine göre belirlenmelidir.
- Turnike ağrısı ortaya çıkabileceği için rejyonal teknik tek başına yeterli olmayabilir.

- Deflasyon sonrası hipotansiyon ve metabolik değişiklikler açısından izlem yapılmalıdır.

Yağ Embolisi Sendromu

Özellikle uzun kemik kırıkları ve intramedüller cerrahi sırasında yağ embolizasyonu gelişebilir. Kaynak dosyada hipoksemi, nörolojik değişiklikler, ateş, taşikardi ve peteşiyal döküntü önemli klinik bulgular olarak verilmiştir.

Tedavi temel olarak erken tanı, oksijenasyon ve ventilasyonun desteklenmesi, hemodinamik stabilizasyon ve uygun yoğun bakım yaklaşımına dayanır. Profilaktik steroid veya heparin kullanımı rutin tedavi olarak kabul edilmemelidir.

Kemik Çimentosu İmplantasyon Sendromu

Kemik çimentosu implantasyon sendromu özellikle çimentolu ortopedik cerrahide hipotansiyon, hipoksemi, pulmoner hipertansiyon ve kardiyovasküler kollaps ile seyredebilir. Kaynak dosya çimento uygulaması sırasında yeterli oksijenizasyon, volüm durumunun optimizasyonu ve yakın hemodinamik izlemi vurgulamaktadır.

- Cerrah/anestezist iletişimi ile çimento uygulamasının önceden bilinmesi.
- Hemodinamik monitörizasyonun artırılması.
- Oksijenizasyonun optimize edilmesi.
- Hipotansiyon gelişirse hızlı vazopressör ve uygun volüm desteği.
- Pulmoner hipertansiyon ve sağ ventrikül yetmezliği açısından değerlendirme.

Kateter Komplikasyonları

- Kateterin yanlış yerleşimi veya yer değiştirmesi.
- İntravasküler veya intratekal kateter yerleşimi.
- Kateter kırılması.
- Enfeksiyon.
- Lokal anestezik birikimine bağlı toksisite.
- Yetersiz analjezi veya kateterin erken çıkması.

Sürekli periferik sinir kateterlerinde ultrason rehberliği, kateter ucunun uygun konumlandırılması ve düzenli nörolojik/kateter izlemi güvenliği artırır. Kaynak dosyada özellikle sürekli interskalen ve supraklaviküler kateterlerde kateter ilerletme ve enfeksiyon risklerine dikkat çekilmektedir.

Ortopedik Cerrahide Nörolojik ve Diğer Özel Komplikasyonlar

Kaynak dosyanın bu bölümünde ortopedik cerrahiye ilişkin omurga yaralanmaları, otonom hiperrefleksi, skolyoz, spinal cerrahi, serebral perfüzyon, görme kaybı ve periferik sinir bloklarına ilişkin riskler de yer almaktadır. Bu konuların ayrıntıları ilgili ortopedik cerrahi ve omurga bölümlerinde ayrıca ele alınmalıdır.

Bu bölümde temel güvenlik ilkesi; mevcut nörolojik defisitlerin işlem öncesi belgelenmesi, uygun teknik seçimi, aşırı sedasyondan kaçınma ve yeni nörolojik bulguların gecikmeden araştırılmasıdır.

Komplikasyon Geliştiğinde Yaklaşım

1. Komplikasyonu erken tanı ve yardım çağır.
2. Lokal anestezik enjeksiyonunu durdur.

3. Havayolu, solunum ve dolaşımı değerlendir.
4. Monitörizasyonu artır ve uygun damar yolu sağla.
5. LAST şüphesinde ASRA LAST algoritmasını uygula.
6. Yeni nörolojik defisitte hematom, iskemi, direkt sinir hasarı ve diğer nedenleri ayır.
7. Enfeksiyon şüphesinde kateteri ve girişim bölgesini değerlendir.
8. Gerekli görüntüleme ve uzman konsültasyonunu geciktirme.
9. Olayı ve uygulanan tedaviyi ayrıntılı olarak kaydet.
10. Hastaya ve ekibe uygun şekilde olay sonrası bilgilendirme yap.

Klinik Anahtar Noktalar

- Rejyonal anestezide güvenliğin temeli doğru hasta seçimi, uygun teknik ve sürekli izlemdir.
- LAST nadirdir ancak ölümcül olabilir; %20 lipid emülsiyonu ve LAST algoritması hazır bulunmalıdır.
- İğne ucunun ve anatomik yapıların ultrasonla sürekli görüntülenmesi güvenliği artırır.
- Yüksek enjeksiyon basıncından kaçınılmalı ve intranöral enjeksiyon şüphesinde enjeksiyon durdurulmalıdır.
- Antitrombotik tedavide güncel ASRA/ESAIC-ESRA önerileri kullanılmalıdır.

- Pnömotoraks ve frenik sinir bloğu riski blok seçimi sırasında hastanın solunum rezervi ile birlikte değerlendirilmelidir.
- Yeni postoperatif nörolojik defisit acil değerlendirme gerektirir.
- Ortopedik cerrahide turnike, yağ embolisi ve kemik çimentosu implantasyon sendromu ayrıca planlanmalıdır.
- Kateterli tekniklerde asepsi, doğru yerleşim ve düzenli takip komplikasyonları azaltır.

Kaynakça

ASRA Pain Medicine Update (2020). Checklist for Treatment of Local Anesthetic Systemic Toxicity (LAST). *ASRA Pain Medicine.*

ASRA Pain Medicine Update (2025). Consensus Practice Infection Control Guidelines for Regional Anesthesia and Pain Medicine. *ASRA Pain Medicine.*

Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K., Cahalan, M. K., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., & Holt, N. F. (2017). Clinical anesthesia, 8e. Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business. https://anesthesiology.lwwhealthlibrary.com/book.aspx?bookid=2137&sectionid=0

Fredrickson, M. J., Ball, C. M., & Dalgleish, A. J. (2010). Analgesic effectiveness of a continuous versus single-injection interscalene block for minor arthroscopic shoulder surgery. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 35*(1), 28–33. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181c771bd

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., Johnson-Akeju, O. (eds.) (2025). *Miller's Anesthesia,* 10th ed. Elsevier, 3016 pp.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology, 39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient

receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine,* rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766

Neal, J. M., Barrington, M. J., Brull, R., Hadzic, A., Hebl, J. R., Horlocker, T. T., Huntoon, M. A., Kopp, S. L., Rathmell, J. P., & Watson, J. C. (2015). The Second ASRA Practice Advisory on Neurologic Complications Associated With Regional Anesthesia and Pain Medicine: Executive Summary 2015. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 40*(5), 401–430. doi: 10.1097/AAP.0000000000000286

Neal, J. M., Neal, E. J., & Weinberg, G. L. (2021). American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Local Anesthetic Systemic Toxicity checklist: 2020 version. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 46*(1), 81–82. doi: 10.1136/rapm-2020-101986

Renes, S. H., Rettig, H. C., Gielen, M. J., Wilder-Smith, O. H., & van Geffen, G. J. (2009). Ultrasound-guided low-dose interscalene brachial plexus block reduces the incidence of hemidiaphragmatic paresis. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 34*(5), 498–502. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181b49256

Riazi, S., Carmichael, N., Awad, I., Holtby, R. M., & McCartney, C. J. (2008). Effect of local anaesthetic volume (20 vs 5 ml) on the efficacy and respiratory consequences of ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *British Journal of Anaesthesia, 101*(4), 549–556. doi: 10.1093/bja/aen229

Not: Kaynak dosyada bulunan eski literatür ve bazı tarihsel doz/insidans ifadeleri güncel kılavuzlarla uyumlu olmayan veya

bağlamı belirsiz olduğu için doğrudan güncel öneri olarak kullanılmamıştır. Kaynak dosyanın 43. bölümünde ortopedik cerrahi, pozisyon, turnike, yağ embolisi, kemik çimentosu ve periferik blok komplikasyonları iç içe yer almaktadır; bu bölümde bunlar komplikasyon başlıkları altında yeniden yapılandırılmıştır.

BÖLÜM 45

ORTOPEDİK CERRAHİDE ANESTEZİ

ABDULKADİR BUT[1]

Özet

Ortopedik cerrahide anestezi yönetimi; hastanın yaşı ve eşlik eden hastalıkları, cerrahinin türü ve süresi, beklenen kan kaybı, cerrahi pozisyon, turnike kullanımı, tromboemboli riski ve postoperatif rehabilitasyon hedefleri birlikte değerlendirilerek planlanmalıdır. Kaynak bölüm; preoperatif değerlendirme, rejyonal ve genel anestezi seçenekleri, romatoid artritte hava yolu sorunları, pozisyon, kemik çimentosu, yağ embolisi, turnike ve postoperatif kognitif değişiklikler gibi konuları içermektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Öğrenme Hedefleri

- Ortopedik hastanın preoperatif değerlendirmesini sistematik yapmak.

[1] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0001-9635-9613

- Genel, nöroaksiyel ve periferik rejyonal anestezi seçeneklerini hasta ve cerrahiye göre karşılaştırmak.
- Romatoid artrit ve servikal omurga patolojilerinde hava yolu risklerini tanımak.
- Turnike, kemik çimentosu ve yağ embolisi gibi ortopediye özgü perioperatif sorunları yönetmek.
- Omurga cerrahisinde nörolojik izlem ve serebral/spinal perfüzyonu korumak.
- Omuz ve alt ekstremite cerrahilerinde uygun periferik sinir bloklarını ve multimodal analjeziyi planlamak.
- Antitrombotik tedavi alan hastalarda rejyonal anestezi zamanlamasını güncel kılavuzlara göre belirlemek.

Giriş ve Genel Yaklaşım

Ortopedik operasyonlar farklı yaş ve komorbidite profiline sahip hastalarda uygulanır; özel pozisyonlar, değişken kan kaybı ve bazı girişimlerde ileri monitörizasyon gereksinimi doğurabilir. Kaynak metin özellikle majör travma, masif kan kaybı/transfüzyon ve invaziv monitörizasyon gerektiren olguları vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Cerrahinin anatomik bölgesi ve kapsamı.
- Primer veya revizyon cerrahisi.
- Beklenen kan kaybı ve kan hazırlığı gereksinimi.
- Turnike kullanımı ve tahmini turnike süresi.
- Pozisyon ve pozisyona bağlı komplikasyonlar.

- Hastanın fonksiyonel kapasitesi ve rehabilitasyon hedefleri.
- Postoperatif ağrı, erken mobilizasyon ve tromboemboli profilaksisi.

Preoperatif Değerlendirme

Preoperatif değerlendirme, anestezi planının belirlenmesini ve sistemik hastalıkların mümkün olduğunca optimize edilmesini sağlar. Kaynak metin fonksiyonel kapasitenin değerlendirilmesini, operasyonun primer/revizyon olup olmadığının ve turnike gereksiniminin sorgulanmasını önermektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Kardiyopulmoner değerlendirme

- Kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon, koroner arter hastalığı ve kalp yetmezliği sorgulanmalıdır.
- Fonksiyonel kapasite cerrahi riskle birlikte değerlendirilmelidir.
- Solunum semptomları ve egzersiz toleransı değerlendirilmelidir.
- Testler hastanın klinik durumuna ve cerrahinin büyüklüğüne göre seçilmelidir.

Romatoid artrit

Romatoid artritte atlantoaksiyel instabilite ve odontoid subluksasyonu spinal kord yaralanması açısından önemlidir. Larinks sinoviti entübasyonu zorlaştırabilir. Kaynak metin ayrıca periferik damar yolu ve santral kateter girişimlerinde güçlük olabileceğini belirtmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Servikal hareket açıklığı ve nörolojik bulgular değerlendirilmelidir.
- Bilinen veya şüpheli atlantoaksiyel instabilitede boyun manipülasyonu en aza indirilmelidir.
- Zor hava yolu ekipmanı hazır bulundurulmalıdır.
- Ultrason rehberliği damar yolu girişimlerinde yararlı olabilir.

Anestezi Tekniğinin Seçimi

Ortopedik cerrahide genel anestezi, nöroaksiyel anestezi, periferik sinir blokları veya bunların kombinasyonu kullanılabilir. Seçim; cerrahi bölge, hasta özellikleri, antitrombotik tedavi, pozisyon, beklenen kan kaybı ve postoperatif analjezi gereksinimine göre yapılmalıdır.

- Genel anestezi: uzun, kompleks veya hastanın hareketsizliğinin kritik olduğu cerrahilerde güvenilir bir seçenektir.
- Nöroaksiyel anestezi: alt ekstremite cerrahilerinde etkili anestezi ve analjezi sağlayabilir.
- Periferik sinir blokları: hedefe yönelik analjezi ve opioid tasarrufu sağlar.
- Kombine teknik: genel anestezi gereksinimini ve postoperatif opioid ihtiyacını azaltabilir.

Güncel rejyonal anestezi yaklaşımında antitrombotik tedavi alan hastalarda kanama riskinin değerlendirilmesi için ASRA'nın beşinci baskı kılavuzu kullanılmalıdır; bu kılavuz 2025'te

yayımlanmış ve özellikle nadir fakat katastrofik hemorajik komplikasyonların önlenmesine odaklanmıştır (Kopp et al., 2025).

Rejyonal Anestezinin Ortopedik Cerrahide Yeri

Rejyonal teknikler postoperatif analjezi, erken mobilizasyon ve opioid tüketiminin azaltılması açısından önemli bir bileşendir. Kaynak metin rejyonal anestezinin etkin postoperatif analjezi, PONV azalması, daha az kardiyorespiratuvar depresyon, kan kaybında azalma ve tromboemboli riskinde azalma gibi avantajlarını sıralamaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Ultrason eşliğinde periferik sinir blokları.
- Spinal veya epidural anestezi.
- Sürekli periferik sinir kateterleri.
- Multimodal analjezi ile kombinasyon.

Omuz Cerrahisinde Anestezi

Omuz cerrahisinde glenohumeral, skapulotorasik, akromiyoklaviküler ve sternoklaviküler eklem kompleksleri değerlendirilir. Kaynak metinde rotator manşet patolojileri, kırıklar, osteoartrit ve romatoid artrit başlıca cerrahi endikasyonlar arasında yer almaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Anestezi seçimi

Omuz ve proksimal humerus cerrahisi genel, rejyonal veya kombine anestezi altında yapılabilir. İnterskalen veya supraklaviküler blok cerrahiye ve hastanın durumuna göre tek başına ya da genel anesteziye ek olarak kullanılabilir. Kaynak metin, özellikle cerrahi sırasında hava yoluna erişimin zor olabilmesi

nedeniyle genel veya kombine tekniklerin sık tercih edildiğini belirtmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

İnterskalen blok ve solunum riski

İnterskalen blok omuz analjezisi için güçlü bir tekniktir; ancak frenik sinir blokajına bağlı hemidiyafragmatik parezi önemli bir hususdur. Kaynak metin ciddi pulmoner hastalığı olanlarda pulmoner fonksiyon azalmasının klinik önemine dikkat çekmektedir (Gropper et al., 2025; Riazi et al., 2008; Renes et al., 2009).

Solunum rezervi kısıtlı hastalarda düşük volümlü interskalen teknikler veya frenik siniri korumayı amaçlayan alternatif bloklar düşünülebilir. Seçim, cerrahinin analjezik gereksinimi ve hastanın pulmoner rezervi birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır.

Şezlong (Beach-Chair) Pozisyonu

Omuz cerrahilerinde şezlong pozisyonu sık kullanılır. Kaynak metin bu pozisyonda venöz dönüş, kardiyak debi, ortalama arter basıncı ve serebral perfüzyon basıncındaki değişikliklere dikkat çekmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Gövde yükseltilirken hemodinamik değişiklikler yakından izlenmelidir.
- Kan basıncı ölçüm noktası ile beyin düzeyi arasındaki hidrostatik fark dikkate alınmalıdır.
- Kontrollü hipotansiyon serebral perfüzyonun daha fazla azalmasına yol açabileceğinden rutin olarak agresif uygulanmamalıdır.
- Vazopressörler ve uygun volüm desteği hazır bulundurulmalıdır.

- Başın aşırı fleksiyonu ve endotrakeal tüp kompresyonu önlenmelidir.

Serebral oksijenizasyonun NIRS ile izlenmesi bazı yüksek riskli olgularda serebral desatürasyonun erken fark edilmesine yardımcı olabilir; kaynak metin oturur pozisyonda serebral oksijenasyonda azalma bildiren çalışmalara yer vermektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Omuz Artroskopisi

Omuz artroskopisi minimal invaziv ve çoğunlukla günübirlik uygulanabilen bir cerrahidir. Kaynak metinde interskalen blok ile hızlı başlangıç, uzun blok süresi, düşük PONV ve analjezik gereksinimi gibi avantajlar belirtilmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023; Riazi et al., 2008).

Sıvı ekstravazasyonu ve hava yolu

Subakromiyal irrigasyon sıvısının ekstravazasyonu servikal ve üst torasik yumuşak doku ödemine, nadiren trakeal kompresyona ve hava yolu obstrüksiyonuna neden olabilir. Risk uzun süren ve yüksek pompa basınçlarının kullanıldığı girişimlerde artabilir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- İrrigasyon sıvısı miktarı ve pompa basıncı izlenmelidir.
- Boyun ve üst toraks ödemi erken fark edilmelidir.
- Ekstübasyon kararı yalnızca cerrahinin bitimine göre değil, hava yolu ödemi riski ve klinik bulgulara göre verilmelidir.

Omuz Cerrahisinde Postoperatif Analjezi

İnterskalen blok omuz cerrahisinde etkili bir analjezi yöntemidir; ancak rebound ağrı ve frenik sinir etkileri nedeniyle her hasta için ideal değildir. Kaynak metin interskalen, supraskapüler-aksiller blok kombinasyonları ve sürekli kateterleri seçenek olarak sunmaktadır (Gropper et al., 2025; Riazi et al., 2008; Fredrickson et al., 2010).

- Tek doz interskalen blok.
- Sürekli interskalen kateter.
- Supraskapüler + aksiller sinir blokları.
- İntraartiküler/lokal infiltrasyon ve sistemik multimodal analjezi.

Supraskapüler ve aksiller sinir blokları, özellikle frenik sinir fonksiyonunun korunmasının önemli olduğu hastalarda alternatif oluşturabilir; ancak analjezik kapsamın cerrahinin tipine göre yeterli olup olmadığı değerlendirilmelidir. Kaynak metin bu kombinasyonu interskalen bloğa alternatif olarak tanımlamaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023; Riazi et al., 2008).

Alt Ekstremite Cerrahisi

Alt ekstremite cerrahisi çoğunlukla ileri yaş ve çoklu komorbiditesi olan hastalarda gerçekleştirilir; bu nedenle preoperatif optimizasyon önemlidir. Kaynak metin büyük kan kaybı beklenen girişimlerde kan hazırlığı, geniş damar yolu ve gerektiğinde arteriyel/merkezi monitörizasyon gereksinimini vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Total diz artroplastisi

Total diz artroplastisinde spinal veya genel anesteziye periferik sinir blokları ve multimodal analjezi eklenebilir. Kaynak metin femoral sinir bloğunu tarihsel olarak analjezik seçeneklerden biri olarak tanımlamakta, siyatik blok için ek faydanın kanıtlarının sınırlı olduğunu belirtmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Güncel uygulamada motor blok ve erken mobilizasyon hedefleri nedeniyle adductor canal block ve periartiküler lokal infiltrasyon gibi motor-koruyucu stratejiler de değerlendirilebilir. Teknik seçimi cerrahinin kapsamı ve hastanın rehabilitasyon hedefleriyle uyumlu olmalıdır.

Diz Artroskopisi ve ACL Cerrahisi

Diz artroskopilerinin önemli bir bölümü günübirlik yapılabilir. Kaynak metin ACL onarımı gibi girişimlerde postoperatif analjezi gereksinimini vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Spinal, genel veya kombine anestezi.
- Adductor canal/femoral sinir temelli analjezik teknikler.
- Multimodal sistemik analjezi.
- Erken mobilizasyon ve motor fonksiyonun korunması.

Ayak ve Ayak Bileği Cerrahisi

Ayak ve ayak bileğinin duyusal innervasyonu safen sinir ve siyatik sinirin tibial, sural, derin ve yüzeyel peroneal dalları üzerinden sağlanır. Kaynak metin bu anatomik dağılımın periferik

blok planlamasında dikkate alınmasını belirtmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Sural ve yüzeyel/deep peroneal sinir blokları.
- Tibial sinir bloğu.
- Safen sinir bloğu.
- Popliteal siyatik blok.
- Cerrahi bölgeye göre ayak bileği blokları.

Turnike Kullanımı

Turnike ortopedik cerrahide kanama kontrolü ve cerrahi görüşün iyileştirilmesi için kullanılabilir. Ancak nörolojik, kas, hemodinamik ve metabolik etkileri vardır. Kaynak metin sinir iletisinin azalması, turnike ağrısı, uzun uygulamada nöropraksi ve deflasyon sonrası hemodinamik/metabolik değişiklikleri ayrıntılı olarak belirtmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Turnike basıncı ve süresi hastaya göre belirlenmelidir.
- Uzun süreli uygulamalardan kaçınılmalıdır.
- Turnike ağrısı yeterli rejyonal teknik olsa bile gelişebilir.
- Deflasyon sonrası hipotansiyon, $ETCO_2$ artışı ve geçici metabolik asidoz açısından izlem yapılmalıdır.

Derin Ven Trombozu ve Pulmoner Emboli

Ortopedik cerrahide venöz tromboembolizm önemli bir perioperatif sorundur. Kaynak metin total kalça ve diz protezi sonrasında DVT riskini ve pulmoner embolinin ciddi sonuçlarını vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Profilaksi; hastanın kanama riski, cerrahinin tipi ve güncel cerrahi/tromboz kılavuzlarına göre mekanik ve farmakolojik yöntemlerin uygun kombinasyonuyla planlanmalıdır. Nöroaksiyel veya derin periferik blok yapılacak hastalarda antitrombotik tedavi zamanlaması ASRA'nın güncel beşinci baskı önerileriyle uyumlu olmalıdır (Kopp et al., 2025).

Yağ Embolisi Sendromu

Uzun kemik kırıkları ve intramedüller manipülasyonlar yağ embolizasyonu açısından risk taşır. Kaynak metinde hipoksemi, taşikardi, ateş, peteşiyal döküntü ve nörolojik değişiklikler klinik bulgular arasında belirtilmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Tedavinin temeli erken tanı, oksijenizasyon/ventilasyon desteği, hemodinamik stabilizasyon ve gerektiğinde yoğun bakım desteğidir. Rutin steroid veya heparin tedavisi standart tedavi olarak kabul edilmemelidir.

Kemik Çimentosu İmplantasyon Sendromu

Çimentolu artroplasti sırasında kemik çimentosu implantasyon sendromu hipotansiyon, hipoksemi, pulmoner hipertansiyon ve kardiyovasküler kollaps ile ortaya çıkabilir. Kaynak metin çimento uygulaması öncesinde yeterli oksijenizasyon ve volüm durumunun sağlanmasını, yakın hemodinamik izlem ve hızlı destek tedavisini vurgulamaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Çimento uygulamasından önce anestezist ve cerrah arasında iletişim.
- Yüksek riskli hastada ileri hemodinamik değerlendirme.

- Oksijenizasyon ve ventilasyonun optimize edilmesi.
- Hipotansiyonda hızlı vazopressör ve uygun sıvı desteği.
- Sağ ventrikül yetmezliği/pulmoner hipertansiyon gelişimi açısından dikkatli izlem.

Omurga Cerrahisi

Omurga cerrahisinde nörolojik yaralanma, önemli kan kaybı, uzun süreli prone pozisyon, hava yolu yönetimi ve postoperatif ekstübasyon sorunları temel perioperatif konulardır. Kaynak metin parapleji riskini, uyandırma testini, SSEP/MEP kullanımını ve uzun süreli prone pozisyona bağlı yüz ödemi ile görme kaybı risklerini ele almaktadır (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023; Neal et al., 2015).

Nöromonitörizasyon

- SSEP ve MEP seçilmiş omurga cerrahilerinde spinal kord fonksiyonunun izlenmesine yardımcı olabilir.
- Anesteziklerin nöromonitörizasyon sinyalleri üzerindeki etkileri bilinmelidir.
- MEP kullanılıyorsa uygun koşullarda nöromüsküler blokajdan kaçınılması gerekebilir.
- Hemodinamik stabilite ve yeterli spinal kord perfüzyonu korunmalıdır.

Prone pozisyon ve postoperatif görme kaybı

Uzun süreli prone cerrahi, hipotansiyon, anemi ve büyük kan kaybı postoperatif görme kaybı riskini artırabilir. Pozisyon sırasında gözler ve basınç noktaları düzenli olarak kontrol edilmelidir. Kaynak

metin kompleks spinal cerrahi, uzun süre, hipotansiyon, anemi ve büyük kan kaybını risk faktörleri olarak belirtmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Ekstübasyon

Prone pozisyonun uzun sürmesi ve yüz/üst hava yolu ödemi ekstübasyon güvenliğini etkileyebilir. Kaynak metin ekstübasyon öncesi hava yolu değerlendirmesi ve gerekli hastalarda kaçak testinin düşünülmesini önermektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

Travma ve Ortopedik Acil Cerrahi

Travmalı ortopedik hastada yaklaşım sistematik ve eş zamanlı olmalıdır. Kaynak metinde travma yönetiminin temelinin hava yolu, solunum, dolaşım/hemoraji kontrolü, nörolojik değerlendirme ve maruziyetin değerlendirilmesi şeklinde ABCDE yaklaşımı olduğu belirtilmektedir (Gropper et al., 2025; Barash et al., 2023).

- Servikal omurga yaralanması olasılığını değerlendirmek.
- Yeterli oksijenasyon ve ventilasyonu sağlamak.
- Hemorragiyi hızla kontrol etmek ve dolaşımı desteklemek.
- Başlangıç nörolojik değerlendirmeyi belgelemek.
- Hipotermiyi önlemek.
- Kan ürünleri ve uygun damar erişimini erken planlamak.

Postoperatif Analjezi ve Erken Mobilizasyon

Ortopedik cerrahinin başarısı yalnızca intraoperatif anestezi ile değil, etkin postoperatif analjezi ve rehabilitasyonla birlikte değerlendirilmelidir.

- Multimodal analjezi.
- Uygun periferik sinir bloğu veya kateter.
- Parasetamol ve uygun hastalarda NSAİİ/COX-2 inhibitörleri.
- Opioidlerin kurtarma analjeziği olarak rasyonel kullanımı.
- Motor fonksiyonun erken değerlendirilmesi.
- Erken mobilizasyon ve tromboemboli profilaksisinin birlikte planlanması.

Güncel Klinik Yaklaşım: Multimodal ve Hasta Merkezli Anestezi

Güncel yaklaşım, tek bir anestezi tekniğinin tüm ortopedik cerrahiler için üstün olduğunu kabul etmek yerine, hasta ve cerrahiye göre kombine stratejileri öne çıkarmaktadır. Rejyonal analjezi, multimodal sistemik analjezi, erken mobilizasyon ve opioid tasarrufu birlikte değerlendirilmelidir. ASRA'nın güncel kılavuzları özellikle antitrombotik tedavi ve enfeksiyon kontrolü alanlarında uygulamaların güncellenmesini desteklemektedir (Kopp et al., 2025; Kietaibl et al., 2022).

Sonuç

Ortopedik cerrahide güvenli anestezi; ayrıntılı preoperatif değerlendirme, uygun anestezi tekniğinin seçimi, pozisyon ve turnike yönetimi, kan kaybı ve tromboemboli riskinin kontrolü, rejyonal analjezinin doğru kullanımı ve erken rehabilitasyonun birlikte planlanmasına dayanır. Özellikle omuz cerrahisinde şezlong pozisyonu ve frenik sinir blokajı; omurga cerrahisinde nörolojik izlem ve prone pozisyon; büyük eklem cerrahilerinde kanama ve tromboemboli; çimentolu artroplastilerde kemik çimentosu implantasyon sendromu özel dikkat gerektirir.

Kaynakça

Barash, P. G., Cullen, B. F., Stoelting, R. K., Cahalan, M. K., Stock, M. C., & Ortega, R. (2023). *Clinical Anesthesia.* 9th ed. Wolters Kluwer.

Berjano, P., González, B. G., Olmedo, J. F., Perez-España, L. A., & Munilla, M. G. (1998). Complications in arthroscopic shoulder surgery. *Arthroscopy : the Journal of Arthroscopic & Related Surgery : Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association, 14*(8), 785–788. doi: 10.1016/s0749-8063(98)70011-8.

Cummings, K. C., 3rd, Napierkowski, D. E., Parra-Sanchez, I., Kurz, A., Dalton, J. E., Brems, J. J., & Sessler, D. I. (2011). Effect of dexamethasone on the duration of interscalene nerve blocks with ropivacaine or bupivacaine. *British Journal of Anaesthesia, 107*(3), 446–453. doi: 10.1093/bja/aer159.

Fredrickson, M. J., Ball, C. M., & Dalgleish, A. J. (2010). Analgesic effectiveness of a continuous versus single-injection interscalene block for minor arthroscopic shoulder surgery. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 35*(1), 28–33. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181c771bd.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Wiener-Kronish, J. P., Cohen, N. H., & Leslie, K. (2025). *Miller's Anesthesia.* 10th ed. Elsevier.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines.

European Journal of Anaesthesiology, 39(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine,* rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Neal, J. M., Barrington, M. J., Brull, R., Hadzic, A., Hebl, J. R., Horlocker, T. T., Huntoon, M. A., Kopp, S. L., Rathmell, J. P., & Watson, J. C. (2015). The Second ASRA Practice Advisory on Neurologic Complications Associated With Regional Anesthesia and Pain Medicine: Executive Summary 2015. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 40*(5), 401–430. doi: 10.1097/AAP.0000000000000286.

Renes, S. H., Rettig, H. C., Gielen, M. J., Wilder-Smith, O. H., & van Geffen, G. J. (2009). Ultrasound-guided low-dose interscalene brachial plexus block reduces the incidence of hemidiaphragmatic paresis. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 34*(5), 498–502. doi: 10.1097/AAP.0b013e3181b49256.

Riazi, S., Carmichael, N., Awad, I., Holtby, R. M., & McCartney, C. J. (2008). Effect of local anaesthetic volume (20 vs 5 ml) on the efficacy and respiratory consequences of ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *British Journal of Anaesthesia, 101*(4), 549–556. doi: 10.1093/bja/aen229.

BÖLÜM 46

OMUZ HASTALIKLARI VE CERRAHİ PROSEDÜRLER

MUSTAFA ATAK[1], SEMİH BAŞKAN[2]

Özet

Omuz hastalıkları; tendon, kapsül, labrum, eklem kıkırdağı ve kemik dokusunu etkileyen geniş bir klinik spektrum oluşturur. Tedavi; hastalığın niteliğine, işlevsel kayba, hastanın beklentilerine ve konservatif yöntemlere verilen yanıta göre belirlenir. Anestezist açısından temel görev, planlanan cerrahi işlemi ve rehabilitasyon hedefini anlayarak hastaya uygun bir perioperatif bakım planı oluşturmaktır. Bu plan; solunum rezervinin, kardiyovasküler durumun, mevcut nörolojik bulguların ve kullanılan ilaçların değerlendirilmesini; uygun anestezi ve analjezi yönteminin seçilmesini; cerrahi pozisyonun oluşturduğu risklerin yönetilmesini kapsar. Omuz cerrahisinde özellikle rejyonal bloklarla ilişkili

[1] Uzm. Dr., Akyurt Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0009-0000-4479-7160

[2] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-0096-7097

diyafram işlev bozukluğu, şezlong pozisyonunda serebral perfüzyonun korunması ve artroskopik irrigasyon sıvısının hava yolunu etkileyebilmesi önem taşır. Postoperatif bakımda ağrı kontrolü, solunum güvenliği, onarılan dokuların korunması ve işleme uygun rehabilitasyon birlikte ele alınmalıdır. Bu bölüm, sık karşılaşılan omuz hastalıklarını ve cerrahi prosedürleri anestezistin klinik kararlarıyla ilişkilendirerek değerlendirme, anestezi yönetimi ve taburculuk için uygulanabilir bir yaklaşım sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Omuz cerrahisi; rotator manşet; omuz artroplastisi; rejyonal anestezi; interskalen blok; multimodal analjezi; perioperatif bakım.

Öğrenme Hedefleri

- Cerrahi işlem ile rehabilitasyon hedefi arasındaki ilişkiyi anestezi ve postoperatif bakım planına yansıtabilmesi.
- Omuz cerrahisi sonrasında solunum, nörolojik ve cerrahi komplikasyonların erken belirtilerini tanıyabilmesi.
- Multimodal analjezi ve blok sonlanmasına yönelik postoperatif analjezi planı oluşturabilmesi.
- Artroskopik cerrahide irrigasyon sıvısının ekstravazasyonuna bağlı hava yolu risklerini tanıyabilmesi.
- Şezlong pozisyonunda serebral perfüzyon ve arter basıncı ölçümündeki hidrostatik farkı değerlendirebilmesi.
- Rejyonal anestezi öncesinde mevcut nörolojik bulguların belgelenmesinin önemini kavrayabilmesi.

- İnterskalen blok, superior trunk bloğu ve supraskapular/aksiller blokların avantaj ve sınırlılıklarını karşılaştırabilmesi.
- Ameliyat öncesi solunum, kardiyovasküler, nörolojik ve antitrombotik riskleri değerlendirebilmesi.
- Omuz cerrahisinin türüne göre perioperatif anestezi gereksinimlerini belirleyebilmesi.
- Rotator manşet hastalıkları, adeziv kapsülit, glenohumeral instabilite, labral lezyonlar ve omuz artrozunun cerrahi seçeneklerini açıklayabilmesi.
- Sık görülen omuz hastalıklarının klinik özelliklerini ve temel tedavi yaklaşımlarını ayırt edebilmesi.
- Omuz kompleksinin temel anatomik ve biyomekanik özelliklerini açıklayabilmesi.

Giriş ve Kapsam

Omuzun geniş hareket kapasitesi, kemik yapıların yanı sıra kapsül, ligamanlar ve kasların birlikte çalışmasına bağlıdır. Bu yapılardaki farklı hastalıklar benzer ağrı yakınmalarına yol açabilse de cerrahi işlemler ve postoperatif bakım gereksinimleri birbirinden farklıdır.

Bu bölüm erişkin hastalara odaklanmaktadır. Hastalıkların temel özellikleri ve cerrahi prensipleri, anestezistin şu dört soruya yanıt verebilmesini sağlayacak kapsamda ele alınmıştır:

Hastalık ve planlanan işlem nedir?

Anestezist için neden önemlidir?

Hastada hangi özellikler değerlendirilmelidir?

Anestezi ve postoperatif bakım nasıl yönetilmelidir?

Fonksiyonel Anatomi ve Biyomekanik

Omuz kompleksi; humerus, skapula ve klavikula ile bunlar arasındaki glenohumeral, akromiyoklaviküler ve sternoklaviküler eklemleri içerir. Skapulotorasik hareket de omuz işlevine katkıda bulunur. Humerus başının glenoid kaviteyle eklemleşmesi geniş hareket açıklığı sağlar; buna karşılık stabilite büyük ölçüde yumuşak dokulara bağımlıdır. Eklem kıkırdağı sürtünmeyi azaltır; glenoid labrum ise eklem yüzeyinin derinliğine ve stabilitesine katkı sağlar (Chang et al., 2025).

Glenohumeral, akromiyoklaviküler, korakohumeral, korakoakromiyal ve korakoklaviküler ligamanlar omuzun destekleyici bağ yapıları arasındadır. Supraspinatus, infraspinatus, teres minor ve subskapularis kaslarının tendonlarından oluşan rotator manşet, humerus başının glenoidde merkezlenmesini sağlar. Deltoid elevasyona, skapular kaslar glenoidin uygun yönelimine katkıda bulunur. Biseps uzun başının superior labrumla ilişkisi, eşlik eden biseps ve labral lezyonların değerlendirilmesini gerektirir (Chang et al., 2025).

Anestezist açısından klinik karşılığı: Ameliyat öncesinde mevcut motor ve duyu bulguları kaydedilmeli; ağrı nedeniyle gelişen hareket kısıtlılığı gerçek nörolojik kayıptan ayrılmaya çalışılmalıdır. Hastanın tolere edebildiği hareket açıklığının bilinmesi, pozisyonlandırma sırasında aşırı gerilmenin önlenmesine yardımcı olur (American Society of Anesthesiologists Task Force on Prevention of Perioperative Peripheral Neuropathies [ASA], 2018).

Klinik Değerlendirme ve Görüntüleme

Öykü ve fizik muayene

Öyküde yakınmaların travmatik veya yavaş başlangıçlı olması, ağrının yeri, gece ağrısı, dominant taraf, geçirilmiş çıkıklar ve mesleki ya da sportif yüklenmeler sorgulanır. Diyabet, tiroid hastalığı, inflamatuvar hastalıklar, önceki omuz cerrahileri ve enfeksiyon öyküsü kaydedilir.

Muayenede aktif ve pasif hareket açıklığı, rotator manşet kas kuvveti, skapular hareket ve distal nörovasküler durum birlikte değerlendirilir. Aktif hareketin pasif harekete göre daha fazla kısıtlanması rotator manşet yetersizliğini veya nörolojik tutulumu düşündürebilir. Pasif dış rotasyondaki belirgin kısıtlılık ise adeziv kapsülit başta olmak üzere kapsüler veya eklemsel patolojilere işaret edebilir; tek başına tanı koydurmaz (American Academy of Orthopaedic Surgeons [AAOS], 2025; Lee et al., 2025).

Akut deformite veya nörovasküler kayıp, kırık ve çıkık açısından acil değerlendirme gerektirir. Ani başlayan şiddetli ağrı ve belirgin hareket kısıtlılığında septik artrit de düşünülmelidir. Ateşin olmaması veya serum inflamasyon belirteçlerinin normal bulunması eklem enfeksiyonunu dışlamaz (Ravn et al., 2023).

Klinik uyarı: Travma sonrasında gelişen yeni duyu veya motor kayıp, rejyonal blok uygulanmadan önce belgelenmelidir. Postoperatif nörolojik değerlendirme bu başlangıç bulgularıyla karşılaştırılmalıdır.

Görüntüleme stratejisi

Kronik omuz ağrısında ilk görüntüleme yöntemi çoğunlukla direkt radyografidir. Ultrasonografi rotator manşet ve biseps

tendonlarının değerlendirilmesinde; manyetik rezonans görüntüleme tendon bütünlüğü, retraksiyon, kas kalitesi ve eklem içi patolojilerin araştırılmasında kullanılır. Labral lezyon şüphesinde klinik soruya göre MRG veya MR artrografi, kemik kaybı ve kompleks kırıkların değerlendirilmesinde ise bilgisayarlı tomografi seçilebilir. İleri görüntüleme, sonucunun tedavi kararını değiştirme olasılığı dikkate alınarak istenmelidir (American College of Radiology [ACR], 2022).

Rotator Manşet Hastalıkları

Tendinopati ve subakromiyal ağrı

Rotator manşet tendinopatisinde kol elevasyonuyla artan ağrı ve yük toleransında azalma ön plandadır. "Sıkışma" kavramı bütün olguları açıklayan tek mekanizma olarak kabul edilmemelidir. Görüntülemedeki yapısal değişikliklerin derecesi ile semptomların şiddeti her zaman paralel değildir.

İlk basamak yaklaşım hasta eğitimi, geçici aktivite düzenlemesi ve ilerleyici egzersiz programıdır. Parasetamol veya uygun hastalarda nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ), egzersize katılımı kolaylaştırmak amacıyla kullanılabilir. Opioidler rutin tedavi değildir; gerekli görülen istisnai durumlarda kısa süreli kullanım ve yeniden değerlendirme esastır (Desmeules et al., 2025).

Kortikosteroid enjeksiyonu seçilmiş hastalarda kısa süreli rahatlama sağlayabilir. Bununla birlikte enjeksiyonlar aktif rehabilitasyonun yerine geçmez. PRP ve diğer biyolojik uygulamalar standart tedavi basamakları gibi sunulmamalıdır; AAOS 2025 kılavuzu rotator manşet tendinopatisi ve parsiyel yırtıklarda rutin PRP kullanımını desteklememektedir (AAOS, 2025).

Parsiyel ve tam kat yırtıklar

Tedavi kararında tutulan tendonlar, yırtığın derinliği ve boyutu, retraksiyon, yağlı dejenerasyon ve işlevsel kayıp değerlendirilir. Küçük ve orta boyutlu tam kat yırtıklarda fizyoterapi ve cerrahi onarım klinik düzelme sağlayabilir. Ancak semptomların azalması, yırtığın yapısal olarak ilerlemeyeceği anlamına gelmez. Uygun rehabilitasyona rağmen yakınmaları süren yüksek dereceli parsiyel yırtıklarda cerrahi onarım düşünülebilir (AAOS, 2025).

Rotator manşet onarımı

Cerrahide amaç, onarılabilir tendonun humerustaki tutunma alanına aşırı gerilim oluşturmadan yeniden tespit edilmesidir. Artroskopik, mini-açık veya açık yöntem seçimi hastanın ve yırtığın özelliklerine göre yapılır.

Tek sıra, çift sıra ve transosseöz eşdeğeri "suture-bridge" teknikleri farklı tespit seçenekleridir. Bütün hastalar için tek bir üstün yöntem yoktur. Küçük ve orta boyutlu tam kat yırtıkların onarımına rutin akromiyoplasti eklenmesi önerilmez. Onarılamayan masif yırtıklarda parsiyel onarım, tendon transferi, superior kapsüler rekonstrüksiyon veya ters artroplasti seçilmiş hastalarda değerlendirilebilir (AAOS, 2025).

Başlıca komplikasyonlar yeniden yırtılma, sertlik, enfeksiyon, sinir yaralanması ve kalıcı ağrıdır. Görüntülemede yeniden yırtılma saptanması tek başına revizyon endikasyonu değildir (AAOS, t.y.-b).

Anestezi açısından öncelik: Etkili analjezi sağlanırken tendon onarımını koruyan hareket sınırları hastaya açıklanmalıdır. Ağrının azalması, onarımın yük taşımaya hazır olduğu anlamına gelmez.

Kalsifik Tendinopati

Kalsifik tendinopati, tendon içinde hidroksiapatit birikimiyle ilişkilidir. Özellikle rezorptif dönemde şiddetli ağrı görülebilir. Tanıda radyografi ve ultrasonografi kullanılır. Başlangıç yaklaşımı analjezi, aktivite düzenlemesi ve tolere edilebilen hareket açıklığı egzersizleridir. Şok dalga tedavisi ve ultrasonografi eşliğinde girişimler hasta özellikleri ve kanıtların sınırları dikkate alınarak değerlendirilir (Desmeules et al., 2025).

Dirençli ağrı ve işlev kaybında artroskopik debridman düşünülebilir. Anestezi planlanırken yalnızca debridman mı yapılacağı, yoksa eşlik eden tendon defektinin de mi onarılacağı öğrenilmelidir. Bu ayrım, postoperatif hareket kısıtlamalarını ve analjezi gereksinimini etkiler.

Adeziv Kapsülit

Adeziv kapsülit; kapsüler fibrozis ve kontraktürle ilişkili, aktif ve pasif hareketlerin, özellikle dış rotasyonun kısıtlandığı ağrılı bir hastalıktır. Primer veya travma, cerrahi ve immobilizasyonla ilişkili sekonder biçimleri bulunur. Diyabet ve tiroid hastalıklarıyla ilişkilidir. Seyir değişkendir; her hastada kısa sürede tam spontan düzelme beklenmemelidir (Lee et al., 2025).

Tedavide hasta eğitimi, analjezi ve kontrollü egzersiz temel yaklaşımı oluşturur. İntraartiküler kortikosteroid kısa dönem rahatlama sağlayabilir; hidrodilatasyon seçilmiş hastalarda değerlendirilebilir. Şiddetli ağrılı dönemde zorlayıcı germe manevralarından kaçınılmalıdır. Dirençli olgularda anestezi altında manipülasyon veya artroskopik kapsüler gevşetme düşünülebilir. Anestezi açısından öncelik: Manipülasyon sırasında yeterli anestezi koşulları sağlanmalı; kemik kırılganlığı ve mevcut hareket sınırları

cerrahi ekiple paylaşılmalıdır. Analjezi, işlem sonrası kontrollü rehabilitasyonu mümkün kılacak şekilde önceden planlanmalıdır.

Klinik uyarı: Manipülasyon sırasında daha fazla kuvvet uygulamak daha iyi sonuç anlamına gelmez. Kırık, çıkık ve yumuşak doku yaralanması olasılığı dikkate alınmalıdır.

Glenohumeral İnstabilite ve Labral Lezyonlar

Tanı ve cerrahiye geçiş

Glenohumeral instabilite semptomatik subluksasyon veya dislokasyonla ortaya çıkar. Bankart lezyonu anteroinferior kapsülolabral kompleksin ayrılmasını, Hill–Sachs lezyonu humerus başındaki impaksiyon defektini tanımlar.

Yaş, tekrarlayan çıkıklar, temas sporları, hiperlaksite ve kemik kaybı tedavi kararını etkiler. İlk çıkıkta redüksiyon öncesi ve sonrası nörovasküler değerlendirme önemlidir. Her ilk çıkık cerrahi gerektirmez; nüks riski yüksek hastalarda erken stabilizasyon düşünülebilir (Hurley et al., 2022a).

Tekrarlayan instabilitede glenoid ve humerus başındaki kemik kayıpları birlikte değerlendirilir. “Off-track” lezyonlarda izole yumuşak doku onarımı yetersiz kalabilir (Hurley et al., 2022b).

Bankart onarımı, remplissage ve Latarjet

Bankart onarımında kapsülolabral kompleks glenoide yeniden tespit edilir. Gerektiğinde kapsüler plikasyon eklenir; aşırı sıkılaştırmaya bağlı hareket kaybından kaçınılır.

Remplissage işleminde posterior kapsül ve infraspinatus tendonu Hill–Sachs defektine tespit edilerek defektin takılma eğilimi azaltılır. Latarjet işleminde ise korakoid kemik bloğu ve konjoint

tendon anteroinferior glenoide transfer edilerek kemik desteği ve dinamik stabilite sağlanır. Kemik kaybı, önceki cerrahiler ve hastanın etkinlik düzeyi yöntem seçiminde birlikte değerlendirilir (Hurley et al., 2022a, 2022b).

Anestezi açısından öncelik: Önceki çıkıklara bağlı nörolojik bulgular kaydedilmeli; ameliyatın artroskopik onarım mı, açık kemik transferi mi içerdiği öğrenilmelidir.

Biseps uzun başı ve SLAP patolojileri

Superior labrum anterior-posterior lezyonlarında görüntüleme bulgusu, özellikle dejeneratif değişiklikleri olan hastalarda, ağrının nedeni olarak doğrudan kabul edilmemelidir.

Cerrahi gerekirse labral onarım, biseps tenotomisi veya tenodezi seçilebilir. Tenotomi sonrasında kozmetik "Popeye" deformitesi ve kramp; tenodez sonrasında tespit bölgesinde ağrı veya tespit başarısızlığı görülebilir.

Glenohumeral Osteoartrit ve Omuz Artroplastisi

Osteoartritte değerlendirme ve tedavi

Glenohumeral osteoartrit; eklem kıkırdağı kaybı, ağrı, sertlik ve işlevsel yetersizlikle seyreder. Radyografide eklem aralığı daralması, osteofitler ve subkondral değişiklikler değerlendirilir. Artroplasti planlamasında glenoid deformitesi ve kemik stoğunun ayrıntılı değerlendirilmesi gerektiğinde bilgisayarlı tomografi kullanılır.

Başlangıç tedavisi aktivite düzenlemesi, uygun egzersiz ve analjezidir. AAOS kılavuzu, glenohumeral osteoartritte hyalüronik asit enjeksiyonunun yarar sağlamadığına ilişkin güçlü kanıt bulunduğunu belirtmektedir. Bu öneri yalnızca "kanıt yetersizliği"

şeklinde ifade edilmemelidir. Konservatif tedaviye rağmen belirgin ağrı ve işlev kaybı sürüyorsa artroplasti değerlendirilebilir (AAOS, 2020).

Anatomik total omuz artroplastisi

Anatomik total omuz artroplastisinde humerus başı ve glenoid eklem yüzeyi protez bileşenleriyle değiştirilir. İşlevsel rotator manşet ve rekonstrüksiyona uygun glenoid kemik stoğu önemlidir.

Sıklıkla kullanılan deltopektoral yaklaşımda subskapularis yönetimi, postoperatif hareket sınırlarını etkiler. Başlıca komplikasyonlar glenoid gevşemesi, subskapularis yetersizliği, instabilite, enfeksiyon ve periprostetik kırıktır. Uygun osteoartrit hastalarında anatomik total artroplasti, hemiartroplastiye göre daha iyi ağrı ve işlev sonuçları sağlayabilir (AAOS, t.y.-d, 2020).

Ters total omuz artroplastisi

Ters artroplastide glenoid tarafına konveks glenosfer, humerus tarafına konkav bileşen yerleştirilir. Rotator manşet yırtığı artropatisi, seçilmiş onarılamayan yırtıklar, kompleks kırıklar ve bazı revizyonlar kullanım alanlarıdır.

Deltoid ve aksiller sinir işlevi değerlendirilmelidir. Komplikasyonlar arasında instabilite, akromiyon veya skapular spina stres kırığı, skapular çentiklenme, enfeksiyon ve gevşeme bulunur. İşlem ağrı ve elevasyonu iyileştirebilir; normal omuz biyomekaniğini bütünüyle geri getirmez (AAOS, t.y.-a).

Anestezi açısından öncelik: Artroplasti hastasında işlemin primer veya revizyon olması, beklenen kan kaybı, eşlik eden hastalıklar, işlevsel bağımsızlık ve postoperatif destek gereksinimi

birlikte değerlendirilmelidir. İzlem düzeyi yalnızca protez tipine göre belirlenmemelidir.

Proksimal Humerus Kırıkları ve Akromiyoklaviküler Yaralanmalar

Proksimal humerus kırıkları

Tedavi kararında kırığın yer değiştirmesine ek olarak kırıklı çıkık, eklem yüzeyi hasarı, kemik kalitesi, tuberkül ilişkisi, nörovasküler durum ve hastanın işlevsel bağımsızlığı dikkate alınır.

PROFHER çalışması, cerrahi boynu içeren deplase kırıkların araştırılan grubunda rutin cerrahinin konservatif tedaviye üstünlüğünü göstermemiştir. Sonuçlar açık kırık veya açık cerrahi zorunluluk bulunan yaralanmalara genellenmemelidir (Rangan et al., 2015).

NITEP çalışmasında, 60 yaş ve üzerindeki üç–dört parçalı kırıklarda kilitli plak veya hemiartroplasti iki yıllık işlevsel sonuçlarda konservatif tedaviye üstün bulunmamıştır. Çalışmada ters artroplasti kolu yoktur (Launonen et al., 2023).

DelPhi çalışmasının beş yıllık izleminde, seçilmiş yaşlı cerrahi hastalarında ters artroplasti plak tespitinden daha iyi sonuçlar sağlamıştır. Bu bulgu, ters artroplastinin bütün deplase kırıklarda konservatif tedaviden üstün olduğunu göstermez (Fraser et al., 2024).

Anestezi açısından öncelik: Travmanın oluşturduğu ağrı ve nörovasküler bulguların yanı sıra düşmenin nedeni, eşlik eden yaralanmalar, antitrombotik ilaçlar ve önceki işlevsel durum değerlendirilmelidir. Aciliyet ve açlık durumu elektif cerrahi yaklaşımından farklı bir hava yolu planı gerektirebilir.

Akromiyoklaviküler eklem yaralanmaları

Akromiyoklaviküler yaralanmalarda vertikal ve horizontal instabilite, ağrı, skapular işlev ve hastanın beklentileri birlikte değerlendirilir. Cerrahi gerektiğinde korakoklaviküler ve gerektiğinde akromiyoklaviküler stabilitenin yeniden sağlanması amaçlanır.

Akut Rockwood tip III yaralanmaları inceleyen randomize çalışma, rutin cerrahi yaklaşımı desteklememektedir. Bu sonuç diğer yaralanma derecelerine veya kronik semptomatik instabiliteye doğrudan uygulanmamalıdır (Tauber et al., 2023).

Rejyonal anestezi planında insizyonun yeri ve cerrahi kapsam öğrenilmelidir. Glenohumeral cerrahi için seçilen bir analjezi yaklaşımının bütün omuz kuşağı girişimlerini aynı ölçüde kapsayacağı varsayılmamalıdır.

Septik Artrit ve Önemli Ayırıcı Tanılar

Akut şiddetli ağrı ve belirgin hareket kısıtlılığında septik artrit olasılığı gecikmeden araştırılır. Eklem sıvısında hücre sayımı, Gram boyama ve kültür değerlendirilir. Stabil hastada antibiyotik öncesi örnekleme tercih edilir; sepsis veya septik şokta örnekleme gerekçesiyle tedavi geciktirilmez. Drenaj veya debridman, uygun antimikrobiyal tedaviyle birlikte yürütülür (Ravn et al., 2023).

Anestezi açısından öncelik: Enfeksiyon kontrolünün aciliyeti, hemodinamik durum, organ işlevleri ve koagülasyon birlikte değerlendirilmelidir. Resüsitasyon ve cerrahi kaynak kontrolü eşgüdüm içinde planlanmalıdır.

Servikal radikülopati, periferik sinir hastalıkları, inflamatuvar artrit, avasküler nekroz ve kemik lezyonları omuz

ağrısını taklit edebilir. İlerleyici açıklanamayan ağrı veya atipik görüntüleme bulguları ileri değerlendirme gerektirir (ACR, 2022).

Cerrahi İşlemin Anestezi Planına Etkisi

Omuz artroskopisi şezlong veya lateral dekübit pozisyonunda yapılabilir. Aynı artroskopik girişim sırasında debridman, tendon onarımı, labral onarım veya kapsüler gevşetme uygulanabilir. Bu nedenle anestezist, planlanan ana işlemi ve olası ek işlemleri cerrahi ekiple netleştirmelidir (AAOS, t.y.-c).

Tablo 1 Cerrahi işlem ve perioperatif öncelikler

İşlem	**Anestezi Planında Temel Öncelik**	**Postoperatif Bakım Hedefi**
Rotator manşet onarımı	Etkili analjezi; blok sonlanmasına hazırlık	Tendon onarımını koruyan kontrollü rehabilitasyon
Manipülasyon veya kapsüler gevşetme	Uygun anestezi koşulları; işlem sonrası hareketi mümkün kılan analjezi	Kazanılan hareket açıklığını korumak
Bankart onarımı veya remplissage	Mevcut nörolojik bulguların kaydı; pozisyon ve işlem kapsamının bilinmesi	Onarımı zorlayabilecek hareketleri sınırlamak
Latarjet veya kemik rekonstrüksiyonu	Açık cerrahi kapsamına uygun anestezi ve analjezi	Nörovasküler izlem ve rekonstrüksiyonun korunması
Omuz artroplastisi	Komorbiditeler, kan kaybı ve bakım gereksiniminin değerlendirilmesi	Protez tipine ve yumuşak doku onarımına uygun mobilizasyon
Kırık cerrahisi	Travma, açlık, antitrombotikler ve başlangıç nörovasküler durum	Ağrı kontrolü ve güvenli işlevsel toparlanma
Septik eklem debridmanı	Enfeksiyonun sistemik etkileri ve cerrahinin aciliyeti	Kaynak kontrolü, organ işlevlerinin ve klinik yanıtın izlenmesi

Tablo, ilgili hastalık ve prosedür kaynaklarının klinik uygulamaya yönelik sentezidir (AAOS, t.y.-d, 2025; Fraser et al., 2024; Hurley et al., 2022a; Rangan et al., 2020; Ravn et al., 2023; Toma et al., 2019).

Perioperatif Anestezi ve Analjezi

Ameliyat öncesi değerlendirme

Değerlendirmenin amacı, anestezi tekniğini ve postoperatif izlem gereksinimini değiştirecek özellikleri belirlemektir. Planlanan işlem ve pozisyona ek olarak solunum rezervi, hava yolu, kardiyovasküler durum, nörolojik bulgular, ilaçlar ve mevcut ağrı tedavisi gözden geçirilir.

Tablo 2 Ameliyat öncesi bulgunun klinik karara dönüştürülmesi

Değerlendirilecek Özellik	**Sorulacak veya İncelenecek Nokta**	**Plan Üzerindeki Etkisi**
Solunum rezervi	İstirahat veya efor dispnesi, oksijen kullanımı, akciğer hastalığı, uyku apnesi	Diyafram işlevini etkileyebilen blokların uygunluğu ve izlem gereksinimi
Kardiyovasküler durum	Olağan kan basıncı, ortostatik yakınmalar, serebrovasküler hastalık	Özellikle şezlong pozisyonunda bireyselleştirilmiş hemodinamik plan
Hava yolu ve boyun hareketi	Zor hava yolu öyküsü, hareket kısıtlılığı	Pozisyon ve örtüler uygulanmadan önce hava yolu yaklaşımının belirlenmesi
Nörolojik durum	Mevcut duyu kaybı, güçsüzlük, radikülopati	Başlangıç bulgularının kaydı ve postoperatif karşılaştırma
Antitrombotik tedavi	İlaç, doz, son kullanım, böbrek işlevi ve tromboz riski	Blok, kateter ve ilaçların yeniden başlanma zamanının planlanması
Mevcut analjezikler	Opioid kullanımı, ilaç yan etkileri, önceki blok deneyimi	Gerçekçi analjezi beklentisi ve kurtarma tedavisinin hazırlanması
İşlevsel durum ve ev desteği	Günlük yaşam bağımsızlığı, bakım desteği	Günübirlik cerrahi ve taburculuk planının uygunluğu

Rejyonal blok öncesi nörolojik değerlendirme ve pozisyon güvenliği ASA önerileriyle; antitrombotik yönetimi ise ilgili ilaç ve

girişime özgü güncel kılavuzla ilişkilendirilmelidir (ASA, 2018; Kopp et al., 2025).

Derin pleksus veya derin periferik bloklarda antitrombotik yönetimi nöroaksiyel girişimlere ilişkin öneriler çerçevesinde değerlendirilir. Diğer bloklarda bölgenin damarlanması ve kanamanın sonuçları dikkate alınır. Ultrasonografi kullanılması bu değerlendirmeyi ortadan kaldırmaz. Kateter çıkarılması ve antitrombotik tedavinin yeniden başlanması da başlangıç planının parçası olmalıdır (Kopp et al., 2025).

Genel ve rejyonal anestezi seçimi

Genel anestezi, rejyonal anestezi veya bunların kombinasyonu; hasta özellikleri, cerrahi kapsam, pozisyon ve ekip deneyimine göre seçilir. Rejyonal yöntemin tek başına kullanılması düşünülüyorsa cerrahi alanın yeterli kapsamı, hastanın iş birliği ve gerektiğinde genel anesteziye geçiş planı değerlendirilmelidir.

İnterskalen blok güçlü bir omuz analjezisi sağlar; ancak frenik sinir etkilenmesi solunum rezervi sınırlı hastalarda klinik önem kazanabilir (Zisquit & Nedeff, 2022).

Tablo 3 Başlıca anestezi ve analjezi seçenekleri

Yöntem	**Başlıca Katkı**	**Temel Sınırlılık**
İnterskalen blok	Etkili omuz analjezisi; seçilmiş olgularda cerrahi anesteziye katkı	Hemidiyafram işlev bozukluğu ve solunum rezervi üzerindeki etkisi
Superior trunk bloğu	Bazı tekniklerde benzer analjeziyle daha az diyafram etkilenmesi	Frenik sinir etkilenmesini tamamen ortadan kaldırmaz
Supraskapular blok ± aksiller blok	Seçilmiş hastalarda alternatif analjezi	Her prosedürde tek başına yeterli cerrahi anestezi sağlamayabilir
Genel anestezi ve multimodal analjezi	Cerrahi koşulların ve hava yolunun yönetimi	Postoperatif analjezi ayrıca planlanmalıdır
Genel anestezi ve rejyonal analjezi	Cerrahi koşullarla etkili analjezinin birlikte sağlanması	Her iki yöntemin riskleri birlikte değerlendirilmelidir

Kaynak: Büyükgebiz Yeşil et al., 2026; Kim et al., 2019; Toma et al., 2019; Zisquit & Nedeff, 2022.

İnterskalen ve superior trunk bloklarını karşılaştıran çalışmalarda superior trunk yaklaşımıyla daha az diyafram etkilenmesi bildirilmiştir. Bununla birlikte sonuçlar tekniğe ve lokal anestezik uygulamasına bağlıdır (Kim et al., 2019).

2026 tarihli randomize çalışma da superior trunk bloğu lehine solunumsal bulgular bildirmiştir. Ancak önceden akciğer hastalığı bulunan hastalar çalışmaya alınmamıştır; sonuçlar ağır pulmoner hastalığı olan kişilerde güvenliği kanıtlamaz (Büyükgebiz Yeşil et al., 2026).

Klinik uyarı: “Diyaframı koruyucu” ifadesi, diyafram etkilenmesi riskinin sıfır olduğu anlamına gelmez. Solunum rezervi sınırlı hastada blok seçimi, olası başarısızlık ve kurtarma analjezisi birlikte planlanmalıdır.

Rejyonal blok güvenliği

Blok öncesinde doğru taraf, başlangıç nörolojik bulguları, monitörizasyon ve acil müdahale hazırlığı doğrulanır. Lokal anestezik dozu hesaplanırken cerrahın uygulayacağı infiltrasyon dahil toplam doz dikkate alınır. Ultrasonografi eşliğinde uygulama, dikkatli enjeksiyon ve hasta izleminin yerini tutmaz (Zisquit & Nedeff, 2022).

Lokal anestezik sistemik toksisitesi düşünülürse enjeksiyon durdurulur, yardım çağrılır ve oksijenasyon ile ventilasyon desteklenir. Nöbet ve kardiyovasküler bozukluklar, lipid emülsiyonunu da içeren ASRA kontrol listesine göre yönetilir. İlgili kontrol listesi ve gerekli ilaçlar blok uygulanan alanda erişilebilir olmalıdır (American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine [ASRA], 2020).

Sürekli kateter kullanılacak hastalarda kateter bakımı, beklenen duyu ve motor değişiklikleri, başvuru gerektiren bulgular ve iletişim bilgileri taburculuk öncesinde açıklanmalıdır.

Multimodal analjezi

Rotator manşet onarımına özgü PROSPECT önerileri; kontrendikasyon yoksa parasetamol, NSAİİ veya COX-2 inhibitörü, tek doz intravenöz deksametazon ve uygun rejyonal analjeziyi destekler. Opioidler kurtarma analjezisi için ayrılır. İnterskalen blok öncelikli seçeneklerden biridir; supraskapular blok, aksiller blokla birlikte veya tek başına alternatif olabilir. Bu öneriler bütün omuz işlemleri için aynı kanıt düzeyiyle geçerli kabul edilmemelidir (Toma et al., 2019).

İlaç seçimi böbrek ve karaciğer işlevleri, gastrointestinal risk, kanama riski ve mevcut tedavilerle birlikte değerlendirilir. Diyabetli hastada deksametazon sonrasında glukoz izlemi planlanır.

Oral analjezi blok tamamen sonlanmadan başlatılmalıdır. Hastaya blok çözülürken ağrının artabileceği ve reçetelenen tedaviyi nasıl kullanacağı anlatılmalıdır. Şiddetli veya beklenmedik ağrı otomatik olarak blok sonlanmasına bağlanmamalıdır.

Cerrahi pozisyon ve hemodinamik yönetim

Şezlong pozisyonu: Kol düzeyinde ölçülen basınç, beyin düzeyindeki arter basıncını olduğundan yüksek gösterebilir. Hidrostatik fark yaklaşık her 1 cm yükseklik için 0,8 mmHg'dır. Örneğin beyin ölçüm yerinden 25 cm yukarıdaysa, kol düzeyindeki ortalama basınçtan yaklaşık 20 mmHg daha düşük bir beyin düzeyi arter basıncı beklenir. Bu hesap gerçek serebral perfüzyon basıncının doğrudan ölçümü değildir.

Arter kateteri kullanıldığında transdüser düzeyi veya hidrostatik düzeltme açıkça belirlenmelidir. Hedefler hastanın olağan basıncı ve klinik durumuna göre seçilmeli; tek bir sabit eşik bütün hastalar için güvenli kabul edilmemelidir. Hipotansiyon ve bradikardi erken değerlendirilip tedavi edilmelidir. Cerrahi görüşü iyileştirmek amacıyla serebral perfüzyondan ödün verilmemelidir (Cullen, 2020).

Lateral dekübit pozisyonu: Baş ve boyun uygun hizada tutulur; bası noktaları korunur. Kolun aşırı gerilmesinden ve gereksiz traksiyondan kaçınılır. Pozisyon ve destekler ameliyat boyunca yeniden kontrol edilir (ASA, 2018).

Artroskopide irrigasyon sıvısı ve hava yolu

Artroskopik irrigasyon sıvısı yumuşak dokulara yayılarak boyun ve göğüs duvarında şişlik oluşturabilir; ağır olgularda hava yolunu etkileyebilir. Uzayan işlemlerde ve subakromiyal cerrahide bu olasılık akılda tutulmalıdır.

Boyun veya göğüste ilerleyen şişlik, ventilasyon güçlüğü ya da hava yolu basınçlarında açıklanamayan artış gelişirse cerrahi ekiple hızla iletişim kurulur ve hava yolu değerlendirilir. Ekstübasyon öncesinde şişlik ve hava yolu güvenliği yeniden gözden geçirilir; belirgin riskte ekstübasyon ertelenebilir (Memon et al., 2018).

Anesteziden çıkış ve erken postoperatif izlem

Nöromusküler bloker kullanılmışsa geri dönüş kantitatif monitörizasyonla doğrulanmalıdır. Ekstübasyon öncesinde adduktor pollicis düzeyinde train-of-four oranının en az 0,9 olması hedeflenir. Klinik bulgular tek başına rezidüel blokajı dışlamaz. Üst ekstremite bloğunun ölçümü etkileyebileceği dikkate alınarak uygun, bloktan etkilenmeyen ölçüm tarafı seçilir (Chung et al., 2023).

Derlenmede ağrı ve bulantıya ek olarak solunum, bilinç, hemodinami ve nörolojik durum değerlendirilir. Yeni dispne yalnızca frenik sinir bloğuna bağlanmamalıdır. Opioid etkisi, rezidüel nöromusküler blokaj, hava yolu ödemi ve pnömotoraks gibi nedenler klinik duruma göre araştırılır.

Klinik karar algoritması

Algoritma 1. Omuz cerrahisinde perioperatif yaklaşım

Acil patolojiyi belirle. Sepsis, kırıklı çıkık veya nörovasküler bozukluk varsa değerlendirme ve gerekli tedaviyi cerrahi ekiple eş zamanlı yürüt.

İşlemi netleştir. Cerrahi kapsamı, pozisyonu, olası ek işlemleri ve rehabilitasyon hedefini öğren.

Anesteziyi değiştirecek riskleri belirle. Solunum rezervini, hava yolunu, olağan kan basıncını, nörolojik bulguları ve antitrombotik tedaviyi değerlendir.

Anestezi ve analjeziyi birlikte seç. Rejyonal yöntemin kapsamını ve solunumsal etkisini değerlendir; yetersiz blok ve genel anesteziye geçiş planını hazırla.

Pozisyon ve hava yolu güvenliğini sürdür. Şezlongda beyin düzeyindeki basıncı, lateralde bası ve traksiyonu; artroskopide sıvı yayılımını izle.

Derlenme ve ev planını tamamla. Solunum güvenliğini doğrula, blok sonlanmadan analjeziyi başlat ve işleme özgü hareket sınırlarını açıkla.

Rehabilitasyon ve Komplikasyon İzlemi

Rehabilitasyonun hızı, uygulanan işlemin biyolojik iyileşme gereksinimine göre belirlenir. Rotator manşet onarımında korunmuş hareketten aktif harekete ve kuvvetlendirmeye aşamalı geçilir. Kapsüler gevşetmede ise kazanılan hareket açıklığını korumak önceliklidir. Bütün omuz ameliyatları için tek bir egzersiz takvimi uygun değildir (AAOS, t.y.-e).

Stabilizasyon sonrasında onarımı zorlayan yönlerdeki hareketler sınırlandırılır. Artroplasti sonrasında protez tipi ve subskapularis yönetimi dikkate alınır. İşe veya spora dönüş yalnızca geçen süreye göre değil; ağrı, hareket açıklığı, kuvvet ve göreve özgü işlev üzerinden değerlendirilir (AAOS, t.y.-d; Hurley et al., 2022a).

Giderek artan ağrı, yara akıntısı, ateş, yeni nörolojik bulgu veya ani işlev kaybı komplikasyon açısından değerlendirilmelidir. Enfeksiyon ve mekanik sorunlar dışlanmadan yakınmalar yalnızca rehabilitasyon yetersizliğine bağlanmamalıdır.

Bölüm Sonu Hatırlatıcı Notlar

- Anestezi planını işlem belirler: Tendon onarımı, kapsüler gevşetme ve artroplastinin bakım hedefleri farklıdır.
- Başlangıç nörolojik muayenesini kaydedin: Yeni postoperatif bulgular bu kayıtla karşılaştırılır.
- Solunum rezervini blok seçiminden önce değerlendirin: İnterskalen blok diyafram işlevini etkileyebilir; alternatif teknikler riski tamamen ortadan kaldırmaz.
- Antitrombotik yönetimini bireyselleştirin: İlaç, doz, böbrek işlevi, girişim ve kateter planını birlikte ele alın.
- Şezlongda kol basıncı beyin basıncı değildir: Hidrostatik farkı ve hastanın olağan basıncını dikkate alın.
- Artroskopide hava yolunu unutmayın: İlerleyen boyun şişliği ekstübasyon kararını değiştirebilir.
- Analjeziyi blok sonlanmadan başlatın: Hastaya evde uygulanabilir yazılı bir plan verin.

- Ağrısızlık iyileşmenin tamamlandığını göstermez: Onarılan dokuların korunmasına ilişkin hareket sınırlarını açıklayın.
- Yeni dispne veya nörolojik kaybı otomatik olarak bloğa bağlamayın: Alternatif nedenleri değerlendirin.

Kaynakça

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (t.y.-a). *Reverse total shoulder replacement.* OrthoInfo. 12 Eylül 2026 tarihinde https://www.orthoinfo.org/treatment/reverse-total-shoulder-replacement/ adresinden erişildi

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (t.y.-b). *Rotator cuff tears: Surgical treatment options.* OrthoInfo. 12 Eylül 2026 tarihinde https://www.orthoinfo.org/treatment/rotator-cuff-tears-surgical-treatment-options/ adresinden erişildi

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (t.y.-c). *Shoulder arthroscopy.* OrthoInfo. 12 Eylül 2026 tarihinde https://www.orthoinfo.org/treatment/shoulder-arthroscopy/ adresinden erişildi

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (t.y.-d). *Shoulder joint replacement.* OrthoInfo. 12 Eylül 2026 tarihinde https://www.orthoinfo.org/treatment/shoulder-joint-replacement/ adresinden erişildi

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (t.y.-e). *Shoulder surgery exercise guide.* OrthoInfo. 12 Eylül 2026 tarihinde https://www.orthoinfo.org/recovery/shoulder-surgery-exercise-guide/ adresinden erişildi

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (2020). *Management of glenohumeral joint osteoarthritis: Evidence-based clinical practice guideline.* https://www.aaos.org/quality/quality-programs/glenohumeral-joint-osteoarthritis/

American Academy of Orthopaedic Surgeons. (2025). *Management of rotator cuff injuries: Evidence-based clinical practice guideline.*

https://www.aaos.org/globalassets/quality-and-practice-resources/rotator-cuff/rotator-cuff-2025/rotator-cuff-cpg.pdf

American College of Radiology. (2022). *ACR Appropriateness Criteria®: Chronic shoulder pain.* https://acsearch.acr.org/docs/3101482/narrative/

American Society of Anesthesiologists Task Force on Prevention of Perioperative Peripheral Neuropathies. (2018). Practice advisory for the prevention of perioperative peripheral neuropathies 2018: An updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Prevention of Perioperative Peripheral Neuropathies. *Anesthesiology, 128*(1), 11–26. doi: 10.1097/ALN.0000000000001937.

American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine. (2020). *Checklist for treatment of local anesthetic systemic toxicity (LAST).* https://asra.com/news-publications/asra-updates/blog-landing/guidelines/2020/11/01/checklist-for-treatment-of-local-anesthetic-systemic-toxicity

Büyükgebiz Yeşil, B., Emmez, G., Kanatlı, U., Oğuzülgen, İ. K., Gunaydin, B., & Güngör, İ. (2026). Impact of interscalene versus superior trunk blocks as sole anesthetics on respiratory outcomes for shoulder arthroscopy: A randomized controlled trial. *BMC Anesthesiology, 26*, Article 106. doi: 10.1186/s12871-025-03575-0.

Chang, L.-R., Anand, P., & Varacallo, M. A. (2025). Anatomy, shoulder and upper limb, glenohumeral joint. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537018/

Chung, C., Szokol, J. W., Weigel, W. A., & Thilen, S. R. (2023). *New practice guidelines for neuromuscular blockade.* Anesthesia Patient Safety Foundation. https://www.apsf.org/article/new-practice-guidelines-for-neuromuscular-blockade/

Cullen, D. J. (2020). *Why worry about blood pressure during surgery in the beach chair position?* Anesthesia Patient Safety Foundation. https://www.apsf.org/article/why-worry-about-blood-pressure-during-surgery-in-the-beach-chair-position/

Desmeules, F., Roy, J.-S., Lafrance, S., Charron, M., Dubé, M.-O., Dupuis, F., Beneciuk, J. M., Grimes, J., Kim, H. M., Lamontagne, M., McCreesh, K., Shanley, E., Vukobrat, T., & Michener, L. A. (2025). Rotator cuff tendinopathy diagnosis, nonsurgical medical care, and rehabilitation: A clinical practice guideline. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 55*(4), 235–274. doi: 10.2519/jospt.2025.13182.

Fraser, A. N., Wagle, T. M., Karlberg, A. C., Madsen, J. E., Mellberg, M., Lian, T., Mader, S., Eilertsen, L., Apold, H., Larsen, L. B., Pripp, A. H., & Fjalestad, T. (2024). Reverse shoulder arthroplasty is superior to plate fixation for displaced proximal humeral fractures in the elderly: Five-year follow-up of the DelPhi randomized controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume, 106*(21), 1945–1956. doi: 10.2106/jbjs.23.01431.

Hurley, E. T., Matache, B. A., Wong, I., Itoi, E., Strauss, E. J., Delaney, R. A., Neyton, L., Athwal, G. S., Pauzenberger, L., Mullett, H., Jazrawi, L. M., & The Anterior Shoulder Instability International Consensus Group. (2022a). Anterior shoulder instability part I—Diagnosis, nonoperative management, and Bankart repair—An international consensus statement. *Arthroscopy: The Journal of*

Arthroscopic & Related Surgery, 38(2), 214–223.e7. doi: 10.1016/j.arthro.2021.07.022.

Hurley, E. T., Matache, B. A., Wong, I., Itoi, E., Strauss, E. J., Delaney, R. A., Neyton, L., Athwal, G. S., Pauzenberger, L., Mullett, H., Jazrawi, L. M., & The Anterior Shoulder Instability International Consensus Group. (2022b). Anterior shoulder instability part II—Latarjet, remplissage, and glenoid bone-grafting—An international consensus statement. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 38*(2), 224–233.e6. doi: 10.1016/j.arthro.2021.07.023.

Kim, D. H., Lin, Y., Beathe, J. C., Liu, J., Oxendine, J. A., Haskins, S. C., Ho, M. C., Wetmore, D. S., Allen, A. A., Wilson, L., Garnett, C., & Memtsoudis, S. G. (2019). Superior trunk block: A phrenic-sparing alternative to the interscalene block: A randomized controlled trial. *Anesthesiology, 131*(3), 521–533. doi: 10.1097/aln.0000000000002841.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia & Pain Medicine*. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Launonen, A. P., Sumrein, B. O., Reito, A., Lepola, V., Paloneva, J., Berg, H. E., Felländer-Tsai, L., Kask, K., Rahnel, T., Tootsi, K., Märtson, A., Jonsson, K. B., Wolf, O., Ström, P., Døssing, K., Østergaard, H. K., Mechlenburg, I., Mattila, V. M., & Laitinen, M. K. (2023). Surgery with locking plate or hemiarthroplasty versus nonoperative treatment of 3–4-part proximal humerus fractures in

older patients (NITEP): An open-label randomized trial. *PLOS Medicine, 20*(11), e1004308. doi: 10.1371/journal.pmed.1004308.

Lee, B. C., Kim, B. S., Lee, B.-J., Moon, C.-W., Park, C.-H., Kim, D. H., Yun, D. H., Park, D., Kim, D. Y., Kim, D. H., Kim, G.-W., Kim, H. J., Jung, I.-Y., Kim, I. J., Park, J. H., Lee, J.-H., Ahn, J., Lim, J.-Y., Yoon, J. A., … Han, J.-Y. (2025). Clinical practice guidelines for diagnosis and non-surgical treatment of primary frozen shoulder. *Annals of Rehabilitation Medicine, 49*(3), 113–138. doi: 10.5535/arm.250057.

Memon, M., Kay, J., Gholami, A., Simunovic, N., & Ayeni, O. R. (2018). Fluid extravasation in shoulder arthroscopic surgery: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 6*(5), 2325967118771616. doi: 10.1177/2325967118771616.

Rangan, A., Brealey, S. D., Keding, A., Corbacho, B., Northgraves, M., Kottam, L., Goodchild, L., Srikesavan, C., Rex, S., Charalambous, C. P., Hanchard, N., Armstrong, A., Brooksbank, A., Carr, A., Cooper, C., Dias, J. J., Donnelly, I., Hewitt, C., Lamb, S. E., … Toye, F. (2020). Management of adults with primary frozen shoulder in secondary care (UK FROST): A multicentre, pragmatic, three-arm, superiority randomised clinical trial. *The Lancet, 396*(10256), 977–989. doi: 10.1016/s0140-6736(20)31965-6.

Rangan, A., Handoll, H., Brealey, S., Jefferson, L., Keding, A., Corbacho Martín, B., Goodchild, L., Chuang, L.-H., Hewitt, C., & Torgerson, D. (2015). Surgical vs nonsurgical treatment of adults with displaced fractures of the proximal humerus: The PROFHER randomized clinical trial. *JAMA, 313*(10), 1037–1047. doi: 10.1001/jama.2015.1629.

Ravn, C., Neyt, J., Benito, N., Abreu, M. A., Achermann, Y., Bozhkova, S., Coorevits, L., Ferrari, M. C., Gammelsrud, K. W., Gerlach, U.-J., Giannitsioti, E., Gottliebsen, M., Jørgensen, N. P., Madjarevic, T., Marais, L., Menon, A., Moojen, D. J., Pääkkönen, M., Pokorn, M., … the SANJO guideline group. (2023). Guideline for management of septic arthritis in native joints (SANJO). *Journal of Bone and Joint Infection, 8*(1), 29–37. doi: 10.5194/jbji-8-29-2023.

Tauber, M., Hoffelner, T., Lehmann, L., Kraus, N., Scheibel, M., & Moroder, P. (2023). Prospective multicenter randomized controlled trial of surgical versus nonsurgical treatment for acute Rockwood type 3 acromioclavicular injury. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 11*(8), 23259671231190411. doi: 10.1177/23259671231190411

Toma, O., Persoons, B., Pogatzki-Zahn, E., Van de Velde, M., Joshi, G. P., & the PROSPECT Working Group collaborators. (2019). PROSPECT guideline for rotator cuff repair surgery: Systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations. *Anaesthesia, 74*(10), 1320–1331. doi: 10.1111/anae.14796

Zisquit, J., & Nedeff, N. (2022). Interscalene block. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519491/

BÖLÜM 47

ULTRASONOGRAFİ EŞLİĞİNDE SUPRAKLAVİKÜLER YAKLAŞIM BRAKİAL PLEKSUS BLOKAJI

SEMİH BAŞKAN[1]

Öğrenim Hedefleri

- Supraklaviküler brakial pleksus bloğunun temel anatomi ve sonoanatomisini tanımlamak; subklavyen arter, birinci kosta ve plevrayı güvenle ayırt etmek.
- Hasta seçimini; cerrahi saha, turnike gereksinimi, solunum rezervi, antitrombotik tedavi ve önceden var olan nöropati açısından değerlendirmek.
- Ultrasonografi eşliğinde iğne ucunun sürekli görüntülenmesini ve lokal anestezik enjeksiyonunun güvenli biçimde gerçekleştirilmesini sağlamak.

[1] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-0096-7097

- Lokal anestezik seçimi, konsantrasyonu ve toplam dozunu cerrahi süresi, motor blok gereksinimi ve postoperatif analjezi hedefleriyle birlikte değerlendirmek.
- Bloğun yeterliliğini terminal sinir muayenesi ile birlikte insizyon ve turnike sahasını dikkate alarak değerlendirmek; yetersiz blokta uygun kurtarma yaklaşımını belirlemek.
- Hemidiyafragmatik paralizi, pnömotoraks, hematom, lokal anestezik sistemik toksisitesi ve uzamış nörolojik bulguları erken tanımak ve ilk yaklaşımı planlamak.
- Postoperatif rebound ağrıyı önceden planlamak, ekstremitenin korunması ve taburculuk sonrası güvenli izlem için hastayı bilgilendirmek.

Giriş

Ultrasonografi eşliğinde supraklaviküler brakial pleksus blokajı, dirsek, önkol, el bileği ve el cerrahisinde cerrahi anestezi ve postoperatif analjezi için kullanılan bir rejyonel anestezi yöntemidir. Trunkus ve divizyonların dar bir alanda toplanması, üst ekstremitenin geniş bir bölümünün tek girişimle bloke edilmesine olanak verir. Bununla birlikte ultrasonografi kullanımı, özellikle solunumsal komplikasyonlar açısından hastaya özgü risk değerlendirmesi gereksinimini ortadan kaldırmaz (Parameswari et al., 2025).

Yaklaşım seçiminde cerrahi saha ve turnike yeri kadar hastanın solunum rezervi, beklenen ameliyat süresi ve uygulayıcının deneyimi de belirleyicidir. On randomize çalışmayı ve 676 hastayı

kapsayan sistematik derlemede, supraklaviküler ve infraklaviküler bloklar arasında genel başarı ve analjezi süresi bakımından belirgin fark saptanmamıştır. Tek tek sinirlerin blok başarısı enjeksiyon tekniğinden etkilenebildiğinden, tercih cerrahinin gereksinimleri ve hastanın özellikleri doğrultusunda yapılmalıdır (Park et al., 2017).

Bu bölümde supraklaviküler bloğun sonoanatomisi, ultrasonografi eşliğinde uygulanması, lokal anestezik ve adjuvan seçimi ile perioperatif izlem ele alınmıştır. Klinik uygulamada karşılaşılan yetersiz blok ve komplikasyonların değerlendirilmesine ayrıca yer verilmiştir.

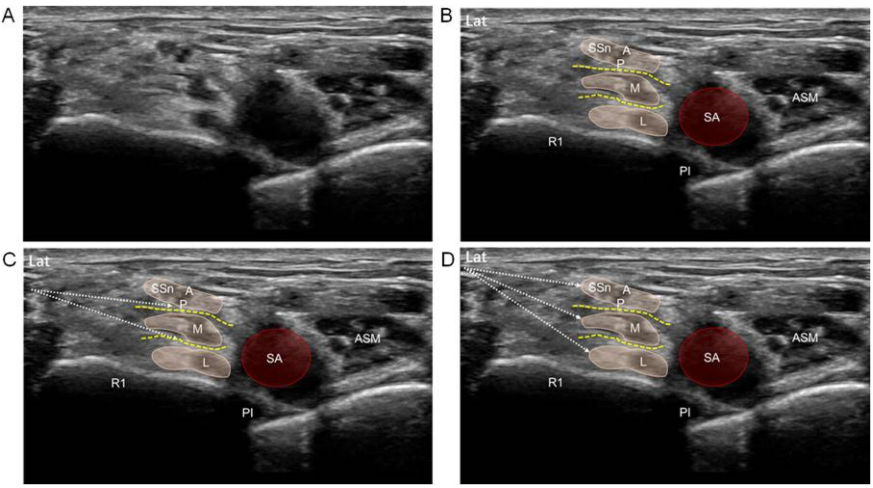
Anatomi ve Sonoanatomi

Brakial pleksus, C5–T1 spinal sinirlerinin ön ramuslarından oluşur. C5–C6 üst trunkusu, C7 orta trunkusu, C8–T1 ise alt trunkusu meydana getirir. Trunkuslar anterior ve posterior divizyonlara ayrılırken supraklaviküler fossada birbirine yakın seyreder. Ultrasonografide subklavyen arter yuvarlak ve anekoik bir yapı olarak görülür; pleksus çoğunlukla arterin posterolateralinde ve yüzeyelinde, hipoekoik sinir yapıları kümesi şeklinde izlenir. Birinci kosta, hiperekoik korteksi ve posterior akustik gölgesiyle; plevra ise komşu alandaki solunumla hareket eden hiperekoik çizgiyle ayırt edilir (Şekil 1). Arterin lateralinde, alt trunkus komşuluğunda ve birinci kostanın üzerinde kalan bölge “corner pocket” olarak tanımlanır (Feigl et al., 2020).

Sonoanatomik değerlendirme tek bir kesitle sınırlı tutulmamalıdır. Probun kranial ve kaudal yönde ilerletilmesi, sinir yapılarını seyirleri boyunca izlemeyi ve trunkus–divizyon ilişkisini anlamayı kolaylaştırır. Her hipoekoik yuvarlak yapının ayrı bir trunkusu temsil ettiği varsayımı yanıltıcıdır. Fasiyal ilişkiler ve

anatomik varyasyonlar, aynı hacimde lokal anestezik kullanıldığında bile yayılımın farklı olmasına neden olabilir (Feigl et al., 2020).

Şekil 1 Supraklaviküler sonoanatomi ve intertrunkal enjeksiyon planları



Kaynak: Luo et al. (2022), Trials, 23, Makale 295, Şekil 3. https://doi.org/10.1186/s13063-022-06260-6; © Yazarlar, CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Görsel değiştirilmeden alınmış; açıklama Türkçe hazırlanmıştır.

A: İşaretlenmemiş ultrason kesiti. B: Trunkuslar, subklavyen arter ve komşu yapılar. C–D: Çalışma protokolündeki çift ve üçlü enjeksiyon planları. A/P: Üst trunkusun anterior/posterior divizyonları; M/L: Orta/alt trunkus; SSn: Supraskapular sinir; SA: Subklavyen arter; R1: Birinci kosta; Pl: Plevra; ASM: Anterior skalen kas; Lat: Lateral. Sarı kesikli çizgiler intertrunkal planları, beyaz noktalı oklar iğne yönünü gösterir. Bu şema, tekniklerin klinik üstünlüğünü göstermez.

Alt trunkus çevresindeki yeterli yayılım, ulnar sinir alanında eksik blok olasılığını azaltmak açısından önemlidir. Ancak "corner pocket" hedeflenirken arter, birinci kosta ve plevranın sınırları açıkça görülmelidir. Kostanın görüntüde bulunması, iğne ucu

izlenmeden ilerlemeyi güvenli hâle getirmez. İğne yolu renkli Doppler ile taranarak küçük damarlar da araştırılmalıdır. Prob basısıyla damarların kollabe olabileceği ve Doppler sinyali alınmamasının damar bulunmadığını kesin olarak göstermeyeceği akılda tutulmalıdır.

Hasta Seçimi ve Hazırlık

Hasta reddi, giriş yerinde enfeksiyon ve kullanılacak lokal anesteziğe doğrulanmış alerji temel kontrendikasyonlardır. Cerrahi alanın blok kapsamına uygunluğu önceden değerlendirilmelidir. Supraklaviküler blok, omuz cerrahisi için gerekli tüm innervasyonu güvenilir biçimde kapsamaz. Üst kol medialindeki T2 kökenli interkostobrakiyal alanın blok dışında kalabilmesi de özellikle turnike planında dikkate alınmalıdır.

Antitrombotik kullanan hastada ilaç ve doz rejimi, son uygulama zamanı, böbrek fonksiyonu ve olası kanamanın sonuçları değerlendirilir. ASRA'nın beşinci baskı kılavuzu, derin pleksus ve derin periferik bloklarda nöroaksiyel girişimlere ilişkin zamanlama kurallarının uygulanmasını önerir. Diğer periferik bloklarda karar; girişim yerinin kompresibilitesi, vaskülaritesi ve kanamanın olası sonuçlarına göre verilir. Ultrasonografi kullanımı, önerilen ilaç kesilme aralıklarını değiştirmez (Kopp et al., 2025).

İşlem öncesinde bilgilendirilmiş onam alınır, taraf doğrulanır, intravenöz erişim ve standart monitörizasyon sağlanır. Resüsitasyon ekipmanı ile %20 lipid emülsiyonu uygulama alanında hazır bulundurulur. El hijyeni, maske, steril eldiven ve örtü kullanımına ek olarak prob steril kılıfla kaplanmalı, steril jel kullanılmalı ve cilt antiseptiğinin kuruması beklenmelidir.

Sedasyon, hastanın işlem sırasında iletişimini sürdürebileceği düzeyde titre edilir (Provenzano et al., 2025).

Başlangıçtaki duyu ve motor muayene bulguları, travmaya bağlı ağrı ve ekstremitenin dolaşım durumu kaydedilmelidir. Önceden var olan nöropatide, beklenen yarar ve alternatif yöntemler hasta ile görüşülür; işlem sonrası yeni bir defisitin değerlendirilmesindeki güçlük açıklanır. Hastadan enjeksiyon sırasında elektriklenme, belirgin ağrı, nefes darlığı veya genel durum değişikliği geliştiğinde bunu hemen bildirmesi istenir. Derin sedasyon bu geri bildirimi engelleyebilir.

ESAIC/ESRA kılavuzu da derin ve kompresyonu güç girişimlerde ilaç türü, doz, böbrek fonksiyonu ve travmatik ponksiyonun önemini vurgular. Antitrombotik tedavinin kesilmesine bağlı tromboemboli riski, kanama riskiyle birlikte ele alınmalıdır. Kateter uygulanacaksa yerleştirme ve çıkarılma zamanları, antitrombotik tedavi planıyla uyumlu olacak şekilde önceden belirlenir (Kietaibl et al., 2022).

Solunum rezervi kısıtlı veya karşı hemidiyafram disfonksiyonu bulunan hastalarda infraklaviküler, kostoklaviküler ya da cerrahiye uygun distal bloklar değerlendirilmelidir. Kostoklaviküler ve supraklaviküler blokları karşılaştıran randomize çalışmada hemidiyafragmatik paralizi sırasıyla %11,4 ve %47,5 oranında bildirilmiştir. Bu sonuç kostoklaviküler yaklaşımın solunumsal avantajını desteklese de frenik sinir etkilenmesi tamamen dışlanamaz. Ayrıca lokal anestezik hacmi, ilaç karışımı ve paralizi tanımındaki farklılıklar, çalışmaların doğrudan karşılaştırılmasını güçleştirir (Hong et al., 2021).

Tablo 1 Cerrahi saha ve hasta özelliklerine göre yaklaşım seçimi

Klinik Durum	**Değerlendirilecek Yaklaşım**	**Kararı Etkileyen Nokta**
Dirsek, önkol veya el cerrahisi	Supraklaviküler ya da infraklaviküler blok	İnsizyon, turnike ve tüm ilgili sinir alanları değerlendirilir.
Solunum rezervinin azalması	İnfraklaviküler, kostoklaviküler veya uygun distal bloklar	Frenik sinir etkilenmesi azalabilir; tamamen dışlanmaz.
Sınırlı distal cerrahi saha	Hedefe yönelik distal sinir blokları	Cerrahi kapsam ve turnike gereksinimiyle uyum aranır.
Omuz veya proksimal üst kol cerrahisi	Cerrahiye uygun farklı ya da tamamlayıcı plan	Supraklaviküler blok tek başına tüm alanı kapsamayabilir.

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır (Feigl et al., 2020; Hong et al., 2021; Parameswari et al., 2025; Park et al., 2017).

Ultrasonografi Eşliğinde Uygulama

Hasta supin veya yarı oturur pozisyonda yatırılır; baş hafifçe karşı tarafa çevrilir. Yüksek frekanslı lineer prob klavikulanın üzerine yerleştirilerek pleksus, subklavyen arter, birinci kosta ve plevra görüntülenir. Derinlik, odak ve kazanç ayarları, hedef yapılarla birlikte iğne ucunun izlenmesine olanak verecek şekilde düzenlenir. Ekogenik iğne lateralden mediale, in-plane teknikle ilerletilir. Enjeksiyon, sinir dokusu dışında lokal anestezik yayılımı sağlanacak şekilde yapılır.

Negatif aspirasyonun ardından küçük bir test hacmiyle iğne ucunun konumu ve lokal anestezik yayılımı değerlendirilir. Enjeksiyona yavaş ve bölünmüş dozlarla devam edilir; her fraksiyondan önce aspirasyon tekrarlanır. Belirgin ağrı veya parestezi, beklenmeyen yüksek direnç ya da sinirde şişme gelişirse enjeksiyon derhâl durdurulur. Negatif aspirasyonun intravasküler yerleşimi tek başına dışlamadığı unutulmamalıdır (Shalaby et al., 2024).

İğne gövdesinin görülmesi, ucun da görüntülendiği anlamına gelmez. Dik giriş açısı görünürlüğü azaltabileceğinden, gerektiğinde prob ve iğne açısı yeniden düzenlenir. İğne ucu kaybolduğunda ilerleme ve enjeksiyon durdurulur; uç yeniden görülmeden işleme devam edilmez. Aşırı prob basısından kaçınılması, anatomik ilişkilerin ve küçük damarların değerlendirilmesini kolaylaştırır.

Enjeksiyon sırasında lokal anesteziğin özellikle alt trunkus çevresindeki yayılımı izlenir. Yayılım yetersizse iğne, görüntü altında uygun bir ekstranöral alana yönlendirilir. Ek enjeksiyon gereksinimi, önceden belirlenmiş bir enjeksiyon sayısından çok gözlenen dağılıma göre kararlaştırılır. Çoklu enjeksiyonun daha fazla iğne hareketi gerektirdiği dikkate alınmalıdır. Enjeksiyon basıncı izlemi ve sinir stimülasyonu yardımcı olabilir; ancak sürekli iğne ucu takibinin yerini tutmaz.

İntertrunkal yaklaşımda lokal anestezik, üst–orta ve orta–alt trunkuslar arasındaki yağlı doku planlarına verilir. Bu tekniğin anatomik gerekçesi, epinöral sınırlar korunarak sinir dokusu dışında enjeksiyon yapılabilmesidir. İntertrunkal enjeksiyon, klasik intraküme ve “corner pocket” enjeksiyonlarından hedef doku planı açısından ayrılır (Siddiqui et al., 2020). Şekil 1’de intertrunkal enjeksiyon planları gösterilmiştir.

Wang et al. (2025) tarafından yapılan randomize non-inferiorite çalışmasında, 20. dakikadaki tam duyusal blok oranı klasik yaklaşımda %79,3, intertrunkal yaklaşımda %72,7 bulunmuştur. Güven aralığının önceden belirlenen non-inferiorite sınırını aşması nedeniyle intertrunkal yaklaşımın non-inferior olduğu gösterilememiştir. Bu sonuç, tek başına inferiyorite kanıtı olarak da yorumlanamaz. Tekniğin değerlendirilmesinde uygulayıcı

deneyimi, hasta grubu ve bloğun hangi zamanda ölçüldüğü dikkate alınmalıdır.

Lokal Anestezik ve Adjuvan Seçimi

Lokal anestezik ajanı ve konsantrasyonu, cerrahinin süresi, gerekli motor blok düzeyi ve beklenen postoperatif analjeziye göre seçilir. Hacimle birlikte toplam doz mutlaka miligram olarak hesaplanmalıdır. Örneğin 20 mL %0,5 bupivakain 100 mg içerir. Diğer bloklarda ve cerrahi infiltrasyonda kullanılan lokal anestezikler de toplam doza dâhil edilir (Parameswari et al., 2025).

Yüzde 0,5 çözelti 5 mg/mL, %0,25 çözelti 2,5 mg/mL lokal anestezik içerir. Dolayısıyla hacim değişmeden konsantrasyonun artırılması, toplam ilaç dozunu yükseltir. Lokal anestezikler karıştırıldığında toksisitelerinin aditif olabileceği dikkate alınmalı; her ajanın azami dozuna ayrı ayrı çıkılmamalıdır. İleri yaş, düşük kas kütlesi ve ciddi organ işlev bozukluğu doz seçiminde önem taşır. Önerilen azami dozlar mutlak güvenlik sınırı değildir; uygulama bölgesinin vaskülaritesi ve yanlışlıkla intravasküler enjeksiyon, daha düşük dozlarda da toksisiteye yol açabilir (El-Boghdadly et al., 2018).

Deksametazonun uygulama yolunu değerlendiren randomize çalışmada intravenöz deksametazon, kontrol grubuna göre duyusal blok süresini ortalama 4,5 saat uzatmıştır. İntravenöz tedaviye perinöral deksametazon eklenmesi ise ek yarar sağlamamıştır. Çalışmada ağrı skorları, opioid tüketimi ve rebound ağrı da değerlendirilmiştir. Bu bulgular intravenöz uygulamayı desteklemektedir; perinöral kullanımın ruhsat dışı olduğu ve steroidin glisemik etkileri göz önünde bulundurulmalıdır (Hussain et al., 2025).

İntravenöz deksametazona deksmedetomidin eklenen 2026 tarihli randomize çalışmada analjezi süresinde anlamlı uzama saptanmamıştır. Bu bulgu, incelenen intravenöz kombinasyonun rutin kullanımını desteklememekle birlikte diğer doz ve uygulama yollarına genellenmemelidir. Adjuvan seçiminde beklenen analjezik katkı; sedasyon, hemodinamik etkiler ve taburculuk planıyla birlikte değerlendirilmelidir (Grape et al., 2026).

Blok süresinin uzaması, tek başına daha iyi bir klinik sonuç anlamına gelmez. Ağrı kontrolü ve opioid gereksiniminin yanı sıra motor fonksiyonun geri dönüşü ve hastanın günlük yaşamına etkisi de önemlidir. Uzun etkili blok planlandığında ekstremitenin korunması ve blok çözülmeden önce analjezik tedavinin başlatılması, perioperatif planın bir parçası olmalıdır.

Blok Değerlendirmesi ve Komplikasyonlar

Cerrahi öncesinde median, ulnar, radial ve musküloküтanöz sinirlerin duyusal alanları ve motor yanıtları değerlendirilir (Tablo 2). Muayene, kullanılan ajanın beklenen başlangıç süresi içinde aralıklarla tekrarlanır. Cerrahiye başlama kararı yalnızca terminal sinir testlerine göre verilmemeli; insizyon ve turnike sahasının yeterli anestezisi de doğrulanmalıdır.

Tablo 2 Cerrahi öncesi terminal sinir değerlendirmesi

Sinir	**Örnek Duyusal Alan**	**Örnek Motor Değerlendirme**
Median	İşaret parmağı palmar yüzü	Başparmak opozisyonu
Ulnar	Küçük parmak palmar yüzü	Parmak abdüksiyonu
Radial	El sırtında birinci parmak aralığı	El bileği veya parmak ekstansiyonu
Musküloküтanöz	Önkol lateral yüzü	Dirsek fleksiyonu

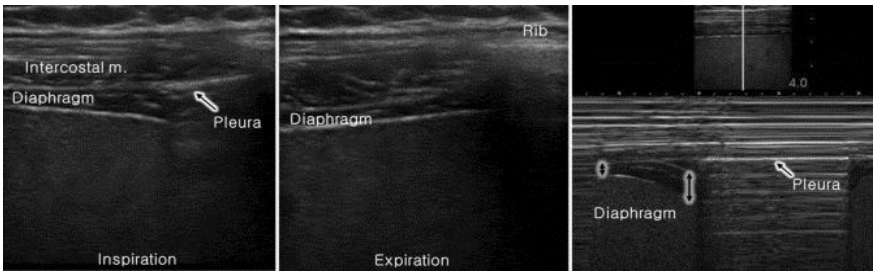
Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır (Feigl et al., 2020). Alanlar örnektir; insizyon ve turnike sahası ayrıca değerlendirilmelidir. Motor testler travma ve ağrıdan etkilenebilir.

Yetersiz blokta enjeksiyondan sonra geçen süre, eksik kalan sinir alanı ve kullanılan toplam lokal anestezik dozu gözden geçirilir. Ulnar alandaki eksiklik, alt trunkus çevresinde yetersiz yayılımı düşündürebilir. Ek girişim planlanırken başlangıç dozu ve cerrahi infiltrasyon hesaba katılır; uygun hastada distal kurtarma bloğu veya genel anestezi tercih edilebilir. Cerrahi anestezinin yetersizliği derin sedasyonla telafi edilmeye çalışılmamalıdır.

Hemidiyafragmatik paralizi, supraklaviküler bloğun hasta seçiminde özellikle dikkate alınması gereken komplikasyonudur. Yirmi mililitre %0,5 bupivakain kullanılan randomize çalışmada parsiyel ve tam paralizinin toplam sıklığı supraklaviküler grupta %36,7, infraklaviküler grupta %3,3 bulunmuştur. Sağlıklı hastada belirgin yakınma gelişmeyebilir; ancak solunum rezervi sınırlı hastada aynı diyafram etkilenmesi klinik açıdan önemli olabilir. Bu nedenle dispne bulunmaması paraliziyi dışlamaz ve çalışmadaki oranlar tüm hasta gruplarına doğrudan genellenmemelidir (Parameswari et al., 2025).

Blok sonrası yeni dispnede hava yolu, oksijenasyon, hemodinami ve sedatif ilaçların etkisi hızla değerlendirilmelidir. Akciğer ve diyafram ultrasonografisi ayırıcı tanıya yardımcı olur; pnömotoraks ve diğer nedenler araştırılır. Diyafram kalınlığı ve solunumla kalınlaşmasının değerlendirilmesi Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2 Diyaframın ultrasonografik değerlendirilmesi



Kaynak: Hong et al. (2021), Scientific Reports, 11, Makale 18749, Şekil 2. https://doi.org/10.1038/s41598-021-97843-x; © Yazarlar, CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Görsel değiştirilmeden alınmış; açıklama Türkçe hazırlanmıştır.

Solda inspirasyon, ortada ekspirasyon sırasında diyafram; sağda M-mod görüntüsü görülmektedir. Diaphragm: Diyafram; Pleura: Plevra; Intercostal m.: İnterkostal kas; Rib: Kosta. Diyafram kalınlaşma fraksiyonu = [(inspirasyon sonu kalınlık − ekspirasyon sonu kalınlık) / ekspirasyon sonu kalınlık] × 100. Bu çalışmada <%20 değeri hemidiyafragmatik paralizi ölçütü olarak kullanılmıştır; eşik tüm değerlendirme yöntemleri için evrensel değildir.

Pnömotoraks, işlem sırasında belirgin sorun yaşanmamış olsa da blok sonrası göğüs ağrısı, dispne veya oksijenlenme bozukluğunda düşünülmelidir. Klinik değerlendirme ve uygun görüntüleme yapılır; hemodinamik bozulma varsa acil tedavi geciktirilmez. Boyunda veya supraklaviküler bölgede yeni şişlik, özellikle antitrombotik kullanan hastada hematom açısından değerlendirilmelidir.

Perioral uyuşma, tinnitus, nöbet, aritmi veya dolaşım bozukluğu lokal anestezik sistemik toksisitesini (LAST) düşündürmelidir. Bulgular gecikmeli ya da atipik olabilir; klasik nörolojik belirtiler ortaya çıkmadan kardiyovasküler bozulma gelişebilir. Sedasyonun erken belirtileri maskeleyebileceği dikkate alınmalıdır (Shalaby et al., 2024).

LAST kuşkusunda enjeksiyon kesilir ve yardım çağrılır. Oksijenasyon ve ventilasyon sağlanarak hipoksi ve asidozdan kaçınılır; nöbet kontrolü ve %20 intravenöz lipid emülsiyonu tedavisi LAST algoritmasına göre uygulanır. İlaç seçimi ve dozları standart kardiyak arrest algoritmasından farklılık gösterebildiği için güncel kontrol listesi uygulama alanında erişilebilir olmalıdır. Ekibin bu algoritmaya yönelik düzenli eğitim alması, acil durumda koordinasyonu kolaylaştırır (Neal et al., 2021).

Beklenen blok süresini aşan duyu veya motor kayıp yalnızca rejyonel anesteziye bağlanmamalıdır. Cerrahi traksiyon, turnike basısı, pozisyon, hematom ve önceden var olan nöropati ayırıcı tanıda değerlendirilir. İlerleyen motor defisit, beklenmeyen şiddetli ağrı veya kompresyon kuşkusunda uzman değerlendirmesi geciktirilmemelidir. Bulguların başlangıcı, dağılımı ve seyri kaydedilir; hastanın yeniden başvurabileceği bir takip düzeni oluşturulur. Beklenmeyen bulgularda ilk yaklaşım Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3 Beklenmeyen bulguda ilk değerlendirme

Bulgu	**Olası Sorun**	**İlk Yaklaşım**
Enjeksiyonda ağrı, direnç veya sinirde şişme	Uygunsuz iğne ucu konumu	Enjeksiyonu durdur; uç ve yayılımı yeniden değerlendir.
Tinnitus, nöbet, aritmi veya kollaps	Sistemik lokal anestezik toksisitesi	İlacı kes; yardım çağır; LAST algoritmasını başlat.
Yeni dispne veya göğüs ağrısı	Diyafram disfonksiyonu, pnömotoraks veya diğer nedenler	Oksijenasyon ve dolaşımı değerlendir; uygun görüntüleme ve tedavi sağla.
İlerleyen şişlik veya nörolojik defisit	Hematom, kompresyon veya sinir hasarı	Gecikmeden klinik ve uzman değerlendirmesi sağla.

Kaynak: Yazar tarafından hazırlanmıştır (Kopp et al., 2025; Neal et al., 2021; Parameswari et al., 2025; Shalaby et al., 2024). Tablo, ayrıntılı resüsitasyon algoritmasının yerine geçmez.

Postoperatif İzlem

Rebound ağrı, blok çözülürken belirginleşen ağrı artışıdır. Devam eden cerrahi nosisepsiyonun duyusal blok ortadan kalkınca hissedilmesi, bu tablonun önemli bir açıklamasıdır; rebound ağrı tek başına sinir hasarı göstergesi değildir. Postoperatif analjezi, hastanın blok altında ağrısız olduğu dönemde planlanmalı ve uygun oral multimodal tedavi duyu tamamen dönmeden başlatılmalıdır (Muñoz-Leyva et al., 2020).

Taburculukta beklenen uyuşukluk ve güçsüzlük süresi, analjeziklerin kullanım zamanı ve ekstremitenin korunması hastaya hem sözlü hem yazılı olarak anlatılır. Uyuşuk ekstremite sıcak yüzeylerden, basıdan ve fark edilmeyen travmalardan korunmalıdır. Beklenenden şiddetli ağrı, nefes darlığı, ilerleyen şişlik veya blok süresiyle uyumsuz güç kaybı geliştiğinde kime başvurulacağı açıkça belirtilmelidir (Muñoz-Leyva et al., 2020).

Sürekli kateter uygulaması, uzamış analjezi gereksinimi olan seçilmiş hastalarda düşünülebilir. Karar verilirken kateter bakımı, enfeksiyon kontrolü, toplam lokal anestezik maruziyeti ve evde izlem olanakları değerlendirilir. Hastanın komplikasyon belirtilerini tanıyabilmesi ve sağlık ekibine ulaşabilmesi gerekir. Kateter giriş yeri düzenli izlenmeli, enfeksiyon kuşkusunda erken değerlendirme yapılmalıdır (Provenzano et al., 2025).

Sonuç

Supraklaviküler blok, uygun hasta ve cerrahide etkili bir anestezi ve postoperatif analjezi yöntemidir. Uygulamada öncelik, sonoanatomik yapıların doğru tanınması ve iğne ucunun kesintisiz izlenmesidir. Lokal anestezik dozu hastaya göre belirlenmeli, cerrahi alanın anestezisi işlem öncesinde doğrulanmalıdır. Solunum rezervi

sınırlı hastalarda alternatif yaklaşımlar değerlendirilirken, tüm hastalarda blok çözülme dönemi ve taburculuk sonrası analjezi önceden planlanmalıdır.

Klinik Anahtar Notlar

- Supraklaviküler blok özellikle dirsek, önkol, el bileği ve el cerrahilerinde kullanılabilir; omuz cerrahisinin tüm innervasyonunu tek başına güvenilir biçimde kapsamayabilir.
- Blok öncesinde cerrahi saha ve turnike alanı, solunum rezervi, karşı hemidiyafram fonksiyonu, antitrombotik tedavi ve mevcut nörolojik durum birlikte değerlendirilmelidir.
- Ultrasonografide subklavyen arter, birinci kosta ve plevra net olarak görülmeden; iğne ucu kesintisiz izlenmeden ilerleme veya enjeksiyon yapılmamalıdır.
- Enjeksiyon sırasında belirgin ağrı, parestezi, beklenmeyen yüksek direnç veya sinirde şişme görülürse enjeksiyon hemen durdurulmalı ve iğne ucu ile yayılım yeniden değerlendirilmelidir.
- Lokal anestezik dozu yalnızca hacimle değil mg olarak hesaplanmalı; diğer lokal anestezik uygulamaları toplam doza dahil edilmeli ve karışımların toksisitelerinin aditif olabileceği unutulmamalıdır.
- Yeni dispne veya göğüs ağrısında diyafram disfonksiyonu ve pnömotoraks düşünülmeli; perioral uyuşma, tinnitus, nöbet, aritmi veya dolaşım bozukluğunda LAST yaklaşımı başlatılmalıdır.

- Beklenmeyen veya uzayan nörolojik bulgular yalnızca bloğa bağlanmamalı; cerrahi traksiyon, turnike basısı, pozisyon, hematom ve önceden var olan nöropati değerlendirilmelidir.
- Blok çözülmeden multimodal analjezi planlanmalı; taburculukta uyuşuk ekstremitenin korunması ve şiddetli ağrı, dispne, ilerleyen şişlik veya beklenmeyen güç kaybında başvuru gereği hastaya açıkça anlatılmalıdır.

Kaynakça

El-Boghdadly, K., Pawa, A., & Chin, K. J. (2018). Local anesthetic systemic toxicity: Current perspectives. *Local and Regional Anesthesia*, *11*, 35–44. doi: 10.2147/lra.s154512.

Feigl, G. C., Litz, R. J., & Marhofer, P. (2020). Anatomy of the brachial plexus and its implications for daily clinical practice: Regional anesthesia is applied anatomy. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, *45*(8), 620–627. doi: 10.1136/rapm-2020-101435.

Grape, S., Andany, A., Cibotto, C., Berri, L., Rossel, J.-B., & Albrecht, E. (2026). Duration of analgesia after supraclavicular brachial plexus block with intravenous dexamethasone with or without dexmedetomidine: A randomised, placebo-controlled, triple-blind trial. *British Journal of Anaesthesia*, *136*(5), 1588–1594. doi: 10.1016/j.bja.2025.10.049.

Hong, B., Lee, S., Oh, C., Park, S., Rhim, H., Jeong, K., Chung, W., Lee, S., Lim, C., & Shin, Y.-S. (2021). Hemidiaphragmatic paralysis following costoclavicular versus supraclavicular brachial plexus block: A randomized controlled trial. *Scientific Reports*, *11*(1), Article 18749. doi: 10.1038/s41598-021-97843-x.

Hussain, N., Speer, J., D'Souza, R. S., Palettas, M., Abdel-Rasoul, M., Uribe, A., Weaver, T. E., Kushelev, M., Coffman, J., & Abdallah, F. W. (2025). Exploring the additive or synergistic effects of the systemic and perineural routes of dexamethasone as adjuncts to supraclavicular block: A randomized controlled trial. *Anesthesiology*, *142*(6), 1127–1137. doi: 10.1097/aln.0000000000005433.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J. R., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology*, *39*(2), 100–132. doi: 10.1097/eja.0000000000001600.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine evidence-based guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia & Pain Medicine*. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Luo, Q., Liu, H., Deng, L., Nong, L., Li, H., Cai, Y., Zheng, J., Shu, H., Yao, W., & Zhang, J. (2022). Effects of double vs triple injection on block dynamics for ultrasound-guided intertruncal approach to the supraclavicular brachial plexus block in patients undergoing upper limb arteriovenous access surgery: Study protocol for a double-blinded, randomized controlled trial. *Trials*, *23*(1), Article 295. doi: 10.1186/s13063-022-06260-6.

Muñoz-Leyva, F., Cubillos, J., & Chin, K. J. (2020). Managing rebound pain after regional anesthesia. *Korean Journal of Anesthesiology*, *73*(5), 372–383. doi: 10.4097/kja.20436.

Neal, J. M., Neal, E. J., & Weinberg, G. L. (2021). American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Local Anesthetic Systemic Toxicity checklist: 2020 version. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, *46*(1), 81–82. doi: 10.1136/rapm-2020-101986.

Parameswari, A., Paul, A. P., & U, K. (2025). Assessment of the incidence of hemi-diaphragmatic paralysis following infraclavicular

and supraclavicular approaches for brachial plexus block: A randomized controlled study. *Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation*, *53*(1), 20–27. doi: 10.4274/tjar.2025.241648.

Park, S.-K., Lee, S.-Y., Kim, W. H., Park, H.-S., Lim, Y.-J., & Bahk, J.-H. (2017). Comparison of supraclavicular and infraclavicular brachial plexus block: A systemic review of randomized controlled trials. *Anesthesia & Analgesia*, *124*(2), 636–644. doi: 10.1213/ane.0000000000001713.

Provenzano, D. A., Hanes, M., Hunt, C., Benzon, H. T., Grider, J. S., Cawcutt, K., Doshi, T. L., Hayek, S., Hoelzer, B., Johnson, R. L., Kalagara, H., Kopp, S., Loftus, R. W., Macfarlane, A. J. R., Nagpal, A. S., Neuman, S. A., Pawa, A., Pearson, A. C. S., Pilitsis, J., … Narouze, S. (2025). ASRA Pain Medicine consensus practice infection control guidelines for regional anesthesia and pain medicine. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105651.

Shalaby, M., Sahni, R., & Hamilton, R. (2024). Local anesthetic systemic toxicity: Awareness, recognition, and risk mitigation in the emergency department. *Clinical and Experimental Emergency Medicine*, *11*(2), 121–126. doi: 10.15441/ceem.24.231.

Siddiqui, U., Perlas, A., Chin, K., Reina, M. A., Sala-Blanch, X., Niazi, A., & Chan, V. (2020). Intertruncal approach to the supraclavicular brachial plexus, current controversies and technical update: A daring discourse. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, *45*(5), 377–380. doi: 10.1136/rapm-2019-101260.

Wang, Z., Guo, J., Xie, H., Sun, G., Guan, J., Yao, W., & Luo, Q. (2025). Intertruncal versus classical approach to supraclavicular brachial plexus block on sensory-motor blockade for upper

extremity surgery: A randomized controlled non-inferiority trial. *Korean Journal of Anesthesiology*, *78*(4), 321–330. doi: 10.4097/kja.24526.

BÖLÜM 48

LAPAROSKOPİK CERRAHİ VE ANESTEZİ

KEVSER DİLEK ANDIÇ[1]

Özet

Laparoskopik cerrahi, abdominal ve pelvik organlara küçük insizyonlardan ulaşılmasını sağlayan minimal invaziv bir cerrahi yöntemdir. Anestezi açısından temel fizyolojik değişiklikler pnömoperitoneum, intraabdominal basınç ve hasta pozisyonuna bağlıdır. Karbondioksit absorbsiyonu $PaCO_2$ ve ventilasyon gereksinimini artırırken, artmış intraabdominal basınç venöz dönüşü, kardiyak debiyi, akciğer kompliyansını ve renal perfüzyonu etkileyebilir. Bu nedenle laparoskopik cerrahide anestezi yönetimi; hastanın kardiyopulmoner rezervi, cerrahinin süresi ve pozisyonu, pnömoperitoneum basıncı ve eşlik eden hastalıklara göre bireyselleştirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tıp Fakültesi, Bilecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-2384-4201

Öğrenme Hedefleri

- Laparoskopik cerrahinin anestezi açısından temel fizyolojik etkilerini açıklamak.
- Pnömoperitoneumun solunum ve hemodinamik sonuçlarını değerlendirmek.
- Preoperatif kardiyopulmoner riskleri belirlemek.
- İntraoperatif ventilasyonu akciğer koruyucu prensiplerle planlamak.
- Pozisyon, pnömoperitoneum ve CO_2 absorbsiyonuna bağlı komplikasyonları erken tanımak.
- Gaz embolisi, pnömotoraks, subkutan amfizem ve endobronşiyal entübasyonu yönetmek.
- Postoperatif ağrı, bulantı-kusma ve solunum komplikasyonlarını azaltmak.

Laparoskopik Cerrahinin Tanımı ve Gelişimi

Laparoskopi; karın, pelvis veya retroperitoneal alana küçük kesilerden yerleştirilen kamera ve cerrahi araçlarla erişilmesini sağlayan minimal invaziv bir yöntemdir. Cerrahi erişim ve görüş alanı çoğunlukla CO_2 ile pnömoperitoneum oluşturularak sağlanır (Gropper et al., 2025).

Dünyada en sık tercih edilen cerrahi yöntemlerden biri olan laparoskopik yaklaşım; genel cerrahi, jinekoloji, üroloji ve bariatrik cerrahi dahil çok sayıda alanda kullanılmaktadır. Açık cerrahiye göre daha küçük insizyon, daha az postoperatif ağrı, daha hızlı iyileşme ve hastanede kalış süresinin azalması gibi avantajları vardır; ancak pnömoperitoneum ve pozisyon değişiklikleri gibi kendine özgü

komplikasyonlar nedeniyle anestezik yönetimini daha karmaşık hale getirir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Pnömoperitoneum

Laparoskopik cerrahinin temel koşulu çalışma alanı oluşturmak amacıyla karın içine gaz verilmesidir. CO_2, yüksek kan çözünürlüğü, yanıcı olmaması, düşük maliyet ve vücuttan hızlı elimine edilmesi nedeniyle en yaygın kullanılan insuflasyon gazıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Pnömoperitoneum sırasında intraabdominal basınç, cerrahi görüşü sağlayacak en düşük etkin düzeyde tutulmalıdır. Karın içi basıncı 15 mmHg'yi aştığında venöz dönüşün azalması ve afterload artması nedeniyle kardiyak output ve atım hacmi ciddi oranda azalır (Mercimek & Özden, 2020). Basıncın artması kardiyovasküler ve solunumsal etkileri belirginleştirir; özellikle kardiyopulmoner rezervi sınırlı ve ileri obez hastalarda klinik önem taşır (Gropper et al., 2025; Jimenez-Santana et al., 2024).

CO_2 Absorbsiyonu ve Asit-Baz Dengesi

İnsufle edilen CO_2 peritoneal yüzeyden sistemik dolaşıma absorbe edilir. Pnömoperitonyum nedeniyle artan karın içi basıncı atmosfer basıncını geçer ve gaz çevre dokulara itilir. İyi vaskülarize olan peritoneal membran yüksek absorbsiyon kapasitesine sahiptir ve yüksek doku geçirgenliği olan CO_2 kolayca emilir. Bu nedenle $EtCO_2$ ve $PaCO_2$ yükselir; bu hastanın yönetiminde ventilasyon artırılarak CO_2 eliminasyonu desteklenebilir. CO_2 yükü; pnömoperitoneum basıncı, süresi, peritoneal yüzeyin özellikleri ve ventilasyon-perfüzyon ilişkisine göre değişir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

$EtCO_2$ artışının yalnızca CO_2 absorbsiyonundan kaynaklandığı varsayılmamalıdır. Ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu, düşük kardiyak debi, subkutan amfizem ve kapnotoraks gibi komplikasyonlar da $EtCO_2$ değişikliklerine neden olabilir, ayırıcı tanıda dikkat edilmelidir (Gropper et al., 2025; Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons, n.d.).

Solunumsal Değişiklikler

Genel anestezi ile diyaframın sefale yer değiştirmesi, FRC ve akciğer kompliyansını azaltır, atelektazi meydana gelir. Pnömoperitoneum bu etkileri daha da artırır. Trendelenburg pozisyonunda abdominal organların diyafragma üzerine basısı nedeniyle kompliyans azalması ve havayolu basınçlarında yükselme daha belirgin olabilir (Gropper et al., 2025; Jimenez-Santana et al., 2024).

2024 tarihli güncel bir derleme, laparoskopi ve robotik cerrahide pnömoperitoneum ve pozisyonun solunum mekaniğini bozduğunu; düşük tidal volüm, kişiselleştirilmiş PEEP ve mekanik gücün azaltılmasına yönelik akciğer koruyucu stratejilerin önemli olduğunu bildirmektedir (Jimenez-Santana et al., 2024).

Mekanik Ventilasyon

Laparoskopik cerrahide tidal volüm, gerçek vücut ağırlığı yerine öngörülen vücut ağırlığı temelinde seçilmelidir. PEEP, hastanın akciğer mekanikleri, oksijenasyonu, pozisyonu ve hemodinamik yanıtına göre bireyselleştirilmelidir (Jimenez-Santana et al., 2024).

2025 yılında morbid obez hastalarda yapılan randomize çalışmada, driving pressure rehberliğinde PEEP bireyselleştirilmesinin geleneksel akciğer koruyucu stratejiyle

karşılaştırıldığı gösterilmiş; ventilasyon parametreleri ve oksijenasyon açısından kişiselleştirilmiş yaklaşımın klinik olarak anlamlı olabileceği değerlendirilmiştir (Elbehairy et al., 2025).

PEEP artışının venöz dönüşü ve kan basıncını azaltabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle PEEP yalnızca sabit bir sayıya göre değil, oksijenasyon, solunum mekaniği ve hemodinamik yanıt birlikte değerlendirilerek titre edilmelidir (Elbehairy et al., 2025; Jimenez-Santana et al., 2024).

Hemodinamik Değişiklikler

Pnömoperitoneum intraabdominal basıncı artırarak vena cava inferiorun kompresyonuna ve venöz dönüşün azalmasına neden olabilir. Aynı zamanda sistemik vasküler direnç ve afterload artabilir. Sonuç olarak kardiyak debide azalma görülebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

CO_2 emiliminin de çeşitli sistemsel ve hemodinamik etkileri vardır. Kalp ve damar sistemi üzerine direkt inhibitor olan CO_2, sempatik sinir sistemini uyararak kalp hızı, kasılma ve vasküler direnci artırır (Mercimek & Özden, 2020).

Hemodinamik yanıt; pnömoperitoneum basıncı, intravasküler volüm, hasta pozisyonu, kardiyak fonksiyon ve kullanılan anestezik ajanlara bağlı olarak değişir. Hipovolemik veya ciddi kardiyak hastalığı olanlarda bu değişiklikler daha belirgin olabilir (Gropper et al., 2025).

Hasta Pozisyonu

Trendelenburg, ters Trendelenburg ve lateral pozisyonlar cerrahi görüşü kolaylaştırırken kardiyopulmoner fizyolojiyi değiştirir. Trendelenburg FRC'yi ve akciğer kompliyansını daha

fazla azaltabilir; ters Trendelenburg ise venöz dönüşü azaltarak hipotansiyona katkıda bulunabilir (Gropper et al., 2025; Jimenez-Santana et al., 2024).

Uzun süreli pozisyonlarda yine dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da; basınç noktaları, periferik sinirler ve gözler korunmalı; hastanın kaymasını önlemek için güvenli pozisyonlama yapılmalıdır.

Kardiyovasküler Hastalarda Laparoskopi

Kalp yetmezliği, ciddi kapak hastalığı, pulmoner hipertansiyon veya ileri koroner arter hastalığı bulunan hastalarda pnömoperitoneumun oluşturduğu preload ve afterload değişiklikleri önemlidir. Elektif cerrahi öncesinde kardiyak durum optimize edilmeli ve cerrahi/anestezi planı hastanın rezervine göre yapılmalıdır.

İleri riskli hastalarda invaziv arter basıncı ve seçilmiş olgularda ileri hemodinamik monitörizasyon düşünülebilir. Pnömoperitoneumun düşük basınçta ve yavaş oluşturulması hemodinamik değişiklikleri azaltabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Preoperatif Değerlendirme

- Kardiyovasküler hastalık, fonksiyonel kapasite ve volüm durumu.
- KOAH, astım, OSA/OHS ve diğer solunum hastalıkları.
- Obezite ve zor havayolu riski.
- Gastroözofageal reflü ve aspirasyon riski.
- Renal fonksiyon ve sıvı-elektrolit dengesi.

- Antikoagülan/antitrombotik tedaviler.
- Planlanan cerrahinin süresi, pozisyonu ve pnömoperitoneum gereksinimi.
- Önceki abdominal cerrahiler ve olası teknik güçlükler.

Havayolu Yönetimi

Laparoskopik cerrahilerin çoğunda kontrollü ventilasyon gerektiğinden trakeal entübasyon güvenilir bir havayolu sağlar. Pnömoperitoneum ve pozisyon değişikliği sırasında endotrakeal tüpün konumu yeniden değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

Pnömoperitoneum diyaframı sefale doğru iterek karinanın yukarı hareketine neden olabilir; tüpün ilerlemesine bağlı endobronşiyal entübasyon nadiren gelişebilir. Ani desatürasyon veya havayolu basıncı artışında tüp konumu mutlaka kontrol edilmelidir (Gropper et al., 2025; Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons, n.d.).

İntraoperatif Monitörizasyon

- Standart ASA monitörizasyonu.
- $EtCO_2$ ve ventilasyon parametrelerinin sürekli izlenmesi.
- Pulse oksimetri ve sürekli EKG.
- Vücut ısısı.
- Yüksek riskli hastalarda invaziv arter basıncı.
- Gerektiğinde kan gazı ve ileri hemodinamik monitörizasyon.

$EtCO_2$, CO_2 absorbsiyonu ve ventilasyon yeterliliği hakkında önemli bilgi sağlar; ancak $PaCO_2$ ile her zaman birebir örtüşmez. Hemodinamik olarak instabil veya ciddi ventilasyon-perfüzyon bozukluğu bulunan hastalarda arteriyel kan gazı değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025; Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons, n.d.).

Pnömoperitoneuma Bağlı Komplikasyonlar

Subkutan amfizem

Subkutan CO_2 amfizemi, gazın yüksek basınç nedeniyle veya yanlışlıkla ekstraperitoneal dokulara geçmesiyle gelişir. Yüksek insüflasyon basıncı, uzun operasyon süresi, 65 yaş üzeri ve zayıf hastalar, trokarların yanlış yerleştirilmesi, çoklu trokar kullanımı gibi durumlarda görülme sıklığı artmıştır. $EtCO_2$'de beklenenden geç veya belirgin artış, cilt altında krepitasyon ve boyun-göğüs bölgesinde şişlik görülebilir. Tedavinin temelini ventilasyonun artırılması, insuflasyon basıncının azaltılması ve cerrahi ekibin bilgilendirilmesi oluşturur (Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons, n.d.).

Pnömotoraks ve pnömomediastinum

Pnömoperitoneum sırasında CO_2 diyaframdaki anatomik açıklıklardan toraksa geçebilir. Havayolu basıncında ani artış, hipoksemi ve hemodinamik bozulma gelişebilir. N_2O kullanılıyorsa sonlandırılmalı, pnömoperitoneum basıncı azaltılmalı ve klinik duruma göre pnömotoraks tedavisi uygulanmalıdır (Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons, n.d.).

Gaz embolisi

Gaz embolisi nadir fakat yaşamı tehdit eden bir komplikasyondur. Ani hipotansiyon, aritmi, hipoksemi ve $EtCO_2$'de ani düşüş görülebilir. Şüphede insuflasyon hemen durdurulmalı, cerrahi ekip bilgilendirilmeli, dolaşım ve oksijenasyon desteklenmeli ve uygun ileri tedavi uygulanmalıdır (Gropper et al., 2025; Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons, n.d.).

Nörolojik ve Renal Etkiler

Pnömoperitoneum ve özellikle uzun süreli Trendelenburg pozisyonu intrakraniyal basınç üzerinde artışa neden olabilir. İntrakraniyal hipertansiyon veya ciddi beyin patolojisi bulunan hastalarda pozisyon ve pnömoperitoneumun riskleri ayrıca değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).

İntraabdominal basınç artışı renal kan akımını ve glomerüler filtrasyonu azaltabilir. İdrar çıkışındaki azalma yalnızca hipovolemi olarak yorumlanmamalı; intraabdominal basınç, hemodinami ve renal rezerv birlikte değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezi Tekniği

Laparoskopik cerrahilerin büyük bölümünde genel anestezi ve kontrollü mekanik ventilasyon tercih edilir. Kas gevşemesi cerrahi koşulların sağlanmasına yardımcı olur ve düşük basınçlı pnömoperitoneum ile cerrahi görüşün sürdürülmesini kolaylaştırabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Rejyonal veya lokal teknikler seçilmiş kısa ve düşük basınçlı girişimlerde kullanılabilir; ancak pnömoperitoneumun oluşturduğu diyafragma irritasyonu, pozisyon gereksinimi ve hasta

kooperasyonu nedeniyle genel anestezinin yerini rutin olarak almaz (Gropper et al., 2025).

Derin Nöromüsküler Blok ve Pnömoperitoneum Basıncı

Derin nöromüsküler blok, bazı laparoskopik işlemlerde cerrahi koşulların iyileştirilmesine ve daha düşük pnömoperitoneum basıncı kullanılmasına katkı sağlayabilir. Ancak bu yaklaşım cerrahi gereksinim, hastanın özellikleri ve nöromüsküler blokajın güvenli şekilde izlenmesiyle birlikte değerlendirilmelidir.

Düşük basınçlı pnömoperitoneum ve uygun nöromüsküler blok kombinasyonu, özellikle yüksek riskli hastalarda solunumsal ve hemodinamik yükü azaltmak amacıyla değerlendirilebilir (Jimenez-Santana et al., 2024).

Postoperatif Ağrı

Laparoskopik cerrahi açık cerrahiye göre daha az ağrı ile ilişkili olmakla birlikte insizyon, peritoneal gerilme ve diyafragma irritasyonuna bağlı omuz ağrısı görülebilir. Parasetamol, uygun hastada NSAİİ/COX-2 inhibitörü, lokal infiltrasyon ve rejyonal teknikler multimodal analjezinin bileşenleri olarak uygulanabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Opioidlerin gereksiz kullanımından kaçınılması özellikle OSA, OHS ve obez hastalarda önemlidir.

Postoperatif Bulantı-Kusma

Laparoskopik cerrahi postoperatif bulantı-kusma açısından yüksek riskli işlemler arasındadır. Hasta risk faktörleri, cerrahinin özellikleri ve opioid kullanımı dikkate alınarak multimodal antiemetik profilaksi uygulanmalıdır (Gropper et al., 2025).

Riskli hastalarda farklı mekanizmalara sahip antiemetiklerin kombinasyonu ve opioid-sparing analjezi yaklaşımı tercih edilebilir.

Derlenme ve Ekstübasyon

Ekstübasyon öncesinde yeterli nöromüsküler derlenme, uygun ventilasyon ve oksijenasyon sağlanmalıdır. Obezite, OSA/OHS veya ciddi pulmoner hastalık varsa baş-yukarı pozisyonda ekstübasyon ve postoperatif CPAP/NIV planı düşünülmelidir (Gropper et al., 2025; Jimenez-Santana et al., 2024).

Postoperatif hipoksemi, hiperkapni veya solunum iş yükünde artış gelişen hastalarda erken noninvaziv solunum desteği değerlendirilmelidir.

Özel Hasta Grupları

Obez hasta

Obez hastada pnömoperitoneum ve Trendelenburg, FRC ve akciğer kompliyansındaki azalmayı belirginleştirebilir. 2024 derlemesinde ekspiratuvar akım sınırlanmasının laparoskopik Trendelenburg sırasında obez hastalarda daha sık görülebildiği ve kişiselleştirilmiş PEEP'in önem taşıdığı bildirilmektedir (Jimenez-Santana et al., 2024).

KOAH

KOAH'ta artmış havayolu direnci ve dinamik hiperinflasyon riski nedeniyle ventilasyon süresi, ekspirasyon süresi ve dakika ventilasyonu dikkatle ayarlanmalıdır. Pnömoperitoneumun neden olduğu CO_2 yükü mevcut hiperkapniyi artırabilir (Gropper et al., 2025).

Kardiyak hastalık

Ciddi kardiyak hastalıkta düşük basınçlı ve yavaş insuflasyon, yeterli preload ve hemodinamik izlemin sağlanması önemlidir. Gerektiğinde açık cerrahiye geçiş olasılığı cerrahi ekip ile önceden değerlendirilmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Klinik Anahtar Noktalar

- Pnömoperitoneum laparoskopik cerrahinin temel fizyolojik belirleyicisidir.
- CO_2 absorbsiyonu $PaCO_2$ ve ventilasyon gereksinimini artırabilir.
- Pnömoperitoneum venöz dönüşü azaltırken sistemik vasküler direnci artırabilir.
- Trendelenburg pozisyonu solunum mekaniğini daha fazla bozabilir.
- Ventilasyonda düşük tidal volüm ve kişiselleştirilmiş PEEP temel akciğer koruyucu yaklaşımlardır.
- $EtCO_2$ değişiklikleri yalnızca CO_2 absorbsiyonu ile açıklanmamalıdır; subkutan amfizem, pnömotoraks ve diğer komplikasyonlar dışlanmalıdır.
- Ani $EtCO_2$ düşüşü ve hemodinamik bozulmada gaz embolisi düşünülmelidir.
- Obez ve kardiyopulmoner rezervi sınırlı hastalarda pnömoperitoneum basıncı mümkün olan en düşük etkin düzeyde tutulmalıdır.

- Postoperatif multimodal analjezi ve uygun antiemetik profilaksi derlenmeyi kolaylaştırır.

Kaynakça

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Elbehairy, M. S., Eid, G. M., Elzeftawy, A. E., Elsheikh, N. A., & Messbah, W. E. (2025). Driving pressure guided ventilation versus conventional lung protective strategy in morbid obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery: a prospective randomized controlled study. *BMC Anesthesiology, 25*(1), 577. doi: 10.1186/s12871-025-03431-1.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Jimenez-Santana, J. D., Diaz-Cambronero, O., Schultz, M. J., Mazzinari, G. (2024). Current Concepts in Intraoperative Ventilation during Anesthesia for Laparoscopic and Robot-Assisted Surgery: A Narrative Review. *Current Anesthesiology Reports, 14*, 534-550. doi: 10.1007/s40140-024-00648-7.

Jinghua, W., Xiong, N., & Min, L. (2024). The effect of inverse ratio ventilation on cardiopulmonary function in obese laparoscopic surgery patients: A systematic review and meta-analysis. *Saudi Journal of Anaesthesia, 18*(1), 77–85. doi: 10.4103/sja.sja_135_23.

Mercimek, M. N, & Özden, E. (2020). Laparoskopi: Fizyolojik-metabolik etkiler ve komplikasyonlar. H. S. Doğan (Ed.). *Ürolojik Cerrahi Kitabı* içinde (ss. 626-638). Galenos Yayınevi, İstanbul. https://www.researchgate.net/publication/350075349_8I3Laparoskopi_Fizyolojik-metabolik_Etkiler_ve_Komplikasyonlar

Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons. (n.d.). Anesthesia for Laparoscopic Surgery. Contemporary review of physiologic effects and complications of pneumoperitoneum.

BÖLÜM 49

ROBOT YARDIMLI CERRAHİDE ANESTEZİ YÖNETİMİ

AYSUN ERŞEN YÜNGÜL[1], AYÇA TUBA DUMANLI ÖZCAN[2]

Özet

Robotik cerrahi, minimal invaziv cerrahinin ileri teknolojik bir uygulamasıdır. Üç boyutlu görüntüleme, yüksek büyütme, tremor filtrasyonu ve hassas enstrüman kontrolü cerrahi ergonomiyi ve teknik hassasiyeti artırır. Bununla birlikte anestezi açısından robotik cerrahi; pnömoperitoneum, çoğu pelvik girişimde kullanılan steep trendelenburg pozisyonu, uzun operasyon süresi ve robotun hastaya kenetlenmesinden sonra hastaya erişimin kısıtlanması nedeniyle özel fizyolojik ve güvenlik sorunları oluşturur. Güvenli yaklaşım; dikkatli hasta seçimi, güvenli hava yolu, akciğer koruyucu ventilasyon, hemodinamik optimizasyon, yeterli nöromüsküler blok,

[1] Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-4955-0631

[2] Prof. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-9881-8534

uygun pozisyonlama ve önceden belirlenmiş acil undocking planını kapsar.

Öğrenme Hedefleri

- Robotik cerrahinin anestezi açısından temel özelliklerini açıklayabilmek.
- Pnömoperitoneum ve Trendelenburg/reverse Trendelenburg pozisyonlarının etkilerini değerlendirebilmek.
- Kardiyak, pulmoner, nörolojik ve oküler riskleri belirleyebilmek.
- Hava yolunu güvenli biçimde yönetebilmek.
- Akciğer koruyucu ventilasyonu ve kişiselleştirilmiş PEEP yaklaşımını uygulayabilmek.
- Pozisyon ilişkili basınç, sinir ve oküler yaralanmaları önleyebilmek.
- Robot kenetlendikten sonra gelişebilecek acil durumlar için hızlı undocking planı oluşturabilmek.
- Hemodinamik, sıvı ve nöromüsküler blok yönetimini cerrahi koşullara göre düzenleyebilmek.
- Postoperatif ekstübasyon, analjezi, PONV (postoperatif bulantı kusma) ve solunumsal riskleri yönetebilmek.

Giriş

Robotik cerrahi, cerrahın bir konsol üzerinden robotik manipülatörleri kontrol ettiği bilgisayar destekli bir cerrahi yöntemidir. Günümüzde robotik sistemler cerrahın yerine bağımsız

karar veren otonom sistemlerden çok, cerrahın hareketlerini hassaslaştıran ve cerrahi görüşü iyileştiren platformlar olarak kullanılmaktadır (Barud et al., 2025; Gupta et al., 2012; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Robotik cerrahinin başlıca avantajları üç boyutlu görüntüleme, yüksek büyütme, tremor filtrasyonu, hassas hareket kontrolü ve cerrah ergonomisinin iyileştirilmesidir. Minimal invaziv yaklaşım uygun hastalarda daha küçük insizyon, daha az postoperatif ağrı ve daha kısa hastanede kalış gibi avantajlar sağlayabilir. Ancak minimal invaziv olması, işlemin anestezi açısından minimal fizyolojik stres oluşturduğu anlamına gelmez (Barud et al., 2025; Gupta et al., 2012; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Anestezi yönetimini belirleyen temel özellikler pnömoperitoneum, cerrahi pozisyon, operasyon süresi ve robot docking sonrasında hastaya erişimin sınırlanmasıdır. Özellikle robotik pelvik cerrahide pnömoperitoneum ile birlikte uygulanan belirgin Trendelenburg pozisyonu solunum mekaniği, venöz dönüş, kardiyak yük, intraoküler basınç ve tahmini intrakraniyal basınç üzerinde belirgin değişiklikler oluşturabilir (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Robotik Cerrahinin Anestezi Açısından Temel Özellikleri

- Genellikle genel anestezi ve endotrakeal entübasyon gerekir.
- Torasik girişimlerde çift lümenli endotrakeal tüp veya bronşiyal bloklayıcı ve izole tek akciğer ventilasyonu

gerekir (Barud et al., 2025; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

- Karbondioksit pnömoperitoneum ve pnömotoraks kardiyopulmoner fizyolojiyi değiştirir (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).
- Trendelenburg veya reverse Trendelenburg ek fizyolojik stres oluşturur.
- Uzun süreli immobilizasyon basınç ve sinir yaralanması riskini artırır.
- Robot docking sonrası hastaya fiziksel erişim sınırlıdır.
- Derin nöromüsküler blok ve yeterli monitörizasyon hasta hareketini önlemek açısından önemlidir.
- Acil undocking protokolü ameliyat başlamadan önce ekip tarafından bilinmelidir.

Preoperatif Değerlendirme

Kardiyovasküler değerlendirme

Değerlendirmede yalnızca cerrahinin kan kaybı riski değil, pnömoperitoneum ve pozisyon değişikliğinin oluşturacağı hemodinamik yük dikkate alınmalıdır. Kardiyak rezervi sınırlı hastalarda venöz dönüş, sistemik vasküler direnç ve kardiyak debideki değişiklikler daha belirgin klinik sonuçlara yol açabilir (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

- İleri kalp yetersizliği veya düşük sol ventrikül fonksiyonu

- Pulmoner hipertansiyon
- Ciddi kapak hastalığı
- Kontrolsüz hipertansiyon
- Klinik olarak önemli aritmi
- Serebrovasküler hastalık ve belirgin vasküler risk

Solunum sistemi değerlendirmesi

Obezite, KOAH, restriktif akciğer hastalığı, düşük fonksiyonel rezidüel kapasite ve obstrüktif uyku apnesi bulunan hastalarda pnömoperitoneum ve trendelenburg kombinasyonu ventilasyon güçlüğünü artırabilir. Preoperatif değerlendirme, hastanın ameliyat sonunda yeterli oksijenasyon ve ventilasyonu sürdürebileceğini de kapsamalıdır (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Nörolojik ve oküler değerlendirme

Uzun süreli Trendelenburg pozisyonu intraoküler basınçta ve tahmini intrakraniyal basınç göstergelerinde artışla ilişkilidir. Glokom, optik sinir hastalığı veya intrakraniyal basınç artışı açısından risk taşıyan hastalarda pozisyonun süresi ve derecesi ile cerrahi gereklilik birlikte değerlendirilmelidir (Barud et al., 2025; Bertti et al., 2025; Erşen Yüngül et al., 2026; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Tan & Habib, 2025).

Anestezi Tekniği ve Hava Yolu Yönetimi

Robotik cerrahinin büyük bölümünde genel anestezi ve endotrakeal entübasyon tercih edilir. Robot docking öncesinde hava yolu güvenliği kesin olarak sağlanmalıdır. Endotrakeal tüpün güvenli sabitlenmesi özellikle önemlidir; çünkü Trendelenburg

pozisyonu ve uzun operasyon sırasında tüp pozisyonunda değişiklik meydana gelebilir (Barud et al., 2025; Gupta et al., 2012; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

- Endotrakeal tüpü güvenli şekilde sabitlemek.
- Pozisyon verildikten sonra tüp derinliğini ve bilateral ventilasyonu yeniden değerlendirmek.
- Baş ve boynu nötral pozisyonda tutmak.
- Anestezi devresi ve bağlantıları güvenli hale getirmek.
- Aspirasyon ve acil hava yolu ekipmanını hazır bulundurmak.
- Robot docking öncesinde hava yolu ve damar yollarına erişimi doğrulamak.

Pnömoperitoneumun Fizyolojik Etkileri

Cerrahi çalışma alanı oluşturmak için CO_2 pnömoperitoneumu gereklidir. Gaz insüflasyonu, özellikle işlem sırasında dolaşım ve solunum sistemlerini etkileyen intraabdominal basıncı fizyolojik seviyelerin üzerine çıkarır. Klinik uygulamada, gaz basıncı genellikle 12-15 mmHg'yi geçmez. İntraabdominal basınç artışı venöz dönüşü, sistemik vasküler direnci ve kardiyak debiyi etkileyebilir. Diyaframın sefale doğru yer değiştirmesi fonksiyonel rezidüel kapasiteyi ve akciğer kompliyansını azaltarak hava yolu basınçlarının yükselmesine ve atelektazi eğiliminin artmasına neden olabilir (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

CO_2 absorbsiyonu dakika ventilasyonu gereksinimini artırır. End-tidal CO_2 sürekli izlenmeli; klinik gereklilik halinde arteriyel kan gazı ile $PaCO_2$ değerlendirilmelidir.

Robotik cerrahi, Laparoskopik cerrahiye benzer şekilde, hava embolisi riskinin artmasına neden olur. Karbondioksit embolisi muhtemelen yüksek gaz akış hızlarında pnömoperitonun hızlı bir şekilde oluşturulması sırasında karbondioksitin hasarlı damara geçmesi nedeniyle meydana gelir.

Robot destekli torasik cerrahi göğüs duvarından alet giriş noktalarının yerleştirilmesini, çift lümenli endotrakeal tüp veya bronşiyal bloklayıcı ve izole tek akciğer ventilasyonunu gerektirir. 5 ila 10 mmHg aralığındaki karbondioksit pnömotoraksı intratorasik basıncı artırır ve venöz dönüşü azaltır. Akciğer izolasyonunun güvenilir ve doğru olması için çift lümenli tüpün fiberoptik bronkoskopi ile doğru konumlandırılmasının teyit edilmesi özellikle önemlidir.

Robotik torasik cerrahi sırasında karbondioksit insufluasyonu, sağ atriyum ve vena kava gibi mediastinal yapıların sıkışmasına ve dolayısıyla venöz dönüş ve kalp debisinin azalmasına neden olabilir. Ayrıca santral venöz basınçta, pulmoner arter basıncında ve pulmoner arter kama basıncında geçici artışlar da meydana gelebilir. Göğüs boşluğuna hızlı karbondioksit verilmesi, gerilim kapnotoraks semptomlarına yol açabilir. Plevranın gerilmesi vagal tonusu artırarak şiddetli bradikardiye neden olabilir.

Pozisyonun Etkisi

Operasyon türüne bağlı olarak, robotik cerrahi, diğer geleneksel veya laparoskopik cerrahiye göre nispeten daha aşırı ve daha dik cerrahi pozisyonlandırma gerektirebilir. Bu aşırı

pozisyonların fizyolojik etkilerine ek olarak, aşırı pozisyonlandırma ve uzun süren ameliyat süreleriyle birlikte büyük robotik kollar, hastaları pozisyonlandırma yaralanmaları riskine maruz bırakır. Üst batın, göğüs, baş ve boyun ameliyatları gibi bazı işlemler, hastanın hava yolunun anestezi uzmanından ve anestezi çalışma istasyonundan uzakta konumlandırılmasını gerektirir. Bu işlemler sırasında hava yoluna erişim neredeyse imkansızdır. Özellikle baş ve boyun ameliyatları sırasında hasta, başı anestezi cihazından 180° uzakta olacak şekilde konumlandırılır (Barud et al., 2025; Gupta et al., 2012; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Trendelenburg

Özellikle robotik ürolojik, jinekolojik ve bazı kolorektal girişimlerde steep trendelenburg pozisyonu cerrahi görüş için gerekli olabilir. Baş aşağı pozisyon venöz dönüşü ve serebral/oküler venöz basıncı artırabilir. Uzun süreli pozisyon yüz, konjonktiva ve üst hava yolu ödemine katkıda bulunabilir. diyaframın ve karın içeriğinin sefalik yönde yer değiştirmesi nedeniyle solunum sisteminde de değişiklikler gözlemlenir. Bunlar arasında akciğerlerin fonksiyonel rezidüel kapasitesinde (FRC) düşüş, akciğer kompliyansında azalma, hava yolu direncinde ve tepe hava yolu basıncında artış yer alır ve bu da atelektaziye ve ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğuna yol açabilir. Santral venöz basınç artar, kardiyak debi değişkenlik gösterir. Renal, splanknik ve portal kan akışı da pnömoperitoneumun ilave etkisiyle azalır (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Reverse trendelenburg

Üst abdominal veya bazı torasik girişimlerde reverse trendelenburg kullanılabilir. Bu pozisyonda venöz göllenme ve

hipotansiyon eğilimi dikkate alınmalı; damar içi hacim ve vazopressör gereksinimi hastanın klinik durumuna göre değerlendirilmelidir. Uzun süreli ters Trendelenburg pozisyonu, pneumoperiteneum ile birlikte, bacaklarda venöz göllenmeye bağlı olarak daha yüksek derin ven trombozu (DVT) riskiyle de ilişkilendirilmiştir ve uygun DVT profilaksisine dikkat edilmelidir. Kafa içi basıncı (intrakraniyal basınç) ve göz içi basıncı düşer, serebral perfüzyon basıncı azalır (Barud et al., 2025; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Basınç ve sinir yaralanmalarının önlenmesi

Uzun süreli immobilizasyon ve hastanın kaymasını önlemek amacıyla kullanılan destekler bası ve periferik sinir yaralanmasına neden olabilir. Omuz bölgesine aşırı basıdan kaçınılmalı; dirsek, sakrum, topuklar ve diğer basınç noktaları uygun şekilde korunmalıdır (Barud et al., 2025; Gupta et al., 2012; Tan & Habib, 2025).

İntraoperatif Ventilasyon

Pnömoperitoneum ve Trendelenburg pozisyonu akciğer kompliyansını azaltır, hava yolu basınçlarını artırır ve atelektazi ile ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu riskini yükseltir. Güncel yaklaşım, robotik cerrahide akciğer koruyucu ventilasyonu hastaya ve cerrahi koşullara göre bireyselleştirmektir (Barud et al., 2025; Jimenez-Santana et al., 2024; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

- İdeal vücut ağırlığına göre düşük tidal volüm kullanılması.

- PEEP'in oksijenasyon, mekanik özellikler ve hemodinamik yanıt birlikte değerlendirilerek bireyselleştirilmesi.
- Plateau basıncı ve driving pressure gibi göstergelerin izlenmesi.
- CO_2 absorbsiyonuna bağlı artan dakika ventilasyonu gereksiniminin kontrollü biçimde karşılanması.
- Recruitment manevralarının hemodinamik stabilite dikkate alınarak seçici kullanılması.

Hemodinamik Yönetim

Hemodinamik yönetim, pnömoperitoneumun venöz dönüş üzerindeki etkisi, pozisyon, ventilasyon basınçları ve hastanın kardiyovasküler rezervi birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır. Sıvı tedavisi rutin olarak liberal tutulmamalı; klinik ve dinamik göstergelerle yönlendirilmelidir. Hastalara her iki üst ekstremitede birer büyük damar yolu açılması yeterlidir. Santral vasküler kateterler rutin olarak kullanılmaz ve ciddi komorbiditeleri olan hastalar için ayrılmıştır (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

- Standart monitörizasyona ek olarak uygun hastalarda invaziv arter basıncı izlemi.
- Hemodinamik olarak yüksek riskli hastalarda ileri hemodinamik monitörizasyonun bireyselleştirilmesi.
- Hipotansiyonun nedenini yalnızca hipovolemi olarak kabul etmemek.

- Gerektiğinde vazopressör desteğini erken ve titrasyonla kullanmak.
- Aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınmak.

Nöromüsküler Blok

Robotik cerrahide istemsiz hareket, cerrahi aletlerin konumunun değişmesine ve ciddi doku yaralanmasına yol açabileceğinden yeterli immobilizasyon önemlidir. Derin nöromüsküler blok birçok robotik girişimde tercih edilmektedir. Blok düzeyi kantitatif nöromüsküler monitörizasyon ile değerlendirilmelidir. Cerrahi sonunda nöromüsküler bloğun güvenli biçimde antagonize edilmesi ve yeterli derlenmenin gösterilmesi gerekir (Barud et al., 2025; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

İntraoperatif Monitörizasyon

- Standart monitörizasyon.
- Sürekli $EtCO_2$ izlemi.
- SpO_2 ve ventilasyon parametrelerinin yakın takibi.
- Uygun hastalarda invaziv arter basıncı.
- Kantitatif nöromüsküler monitörizasyon.
- BİS monitörizasyonu
- Vücut ısısı izlemi.
- Yüksek riskli hastalarda seçilmiş ileri hemodinamik monitörizasyon.

Robot Docking Öncesi Güvenlik Kontrolü

- Endotrakeal tüpün sabitliği ve derinliği.

- Damar yolu ve infüzyon hatlarının güvenliği.
- Anestezi devresi ve bağlantıların kontrolü.
- Monitörizasyon kablolarının gerilimsiz olması.
- Hastanın pozisyonu ve basınç noktalarının kontrolü.
- Gözlerin ve yüzün basıdan korunması.
- Acil undocking için cerrahi ekiple ortak planın doğrulanması.

Acil Durum ve Undocking Yönetimi

Robotik cerrahinin en önemli güvenlik özelliklerinden biri, hastaya erişimin sınırlı olması nedeniyle acil undocking planının önceden belirlenmesidir. Büyük kanama, ciddi hemodinamik instabilite, kontrol edilemeyen ventilasyon problemi, endotrakeal tüp dislokasyonu, kardiyak arrest veya başka bir yaşamı tehdit eden durumda robotun hastadan hızla ayrılması gerekebilir (Barud et al., 2025; Gupta et al., 2012; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Acil veya olağanüstü durumlarda robot hastanın vücudundan hızla çıkarılması robotik kolların devre dışı bırakılmasını, aletlerin trokarlardan çıkarılmasını ve kollardan ayrılmasını kullanılan cihaz türüne bağlı olarak belirli bir sırayla gerektiren çok adımlı bir işlemdir. Ancak bundan sonra hasta veya ameliyat masası hastaya zarar verme riski olmadan yeniden konumlandırılabilir. Her robotik cerrahi programında acil undocking algoritması bulunmalı; anestezi, cerrahi ve ameliyathane personeli bu prosedürü önceden bilmeli ve gerektiğinde uygulayabilmelidir. Acil durumda iletişim komutlarının standartlaştırılması ve rollerin önceden belirlenmesi hasta güvenliği

açısından kritik öneme sahiptir (Barud et al., 2025; Tan & Habib, 2025).

Oküler, Serebral ve Havayolu Ödemi

Uzun süreli trendelenburg ve pnömoperitoneum kombinasyonu venöz basınçlarda ve göz içi basınçta (GİB) artışa neden olabilir, bu da göz perfüzyon basıncında azalmaya yol açar. Bu, optik nöropati nedeniyle ciddi geri dönüşümsüz görme kaybına veya geçici görme alanı kusurlarına yol açabilir. GİB'yi etkileyebilecek diğer faktörler arasında tepe inspiratuvar basıncı (PIP), MAP ve ameliyat süresi bulunur. Artan GİB riski, ameliyat masasının daha küçük bir açıyla eğilmesi veya hastanın baş ve omuzlarının yatay ("sıfır") bir pozisyona yükseltildiği modifiye Z trendelenburg pozisyonunun kullanılmasıyla azaltılabilir. Robotik cerrahinin diğer oftalmolojik komplikasyonları arasında kornea hasarı, retina dekolmanı veya yırtılması yer alır. 2025 tarihli bir sistematik derlemede, robotik/laparoskopik pelvik cerrahide propofol ve sevofluran gruplarının her ikisinde de optik sinir kılıfı çapının arttığı, propofol grubunda artışın daha düşük olduğu bildirilmiştir; bu bulgunun klinik sonlanımlara doğrudan aktarılması konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Barud et al., 2025; Bertti et al., 2025; Erşen Yüngül et al., 2026; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Tan & Habib, 2025).

Hasta pozisyonu ve pnömoperiton intrakraniyal basıncı (İKB) artırabilir ve merkezi sinir sistemi perfüzyonunu etkileyebilir. Bununla birlikte, serebral perfüzyon basıncı istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde değişmez. Yine de uzun ameliyat süresi, yüksek karbondioksit insüflasyon basınçları, uzun süreli steep trendelenburg pozisyonu ve liberal sıvı tedavisi ile ilişkili olarak serebral ödem

gelişebilir (Barud et al., 2025; Bertti et al., 2025; Erşen Yüngül et al., 2026; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Tan & Habib, 2025).

Postoperatif yüz ve üst hava yolu ödemi açısından özellikle uzun süren ve steep trendelenburg uygulanan olgularda dikkatli değerlendirme yapılmalıdır. Ekstübasyon kararı; operasyonun bitmesine ek olarak ventilasyon, oksijenasyon, nöromüsküler derlenme ve hava yolu ödemi riski gibi faktörlere göre verilmelidir (Barud et al., 2025; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Hipotermi

Robot destekli cerrahi, genellikle aynı işlemlerin laparoskopik olarak yapılmasına göre daha uzun sürer. Robotik işlemlerdeki ameliyat süresi, cerrahi ekibin deneyimi, öğrenme eğrisi ve robot yerleştirme süresi gibi faktörlere bağlıdır. Robotik işlemlerin daha uzun sürmesi nedeniyle, hastaların hipotermi geliştirme riski daha yüksektir ve bu nedenle ısıtma cihazları kullanılarak korunmalıdırlar (Barud et al., 2025; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Sınırlı Hasta Erişimi

Hastaya erişimin kısıtlı olması ve anestezi çalışma istasyonu için sınırlı alan bulunması robotik cerrahi sırasında anestezistin karşılaştığı başlıca sorunlardan biridir. Cerrahi robot, ameliyathanede, çoğunlukla ameliyat masasının hemen yanında, geniş bir alan kaplar. Bir diğer sorun ise, robotik kollar yerleştirildikten ve aletler hastanın vücuduna yerleştirildikten sonra, kolayca yeniden konumlandırılamamaları veya çıkarılamamalarıdır; bu nedenle robot çalışmaya başlamadan önce hasta güvenliğinin sağlanması önemlidir. Endotrakeal tüp, intravenöz erişimler, drenler,

arteriyel hat ve hasta izleme cihazları tüm işlem boyunca bağlantı kopması veya bükülme riskini en aza indirecek şekilde sabitlenmelidir. Robotun yerleştirilmesini kolaylaştırmak için hastanın kolları genellikle yana doğru katlanır; bu da venöz veya arteriyel erişimin kolayca izlenemeyeceği ve robot yerleştirildikten sonra yeni erişim noktalarının kolayca elde edilemeyeceği anlamına gelir. Bu sebeple, ilaç uygulama bölgesine kolay erişim sağlanması da gereklidir (Barud et al., 2025; Gupta et al., 2012; Lee, 2014; Tan & Habib, 2025).

Postoperatif Dönem

- Tam nöromüsküler derlenmenin doğrulanması.
- Yeterli oksijenasyon ve ventilasyonun değerlendirilmesi.
- Hava yolu ödemi açısından riskli hastalarda dikkatli ekstübasyon.
- Multimodal analjezi.
- PONV profilaksisinin bireyselleştirilmesi.
- Erken mobilizasyon ve uygun tromboemboli profilaksisi.

Robotik Cerrahide Özel Komplikasyonlar

Komplikasyon	Başlıca Mekanizma/Risk	Anestezik Yaklaşım
Hipotansiyon	Pozisyon, pnömoperitoneum, azalmış venöz dönüş	Nedeni belirle; sıvı ve vazopressörü bireyselleştir.
Hiperkapni	CO_2 absorbsiyonu, artmış ventilasyon gereksinimi	Dakika ventilasyonunu ve gerekirse $PaCO_2$'yi değerlendir.
Atelektazi	Azalmış FRC ve kompliyans	Akciğer koruyucu ventilasyon ve uygun PEEP.
Hava yolu ödemi	Uzun Trendelenburg, venöz konjesyon	Ekstübasyon öncesi klinik değerlendirme.
Sinir/bası yaralanması	Uzun süreli pozisyon ve bası	Pozisyonlama ve basınç noktalarının korunması.
Oküler/serebral basınç artışı	Trendelenburg + pnömoperitoneum	Riskli hastaları belirle, süre ve pozisyonu optimize et.
Acil erişim güçlüğü	Robot docking	Önceden tanımlanmış undocking protokolü.

Anestezi Yönetimi İçin Pratik Algoritma

- Preoperatif değerlendirme → kardiyak, pulmoner, nörolojik ve oküler riskleri belirle.
- Anestezi planı → genel anestezi, güvenli hava yolu ve kantitatif nöromüsküler monitörizasyon.
- Pozisyon öncesi kontrol → hava yolu, damar yolları, monitörizasyon ve basınç noktalarını kontrol et.
- Pnömoperitoneum → hemodinamik ve ventilatuvar değişiklikleri değerlendir.
- Ventilasyon → düşük tidal volüm + bireyselleştirilmiş PEEP + mekanik ventilasyon basınçlarının izlenmesi.
- Docking → hasta erişiminin kısıtlanacağını kabul ederek son güvenlik kontrolünü yap.

- İntraoperatif dönem → $EtCO_2$, hemodinami, nöromüsküler blok, ısı ve basınç noktalarını izle.
- Acil durum → kritik olayda cerrahi ekiple koordineli hızlı undocking.
- Operasyon sonu → pnömoperitoneumu sonlandır, pozisyonu kademeli düzelt, ödem ve ventilasyonu yeniden değerlendir.
- Ekstübasyon → yeterli nöromüsküler derlenme ve güvenli hava yolu koşullarında gerçekleştir.
- Postoperatif → multimodal analjezi, PONV profilaksisi, solunum izlemi ve erken mobilizasyon.

Klinik Karar Noktaları

- Robotik cerrahi minimal invaziv olsa da anestezi açısından düşük fizyolojik stresli bir işlem olarak kabul edilmemelidir.
- Steep Trendelenburg + pnömoperitoneum kombinasyonu özellikle pulmoner ve kardiyovasküler rezervi sınırlı hastalarda dikkatle değerlendirilmelidir.
- Robot docking öncesi hava yolu ve damar yolu güvenliği tamamlanmalıdır.
- Akciğer koruyucu ventilasyon hastanın özelliklerine ve intraoperatif mekanik koşullara göre bireyselleştirilmelidir.
- Derin nöromüsküler blok ve kantitatif monitörizasyon robotik cerrahide hasta hareketinin önlenmesine katkı sağlar.

- Acil undocking planı robotik cerrahinin temel hasta güvenliği bileşenlerinden biridir.

Sonuç

Robotik cerrahi, cerrahi hassasiyet ve minimal invaziv yaklaşım açısından önemli avantajlar sağlamakla birlikte anestezist için özgün bir perioperatif yönetim modeli gerektirir. Pnömoperitoneum, ekstrem pozisyon, uzun operasyon süresi ve hastaya erişimin sınırlanması birlikte değerlendirilmelidir. Güvenli robotik anestezinin temelini dikkatli hasta seçimi, güvenli hava yolu, akciğer koruyucu ventilasyon, uygun hemodinamik yönetim, yeterli nöromüsküler blok, titiz pozisyonlama ve önceden hazırlanmış acil undocking planı oluşturur (Barud et al., 2025; Jimenez-Santana et al., 2024; Lee, 2014; Hernandez-Meza & Gainsburg, 2023; Tan & Habib, 2025).

Kaynakça

Barud, M., Turek, B., Dąbrowski, W., & Siwicka, D. (2025). Anesthesia for robot-assisted surgery: a review. *Anaesthesiology Intensive Therapy, 57*(1), 99–107. doi: 10.5114/ait/203168.

Bertti, R. O. T., Vane, L. A., de Moraes, J. M. S., Junior, P. D. N., Vane, L. F., Módolo, N. S. P., & Vane, M. F. (2025). Effect of propofol and sevoflurane anesthesia on the optic nerve sheath: systematic review and meta-analysis. *Brazilian Journal of Anesthesiology (Elsevier), 75*(5), 844646. doi: 10.1016/j.bjane.2025.844646.

Dong, J., Ji, R., Cui, L., Liu, G., Xie, Y., Zhou, J., Wang, H., Xu, W., & Ji, Z. (2024). Feasibility, safety and effectiveness of robot-assisted radical prostatectomy with a new robotic surgical system: a prospective, controlled, randomized clinical trial. *BMC Cancer, 24*(1), 1194. doi: 10.1186/s12885-024-12855-w.

Erşen Yüngül, A., Aslan, B., Dumanlı Özcan, A. T., & But, A. (2026). Effects of Inhalation Anaesthesia and Total Intravenous Anaesthesia on Intraocular Pressure in Robotic Prostate Surgery. *Trends in Surgical Sciences, 5*(1), 10-19. doi: 10.61745/tss.1906256.

Gupta, K., Mehta, Y., Sarin Jolly, A., & Khanna, S. (2012). Anaesthesia for robotic gynaecological surgery. *Anaesthesia and Intensive Care, 40*(4), 614–621. doi: 10.1177/0310057X1204000406.

Hernandez-Meza, G., & Gainsburg, D. M. (2023). Anesthetic concerns for robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy: an update. *Minerva Anestesiologica, 89*(9), 812–823. doi: 10.23736/S0375-9393.23.17284-1.

Jimenez-Santana, J. D., Díaz-Cambronero, O., Schultz, M. J.. & Mazzinari, G. (2024). Current Concepts in Intraoperative Ventilation during Anesthesia for Laparoscopic and Robot–Assisted Surgery – a Narrative Review. *Current Anesthesiology Reports, 14*, 534–550. doi: 10.1007/s40140-024-00648-7.

Lee J. R. (2014). Anesthetic considerations for robotic surgery. *Korean Journal of Anesthesiology, 66*(1), 3–11. doi: 10.4097/kjae.2014.66.1.3.

Tan, H. S., & Habib, A. S. (2025). Considerations for anesthesiology in robotic-assisted surgeries. S. de Cássio Zequi, & H. Ren (Ed.). *Handbook of Robotic Surgery* (pp. 239-247). Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-443-13271-1.00010-8.

BÖLÜM 50

JİNEKOLOJİK VE OBSTETRİK ANESTEZİ

OĞUZHAN PINAR[1]

Giriş

Jinekolojik ve obstetrik cerrahi, anestezi pratiğinde kendine özgü fizyolojik, farmakolojik ve etik zorluklar barındırır. Gebe hastada anne ve fetüs güvenliğinin eş zamanlı gözetilmesi gerekliliği, jinekolojik cerrahide ise geniş bir yaş ve komorbidite yelpazesi, bu alanı anestezi pratiğinin en dikkat gerektiren bölümlerinden biri hâline getirmektedir. Bu bölüm, güncel kılavuzlar ve konsensus bildirimleri ışığında obstetrik ve jinekolojik anestezinin temel klinik ilkelerini özetlemeyi amaçlamaktadır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Özet

Jinekolojik ve obstetrik anestezide güvenli perioperatif yaklaşım; gebeliğin fizyolojik değişiklikleri, maternal komorbiditeler, cerrahinin niteliği, obstetrik aciliyet ve fetal

[1] Uzm. Dr., T.C. Sağlık Bakanlığı, Polatlı Duatepe Devlet Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-9999-9920

durumun birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Obstetrik anestezide nöroaksiyel teknikler çoğu hastada temel yaklaşım olup preeklampsi, trombositopeni, zor havayolu ve obstetrik hemoraji özel önem taşır; bu başlıklar bölümün temel klinik çerçevesini oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Obstetrik anestezi; jinekolojik anestezi; nöroaksiyel anestezi; preeklampsi; obstetrik hemoraji; trombositopeni.

Öğrenme Hedefleri

- Gebeliğin anestezi açısından önemli fizyolojik değişikliklerini açıklamak.
- Jinekolojik ve obstetrik cerrahide preoperatif risk değerlendirmesini sistematik yapmak.
- Doğum analjezisi ve sezaryen için uygun nöroaksiyel tekniği seçmek.
- Preeklampsi, trombositopeni ve antitrombotik tedavide nöroaksiyel anestezi güvenliğini değerlendirmek.
- Obstetrik zor havayolunda aspirasyon ve hızlı desatürasyon riskini yönetmek.
- Obstetrik hemoraji ve diğer yaşamı tehdit eden durumlarda anestezi ekibinin rolünü belirlemek.
- Jinekolojik laparoskopide pnömoperitoneum ve Trendelenburg pozisyonunun solunum ve dolaşım etkilerini yönetmek.
- Postoperatif analjezi, bulantı-kusma ve tromboemboli riskini uygun şekilde ele almak.

Gebeliğin Anestezi Açısından Fizyolojik Değişiklikleri

Solunum sistemi

Gebelikte oksijen tüketimi ve dakika ventilasyonu artarken fonksiyonel rezidüel kapasite azalır. Özellikle term gebede oksijen rezervinin azalması nedeniyle apne sırasında desatürasyon, gebe olmayan hastaya göre daha hızlı gelişebilir. Bu fizyolojik değişiklikler, preoksijenasyonun ve havayolu hazırlığının önemini ortaya koymaktadır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Preoksijenasyon, uygun baş-yükseltilmiş pozisyon ve gerektiğinde oksijen rezervini artıran yöntemler özellikle genel anestezi planlanan hastalarda önemlidir. Obezite, preeklampsi ve zor havayolu eşlik ediyorsa risk daha da artar.

Kardiyovasküler sistem

Gebelikte plazma ve toplam kan hacmi, kalp debisi ve kalp hızı artar. Uterusun büyümesi özellikle ileri gebelikte aortokaval kompresyona yol açabilir. Bu durum venöz dönüşü ve kardiyak debiyi azaltabileceğinden supin pozisyon hipotansiyona neden olabilir.

Nöroaksiyel sempatik blok sırasında oluşabilecek ani vazodilatasyon ve aortokaval kompresyon birlikte olduğunda hipotansiyon daha belirgin olabilir. Bu nedenle sezaryen sırasında uterusun aortokaval basısını azaltan pozisyonlama ve kan basıncının yakın takibi önemlidir.

Gastrointestinal sistem ve aspirasyon riski

Gebelikte gastroözofageal reflü eğilimi artar ve ileri gebelikte mide içeriğinin aspirasyonu ciddi komplikasyonlara yol açabilir. Bununla birlikte modern obstetrik anestezi pratiğinde

aspirasyon riski yalnız gebelik haftasına göre değil; aciliyet, açlık durumu, reflü, obezite, diyabet, opioid kullanımı ve gastrointestinal patoloji gibi bireysel faktörlerle birlikte değerlendirilmelidir.

Genel anestezi gerekiyorsa uygun preoksijenasyon, aspirasyon riskinin azaltılması, hızlı ve güvenli havayolu yönetimi ve sürekli kapnografi temel güvenlik adımlarıdır.

Preoperatif Değerlendirme

- Gebelik haftası, doğum şekli ve cerrahinin aciliyeti.
- Önceki anestezi ve hava yolu öyküsü.
- Obezite, obstrüktif uyku apnesi, kardiyak veya pulmoner hastalık.
- Preeklampsi/eklampsi, hipertansiyon ve HELLP sendromu bulguları.
- Trombosit sayısı ve klinik kanama bulguları.
- Antikoagülan veya antiplatelet ilaç kullanımı.
- Açlık, reflü ve aspirasyon riski.
- Hemoglobin, kan grubu ve gerekli olgularda kan ürünlerine erişim.
- Fetal durum ve obstetrik ekibin planı.
- Postoperatif analjezi ve tromboemboli profilaksisi.

Preoperatif görüşme aynı zamanda hastanın beklentilerinin, önceki travmatik deneyimlerinin ve sezaryen sırasında ağrı yaşama riskinin değerlendirilmesi için önemlidir. ASA'nın sezaryen sırasında ağrıya ilişkin güncel bildirimi, ortak karar verme ve

hastayla açık iletişimin bakım kalitesini artırabileceğini vurgulamaktadır (American Society of Anesthesiologists Committee on Obstetric Anesthesia, 2023).

Obstetrik Analjezi

Doğum analjezisi, anne konforunun yanı sıra yorgunluk ve stres yanıtının azaltılması açısından önemlidir. Nöroaksiyel analjezi, kontrendikasyon bulunmadığında etkili ve titrasyonu mümkün bir yöntemdir.

Epidural analjezi

Epidural kateter, doğum eylemi boyunca sürekli veya aralıklı dozlamaya ve gerektiğinde sezaryen için cerrahi anesteziye dönüştürülebilme olanağı sağlar. Ancak doğum eylemi sırasında yetersiz veya tekrarlayan ek doz gerektiren epidural kateterlerde sezaryen gerektiğinde başarısız dönüşüm riski artabilir (Practice Guidelines for Obstetric Anesthesia, 2016).

Kombine spinal-epidural

Kombine spinal-epidural teknik hızlı intratekal analjezi ile epidural kateterin uzatılabilirliğini birleştirir. Özellikle hızlı ve etkin analjezi gereksiniminde uygun bir seçenektir.

Dural ponksiyon epidural

Dural ponksiyon epidural, epidural kateter yerleştirilirken küçük çaplı spinal iğne ile dural ponksiyon yapılmasını içerir. Bazı çalışmalarda sakral yayılım ve analjezi kalitesi açısından avantajlar bildirilmiş olmakla birlikte, teknik seçimi kurum deneyimi ve hasta özelliklerine göre yapılmalıdır.

Sezaryen İçin Anestezi Seçimi

Nöroaksiyel anestezi, sezaryen için çoğu durumda tercih edilen yöntemdir. Spinal, epidural veya kombine spinal-epidural teknik; cerrahinin aciliyeti, mevcut epidural kateter, koagülasyon durumu, antitrombotik tedavi, maternal hemodinami ve hava yolu riski birlikte değerlendirilerek seçilir (Practice Guidelines for Obstetric Anesthesia, 2016).

Tablo 1 Sezaryen için anestezi tekniği seçiminde klinik yaklaşım

Klinik Durum	Tercih Edilebilecek Yaklaşım	Temel Değerlendirme
Elektif sezaryen	Spinal veya uygun olguda CSE	Koagülasyon, antitrombotik tedavi, hava yolu
Doğum eyleminde çalışan epidural	Epiduralin cerrahi anesteziye dönüştürülmesi	Kateterin etkinliği ve blok seviyesi
Hızlı nöroaksiyel anestezi gereksinimi	Spinal/CSE	Acilin derecesi ve hemodinamik durum
Nöroaksiyel kontrendikasyon	Genel anestezi	Aspirasyon ve zor havayolu planı
Ciddi preeklampsi	Nöroaksiyel çoğu zaman uygun	Trombosit trendi, koagülasyon, klinik kanama
Majör obstetrik hemoraji	Bireyselleştirilmiş; hızlı cerrahi ve resüsitasyon	Kanama, hemodinami, koagülasyon

Nöroaksiyel Anestezi ve Trombositopeni

Gebelikte trombositopeninin nedeni ve klinik seyri önemlidir. Gestasyonel trombositopeni, immün trombositopeni ve hipertansif gebelik hastalıklarında nöroaksiyel karar yalnız trombosit sayısına indirgenmemelidir.

SOAP multidisipliner konsensusuna göre, başka kanama riskleri bulunmayan ve trombosit sayısı ≥70.000/μL olan gebelerde

gestasyonel trombositopeni, ITP veya hipertansif gebelik hastalıkları bağlamında spinal epidural hematom riskinin çok düşük olması beklenmektedir; karar klinik bağlam ve risk-yarar değerlendirmesi ile verilmelidir (Bauer et al., 2021).

Trombosit sayısı <70.000/μL olduğunda ek hematolojik değerlendirme gerekebilir. Hızlı düşen trombosit sayısı, aktif kanama, DIC şüphesi veya HELLP gibi durumlarda tek bir eşik değer yerine hastanın güncel klinik ve laboratuvar durumu dikkate alınmalıdır (Bauer et al., 2021).

Antitrombotik Tedavi ve Nöroaksiyel Teknik

Antikoagülan veya antiplatelet tedavi alan gebelerde nöroaksiyel girişim kararı ilaca, doza, son doz zamanına, böbrek fonksiyonuna ve obstetrik aciliyete göre verilmelidir. ESAIC/ESRA kılavuzu antitrombotik tedavi ile nöroaksiyel hematom riskini azaltmak amacıyla ilaç-spesifik zaman aralıkları ve bireyselleştirilmiş risk değerlendirmesi önermektedir (Kietaibl et al., 2022).

Tablo 2 Antitrombotik ilaç gruplarına göre nöroaksiyel girişim yaklaşımı

İlaç Grubu	Nöroaksiyel Karar	Temel İlke
LMWH	Doz ve böbrek fonksiyonuna göre kılavuz aralığı	Son doz zamanı mutlaka doğrulanmalı
UFH	Doz ve uygulama şekline göre değerlendirme	Profilaktik ve terapötik kullanım ayrılmalı
VKA	Nöroaksiyel öncesi uygun koagülasyon düzeyi	Acil durumda multidisipliner değerlendirme
DOAC	Genellikle daha uzun kesilme aralıkları	Gebelikte kullanım zaten özel durumdur
Aspirin	Tek başına karar verdirmez	Trombositopeni ve diğer hemostaz bozuklukları birlikte değerlendirilir

Tablodaki süreler tek başına reçete veya işlem talimatı olarak kullanılmamalıdır; ilaca ve doza özgü güncel ESAIC/ESRA/ASRA önerileri ile kurum protokolü esas alınmalıdır (Kietaibl et al., 2022).

Obstetrik Zor Havayolu

Gebelikte üst havayolu mukozal ödemi, damarlaşma artışı ve kilo artışı laringoskopiyi zorlaştırabilir. Azalmış fonksiyonel rezidüel kapasite ve artmış oksijen tüketimi ise apne toleransını azaltır. Bu nedenle genel anestezi planlanan gebede zor havayolu stratejisi önceden belirlenmelidir (Apfelbaum et al., 2022; Practice Guidelines for Obstetric Anesthesia, 2016).

- Baş ve gövdeyi yükselterek preoksijenasyon.
- Uygun boyutlarda endotrakeal tüp ve alternatif havayolu ekipmanının hazır tutulması.
- Videolaringoskopun erişilebilir olması.
- Zor havayolu algoritmasının ekip tarafından bilinmesi.
- Başarısız entübasyonda oksijenasyonu korumaya öncelik verilmesi.
- Sürekli ekspiratuvar kapnografi ile tüp yerinin doğrulanması.

2022 ASA Zor Havayolu Kılavuzu, sezaryende genel anestezi sırasında baş-yükseltilmiş pozisyonun preoksijenasyonu ve laringoskopiyi kolaylaştırabileceğini ve tüp yerinin sürekli ekspiratuvar kapnografi ile doğrulanması gerektiğini belirtmektedir (Apfelbaum et al., 2022).

Preeklampsi ve Eklampside Anestezi

Preeklampside anestezi yönetimi; kan basıncı, nörolojik durum, trombosit sayısı, karaciğer ve böbrek fonksiyonları, sıvı dengesi ve obstetrik gereksinimlerin birlikte değerlendirilmesini gerektirir.

- Şiddetli hipertansiyonun zamanında tedavisi.
- Eklampside nöbet profilaksisi ve tedavisi için magnezyum sülfatın uygun kullanımı.
- Pulmoner ödem ve sıvı yüklenmesinden kaçınma.
- Trombosit sayısının trendi ve klinik kanama bulgularının değerlendirilmesi.
- Nöroaksiyel anestezinin uygun hastalarda avantajlarından yararlanma.
- Genel anestezi gerekiyorsa hipertansif yanıt ve zor havayolu hazırlığı.

Magnezyum sülfat kullanan hastalarda renal fonksiyon ve toksisite bulguları izlenmelidir. Derin tendon reflekslerinde kayıp, solunum depresyonu ve ciddi kardiyak etkiler toksisite açısından uyarıcıdır; şüpheli toksisitede magnezyum kesilmeli, destek tedavisi sağlanmalı ve uygun kalsiyum preparatı kullanılmalıdır.

Jinekolojik Cerrahide Anestezi

Jinekolojik cerrahinin türü, cerrahi süresi, pozisyon, kanama potansiyeli ve laparoskopik yaklaşım anestezi planını belirler.

Laparoskopi ve pnömoperitoneum

Pnömoperitoneum intraabdominal basıncı artırarak diyaframı yukarı iter, akciğer kompliyansını azaltır ve ventilasyon basınçlarını yükseltebilir. Artmış intraabdominal basınç venöz dönüşü ve kardiyak debiyi etkileyebilir. Trendelenburg pozisyonu bu etkileri belirginleştirebilir.

- Ventilasyon basınçları ve end-tidal CO_2 izlenmelidir.
- Uygun PEEP ve ventilasyon stratejisi hastaya göre ayarlanmalıdır.
- Derin Trendelenburg pozisyonunda yüz, hava yolu ve üst ekstremite basınç noktaları korunmalıdır.
- Pnömoperitoneum sırasında hemodinamik değişiklikler yakından izlenmelidir.

Gebelikte obstetrik olmayan jinekolojik cerrahi

Gebelik sırasında obstetrik olmayan cerrahi gereksinimi (örn. adneksiyal kitle, over torsiyonu) nadir değildir. Mümkün olduğunda elektif girişimler doğum sonrasına, aciliyeti düşük girişimler ise organogenezin tamamlandığı ikinci trimestere ertelenmelidir. Anestezi tekniği seçimi büyük ölçüde gebe olmayan hastadakiyle benzerdir; ancak maternal hipoksi, hipotansiyon ve aşırı hiperventilasyondan kaçınılması, uygun olgularda fetal kalp hızının izlenmesi ve obstetrik ekiple önceden koordinasyon sağlanması önerilmektedir.

Postoperatif Analjezi ve Bulantı-Kusma

Jinekolojik ve obstetrik cerrahide multimodal analjezi ve erken derlenme (enhanced recovery) protokolleri opioid

gereksinimini azaltabilir. Seçim; cerrahi türü, emzirme durumu, renal/hepatik fonksiyon ve tromboemboli/kanama riskine göre yapılmalıdır (Bollag et al., 2021).

Sezaryende nöroaksiyel opioidlerin uygun hastalarda kullanımı ve parasetamol/NSAİİ gibi nonopioid analjeziklerin kontrendikasyon yoksa multimodal plana eklenmesi önerilmektedir. Postoperatif bulantı-kusma için risk değerlendirmesi yapılmalı ve gerektiğinde multimodal profilaksi uygulanmalıdır.

Obstetrik Hemoraji Açısından Anestezi Hazırlığı

Obstetrik hemoraji geliştiğinde anestezi ekibi obstetri, kan bankası ve gerektiğinde yoğun bakım ekibiyle eş zamanlı çalışmalıdır. Kanama kontrolü ile resüsitasyonun paralel yürütülmesi güvenli yönetimin temelidir.

- Geniş damar yolu ve gerektiğinde arteriyel monitörizasyon.
- Kan grubu ve uygun kan ürünlerine hızlı erişim.
- Hemoglobin, fibrinojen, trombosit ve koagülasyonun seri değerlendirilmesi.
- Hipotermi, hipokalsemi ve asidozun önlenmesi/tedavisi.
- Traneksamik asidin klinik endikasyon oluştuğunda gecikmeden kullanılması.
- Cerrahi kanama kontrolü ile hedefe yönelik kan ürünleri tedavisinin eş zamanlı yürütülmesi.

Obstetrik hemoraji için ayrıntılı şok ve kanama resüsitasyonu bir sonraki bölümde ayrıca ele alınacaktır; burada amaç anestezi planına ilişkin temel hazırlığı tanımlamaktır.

Jinekolojik ve Obstetrik Anestezide Özel Durumlar

- Morbid obezite: zor havayolu, hızlı desatürasyon, aspirasyon ve tromboemboli riski artabilir.
- Obstrüktif uyku apnesi: sedatif/opioid kullanımı ve postoperatif solunum depresyonu açısından dikkat gerektirir (Dominguez et al., 2023).
- Kardiyak hastalık: gebeliğin artmış kardiyak yükü ve doğum/cerrahi hemodinamik değişiklikleri dikkate alınmalıdır.
- Pulmoner hipertansiyon: hipoksi, hiperkapni ve asidozdan kaçınılmalı; sağ ventrikül korunmalıdır.
- Trombofili/antikoagülasyon: nöroaksiyel karar ilaç-spesifik aralıklara göre verilmelidir.
- HELLP/DIC: hızlı değişen hemostaz nedeniyle güncel laboratuvar değerlendirmesi gerekir.

Klinik Karar Algoritması

1. Gebelik haftası, obstetrik endikasyon ve cerrahi aciliyeti belirle.
2. Maternal kardiyak, solunumsal ve obstetrik riskleri değerlendir.
3. Hava yolunu ve aspirasyon riskini değerlendir.
4. Trombosit sayısı, kanama bulguları ve antitrombotik tedaviyi kontrol et.
5. Nöroaksiyel anestezi için kontrendikasyonları dışla.

6. Uygun teknik ve başarısızlık halinde alternatif planı belirle.
7. Sezaryende blok seviyesini cerrahi başlamadan doğrula.
8. Hipotansiyonu erken tanı ve maternal uteroplasental perfüzyonu koru.
9. Hemoraji için kan bankası ve resüsitasyon planını önceden hazırla.
10. Postoperatif analjezi, solunum izlemi, bulantı-kusma ve tromboemboli profilaksisini planla.

Klinik Anahtar Noktalar

- Obstetrik anestezide nöroaksiyel teknikler çoğu hastada temel ve tercih edilen yaklaşımdır.
- Sezaryen anestezisi seçimi yalnız cerrahi aciliyete değil, koagülasyon, antitrombotik tedavi, hava yolu ve maternal hemodinamiye göre yapılmalıdır.
- Trombositopenide tek bir sayı yerine etiyoloji, trombosit trendi, kanama bulguları ve genel klinik durum birlikte değerlendirilmelidir.
- Trombosit ≥70.000/μL olan uygun seçilmiş obstetrik hastalarda nöroaksiyel hematom riski çok düşük kabul edilmektedir; karar yine klinik bağlamda verilmelidir (Bauer et al., 2021).
- Genel anestezide gebe hastada hızlı desatürasyon ve zor havayolu riski nedeniyle preoksijenasyon ve kurtarma planı kritik önemdedir.

- Preeklampside kan basıncı kontrolü, magnezyum tedavisi, sıvı yönetimi ve hemostaz birlikte ele alınmalıdır.
- Jinekolojik laparoskopide pnömoperitoneum ve Trendelenburg pozisyonunun solunum ve dolaşım etkileri önceden öngörülmelidir.
- Obstetrik hemorajide kanama kontrolü ve resüsitasyon eş zamanlı yürütülmelidir.
- Anestezi planı hastanın tercihleri, kurum olanakları ve güncel kılavuzlarla birlikte bireyselleştirilmelidir.

Sonuç

Jinekolojik ve obstetrik anestezi, maternal ve fetal güvenliğin birlikte gözetildiği, hızlı karar verme ve çok disiplinli iş birliği gerektiren bir alandır. Nöroaksiyel tekniklerin doğru hasta seçimiyle uygulanması, zor havayolu ve obstetrik hemorajiye önceden hazırlıklı olunması, preeklampsi gibi durumlarda bireyselleştirilmiş yaklaşım sergilenmesi bu alandaki güvenli uygulamanın temelini oluşturur. Güncel kılavuzların düzenli olarak izlenmesi ve kurumsal protokollerin bu kılavuzlarla uyumlu şekilde güncellenmesi önerilir.

Kaynakça

American Society of Anesthesiologists Committee on Obstetric Anesthesia. (2023). Statement on Pain During Cesarean Delivery. ASA. https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-pain-during-cesarean-delivery

Apfelbaum, J. L., Hagberg, C. A., Connis, R. T., Abdelmalak, B. B., Agarkar, M., Dutton, R. P., Fiadjoe, J. E., Greif, R., Klock, P. A., Mercier, D., Myatra, S. N., O'Sullivan, E. P., Rosenblatt, W. H., Sorbello, M., & Tung, A. (2022). 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*, *136*(1), 31–81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002.

Bauer, M. E., Arendt, K., Beilin, Y., Gernsheimer, T., Perez Botero, J., James, A. H., Yaghmour, E., Toledano, R. D., Turrentine, M., Houle, T., MacEachern, M., Madden, H., Rajasekhar, A., Segal, S., Wu, C., Cooper, J. P., Landau, R., & Leffert, L. (2021). The Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology Interdisciplinary Consensus Statement on Neuraxial Procedures in Obstetric Patients With Thrombocytopenia. *Anesthesia and Analgesia*, *132*(6), 1531–1544. doi: 10.1213/ANE.0000000000005355.

Bollag, L., Lim, G., Sultan, P., Habib, A. S., Landau, R., Zakowski, M., Tiouririne, M., Bhambhani, S., & Carvalho, B. (2021). Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology: Consensus Statement and Recommendations for Enhanced Recovery After Cesarean. *Anesthesia and Analgesia*, *132*(5), 1362–1377. doi: 10.1213/ANE.0000000000005257.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Dominguez, J. E., Cantrell, S., Habib, A. S., Izci-Balserak, B., Lockhart, E., Louis, J. M., Miskovic, A., Nadler, J. W., Nagappa, M., O'Brien, L. M., Won, C., & Bourjeily, G. (2023). Society of Anesthesia and Sleep Medicine and the Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology Consensus Guideline on the Screening, Diagnosis, and Treatment of Obstructive Sleep Apnea in Pregnancy. *Obstetrics and Gynecology*, *142*(2), 403–423. doi: 10.1097/AOG.0000000000005261.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology*, *39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Practice Guidelines for Obstetric Anesthesia: An Updated Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Obstetric Anesthesia and the Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology. (2016). *Anesthesiology*, *124*(2), 270–300. doi: 10.1097/ALN.0000000000000935.

BÖLÜM 51

OBSTETRİDE HİPOVOLEMİK ŞOK

YUSUF YILMAZ[1]

Giriş

Obstetrik hipovolemik şok, dolaşan hacimdeki azalma sonucunda maternal doku perfüzyonunun ve oksijen sunumunun yetersiz kaldığı, hızla organ işlev bozukluğuna ilerleyebilen bir acil durumdur. Gebelikte kusma, ishal veya yetersiz alım gibi kanama dışı nedenler de hipovolemi oluşturabilmekle birlikte, bu bölümün odağı gebelik, doğum ve postpartum dönemdeki kanamaya bağlı hemorajik şoktur. Anestezist, damar içi hacmi tamamlarken havayolu güvenliğini sağlar, oksijen taşınmasını ve hemostazı destekler, cerrahi kanama kontrolünü kolaylaştırır ve resüsitasyon yanıtını izler. Resüsitasyon ile kanama kaynağının kontrolü eş zamanlı yürütülür (Muñoz et al., 2019; Robinson et al., 2022).

Postpartum hemorajide tanı, ilk tedavi, üst düzey yardımın devreye sokulması ve kan ürünlerinin temininindeki gecikmeler önlenebilir kötü sonuçlara katkıda bulunur. Güncel yaklaşımda kan kaybı nesnel olarak ölçülür, fizyolojik bozulma erken tanınır ve ilk tedaviler bir

[1] Uzm. Dr., Kayseri Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-1192-3340

müdahale paketi halinde başlatılır. Bu bölüm, obstetrik kanamanın nedenlerini ve fizyopatolojisini açıklamakta; ilk değerlendirme, hemostatik resüsitasyon, anestezi seçimi ve yoğun bakım izlemini klinik karar noktaları üzerinden ele almaktadır (Coomarasamy et al., 2026).

Gebeliğe Özgü Fizyoloji ve Şokun Gelişimi

Gebelikte dolaşan kan hacmi ve kardiyak debi artar; plazma hacmindeki artış eritrosit kütlesindeki artıştan daha belirgindir. Bu değişiklikler doğum sırasındaki kan kaybına bir rezerv sağlarken, ciddi kaybın başlangıçta normal sınırlardaki kan basıncıyla seyretmesine de neden olabilir. Önceden anemisi bulunan gebede oksijen taşıma rezervi daha düşüktür. Bu nedenle aynı hacimdeki kayıp farklı hastalarda farklı klinik sonuçlar doğurabilir; tek bir hacim eşiği veya normal hemoglobin değeri güvenli dolaşımı göstermez (Muñoz et al., 2019).

Kan kaybıyla venöz dönüş, atım hacmi ve kardiyak debi azalır. Sempatik yanıt taşikardi ve periferik vazokonstriksiyon oluşturarak merkezi organ perfüzyonunu bir süre korur. Kayıp sürdüğünde oksijen sunumu tüketimi karşılayamaz; hücresel hipoksi, laktat artışı, metabolik asidoz ve organ işlev bozukluğu gelişir. Kan basıncındaki geçici düzelme, oksijen borcunun giderildiği anlamına gelmez. Mental durum, periferik perfüzyon, idrar çıkışı ve laktat eğilimi birlikte izlenmelidir (Muñoz et al., 2019; Robinson et al., 2022).

Term gebelikte uteroplasental dolaşım yüksek akımlıdır. Plasentanın ayrılmasını izleyen hemostaz, miyometriyumun damarları mekanik olarak sıkıştırması ve yeterli pıhtı oluşumuna bağlıdır. Uterin atoni mekanik kontrolü bozar; plasental ayrılma anomalileri, doku retansiyonu ve travma kanamayı sürdürebilir. Gebeliğin hiperkoagülabilitesi ağır kanamaya karşı mutlak koruma sağlamaz. Fibrinojen tüketimi, hemodilüsyon, hipotermi, asidoz ve sitrata bağlı hipokalsemi birbirini ağırlaştırabilir. Ablasyo plasenta

ve amniyotik sıvı embolisinde koagülopati, görünür kayıp çok büyük olmadan da erken gelişebilir (Hofer et al., 2023).

Kanama Nedenleri ve Risk Değerlendirmesi

Erken gebelikte rüptüre ektopik gebelik ve düşükle ilişkili kanama; ileri gebelikte plasenta previa, ablasyo plasenta, plasenta akreta spektrumu ve uterin rüptür düşünülmelidir (Chu et al., 2020; National Institute for Health and Care Excellence, 2026). Doğum sonrasında uterin atoni ön planda olmakla birlikte, genital kanal travması, retansiyone plasental doku ve koagülasyon bozukluğu sistematik biçimde araştırılır. Birincil postpartum hemoraji doğumdan sonraki ilk 24 saatte gelişir; daha geç kanamalarda retansiyone ürünler ve enfeksiyon gibi nedenler ayrıca değerlendirilir. Kanamanın zamanlaması ayırıcı tanıyı yönlendirir, ancak instabil hastada resüsitasyonun başlamasını değiştirmez (Escobar et al., 2022; Robinson et al., 2022).

Postpartum değerlendirmede kullanılan 4T yaklaşımı Tablo 1'de özetlenmiştir. Atoni, travma ve koagülopati aynı hastada birlikte bulunabileceğinden 4T başlıkları eş zamanlı değerlendirilir. Vajinal kaybın az olması intraabdominal veya retroperitoneal kanamayı dışlamaz. Uterusun kontrakte olması da genital kanal laserasyonunu, hematomu veya cerrahi damar kanamasını dışlatmamalıdır (Escobar et al., 2022; Muñoz et al., 2019).

Önceki postpartum hemoraji, çoğul gebelik, uterin aşırı distansiyon, uzamış doğum eylemi, operatif doğum, anemi ve anormal plasentasyon hazırlık gereksinimini artırır. Plasenta previa ile önceki sezaryen birlikteliği, plasenta akreta spektrumu açısından özellikle önemlidir. Yüksek riskli hastada antenatal anestezi değerlendirmesi, aneminin düzeltilmesi, kan bankasıyla planlama ve deneyimli ekip bulunan merkezde doğum organizasyonu yapılmalıdır. Bilinen risk faktörü olmayan hastalarda da kanama

gelişebileceğinden her doğum biriminde uygulanabilir bir acil protokol bulunmalıdır (Escobar et al., 2022; Reale & Farber, 2022).

Tablo 1 Postpartum hemorajide 4T yaklaşımı

Başlık	**Olası *Neden***	**Yönlendirici Değerlendirme**
Tonus	Uterin atoni	Yumuşak uterus; masaj ve uterotoniğe yanıt
Travma	Laserasyon, hematom, uterin rüptür veya cerrahi kanama	Kontrakte uterusta süren kanama; saklı kanama olasılığı
Doku	Plasenta/doku retansiyonu, anormal plasentasyon	Plasenta bütünlüğü, uterin kavite ve akreta riski
Pıhtılaşma	Tüketim, dilüsyon veya önceden var olan koagülopati	Yaygın sızıntı; fibrinojen, trombosit ve koagülasyon testleri

Kaynak: Escobar et al., 2022; Hofer et al., 2023. Tablo, belirtilen kaynaklar temel alınarak klinik kullanım için hazırlanmıştır.

Erken Tanı ve Klinik Değerlendirme

Postpartum hemoraji tanımı ile hemorajik şok tanımı aynı değildir: kanama şok gelişmeden tanınmalı ve tedavi edilmelidir. Dünya Sağlık Örgütünün 2025 kılavuzu, doğumdan sonraki ilk 24 saatte nesnel olarak ölçülen kaybın en az 500 mL olması veya en az 300 mL kayba anormal hemodinamik bulgulardan birinin eşlik etmesi durumunda ilk müdahalenin başlatılmasını önerir. Bu bulgular nabız >100/dk, şok indeksi >1, sistolik basınç <100 mmHg veya diyastolik basınç <60 mmHg'dır; ilk iki saatte özellikle dikkatli izlem gerekir. Bu eşikler tedaviyi başlatmak içindir; belirgin dolaşım bozulması bulunan hastada ölçümün tamamlanması beklenmez (World Health Organization [WHO], 2025).

Kan kaybı kalibre toplama örtüleri, aspiratör hacmi ve kullanılan materyalin tartılmasıyla kümülatif olarak hesaplanır. Aspiratördeki amniyotik ve irrigasyon sıvısı ayrıştırılmalıdır. Görsel tahmin tek başına yeterli değildir. Ölçümlerin zamanı ve uygulanan müdahaleler kaydedilerek kanama hızı ve tedavi yanıtı izlenir. Yeniden değerlendirmede uterin tonus, cerrahi alan, vajinal kayıp ve

saklı kanama olasılığı birlikte ele alınır (Coomarasamy et al., 2026; Escobar et al., 2022).

Şok indeksi, kalp hızının sistolik kan basıncına bölünmesiyle hesaplanır. Örneğin nabzı 120/dk, sistolik basıncı 100 mmHg olan hastada indeks 1,2'dir. Obstetrik kohortlar, yükselen indeksin kötü sonuçlarla ilişkili olduğunu göstermiştir; 0,9 ve üzerindeki değerler yakından değerlendirme gerektirebilir. Şok indeksi için kullanılan eşiklerin tanı koyma ve dışlama gücü sınırlıdır. Ağrı, ateş, ilaçlar ve nöroaksiyel blok ölçümü etkileyebilir; başlangıca göre değişim, kanama hızı ve perfüzyon bulguları önemlidir. Araştırmalardaki risk eşikleri, WHO'nun tedaviyi başlatma ölçütleriyle karıştırılmamalıdır (Nathan et al., 2019; WHO, 2025).

İlk örneklerde tam kan sayımı, kan grubu ve uygunluk testi, protrombin zamanı/INR, aktive parsiyel tromboplastin zamanı, Clauss fibrinojen, kan gazı, laktat ve iyonize kalsiyum değerlendirilir. Klinik gidişe göre seri örnekler alınır; hızlı kanamada başlangıç sonucu kısa sürede güncelliğini yitirebilir. Akut kaybın erken döneminde hemoglobin henüz düşmemiş olabilir. Normal PT ve aPTT, fibrinojen eksikliğini veya klinik olarak önemli kanamayı dışlamaz. Laboratuvar sonuçlarını beklemek, şokta eritrosit verilmesini veya cerrahi müdahaleyi geciktirmemelidir (Hofer et al., 2023; Muñoz et al., 2019).

Yatak başı ultrasonografi, abdominal serbest sıvıyı veya eşlik eden kardiyak sorunu değerlendirmeye yardımcı olabilir; negatif inceleme aktif kanamayı dışlamaz. Kanamayla açıklanamayan ağır hipoksemi, sağ kalp yüklenmesi veya ani kollapsta pulmoner emboli, amniyotik sıvı embolisi, anafilaksi, yüksek nöroaksiyel blok ve kardiyak nedenler de düşünülür. Amniyotik sıvı embolisinde dolaşım yetmezliği ve koagülopati birlikte olabileceğinden tabloyu

yalnızca hacim kaybı olarak değerlendirmek yetersizdir (Chu et al., 2020; Hofer et al., 2023; Muñoz et al., 2019).

İlk Müdahale ve Ekip Organizasyonu

Obstetri, anestezi, ebe/hemşire ekibi ve kan bankası erken haberdar edilir. Bir ekip lideri belirlenir; havayolu ve dolaşım desteği, kanama kontrolü, ilaç ve ürün uygulaması ile zaman kaydı açık biçimde paylaşılır. Ekip üyeleri istemleri tekrar ederek doğrular ve tamamlanan işlemi bildirir. Devam eden hızlı kanama, dolaşım bozulması veya kısa sürede çok sayıda ürün gereksinimi öngörülüyorsa kurumun masif obstetrik kanama protokolü etkinleştirilir. Aktivasyon için belirli sayıda ünitenin verilmiş olması beklenmez (Escobar et al., 2022; Reale & Farber, 2022).

Havayolu açıklığı, ventilasyon ve oksijenasyon değerlendirilir; hipoksemi veya şokta oksijen desteği sağlanır. Gebelik devam ediyorsa aortokaval basıyı azaltacak sol uterin deplasman uygulanır. İki geniş periferik damar yolu, tercihen 14–16 G, açılır; kan örnekleri alınır ve ısıtılmış sıvı/ürün uygulamasına hazırlanılır. Arteriyel kateter sürekli basınç izlemi ve seri örnekleme için yararlıdır; yerleştirilmesi resüsitasyonu kesintiye uğratmamalıdır. İdrar sondası, çekirdek sıcaklık izlemi ve aktif hasta ısıtması erken planlanır (Escobar et al., 2022; Muñoz et al., 2019).

E-MOTIVE çalışmasında vajinal doğum yapan kadınlarda kalibre kan toplama örtüsü ve ilk müdahale paketinin birlikte uygulanması incelenmiştir. Şiddetli postpartum hemoraji, kanama nedeniyle laparotomi veya kanamaya bağlı maternal ölümden oluşan bileşik sonuç müdahale grubunda %1,6, standart bakım grubunda %4,3 bulunmuştur (risk oranı 0,40; %95 güven aralığı 0,32–0,50). Çalışma, tek bir ilacı değil, müdahale paketi ile uygulama stratejisinin toplam etkisini değerlendirmiştir (Gallos et al., 2023).

Uygulamada uterin masaj, uterotonik, erken traneksamik asit, intravenöz sıvı, genital kanal ve plasenta değerlendirmesi ile yardımın artırılması birlikte başlatılır. Atoni dışındaki nedenlerin araştırılması, oksitosine yanıt beklenerek ertelenmez. İlk tedaviye rağmen kanama sürüyorsa sonraki basamağa geçiş kararı erken verilir (Gallos et al., 2023; WHO, 2025).

Uterin Atoni ve Uterotonik Tedavi

Uterin atonide masaj, bimanuel kompresyon ve mesanenin boşaltılması farmakolojik tedaviye eşlik eder. İntravenöz oksitosin ilk seçenektir. Doz, daha önceki oksitosin maruziyeti, doğum şekli, kardiyak durum ve kullanılan kurum protokolüne göre titrasyonla uygulanır. Hızlı, yüksek doz intravenöz bolus; vazodilatasyon, taşikardi ve ağır hipotansiyona yol açabilir. Şoktaki hastada uterotonik uygulanırken dolaşım desteği sürdürülmeli ve hemodinamik etkiler yakından izlenmelidir (Escobar et al., 2022; Muñoz et al., 2019).

İlk tedavi yetersizse ikinci uterotonik, eşlik eden hastalıklara göre seçilir. Hipertansiyon/preeklampside ergot türevlerinden, astımda karboprosttan kaçınılır. Tablo 2'de tedavide kullanılan temel dozlar verilmiştir. Aynı ilacın etkisiz dozlarını tekrarlamak veya tüm seçenekleri tüketmeyi beklemek balon tamponadı ya da cerrahi kontrolü geciktirmemelidir. İlaç erişimi ve ruhsat bilgisi ülkeye göre değişebileceğinden kurumun mevcut preparatları önceden tanımlanmalıdır (Escobar et al., 2022; Muñoz et al., 2019).

Tablo 2 Uterin atoninin tedavisinde temel uterotonikler

İlaç	Tedavi Dozu ve Uygulama	Önemli Uyarı
Oksitosin	5–10 IU yavaş IV; şokta küçük bölünmüş dozlarla titrasyon. Gerektiğinde 40 IU/500 mL kristalloid, 125 mL/saat (10 IU/saat) infüzyon.	Hızlı IV bolustan kaçının. Doz ve infüzyonu yanıt, önceki maruziyet ve sıvı yüküne göre ayarlayın.
Metilergometrin / ergometrin	0,2 mg IM. Tekrar ve üst doz kullanılan preparat protokolüne göre.	Hipertansiyon, preeklampsi ve önemli kardiyovasküler hastalıkta kullanılmaz.
Karboprost	250 mikrogram IM; gereğinde 15–90 dakika arayla, toplam en çok 8 doz (2 mg).	Astımda kaçınılır. IV uygulanmaz; kardiyopulmoner etkiler izlenir.
Misoprostol	800 mikrogram dilaltı; oksitosin yoksa veya yanıt yetersizse seçenek.	Ateş ve titreme sık olabilir. Önceden profilaktik doz verilmişse ek doz otomatik tekrarlanmaz.

Kaynak: Escobar et al., 2022; Muñoz et al., 2019; Robinson et al., 2024. Tedavi dozlarıdır; profilaksi şeması değildir. IV: intravenöz; IM: intramüsküler. Karboprostun en fazla 8 doz sınırı yayımlanmış Robinson düzeltmesiyle de uyumludur. Ürün konsantrasyonu ve kurum protokolü doğrulanmalıdır.

Traneksamik Asit

Traneksamik asit (TXA), fibrin yıkımını azaltan bir antifibrinolitiktir. WOMAN çalışmasında kanamaya bağlı ölüm, TXA grubunda %1,5 ve plasebo grubunda %1,9 bulunmuştur. Doğumdan sonraki ilk üç saatte tedavi edilenlerde yarar daha belirgindir (risk oranı 0,69; %95 güven aralığı 0,52–0,91). Histerektomi sıklığında anlamlı azalma gösterilmemiştir. Dolayısıyla TXA, uterotonik ve cerrahi kontrolün tamamlayıcısıdır (WOMAN Trial Collaborators, 2017).

Postpartum hemoraji tanısı konduğunda TXA mümkün olan en erken zamanda, doğumdan itibaren üç saat dolmadan 1 g intravenöz olarak yaklaşık 10 dakikada uygulanır. Kanama 30 dakika sonra sürüyorsa veya ilk dozdan sonraki 24 saat içinde

yeniden başlıyorsa ikinci 1 g verilebilir. Üç saatlik pencere, kanamanın fark edildiği andan değil doğumdan itibaren hesaplanır. Pıhtılaşma testini veya viskoelastik testte hiperfibrinoliz gösterilmesini beklemek gerekmez. Doğumdan üç saatten sonra ilk kez başlanan tedavinin yararı gösterilmediğinden rutin gecikmiş başlangıç önerilmez (WHO, 2025; WOMAN Trial Collaborators, 2017).

Tedavi kanıtları tüm doğumlarda rutin profilaksi anlamına gelmez. Sezaryende 11.000 katılımcıyla yürütülen çalışmada profilaktik TXA, maternal ölüm veya transfüzyondan oluşan birincil sonucu anlamlı azaltmamıştır. Rutin koruyucu kullanım ile tanı konmuş kanamanın tedavisi ayrı değerlendirilmelidir. Bilinen kontrendikasyonlar ve böbrek işlevi göz önünde bulundurulur. TXA ampulleri lokal anesteziklerden ayrı saklanmalı, enjektör açıkça etiketlenmelidir; yanlışlıkla intratekal uygulama ağır nörotoksisite ve ölüm oluşturabilir (Kowalczyk et al., 2024; Pacheco et al., 2023).

Sıvı Tedavisi ve Kan Ürünleri

Isıtılmış izotonik, tercihen dengeli kristalloidler kan ürünleri hazırlanırken başlangıç desteği sağlar. Küçük ve yeniden değerlendirilen boluslar, yanıtı ve aşırı sıvı yüklenmesini izlemeyi kolaylaştırır. Hızlı ve devam eden kanamada litrelerce kristalloidle dolaşımı sürdürmeye çalışmak; hemodilüsyon, hipotermi, ödem ve koagülopatiyi ağırlaştırabilir. Sentetik kolloidler rutin başlangıç tedavisinde tercih edilmez. Sıvı stratejisi, kaybın hızı, kan ürünü erişimi ve hastanın kardiyopulmoner rezerviyle birlikte belirlenir (Muñoz et al., 2019).

Eritrosit transfüzyonu kararı aktif şokta tek bir hemoglobin eşiğine bağlanmaz. Süren kayıp, hemodinami, perfüzyon ve beklenen cerrahi gereksinim belirleyicidir. Acil durumda uygunluk testi tamamlanmamış ürünlerin verilmesi, kan bankasının acil salım

prosedürüyle gerçekleştirilir; doğurganlık çağındaki hastada RhD ve diğer uygunluk özellikleri gözetilir, ancak yaşam kurtarıcı transfüzyon geciktirilmez. Grup ve uygunluk bilgisi elde edildikçe buna uygun ürünlere geçilir. Kanama kontrol altına alındıktan sonra stabil hastada daha kısıtlayıcı transfüzyon yaklaşımı uygulanabilir; bu dönemde yaklaşık 7 g/dL eşiği semptomlar ve eşlik eden hastalıklarla birlikte değerlendirilir (Muñoz et al., 2019).

Tablo 3 Aktif kanamada hemostatik tedavi ve izlem hedefleri

Bileşen / İzlem	**Karar ve Başlangıç Yaklaşımı**	**Hedef / Sınırlama**
Eritrosit	Süren kayıp, şok ve perfüzyon bozukluğuna göre erken uygulama	Aktif şokta Hb eşiği beklenmez; stabil dönem hedefi ayrı belirlenir.
Plazma	Aktif kanama ve faktör eksikliğinde yaklaşık 15–20 mL/kg; PT/aPTT >1,5 kat uzama yol gösterir.	Testlerle ve klinik yanıtla yeniden değerlendir; yalnız hacim genişletmek için verme.
Trombosit	Devam eden ciddi postpartum kanamada trombosit $<75x10^9$/L ise transfüzyon önerilir; viskoelastik bulgular ve klinik durum da değerlendirilir.	Süren kanamada $>50x10^9$/L; sayı ve pıhtı gücü birlikte değerlendirilir.
Fibrinojen	<2 g/L veya fonksiyonel eksiklikte konsantre/ kriyopresipitat; konsantre için örnek başlangıç dozu 4 g, ardından ölçüme göre titrasyon.	En az 2 g/L; doz sonrası tekrar ölçüm. Kriyopresipitat dozu ürünün fibrinojen içeriğine göre.
İyonize kalsiyum	Masif transfüzyonda seri ölçüm, eksiklikte uygun kalsiyum preparatı	Laboratuvarın normal aralığı; kalsiyum tuzlarının gramları eşdeğer değildir.
Sıcaklık / perfüzyon	Aktif ısıtma; kan gazı, laktat, mental durum ve idrar çıkışı izlemi	Normotermi; intraoperatif ısıtmada ≥36,5 °C hedefi. Düşen laktat ve düzelen organ perfüzyonu.

Kaynak: Hofer et al., 2023; Kietaibl et al., 2023; Muñoz et al., 2019; National Institute for Health and Care Excellence, 2016; Rossaint et al., 2023. Eşikler tek başına karar verdirmez; devam eden kanama ve yerel masif transfüzyon protokolüyle birlikte kullanılır. Hb: hemoglobin; PT: protrombin zamanı; aPTT: aktive parsiyel tromboplastin zamanı.

Masif transfüzyon paketlerinin başlıca yararı ürünlere hızlı ve düzenli erişim sağlamalarıdır. Eritrosit, plazma ve trombosit için travmadan aktarılan sabit oranlar obstetrik hastada değişmez bir hedef gibi kullanılmamalıdır. Başlangıçta yerel paketler uygulanabilir; laboratuvar veya viskoelastik testler ulaşır ulaşmaz bileşenler mevcut eksikliğe göre düzenlenir. Kontrol sağlandığında protokolün sonlandırılması kan bankasına bildirilerek gereksiz ürün uygulaması önlenir (Hofer et al., 2023; Kietaibl et al., 2023).

Fibrinojen ve Hedefe Yönelik Hemostaz

Fibrinojen gebelikte yükselir; ağır kanamada klinik açıdan önemli düzeylere erken düşebilir. Bu nedenle gebelik dışı bir laboratuvar aralığında "normal" görünen sonuç obstetrik kanama bağlamında yetersiz olabilir. Devam eden kanamada Clauss fibrinojenin 2 g/L'nin altına düşmesi, fibrinojen konsantresi veya kriyopresipitat ile replasman için güçlü bir uyarıdır. Genel amaç en az 2 g/L düzeyini sağlamaktır; tedavi sonrası tekrar ölçüm yapılır. Düşük hacimde yoğun fibrinojen sağlamak gerektiğinde plazma tek başına uygun bir ikame olmayabilir (Hofer et al., 2023; Kietaibl et al., 2023).

Ölçülen düzeyi veya fonksiyonel fibrinojen katkısı yeterli olan her kanamalı hastaya ampirik fibrinojen verilmesi desteklenmemektedir. OBS2 çalışmasında FIBTEM A5 ≤15 mm eşiğiyle başlanan erken fibrinojen konsantresi genel çalışma grubunda klinik yarar sağlamamıştır. Bulgular, fibrinojen >2 g/L veya FIBTEM A5 >12 mm iken rutin replasman yapılmamasını destekler; ağır eksikliği olan alt gruplar için çalışmanın sınırlı gücü dikkate alınmalıdır. Buna karşılık katastrofik kanamada veya erken tüketim koagülopatisi düşünülen ablasyo/amniyotik sıvı embolisinde, test gecikmesi varsa ampirik tedavi uzman ekip

tarafından değerlendirilebilir (Collins et al., 2017; Hofer et al., 2023).

Tromboelastografi ve rotasyonel tromboelastometri pıhtı başlangıcını, pıhtı gücünü ve lizisi hızla değerlendirebilir. Düşük fibrin katkısı fibrinojen replasmanını; uzamış pıhtılaşma zamanı ve uygun klinik bağlam faktör replasmanını yönlendirebilir. Azalmış pıhtı gücü yalnızca trombosit düşüklüğü anlamına gelmediğinden fibrinojen katkısıyla birlikte yorumlanmalıdır. Cihazlar ve reaktifler arasında eşikler bire bir aktarılmaz. Bu testler cerrahi kanama odağını göstermez; normal sonuçlar devam eden kanamanın önemsiz olduğunu kanıtlamaz (Hofer et al., 2023; Kietaibl et al., 2023).

Rekombinant aktive faktör VII veya protrombin kompleks konsantresi, temel bileşen tedavisinin ve kaynak kontrolünün rutin yerine geçmez. Persistan yaşamı tehdit eden kanamada kurtarma tedavileri değerlendirilirken fibrinojen, trombosit, sıcaklık, kalsiyum ve asit–baz durumu gözden geçirilir; tromboz riski ve ürünün ilgili endikasyonu dikkate alınır. Bu karar obstetri, anestezi ve hematoloji/transfüzyon ekiplerinin ortak değerlendirmesiyle verilmelidir (Hofer et al., 2023; Kietaibl et al., 2023).

Hipotermi Hipokalsemi ve Asidozun Önlenmesi

Hasta örtülmeli, aktif ısıtma uygulanmalı ve hızlı verilen sıvılar ile kan ürünleri uygun cihazlarla ısıtılmalıdır. Çekirdek sıcaklık seri izlenir. NICE perioperatif kılavuzu hipotermiyi <36 °C olarak tanımlar ve intraoperatif aktif ısıtmanın hasta sıcaklığını en az 36,5 °C tutacak şekilde ayarlanmasını önerir. Bu genel perioperatif hedef, kanama kontrolü ve resüsitasyonla birlikte uygulanır; hayat kurtarıcı cerrahi ısınma tamamlanana kadar ertelenmez. Isıtma, pıhtılaşma enzimleri ve trombosit işlevinin korunmasına katkıda

bulunur (Kietaibl et al., 2023; Muñoz et al., 2019; National Institute for Health and Care Excellence, 2016).

Kan ürünlerindeki sitrat iyonize kalsiyumu düşürebilir. Hipokalsemi miyokard kontraktilitesini, damar tonusunu ve hemostazı bozar; ağır transfüzyonda seri iyonize kalsiyum ölçümü gerekir. Replasman, kullanılan preparatın elemental kalsiyum içeriği ve damar yolunun güvenliği gözetilerek yapılır. Kalsiyum klorür ve kalsiyum glukonatın aynı gram miktarı eşdeğer değildir; preparatlar gram üzerinden birbirinin yerine geçirilmemelidir. Amaç laboratuvarın normal iyonize kalsiyum aralığına ulaşmaktır; ölçüm sonuçları elde edildikçe tekrar dozları ayarlanır (Kietaibl et al., 2023; Muñoz et al., 2019; Rossaint et al., 2023).

Asidozun temel tedavisi perfüzyonun düzeltilmesi, yeterli oksijen sunumu ve kanamanın durdurulmasıdır. Bikarbonatla bir kan gazı değerinin düzeltilmesi, devam eden oksijen borcunu ve koagülasyon bozukluğunu ortadan kaldırmaz. Laktatın seri azalması ve organ perfüzyonundaki düzelme, tek bir normal basınç ölçümünden daha anlamlı bir iyileşme göstergesidir (Muñoz et al., 2019).

Anestezi Yönetimi

Anestezi planı kanamanın hızı, bilinç ve solunum durumu, koagülasyon, mevcut blok, cerrahi girişimin kapsamı ve ekibin deneyimine göre belirlenir. Hemodinamik olarak stabil, koagülopatisi olmayan ve kısa girişim gerektiren hastada mevcut epidural kateterin dikkatli titrasyonu uygun olabilir. Ancak düzeltilmemiş şokta yeni nöroaksiyel blok, sempatik blokajla dolaşım bozulmasını ağırlaştırabilir. Koagülopati gelişmiş hastada epidural kateterin çıkarılması da ayrı bir kanama riski taşır; kateter yönetimi güncel koagülasyon durumu ve antikoagülan

zamanlamasıyla birlikte planlanır (Muñoz et al., 2019; Reale & Farber, 2022).

Devam eden instabil kanama, bilinç bozukluğu, yetersiz oksijenasyon/ventilasyon veya acil geniş cerrahi girişim gereksinimi genel anestezi ve trakeal entübasyon lehinedir. Obstetrik hastada aspirasyon ve zor havayolu riski birlikte değerlendirilir. Preoksijenasyon, deneyimli yardım, videolaringoskop ve başarısız entübasyon planı hazır olmalıdır. Uygun hastada hızlı seri indüksiyon uygulanır. Kan ürünleri ve dolaşım desteği indüksiyondan önce hazırlanmalı; resüsitasyon, entübasyon boyunca sürdürülmelidir (Muñoz et al., 2019; Reale & Farber, 2022).

Hipovolemide standart indüksiyon dozlarının etkisi ağır hipotansiyonla sonuçlanabileceğinden dozlar dolaşım durumuna göre azaltılarak titrasyonla seçilir. İndüksiyon ajanı seçimi, dolaşan hacmin düzeltilmesi gereğini ortadan kaldırmaz. Pozitif basınçlı ventilasyona geçişin venöz dönüşü azaltabileceği hesaba katılır. Anestezi derinliği, cerrahi gereksinim ve hemodinamik tolerans birlikte değerlendirilir; doğum henüz gerçekleşmemişse neonatal ekip bilgilendirilir (Muñoz et al., 2019; Reale & Farber, 2022).

Vazopresörler, hacim ve kan ürünü tedavisi devam ederken kabul edilemez hipotansiyonu düzeltmek için kullanılabilir. Persistan hipotansiyonda norepinefrin titrasyonu düşünülebilir; doz ve hedef, perfüzyon yanıtına göre ayarlanır. Vazopresörle basıncın düzelmesi hipovoleminin giderildiğini göstermez. İleri monitörizasyon, damar erişimi ve seri kan gazları tedaviyi destekler. Santral venöz basınç tek başına sıvı gereksinimini belirlemek için kullanılmamalıdır (Monnet et al., 2025; Muñoz et al., 2019).

Permisif hipotansiyon konusunda obstetrik randomize çalışma kanıtı sınırlıdır. Özellikle fetus uterustayken düşük maternal basınç hedeflerini travma protokollerinden doğrudan aktarmak

uygun değildir. Basınç, hastanın başlangıç değerleri ve organ perfüzyonu dikkate alınarak kişiselleştirilir; aşırı kristalloid verilmesinden kaçınırken süren hipoperfüzyon da kabul edilmez (Escobar et al., 2022; Muñoz et al., 2019).

Plasenta akreta spektrumu gibi yüksek kayıp beklenen cerrahilerde hücre kurtarma sistemi seçilmiş hastalarda önceden planlanabilir. ESAIC, obstetrik kullanımda RhD izoimmünizasyonuna karşı önlem alınmasını vurgular; deneyimli ekip, uygun yıkama/filtrasyon ve kurumun RhD uyumsuzluğu yönetimi gerekir (Kietaibl et al., 2023; Reale & Farber, 2022). Bununla birlikte WHO 2025, postpartum hemorajinin tedavisinde hücre kurtarmayı yalnızca titiz araştırma bağlamında önerir. Dolayısıyla planlı yüksek riskli cerrahideki seçilmiş kullanım, tüm postpartum kanamalarda rutin uygulama önerisi olarak genellenmemelidir. Hücre kurtarma plazma, trombosit ve fibrinojen desteğinin yerine geçmez (Reale & Farber, 2022; WHO, 2025).

Kesin Kanama Kontrolü

Atoniye bağlı kanama uterotoniklere yanıt vermiyorsa, uterin rüptür ve retansiyon gibi alternatif nedenler değerlendirilerek intrauterin balon tamponadı düşünülebilir. Balon, yakın izlem, kan ürünlerine erişim ve gerektiğinde gecikmeden cerrahiye geçilebilen bir bakım düzeni içinde kullanılmalıdır. Süren instabilitede balonun veya diğer konservatif yöntemlerin başarısını uzun süre beklemek güvenli değildir (Escobar et al., 2022; WHO, 2025).

Genital kanal laserasyonları onarılır; retansiyone doku uygun anestezi altında çıkarılır. Plasenta akreta spektrumu şüphesinde plasentayı zorla ayırma girişimi katastrofik kanamaya yol açabilir; deneyimli ekip tarafından planlanan cerrahi yaklaşım izlenir. Kompresyon sütürleri, arter ligasyonu, uterin arter embolizasyonu veya histerektomi arasında seçim; etiyoloji, instabilitenin derecesi,

mevcut olanaklar ve yanıtın hızına bağlıdır. Embolizasyon hazırlığı veya merkezler arası transfer, kontrol edilemeyen şokta gerekli cerrahiyi geciktirmemelidir (Escobar et al., 2022; Reale & Farber, 2022).

Histerektomi, hayat kurtarıcı olduğunda tüm konservatif basamakların sırayla tüketilmesine bağlı değildir. Geri dönüşsüz fizyolojik bozulma gelişmeden karar verilmesi gerekir. Ağır hipotermi, asidoz, koagülopati ve kontrolü güç yaygın kanamada hasar kontrol cerrahisi ile yoğun bakımda fizyolojik düzelme, deneyimli merkezlerde aşamalı yaklaşımın parçası olabilir (Escobar et al., 2022).

Klinik Uygulama Algoritması

Aşağıdaki müdahaleler eş zamanlı başlatılır ve hastanın yanıtına göre sürdürülür (Muñoz et al., 2019; Reale & Farber, 2022; WHO, 2025).

1. Kanamayı tanı ve yardım çağır. Kaybı kümülatif ölç, vital bulguları ve perfüzyonu değerlendir; obstetri, anestezi ve kan bankasını aynı anda haberdar et.
2. Dolaşım ve havayolu desteğini başlat. İki geniş damar yolu, kan örnekleri, monitörizasyon, oksijen desteği, ısıtma ve gerektiğinde masif kanama protokolünü sağla.
3. Nedeni araştırırken ilk tedaviyi uygula. Uterin tonus, travma, retansiyon ve koagülopatiyi değerlendir; atonide masaj ve uterotonik ver; postpartum hemorajide uygun zaman penceresinde TXA başlat.
4. Süren kayıpta tedaviyi artır. Eritrosit ve hemostatik bileşenleri klinik durumla başlat, sonuçlarla hedefle; balon, cerrahi veya girişimsel kontrolü geciktirme.

İnstabilite sürüyorsa anestezi ve havayolu planını yeniden değerlendir.

5. Kontrolü doğrula ve izlemi sürdür. Kaybın durduğunu, perfüzyonun düzeldiğini ve koagülasyonun toparlandığını kontrol et; ürün protokolünü sonlandır, yoğun bakım ve postpartum tedaviyi planla.

Kanama Sonrasında Yoğun Bakım ve İzlem

Kanama kontrolü sonrası devam eden vazopresör gereksinimi, mekanik ventilasyon, ağır koagülopati, yüksek transfüzyon gereksinimi veya organ işlev bozukluğu yoğun bakım izlemi lehinedir. Laktat ve asit–baz dengesi, hemoglobin, trombosit, fibrinojen, böbrek işlevi, elektrolitler, idrar çıkışı ve solunum seri değerlendirilir. Yeniden kanama ile transfüzyon ilişkili dolaşım yüklenmesi ve akut akciğer hasarı gibi komplikasyonlar açısından dikkatli olunmalıdır (Muñoz et al., 2019; Reale & Farber, 2022). Ekstübasyon açısından bu bulgular tek başına yeterlilik ölçütü değildir; hemostaz ve fizyolojik toparlanmayla birlikte bilinç, havayolu güvenliği ve ventilasyon değerlendirilerek bireysel karar verilir.

Postpartum anemi, yorgunluk, işlev kaybı ve anne–bebek bakımını etkileyebilir. Kanama durduktan sonra demir eksikliği ve aneminin tedavisi, oral veya intravenöz demir gereksinimi ve kontrol planıyla tamamlanır. Venöz tromboembolizm riski yeniden değerlendirilir; farmakolojik profilaksi yeterli hemostaz sağlandıktan ve nöroaksiyel kateter zamanlamasıyla uyum kurulduktan sonra başlanır (Muñoz et al., 2019; Reale & Farber, 2022). Hastaya yaşanan olay, uygulanan girişimler ve gelecekteki gebelik açısından anlamı açıklanmalı; gerektiğinde psikolojik destek sağlanmalıdır (WHO, 2025). Olay sonrası ekip değerlendirmesinde

gecikmelerin nedenleri belirlenmeli ve işleyişte gerekli düzeltmeler yapılmalıdır (Robinson et al., 2022).

Sık Yapılan Hatalar ve Klinik Uyarılar

Tablo 4 Tedaviyi geciktiren hatalar ve düzeltici yaklaşım

Sık Hata	Düzeltici Yaklaşım
Normal basınç veya ilk Hb ile ağır kaybı dışlamak	Kanama hızı, şok indeksi, perfüzyon ve seri sonuçları birlikte değerlendir.
TXA için süreyi kanamanın fark edilmesinden başlatmak	Üç saatlik pencereyi doğum zamanından hesapla; uygun hastada erken uygula.
Atoni tedavisi sırasında diğer nedenleri araştırmamak	Tonus, travma, doku ve koagülopatiyi eş zamanlı değerlendir.
Kristalloid veya vazopresörle düzelen basıncı yeterli saymak	Oksijen taşıma kapasitesini, süren kaybı, laktatı ve hemostazı yeniden değerlendir.
Normal fibrinojende rutin replasman yapmak	Ölçülen/fonksiyonel eksikliğe yönel; katastrofik kanamadaki istisnayı ayrı değerlendir.
Konservatif girişimleri uzatarak kesin kontrolü ertelemek	Süren instabilitede cerrahi kararı erkene al; histerektomiyi fizyolojik tükenmeye bırakma.

Kaynak: Collins et al., 2017; Escobar et al., 2022; Muñoz et al., 2019; WHO, 2025. Tablo, belirtilen kaynaklardaki bulguların klinik yorumunu özetler.

Bilinmesi Gerekenler

- Obstetrik hemorajide hipotansiyonu veya hemoglobin düşüşünü beklemek tedaviyi geciktirebilir; kaybın hızı ve perfüzyon bulguları birlikte değerlendirilir.
- Kanama kontrolü ve resüsitasyon aynı anda yürütülür; 4T yaklaşımı, birlikte bulunabilen nedenleri araştırmayı kolaylaştırır.
- Postpartum hemorajide TXA doğumdan sonraki ilk üç saat içinde mümkün olan en erken zamanda verilir; ilk doz 1 g intravenöz, uygulama süresi yaklaşık 10 dakikadır.

- Oksitosin ilk seçenek uterotoniktir; ergot türevlerinde hipertansiyon/preeklampsi, karboprostta astım özellikle gözetilir.
- Süren şokta transfüzyon kararı tek hemoglobin değerine bağlanmaz. Kristalloid yükünü artırmak yerine gerekli kan ürünleri erken sağlanır.
- Fibrinojen, trombosit, iyonize kalsiyum ve sıcaklık seri izlenir. Fibrinojen replasmanı mevcut veya güçlü biçimde şüphelenilen eksikliğe yöneltilir.
- Nöroaksiyel anestezi ve kateter yönetimi hemodinami ve koagülasyona göre değerlendirilir; instabil kanamada genel anesteziye geçiş geciktirilmez.
- Balon, embolizasyon veya konservatif cerrahi başarısızsa hayat kurtarıcı kesin kontrol ertelenmez. İyileşme döneminde anemi, tromboz riski ve psikolojik etkiler de ele alınır.

Kaynakça

Chu, J., Johnston, T. A., Geoghegan, J., & Royal College of Obstetricians and Gynaecologists. (2020). Maternal collapse in pregnancy and the puerperium: Green-top guideline No. 56. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology, 127*(5), e14–e52. doi: 10.1111/1471-0528.15995.

Collins, P. W., Cannings-John, R., Bruynseels, D., Mallaiah, S., Dick, J., Elton, C., Weeks, A. D., Sanders, J., Aawar, N., Townson, J., Hood, K., Hall, J. E., & Collis, R. E. (2017). Viscoelastometric-guided early fibrinogen concentrate replacement during postpartum haemorrhage: OBS2, a double-blind randomized controlled trial. *British Journal of Anaesthesia, 119*(3), 411–421. doi: 10.1093/bja/aex181.

Coomarasamy, A., Devall, A. J., Bell, S., Sindhu, K. N., Mammoliti, K.-M., Nausheen, S., Ali-Masri, H., Deneux-Tharaux, C., Homer, C. S. E., Miller, S., Kihara, A., Thangaratinam, S., Weeks, A., Wright, A., Hodgetts-Morton, V., Beeson, L. E., Allotey, J., Sobhy, S., Moran, N., … Gallos, I. D. (2026). Diagnosis and treatment of postpartum haemorrhage: A race against time. *The Lancet, 408*(10549), 83–92. doi: 10.1016/S0140-6736(26)01031-7.

Escobar, M. F., Nassar, A. H., Theron, G., Barnea, E. R., Nicholson, W., Ramasauskaite, D., Lloyd, I., Chandraharan, E., Miller, S., Burke, T., Ossanan, G., Andres Carvajal, J., Ramos, I., Hincapie, M. A., Loaiza, S., Nasner, D., & FIGO Safe Motherhood and Newborn Health Committee. (2022). FIGO recommendations on the management of postpartum hemorrhage 2022. *International Journal of Gynecology & Obstetrics, 157*(Suppl. 1), 3–50. doi: 10.1002/ijgo.14116.

Gallos, I., Devall, A., Martin, J., Middleton, L., Beeson, L., Galadanci, H., Alwy Al-Beity, F., Qureshi, Z., Hofmeyr, G. J., Moran, N., Fawcus, S., Sheikh, L., Gwako, G., Osoti, A., Aswat, A., Mammoliti, K.-M., Sindhu, K. N., Podesek, M., Horne, I., … Coomarasamy, A. (2023). Randomized trial of early detection and treatment of postpartum hemorrhage. *The New England Journal of Medicine, 389*(1), 11–21. doi: 10.1056/NEJMoa2303966.

Hofer, S., Blaha, J., Collins, P. W., Ducloy-Bouthors, A.-S., Guasch, E., Labate, F., Lança, F., Nyfløt, L. T., Steiner, K., & Van de Velde, M. (2023). Haemostatic support in postpartum haemorrhage: A review of the literature and expert opinion. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(1), 29–38. doi: 10.1097/EJA.0000000000001744.

Kietaibl, S., Ahmed, A., Afshari, A., Albaladejo, P., Aldecoa, C., Barauskas, G., De Robertis, E., Faraoni, D., Filipescu, D. C., Fries, D., Godier, A., Haas, T., Jacob, M., Lancé, M. D., Llau, J. V., Meier, J., Molnar, Z., Mora, L., Rahe-Meyer, N., … Zacharowski, K. (2023). Management of severe peri-operative bleeding: Guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care: Second update 2022. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(4), 226–304. doi: 10.1097/EJA.0000000000001803.

Kowalczyk, J. J., Cecconi, M., & Butwick, A. J. (2024). Evaluating tranexamic acid for the prevention and treatment of obstetric hemorrhage. *Current Opinion in Obstetrics & Gynecology, 36*(2), 88–96. doi: 10.1097/GCO.0000000000000935.

Monnet, X., Messina, A., Greco, M., Bakker, J., Aissaoui, N., Cecconi, M., Coppalini, G., De Backer, D., Edul, V. K., Evans, L., Hernández, G., Hunsicker, O., Ince, C., Kaufmann, T., Levy, B.,

Malbrain, M. L. N. G., Mebazaa, A., Myatra, S. N., Ostermann, M., … Chew, M. S. (2025). ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring 2025. *Intensive Care Medicine, 51*(11), 1971–2012. doi: 10.1007/s00134-025-08137-z.

Muñoz, M., Stensballe, J., Ducloy-Bouthors, A.-S., Bonnet, M.-P., De Robertis, E., Fornet, I., Goffinet, F., Hofer, S., Holzgreve, W., Manrique, S., Nizard, J., Christory, F., Samama, C.-M., & Hardy, J.-F. (2019). Patient blood management in obstetrics: Prevention and treatment of postpartum haemorrhage. A NATA consensus statement. *Blood Transfusion, 17*(2), 112–136. doi: 10.2450/2019.0245-18.

Nathan, H. L., Seed, P. T., Hezelgrave, N. L., De Greeff, A., Lawley, E., Anthony, J., Steyn, W., Hall, D. R., Chappell, L. C., & Shennan, A. H. (2019). Shock index thresholds to predict adverse outcomes in maternal hemorrhage and sepsis: A prospective cohort study. *Acta Obstetricia et Gynecologica Scandinavica, 98*(9), 1178–1186. doi: 10.1111/aogs.13626.

National Institute for Health and Care Excellence. (2016). *Hypothermia: Prevention and management in adults having surgery (CG65)*. Updated December 14, 2016. https://www.nice.org.uk/guidance/cg65

National Institute for Health and Care Excellence. (2026). *Ectopic pregnancy and miscarriage: Diagnosis and initial management (NG126)*. Updated June 17, 2026. https://www.nice.org.uk/guidance/ng126

Pacheco, L. D., Clifton, R. G., Saade, G. R., Weiner, S. J., Parry, S., Thorp, J. M., Jr., Longo, M., Salazar, A., Dalton, W., Tita, A. T. N., Gyamfi-Bannerman, C., Chauhan, S. P., Metz, T. D., Rood, K.,

Rouse, D. J., Bailit, J. L., Grobman, W. A., Simhan, H. N., Macones, G. A., & Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development Maternal–Fetal Medicine Units Network. (2023). Tranexamic acid to prevent obstetrical hemorrhage after cesarean delivery. *The New England Journal of Medicine, 388*(15), 1365–1375. doi: 10.1056/NEJMoa2207419.

Reale, S. C., & Farber, M. K. (2022). Management of patients with suspected placenta accreta spectrum. *BJA Education, 22*(2), 43–51. doi: 10.1016/j.bjae.2021.10.002.

Robinson, D., Basso, M., Chan, C., Duckitt, K., & Lett, R. (2022). Guideline No. 431: Postpartum hemorrhage and hemorrhagic shock. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada, 44*(12), 1293–1310.e1. doi: 10.1016/j.jogc.2022.10.002.

Robinson, D., Basso, M., Chan, C., Duckitt, K., & Lett, R. (2024). Corrigendum to "Guideline No. 431: Postpartum hemorrhage and hemorrhagic shock" [Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada 2022; 44(12): 1293–1310.e1]. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada, 46*(5), 102174. doi: 10.1016/j.jogc.2023.06.007.

Rossaint, R., Afshari, A., Bouillon, B., Cerny, V., Cimpoesu, D., Curry, N., Duranteau, J., Filipescu, D., Grottke, O., Grønlykke, L., Harrois, A., Hunt, B. J., Kaserer, A., Komadina, R., Madsen, M. H., Maegele, M., Mora, L., Riddez, L., Romero, C. S., … Spahn, D. R. (2023). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: Sixth edition. *Critical Care, 27*(1), 80. doi: 10.1186/s13054-023-04327-7.

WOMAN Trial Collaborators. (2017). Effect of early tranexamic acid administration on mortality, hysterectomy, and other

morbidities in women with post-partum haemorrhage (WOMAN): An international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *The Lancet, 389*(10084), 2105–2116. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30638-4

World Health Organization (2025). *Consolidated guidelines for the prevention, diagnosis and treatment of postpartum haemorrhage.* https://www.who.int/publications/i/item/9789240115637

BÖLÜM 52

OBSTETRİK RESÜSİTASYON
Maternal Kardiyak Arrest ve Yaşamı Tehdit Eden Obstetrik Acillerde Anestezistin Rolü

YUSUF FURKAN GÜNEŞ[1]

Öğrenme Hedefleri

- Maternal kardiyak arresti erken tanımak ve gebeliğe özgü resüsitasyon modifikasyonlarını uygulamak.
- Gebelikte aortakaval kompresyonun giderilmesi, manuel sol uterin deviasyon ve yüksek kaliteli KPR ilkelerini doğru uygulamak.
- 4H–4T yaklaşımına gebeliğe özgü 4P nedenlerini ekleyerek reversibl nedenleri sistematik değerlendirmek.
- Resüsitatif doğum/histerotomi endikasyonlarını ve zamanlamasını AHA 2025 ve ERC 2025 çerçevesinde yönetmek.

[1] Uzm. Dr., Adıyaman Kahta Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon, Adıyaman, Türkiye, Orcid: 0000-0003-2421-4364

- Gebelikte havayolu, oksijenasyon, defibrilasyon, ilaç ve damar yolu yönetiminin temel özelliklerini uygulamak.
- Amniyotik sıvı embolisi, peripartum kardiyomiyopati, preeklampsi/eklampsi ve puerperal sepsis gibi yaşamı tehdit eden obstetrik acilleri tanımak ve ilk tedaviyi başlatmak.
- Postpartum hemorajide erken tanı, MOTIVE bakım paketi, traneksamik asit, uterotonikler ve hemostatik resüsitasyon ilkelerini uygulamak.
- ROSC sonrası maternal stabilizasyon, obstetrik nedenin kesin tedavisi ve multidisipliner ekip yönetimini planlamak.

Giriş

Maternal kardiyak arrest, gebeliğin herhangi bir döneminde veya doğumdan sonraki ilk altı hafta içinde ortaya çıkabilen, nadir ancak zaman açısından kritik bir klinik tablodur. Yönetimin temel amacı maternal dolaşımın mümkün olan en kısa sürede yeniden sağlanmasıdır; fetal ve neonatal sonuçlar da büyük ölçüde maternal resüsitasyonun başarısına bağlıdır. Birleşik Krallık'ta yürütülen Gebelikte Kardiyak Arrest Çalışması (Cardiac Arrest in Pregnancy Study, CAPS) kapsamında kardiyak arrest insidansı 100.000 doğumla sonuçlanan gebelikte 2,78 (yaklaşık 1:36.000), olgu ölüm oranı ise %42 olarak bildirilmiştir (Beckett et al., 2017). Buna karşılık Birleşik Krallık Kraliyet Anestezistler Koleji (Royal College of Anaesthetists) tarafından yürütülen 7. Ulusal Denetim Projesi (7th National Audit Project, NAP7), anestezi bakımı alan obstetrik hastalarda perioperatif kardiyak arrest insidansını 100.000'de 7,9 olarak bildirmiştir. Çalışma popülasyonları ve paydaları farklı

olduğundan bu oranlar doğrudan karşılaştırılmamalıdır (Lucas et al., 2024).

Güncel veriler, obstetrik kardiyak arrest nedenlerinin yalnızca obstetrik patolojilerle sınırlı olmadığını göstermektedir. Kanama, tromboembolik olaylar, preeklampsi/eklampsi, sepsis, peripartum kardiyomiyopati ve amniyotik sıvı embolisinin yanı sıra yüksek nöroaksiyel blok, spinal anesteziyle ilişkili ciddi bradiaritmi, genel anestezi indüksiyonu sırasında hemodinamik kollaps, anafilaksi ve lokal anestezik sistemik toksisitesi gibi anesteziyle ilişkili nedenler de önem taşımaktadır. NAP7'de hemoraji tek başına en sık atfedilen neden olmakla birlikte, yüksek nöroaksiyel blok ve spinal anesteziyle ilişkili bradiaritmiler birlikte değerlendirildiğinde anesteziyle ilişkili etkenlerin de belirgin bir yer tuttuğu görülmüştür (Lucas et al., 2024).

Bu nedenle obstetrik resüsitasyon, standart ileri yaşam desteğinin (advanced life support, ALS) gebeliğe özgü fizyolojiye uyarlanmasından ibaret değildir. Başarılı yönetim; erken tanı, yüksek kaliteli kardiyopulmoner resüsitasyon (KPR), aortakaval kompresyonun giderilmesi, deneyimli havayolu yönetimi, reversibl nedenlerin sistematik olarak araştırılması, gerektiğinde resüsitatif doğum veya histerotomi ve eş zamanlı hemoraji kontrolünü içeren multidisipliner bir yaklaşım gerektirir. Bu bölümün amacı, anesteziyoloji pratiğinde karşılaşılabilecek maternal kardiyak arrest ve ilişkili yaşamı tehdit eden obstetrik acilleri; 2025 Amerikan Kalp Derneği (American Heart Association, AHA), 2025 Avrupa Resüsitasyon Konseyi (European Resuscitation Council, ERC) ve 2025-2026 obstetrik kılavuzları ışığında temel klinik karar noktaları üzerinden özetlemektir (Cao et al., 2025; Chu et al., 2020; Lott et al., 2025).

Gebeliğe Özgü Fizyopatoloji

Gebelikte kardiyak debi, plazma hacmi ve oksijen tüketimi artarken sistemik vasküler direnç azalır. Bu fizyolojik adaptasyonlar uteroplasental perfüzyonu desteklemekle birlikte, kritik hastalık sırasında hemodinamik rezervin hızla tükenmesine zemin hazırlayabilir. Özellikle gebeliğin ikinci yarısında, supin pozisyonda büyümüş uterusun inferior vena kava ve aort üzerine basısı venöz dönüşü azaltır; kardiyak arrest sırasında göğüs kompresyonlarıyla sağlanabilen etkin kan akımını ve sistemik perfüzyonu sınırlayabilir (Cao et al., 2025; Chu et al., 2020; Lott et al., 2025; Madden & Meng, 2020).

Solunumsal açıdan diyaframın kraniyale yer değiştirmesi fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltırken maternal oksijen tüketimi artar. Bu nedenle apne sırasında desatürasyon gebe olmayan bireylere göre daha hızlı gelişir. Üst havayolu mukozasında ödem, meme büyümesi ve aspirasyon riskindeki artış havayolu yönetimini ayrıca güçleştirir. Bu fizyolojik özellikler, kardiyak arrest sırasında oksijenasyona ve deneyimli havayolu desteğine erken dönemde öncelik verilmesinin temel gerekçesidir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025; Madden & Meng, 2020; Mushambi et al., 2015).

Hemostaz sistemi gebelikte fizyolojik olarak hiperkoagülabl olsa da masif hemoraji, plasental patolojiler veya amniyotik sıvı embolisi sırasında fibrinojen tüketimi ve dissemine intravasküler koagülasyon (DİK) hızla gelişebilir. Bu nedenle obstetrik arrestte dolaşım desteği ile koagülopati yönetimi çoğu zaman birbirinden ayrılmaz süreçlerdir.

Klinik çıkarım: Gebeliğe özgü resüsitasyon modifikasyonlarının temel amacı fetüsü doğrudan resüsite etmek değil; maternal venöz dönüşü, oksijenasyonu ve sistemik perfüzyonu

optimize etmektir. Maternal dolaşımın düzeltilmesi, fetal perfüzyonu iyileştirmenin en etkili yoludur.

İlk Değerlendirme ve Reversibl Nedenler

Maternal kardiyak arrestin tanınması erişkin kardiyak arrestten farklı değildir: yanıtsızlık ve normal solunumun olmaması kardiyak arrest varsayımı için yeterlidir ve yüksek kaliteli KPR gecikmeden başlatılmalıdır. Eş zamanlı olarak gebelik olasılığı, fundal yükseklik, kanama bulguları, uygulanan anestezik yöntem ve ilaçlar ile olayın zamanlaması hızla değerlendirilmelidir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

Resüsitatif doğum açısından pratik karar noktası kesin gebelik haftasından çok uterus büyüklüğüdür. AHA 2025, fundusun umbilikus düzeyinde veya üzerinde olduğu durumlarda aortakaval kompresyonun klinik olarak anlamlı kabul edilmesini ve spontan dolaşımın geri dönüşü (return of spontaneous circulation, ROSC) sağlanamayan kardiyak arrestte resüsitatif doğum hazırlığının başlatılmasını önermektedir (Cao et al., 2025). ERC 2025 de 20 haftanın üzerindeki gebeliklerde veya fundusun umbilikus düzeyinde ya da üzerinde olduğu durumlarda resüsitatif histerotomiyi zaman açısından kritik bir müdahale olarak ele almaktadır (Lott et al., 2025). Fundal yükseklik ile yaklaşık gestasyonel yaş arasındaki ilişki Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1 Fundal yükseklik ile yaklaşık gestasyonel yaşın değerlendirilmesi

Fundal Düzey	**Yaklaşık Gebelik Haftası / Klinik Yorum**
Simfizis pubis	~12 hafta
Umbilikus	~20 hafta; aortakaval kompresyon ve resüsitatif doğum için önemli pratik eşik
Ksifisternum	~36 hafta

Fundal yükseklik yalnızca hızlı bir yatak başı tahminidir; çoğul gebelik, obezite, fetal angajman veya abdominal distansiyon bu tahminin doğruluğunu azaltabilir. Kardiyak arrest sırasında ultrasonografik gebelik haftası değerlendirmesi amacıyla KPR veya cerrahi hazırlık geciktirilmemelidir.

ERC 2025: 4H–4T yaklaşımı

ERC 2025, tüm kardiyak arrestlerde kullanılan 4H-4T yaklaşımını obstetrik kardiyak arrest için de korumaktadır. 4H; hipoksi, hipovolemi, hipo-/hiperkalemi ve diğer elektrolit bozuklukları ile hipo-/hipertermiyi; 4T ise tromboz, kardiyak tamponad, tansiyon pnömotoraks ve toksik ajanları kapsar. Obstetrik kardiyak arrestte bu standart çerçeveye, gebeliğe özgü nedenlerin gözden kaçmasını önlemek amacıyla 4P eklenmiştir. Obstetrik bağlamda 4H-4T yaklaşımı Tablo 2'de kısaca özetlenmiş, 4P ise klinik önemi nedeniyle ayrı alt başlıklar altında ele alınmıştır (Lott et al., 2025).

Tablo 2 Obstetrik kardiyak arrestte reversibl nedenler: 4H-4T

Reversibl Neden	Obstetrik Bağlamda Değerlendirme ve İlk Yaklaşım
4H – Hipoksi	Zor veya başarısız havayolu yönetimi, aspirasyon, azalmış akciğer rezervi ve artmış oksijen tüketimi düşünülmelidir; oksijenasyona ve deneyimli havayolu desteğine erken dönemde öncelik verilmelidir.
4H – Hipovolemi	Açık veya gizli obstetrik kanama, rüptüre ektopik gebelik, plasental kanama ve aortakaval kompresyon değerlendirilmelidir; yüksek nöroaksiyel blok veya anafilaksiye bağlı distributif şok da göz önünde bulundurulmalıdır.
4H – Hipo-/hiperkalemi ve diğer elektrolit bozuklukları	Standart elektrolit bozukluklarına ek olarak magnezyum düzeyi ve magnezyum toksisitesi özellikle değerlendirilmelidir.
4H – Hipo-/hipertermi	Standart erişkin kardiyak arrest yaklaşımıyla araştırılır ve düzeltilir.
4T – Tromboz	Pulmoner emboli ve akut koroner olaylar başta olmak üzere tromboembolik nedenler düşünülmelidir; gebelik ve puerperiumda pulmoner emboli riski artmıştır.
4T – Kardiyak tamponad	Travma, aort patolojisi veya diğer kardiyak nedenler klinik bağlama göre değerlendirilmelidir; uygun koşullarda yatak başı ultrasonografi yardımcı olabilir.
4T – Tansiyon pnömotoraks	Travma ve ventilasyon ilişkili nedenler düşünülür; klinik şüphede tedavi tanısal doğrulamayı beklememelidir.
4T – Toksik ajanlar	Lokal anestezik sistemik toksisitesi ile diğer perioperatif ilaçlara bağlı toksisite ve ilaç uygulama hataları özellikle anesteziyoloji pratiğinde göz önünde bulundurulmalıdır.

Klinik mesaj: 4P, standart 4H-4T yaklaşımının yerine geçmez; gebeliğe özgü reversibl nedenlerin gözden kaçmasını önlemeye yönelik ek bir tarama çerçevesidir. Maternal kardiyak arrestte 4H, 4T ve 4P eş zamanlı olarak değerlendirilmelidir (Lott et al., 2025).

ERC 2025: Gebeliğe özgü reversibl nedenler – 4P

ERC 2025, obstetrik kardiyak arrestte standart 4H-4T yaklaşımına gebeliğe özgü dört neden grubu eklemektedir: preeklampsi/eklampsi, puerperal sepsis, plasental ve uterin komplikasyonlar ve peripartum kardiyomiyopati. Bu 4P başlıkları standart reversibl nedenlerin yerine geçmez; maternal kardiyak arrest sırasında 4H, 4T ve 4P eş zamanlı olarak araştırılmalıdır (Lott et al., 2025).

Preeklampsi ve eklampsi

Preeklampsi ve eklampsi; şiddetli hipertansiyon, serebral komplikasyonlar, pulmoner ödem ve nöbetler aracılığıyla maternal klinik durumun hızla bozulmasına ve kardiyak arrest gelişmesine yol açabilir. ERC 2025, ciddi hipertansiyonun (sistolik kan basıncı ≥160 mmHg ve/veya diyastolik kan basıncı ≥110 mmHg) gecikmeden tedavi edilmesini ve pulmoner ödem ile nörolojik komplikasyonların aktif olarak araştırılmasını vurgulamaktadır. Magnezyum sülfat tedavisi alan hastada hipoventilasyon, ileti bozukluğu veya dolaşım kollapsı gelişirse magnezyum toksisitesi de reversibl bir neden olarak düşünülmeli; infüzyon durdurulmalı ve uygun antidot tedavisi değerlendirilmelidir. Kardiyak arrest geliştiğinde standart ileri yaşam desteği ile gebeliğe özgü resüsitasyon modifikasyonları eş zamanlı sürdürülmelidir (Chu et al., 2020; Lott et al., 2025).

Puerperal sepsis

Puerperal sepsis, gebelik, doğum ve postpartum dönemde maternal kollapsın önemli ve tedavi edilebilir nedenlerinden biridir. Koryoamniyonit, endometrit, retansiyone gebelik ürünleri ve cerrahi alan enfeksiyonları başlıca obstetrik enfeksiyon odaklarıdır. Şüphe halinde uygun mikrobiyolojik örnekler alınmalı, ancak geniş

spektrumlu antibiyotik tedavisi bu nedenle geciktirilmemelidir. Hemodinamik destek resüsitasyon ilkelerine göre sürdürülürken, uterin kavite veya cerrahi alan gibi kaynak kontrolü gerektiren odaklar hızla araştırılmalı; obstetri, anesteziyoloji ve yoğun bakım ekipleri ile gerektiğinde cerrahi ekipler arasında erken kaynak kontrolü planlanmalıdır (Chu et al., 2020; Lott et al., 2025).

Plasental ve uterin komplikasyonlar

Bu grup; plasenta dekolmanı, plasenta previa ve plasenta akreta spektrumu, uterin atoni, uterus rüptürü, uterin inversiyon ve amniyotik sıvı embolisi gibi yaşamı tehdit eden obstetrik tabloları kapsar. Kanama her zaman dışarıdan görünür olmayabilir; gizli intraabdominal veya retroplasental hemoraji hızla ciddi hipovolemi ve koagülopatiye ilerleyebilir. Açık veya gizli hemoraji sistematik olarak araştırılmalı, uygun koşullarda yatak başı ultrasonografi kullanılmalı, kan ürünleri erken hazırlanmalı ve kanama kontrolü için obstetri ekibi gecikmeden sürece dahil edilmelidir. Postpartum hemorajinin ayrıntılı hemostatik yönetimi "Postpartum Hemoraji (PPH) ve Hemostatik Resüsitasyon" bölümünde ayrıca ele alınmıştır (Committee on Practice Bulletins-Obstetrics, 2017; Lagrew et al., 2022; Lott et al., 2025; WOMAN Trial Collaborators, 2017; World Health Organization, FIGO, ICM, Jhpiego, UNFPA, 2026; World Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives, 2025.

Amniyotik sıvı embolisi

Amniyotik sıvı embolisi (ASE), doğum eylemi sırasında veya doğumdan kısa süre sonra ani kardiyorespiratuar kollaps ve sıklıkla belirgin koagülopati ile seyreden nadir bir sendromdur. Güncel yaklaşım, klasik olarak öne sürülen amniyotik materyalin

pulmoner damarları mekanik biçimde tıkadığı modelden çok, fetal veya plasental materyale karşı gelişen anormal immün-inflamatuar ve vazoreaktif yanıta odaklanmaktadır (Clark et al., 2016; Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM); Martinez-King et al., 2026; Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM); Pacheco et al., 2016). Tanı kliniktir; tanıyı kesin olarak doğrulayan özgül bir test bulunmamaktadır.

Araştırma amaçlı Clark kriterleri; ani kardiyopulmoner arrest veya hipotansiyon ile solunum yetmezliği, belirgin DİK, tablonun doğum sırasında veya plasentanın doğumundan kısa süre sonra başlaması ve ateş ya da tabloyu açıklayabilecek alternatif bir nedenin bulunmaması temelinde yapılandırılmıştır (Clark et al., 2016). Bununla birlikte, klinik uygulamada bu kriterler tanının veya tedavinin geciktirilmesine yol açmamalıdır.

Yatak başı ekokardiyografi akut pulmoner hipertansiyon ve sağ ventrikül yetmezliğini gösterebilir; inotropik ve vazopresör tedavi, pulmoner vazodilatör kullanımı ve sıvı yönetiminin yönlendirilmesinde yararlı olabilir. Maternal-Fetal Tıp Derneği'nin (Society for Maternal-Fetal Medicine, SMFM) 2026 güncellemesi, sağ kalp yetersizliğinde sıvı yüklenmesinden kaçınılmasını; hacim desteğinde kristalloid veya kolloid yerine kan ürünlerine öncelik verilmesini ve inotropik tedavi ile pulmoner vazodilatör tedavinin temel yaklaşım olarak değerlendirilmesini vurgulamaktadır (Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM); Martinez-King et al., 2026). Amniyotik sıvı embolisinde güncel yönetim öncelikleri Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3 Amniyotik sıvı embolisinde güncel yönetim yaklaşımı

Öncelik	**Güncel Yaklaşım**
Resüsitasyon	Yüksek kaliteli KPR, erken oksijenasyon ve havayolu yönetimi ile gebeliğe özgü ALS modifikasyonları birlikte uygulanmalıdır.
Hemoraji / DİK	AHA 2025'e göre hayatı tehdit eden şüpheli ASE'de dengeli masif transfüzyon protokolü uygulanmalıdır (Sınıf 1; kanıt düzeyi C-LD [sınırlı klinik veri]); fibrinojen ve trombositler dahil koagülasyon desteği geciktirilmemelidir.
Traneksamik asit	AHA 2025'e göre hayatı tehdit eden şüpheli ASE'de traneksamik asit uygulanmalıdır (Sınıf 1; kanıt düzeyi C-LD).
Sağ ventrikül yetmezliği	Ekokardiyografi ile yönlendirilen inotropik ve vazopresör tedavi uygulanmalı; inhaler pulmoner vazodilatör kullanımı değerlendirilmelidir (AHA 2025: Sınıf 2a; kanıt düzeyi C-EO [uzman görüşü]).
Refrakter kollaps	Uygun merkezlerde venoarteriyel ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (VA-ECMO) kullanımı değerlendirilebilir (AHA 2025: Sınıf 2a; kanıt düzeyi C-LD).
AOK (atropin–ondansetron–ketorolak) rejimi	Rutin kullanım önerilmez. Bradikardi yokluğunda atropin, AHA 2025 tarafından 'Sınıf 3: yarar yok' (C-EO) olarak sınıflandırılmıştır; SMFM 2026 ve Pacheco ve ark. da AOK rejiminin rutin kullanımını önermemektedir.

Klinik not - AOK rejimi: Atropin 1 mg, ondansetron 8 mg ve ketorolak 30 mg intravenöz kombinasyonu bazı olgu bildirimlerinde ASE tedavisinde kullanılmıştır; ancak etkinliğini gösteren kontrollü klinik veri bulunmamaktadır. AHA 2025, bradikardi olmayan hastalarda atropini 'Sınıf 3: yarar yok' olarak sınıflandırmakta; SMFM 2026 ve Pacheco ve ark. da rutin AOK kullanımını önermemektedir. Bu nedenle AOK rejimi, yüksek kaliteli resüsitasyonun, sağ ventrikül odaklı hemodinamik desteğin ve koagülopati tedavisinin yerini almamalıdır (Cao et al., 2025; Long et al., 2022; Pacheco et al., 2026; Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM); Martinez-King et al., 2026).

Peripartum kardiyomiyopati

Peripartum kardiyomiyopati, gebeliğin son döneminde veya postpartum dönemde akut kalp yetersizliği, pulmoner ödem, aritmi, kardiyojenik şok ve kardiyak arrest ile ortaya çıkabilir. Erken yatak başı ekokardiyografi, hemodinamik fenotipin belirlenmesine ve tedavinin yönlendirilmesine yardımcı olur. Sıvı yüklenmesinden kaçınılmalı; klinik tabloya göre diüretik, vazodilatör, vazopresör veya inotropik tedavi değerlendirilmelidir. Kardiyoloji ve yoğun bakım desteği erken sağlanmalı; standart resüsitasyona yanıtsız seçilmiş hastalarda VA-ECMO gibi mekanik dolaşım desteği seçenekleri uygun merkezlerde gündeme gelebilir (Lott et al., 2025; Ramanathan et al., 2020).

Kardiyopulmoner Resüsitasyonun Gebeliğe Uyarlanması

Göğüs kompresyonu ve aortakaval kompresyonun giderilmesi

Göğüs kompresyonlarının hızı, derinliği, göğüs duvarının tam geri dönüşü ve kesintilerin en aza indirilmesi açısından standart erişkin KPR ilkeleri gebelerde de geçerlidir. Gebelikte el pozisyonunun rutin olarak daha kraniyale kaydırılmasını destekleyen güçlü kanıt bulunmamaktadır (Lott et al., 2025).

Fundus umbilikus düzeyinde veya üzerinde ise manuel sol uterin deviasyon (MSUD), göğüs kompresyonlarıyla eş zamanlı uygulanmalıdır. AHA 2025 bunu Sınıf 1 öneri olarak belirtmekte; ERC 2025 de uygulama kolaylığı nedeniyle MSUD'yi tercih edilen yöntem olarak önermektedir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025). Sol lateral eğim aortakaval kompresyonu azaltabilse de göğüs kompresyonlarının kalitesini ve uygulayıcı ergonomisini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle kardiyak arrest sırasında hastanın supin pozisyonda tutulması ve KPR ile eş zamanlı MSUD uygulanması

çoğu durumda daha uygun bir yaklaşımdır. Simülasyon çalışmaları ve meta-analizler de sol lateral eğim sırasında kompresyon kalitesinin azalabileceğini göstermektedir (Enomoto et al., 2022).

Uygulama tekniği: İkinci bir uygulayıcı, uterusu sağ taraftan iki elle kavrayarak yukarı ve sola doğru deviye eder veya hastanın solundan uterusu alttan kavrayarak yukarı-sola kaldırır. Amaç yalnızca uterusu laterale deviye etmek değil, inferior vena kava üzerindeki kompresyonu azaltmaktır.

Havayolu ve oksijenasyon

AHA 2025, maternal kardiyak arrestte havayolu yönetimine erken öncelik verilmesini önermektedir (Cao et al., 2025). Bununla birlikte ileri havayolu uygulamaları göğüs kompresyonlarında gereksiz kesintiye yol açmamalıdır. Deneyimli bir uygulayıcı tarafından erken trakeal entübasyon, aspirasyondan korunma ve kontrollü ventilasyon açısından avantaj sağlar; başarısız entübasyon girişimlerinde oksijenasyona öncelik verilmeli ve supraglottik havayolu aracı gecikmeden kullanılmalıdır (Lott et al., 2025; Mushambi et al., 2015).

- Videolaringoskop mümkünse erken dönemde hazır bulundurulmalıdır; gebelikte üst havayolu mukozasındaki ödem nedeniyle daha küçük çaplı endotrakeal tüp gerekebilir.
- Başarısız entübasyon durumunda tekrarlayan laringoskopi yerine oksijenasyonu sürdüren kurtarma stratejisine geçilmelidir.
- Yüksek nöroaksiyel blok, lokal anestezik sistemik toksisitesi ve genel anestezi indüksiyonuna bağlı kollaps

ayırıcı tanıda eş zamanlı değerlendirilmelidir (Lucas et al., 2024; Mushambi et al., 2015).

Defibrilasyon, ilaçlar ve vasküler erişim

Defibrilasyon enerjisi, şok endikasyonları ve ileri yaşam desteği ilaç dozları gebelikte değiştirilmez. Defibrilasyon pedleri, büyümüş meme dokusunun üzerine gelmeyecek şekilde uygun anterolateral veya anteroposterior konumda yerleştirilmelidir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025). Fetal monitörler kardiyak arrest tanındığında çıkarılmalı ve KPR sırasında fetal kalp hızı monitörizasyonu yapılmamalıdır; fetal monitörizasyon maternal resüsitasyon kararlarını değiştirmez ve defibrilasyon veya resüsitatif doğum gibi zaman açısından kritik girişimleri geciktirebilir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

Aortakaval kompresyon, alt ekstremiteden verilen ilaçların santral dolaşıma ulaşmasını geciktirebileceğinden AHA 2025 üst ekstremiteden intravenöz (IV) veya intraosseöz (IO) erişimin makul olduğunu; ERC 2025 ise mümkünse diyafram düzeyinin üzerinde IV/IO erişim sağlanmasını önermektedir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025). Eklampsi tedavisi amacıyla intravenöz magnezyum infüzyonu alan hastada kardiyak arrest gelişirse magnezyum toksisitesi düşünülmeli ve kalsiyum uygulanması değerlendirilmelidir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

Yatak başı ultrasonografi ve ekstrakorporeal KPR

Yatak başı ultrasonografi (point-of-care ultrasound, POCUS), yalnızca göğüs kompresyonlarında ek veya uzamış kesintiye yol açmadan uygulanabildiği koşullarda reversibl nedenlerin ayırt edilmesine yardımcı olabilir. Sağ ventrikül dilatasyonu veya akut sağ ventrikül yüklenmesi pulmoner emboli ya

da ASE lehine; intraperitoneal serbest sıvı ise gizli hemoraji lehine ipucu sağlayabilir. ERC 2025, özellikle kanama ile tromboembolinin ayrımının güç olduğu durumlarda yatak başı ultrasonografinin yararlı olabileceğini vurgulamaktadır (Lott et al., 2025).

Standart resüsitasyona yanıtsız seçilmiş gebe veya peripartum hastalarda ekstrakorporeal kardiyopulmoner resüsitasyon (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) düşünülebilir. Bu yaklaşım çoğunlukla ekstrakorporeal membran oksijenasyonu (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO), özellikle de VA-ECMO aracılığıyla sağlanır. AHA 2025 ECPR'yi makul bir seçenek olarak sınıflandırmakta, ERC 2025 ise deneyimli merkezlerde erken ECMO değerlendirmesinin yapılabileceğini belirtmektedir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025). Kanama ve antikoagülasyon riski nedeniyle karar; obstetri, anesteziyoloji, yoğun bakım ve ECMO ekiplerinin ortak değerlendirmesiyle verilmelidir.

Resüsitatif Doğum (Resüsitatif Histerotomi)

Terminoloji son yıllarda değişmiştir. 'Perimortem sezaryen' ifadesi işlemi fetüse yönelik bir son çare gibi gösterebildiğinden, maternal dolaşımı iyileştirme amacını vurgulayan 'resüsitatif histerotomi' veya AHA terminolojisindeki 'resüsitatif doğum' terimleri tercih edilmektedir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025; Rose et al., 2015). Uterusun boşaltılması aortakaval kompresyonu ortadan kaldırır, venöz dönüşü artırır ve maternal resüsitasyonun etkinliğini artırabilir.

AHA 2025'e göre fundus umbilikus düzeyinde veya üzerinde olan ve standart resüsitasyonla ROSC sağlanamayan hastada resüsitatif doğum endikedir. Hazırlık kardiyak arrest tanındığı anda

başlamalı ve hedef doğumun 5 dakika içinde tamamlanması olmalıdır. Hastane içi arrestte işlem arrestin gerçekleştiği yerde yapılmalı, ameliyathaneye transfer için KPR geciktirilmemelidir (Cao et al., 2025).

ERC 2025 ise önceki '4. dakikada başla, 5. dakikada tamamla' kuralından daha esnek bir çerçeveye geçmiştir. Uluslararası Resüsitasyon İrtibat Komitesi'nin (International Liaison Committee on Resuscitation, ILCOR) incelemesinde, işlemin başlatılması için belirli bir dakikayı destekleyecek yeterli kanıt bulunmadığı belirtilmektedir. ERC bu nedenle hazırlığın erken başlatılmasını ve endikasyon varsa işlemin deneyimli ekip tarafından mümkün olan en kısa sürede, kardiyak arrestin gerçekleştiği yerde uygulanmasını önermektedir. Beş dakikalık hedefin aşılması girişimin yararsız olduğu anlamına gelmez; ancak gecikme süresi uzadıkça beklenen yararın azalabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Leech et al., 2025; Lott et al., 2025; Rajendran et al., 2026). AHA 2025 ve ERC 2025'in resüsitatif doğum zamanlamasına ilişkin yaklaşımları Tablo 4'te karşılaştırılmıştır.

Tablo 4 Resüsitatif doğum zamanlamasında AHA 2025 ve ERC 2025 yaklaşımlarının karşılaştırılması

Kılavuz	**Zamanlama Yaklaşımı**	**Pratik Mesaj**
AHA 2025	Hazırlık kardiyak arrest tanınır tanınmaz başlar; hedef doğumun 5 dakika içinde tamamlanmasıdır.	Dördüncü dakika beklenmeden ekip aktive edilmeli ve gerekli ekipman hazır bulundurulmalıdır.
ERC 2025	İşlemin başlatılması için sabit bir dakika eşiğini destekleyen kanıt yetersizdir; histerotomi mümkün olan en kısa sürede uygulanmalıdır.	Beş dakikalık hedef aşılmış olsa dahi uygun hastada girişimden vazgeçilmemelidir.
Klinik sentez	'5 dakika' bekleme eşiği değil, sistem performansını yönlendiren bir zaman hedefidir.	Resüsitasyon ile cerrahi hazırlık eş zamanlı yürütülmelidir.

Kritik hata: Fetal kalp hızını değerlendirmek, cerrahi ekipman temin etmeye çalışmak veya hastayı ameliyathaneye taşımak amacıyla resüsitatif doğumun geciktirilmesi. Asgari gerekli ekipmanın resüsitasyon arabasında önceden hazır bulundurulması, sistem kaynaklı gecikmeleri azaltır (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

Önerilen zamana duyarlı akış

Maternal kardiyak arrestte önerilen zamana duyarlı yönetim akışı Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5 Maternal kardiyak arrestte önerilen zamana duyarlı yönetim akışı

Zaman / Faz	Ana Eylem	Ekip Notu
0. dakika	Kardiyak arrest tanınır; yüksek kaliteli KPR başlatılır, defibrilatör ve ALS hazırlığı sağlanır; fundus umbilikus düzeyinde veya üzerinde ise MSUD uygulanır.	Maternal kardiyak arrest çağrısı aktive edilir; obstetri, anesteziyoloji ve neonatoloji/yoğun bakım ekipleri çağrılır.
İlk 1-2 dakika	Oksijenasyon ve havayolu yönetimi sürdürülür; üst ekstremiteden IV/IO erişim sağlanır; 4H-4T-4P ile hemoraji, ilaç ve anesteziyle ilişkili nedenler araştırılır.	Fetal monitörler çıkarılmalı; resüsitatif doğum için gerekli ekipman olay yerine ulaştırılmalıdır.
Erken faz	ROSC sağlanamamış ve uterus büyüklüğü kriteri karşılanmışsa resüsitatif doğum için cerrahi hazırlık sürdürülür.	Hazırlık için dördüncü dakikanın dolması beklenmemelidir.
Mümkün olan en kısa sürede	Histerotomi ve doğum gerçekleştirilirken KPR kesintisiz sürdürülür.	İşlem kardiyak arrestin gerçekleştiği yerde uygulanmalı; ameliyathaneye transfer için geciktirilmemelidir.
Doğum sonrası	Maternal hemodinami, kanama ve koagülasyon yeniden değerlendirilirken neonatal resüsitasyon paralel olarak yürütülür.	Majör obstetrik hemoraji açısından hazırlık sürdürülmelidir.

Postpartum Hemoraji (PPH) ve Hemostatik Resüsitasyon

Tanı ile tedavi tetikleyicisinin ayrılması

Postpartum hemoraji için farklı kuruluşların kullandığı tanımlar aynı değildir. Amerikan Obstetrisyenler ve Jinekologlar Koleji (American College of Obstetricians and Gynecologists, ACOG), doğum şeklinden bağımsız olarak doğumdan sonraki 24 saat içinde kümülatif ≥1000 mL kan kaybını veya kan kaybına eşlik eden hipovolemi bulgu ve semptomlarını obstetrik hemoraji olarak tanımlar; Practice Bulletin No. 183, 2024 yılında yeniden onaylanmıştır (Committee on Practice Bulletins-Obstetrics, 2017). Buna karşılık Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO), Uluslararası Jinekoloji ve Obstetri Federasyonu (International Federation of Gynecology and Obstetrics, FIGO) ve Uluslararası Ebeler Konfederasyonu (International Confederation of Midwives, ICM) tarafından yayımlanan 2025 konsolide kılavuzu, tedavinin daha erken başlatılmasını sağlamak amacıyla objektif kan kaybı ölçümünü ve daha düşük müdahale eşiklerini öne çıkarmaktadır (World Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives, 2025).

WHO 2025 yaklaşımında PPH tedavisini başlatan klinik eşik; ≥500 mL kan kaybı, ≥300 mL kan kaybına anormal vital bulguların eşlik etmesi veya klinisyenin kanamanın ciddiyeti konusunda belirgin kaygı duymasıdır. Kan kaybının yalnızca görsel tahminle değerlendirilmesi gerçek kaybın olduğundan düşük hesaplanmasına yol açabileceğinden, mümkün olduğunda kalibre örtüler veya diğer nicel ölçüm yöntemleri kullanılmalıdır (World Health Organization, FIGO, ICM, Jhpiego, UNFPA, 2026; World

Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives, 2025).

Pratik mesaj: “1000 mL’ye ulaşmayı beklemek” güncel erken müdahale yaklaşımıyla uyumlu değildir. Hemodinamik değişiklik veya aktif kanama varsa tedavi eşikleri, tanımsal eşiklerden daha erken devreye girebilir.

İlk yanıt bakım paketi

WHO/FIGO/ICM 2025, PPH tanısı konduğunda müdahalelerin birbirini izleyen basamaklar halinde tek tek uygulanması yerine, ilk yanıt bileşenlerinin bir bakım paketi olarak gecikmeden birlikte başlatılmasını önermektedir. WHO uygulama materyallerinde bu paket; Massage, Oxytocic, Tranexamic acid, Intravenous fluids ve Examine/Escalate bileşenlerinin baş harflerinden oluşan MOTIVE akronimiyle sunulmakta ve ilk 15 dakika içinde tamamlanması hedeflenmektedir (World Health Organization, FIGO, ICM, Jhpiego, UNFPA, 2026; World Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives, 2025). MOTIVE ilk yanıt bakım paketinin bileşenleri Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6 Postpartum hemorajide MOTIVE ilk yanıt bakım paketi

MOTIVE	**İçerik**
M - Massage (uterin masaj)	Uterus masajı uygulanır ve uterin tonus değerlendirilir.
O - Oxytocic (uterotonik)	Oksitosin başta olmak üzere uygun uterotonik tedavi uygulanır.
T - Tranexamic acid (traneksamik asit; TXA)	TXA 1 g IV olarak yaklaşık 10 dakikada uygulanır; kanama sürerse 30 dakika sonra ikinci 1 g doz düşünülebilir.
IV - Intravenous fluids (intravenöz sıvılar)	IV erişim sağlanır, gerekli laboratuvar örnekleri alınır; kristalloid tedavi dikkatle uygulanır ve gerektiğinde erken kan ürünü desteği başlanır.
E - Examine / Escalate (değerlendirme / ileri tedavi basamağına geçiş)	Genital traktus, plasenta ve doğum travması değerlendirilir; yanıt yetersizse mekanik veya cerrahi tedavi basamaklarına geçilir.

Traneksamik asit mümkün olduğunca erken ve doğumdan sonraki ilk üç saat içinde verilmelidir. World Maternal Antifibrinolytic (WOMAN) çalışması, erken TXA uygulamasının kanamaya bağlı maternal mortaliteyi azalttığını göstermiştir (WOMAN Trial Collaborators, 2017). TXA, uterotonik tedavinin ve mekanik ya da cerrahi kanama kontrolünün alternatifi değildir; bu müdahalelerle birlikte kullanılan hemostatik tedavinin bir bileşenidir.

Uterotonikler ve ileri tedavi basamakları

Oksitosin ilk basamak uterotoniktir. WHO'nun güncel materyalleri, PPH tedavisinde 10 uluslararası ünite (international unit, IU) oksitosinin yavaş intravenöz (IV) veya intramüsküler (IM) yolla uygulanmasını desteklemektedir. Yanıt yetersizse ikinci basamak uterotonik seçimi hastanın eşlik eden hastalıkları ve kurum protokolü dikkate alınarak yapılmalıdır. Hipertansiyon veya preeklampsi varlığında ergot türevlerinden, astım öyküsünde ise karboprosttan kaçınılması klinik güvenlik açısından önemlidir

(Lagrew et al., 2022; World Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives, 2025). Postpartum hemorajide kullanılan başlıca uterotonik ajanların temel özellikleri Tablo 7'de özetlenmiştir.

Tablo 7 Postpartum hemorajide uterotonik ajanlar ve temel klinik özellikleri

Ajan	**Pratik Kullanım / Dikkat Noktası**
Oksitosin	İlk basamak tedavidir; 10 IU yavaş IV veya IM uygulanır, ardından kurumsal protokole göre infüzyon sürdürülür.
Ergometrin / metilergonovin	İkinci basamak seçenektir; hipertansiyon veya preeklampsi varlığında kullanılmamalıdır.
Karboprost (15-metil prostaglandin $F_2\alpha$)	İkinci basamak seçenektir; astım öyküsü olan hastalarda kullanılmamalıdır.
Misoprostol	Diğer ajanların uygun olmadığı veya erişilemediği durumlarda bir seçenektir; WHO materyallerinde tedavi amacıyla 800 mikrogram sublingual kullanım yer almaktadır.

Uterotoniklere rağmen devam eden kanamada etkisiz bir ajanın tekrarlanmasıyla zaman kaybedilmemeli, tedavi hızla bir üst basamağa taşınmalıdır. Uterin balon tamponadı, kompresyon sütürleri, uterin veya hipogastrik arter ligasyonu, girişimsel radyolojik yöntemler ve gerektiğinde histerektomi; kanamanın nedeni ve kurumun olanakları doğrultusunda değerlendirilir. Kaliforniya Maternal Bakım Kalitesi İşbirliği (California Maternal Quality Care Collaborative, CMQCC), birinci basamak önlemlere yanıt alınamadığında ikinci basamak uterotonik tedaviye ve ileri girişimlere geçişin geciktirilmemesini vurgulamaktadır (Lagrew et al., 2022).

Masif transfüzyon ve koagülopati

Hemodinamik instabilite veya devam eden masif kanama varlığında obstetrik masif transfüzyon protokolü erken aktive edilmelidir. Amaç yalnızca eritrosit replasmanı değil; plazma ve trombositleri de içeren dengeli kan bileşeni tedavisiyle oksijen taşıma kapasitesini ve hemostazı birlikte yeniden sağlamaktır. Fibrinojen obstetrik hemorajide erken dönemde azalabileceğinden laboratuvar parametreleri ve mümkünse viskoelastik testler seri olarak izlenmeli; yerine koyma tedavisi yerel protokol ve klinik tabloya göre yönlendirilmelidir (Committee on Practice Bulletins-Obstetrics, 2017; Lagrew et al., 2022).

Aşırı kristalloid kullanımı dilüsyonel koagülopatiyi, hipotermiyi ve doku ödemini artırabilir. Kanama kontrolü, ısıtılmış kan ürünlerinin kullanımı, normoterminin sağlanması, iyonize kalsiyumun izlenmesi ve asidozun düzeltilmesi hemostatik resüsitasyonun birbirini tamamlayan bileşenleridir. Kurumsal hemoraji arabası, hızlı kan ürünü temin sistemi ve laboratuvar ve kan bankasıyla önceden tanımlanmış iletişim zinciri, bireyselleştirilmiş hasta yönetimi kadar önem taşır (Lagrew et al., 2022; World Health Organization, FIGO, ICM, Jhpiego, UNFPA, 2026; World Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives, 2025).

ROSC Sonrası Bakım

ROSC sonrasında bakım, standart erişkin kardiyak arrest sonrası bakım ilkelerine dayanır; bununla birlikte obstetrik nedenin kesin tedavisi ve maternal-fetal değerlendirme paralel olarak yürütülmelidir. Öncelik maternal oksijenasyonun, ventilasyonun ve perfüzyonun sürdürülmesi ile nörolojik iyileşmenin

desteklenmesidir. Maternal stabilizasyon sağlandıktan sonra gebelik devam ediyorsa fetal değerlendirme yapılmalıdır (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

- Kardiyak arrestin nedeni; aktif hemoraji, tromboemboli, sepsis, hipertansif acil, kardiyomiyopati veya anesteziyle ilişkili komplikasyonlar açısından yeniden değerlendirilmelidir.
- Resüsitatif histerotomi sonrasında cerrahi onarım ve kanama kontrolü sağlanmalı; koagülopati ve hipotermi gecikmeden ve etkin biçimde düzeltilmelidir.
- Yoğun bakım, obstetri ve anesteziyoloji ekipleri ile gerektiğinde kardiyoloji, hematoloji ve ECMO ekipleri sürece erken dönemde dahil edilmelidir.
- Olay sonrasında hasta ve yakınlarıyla uygun iletişim kurulmalı ve ekip içi olay sonrası değerlendirme (debriefing) planlanmalıdır. Hem ERC hem de Birleşik Krallık Kraliyet Obstetrisyenler ve Jinekologlar Koleji (Royal College of Obstetricians and Gynaecologists, RCOG), kurumsal öğrenme süreçlerini ve düzenli simülasyon eğitimlerini vurgulamaktadır (Chu et al., 2020; Lott et al., 2025).

Kurumsal Hazırlık ve Anestezi Ekibinin Rolü

Maternal kardiyak arrestin seyrek görülmesi, ekiplerin gerçek olgular üzerinden deneyim kazanmasını sınırlar. Bu nedenle kılavuzların ortak vurgusu; düzenli multidisipliner simülasyon, önceden belirlenmiş rol dağılımı ve kritik ekipmanın kardiyak arrestin gerçekleştiği alanda hazır bulundurulmasıdır (Cao et al.,

2025; Chu et al., 2020; Lott et al., 2025; Obstetric Anaesthetists' Association, 2024). Obstetrik Anestezistler Derneği'nin (Obstetric Anaesthetists' Association, OAA) Obstetric Quick Reference Handbook 2024 belgesi; obstetrik kardiyak arrest, yüksek nöroaksiyel blok, lokal anestezik sistemik toksisitesi, anafilaksi ve PPH gibi durumlar için bilişsel yardımcılar sunmaktadır (Obstetric Anaesthetists' Association, 2024).

ERC 2025, resüsitatif histerotomi için en az bir bistüri ve üç umbilikal kord klempinin resüsitasyon arabasında hazır bulundurulmasını önermekte; cerrahi ve neonatal resüsitasyon ekipmanının da önceden tanımlanmış biçimde erişilebilir olmasını istemektedir (Lott et al., 2025). İkinci basamak hastanelerde girişimsel radyoloji veya ECMO gibi ileri tedavi olanakları bulunmayabilir. Bu nedenle kurum içi algoritmalar, hızlı kan ürünü erişimi, transfer ölçütleri ve bölgesel referans merkezlerle iletişim yolları önceden belirlenmelidir.

Anesteziyoloji açısından yüksek risk taşıyan üç alan: 1) nöroaksiyel anestezi sonrasında yüksek blok veya ciddi bradiaritmi; 2) hemorajik hastada genel anestezi indüksiyonu sırasında kardiyovasküler kollaps; 3) zor havayolu ve aspirasyon. NAP7, bu alanlarda erken tanı ve hazırlığın hasta güvenliği açısından belirleyici olduğunu göstermektedir (Lucas et al., 2024).

Sık Yapılan Hatalar

- Manuel sol uterin deviasyonun geç başlatılması veya unutulması.
- "Dört dakika dolmadan resüsitatif histerotomiye hazırlanılmaz" şeklindeki yanlış yorum.

- Beş dakika aşıldığında resüsitatif doğumun anlamsız kabul edilmesi.
- Histerotomi için hastanın ameliyathaneye taşınması.
- Arrest sırasında fetal kalp hızı monitörizasyonuna zaman ayrılması.
- Alt ekstremiteden damar yolu açmak için üst ekstremite erişimini geciktirmek.
- ASE şüphesinde kanıtı sınırlı AOK rejiminin temel resüsitasyon ve hemostatik desteğin önüne geçirilmesi.
- PPH'de 1000 mL kan kaybını beklemek veya kan kaybını yalnızca görsel tahmine dayandırmak.
- Yanıtsız uterotonik tedavinin tekrar tekrar uygulanması ve mekanik ya da cerrahi tedavi basamaklarına geçişin geciktirilmesi.
- Hemorajik hastada genel anestezi indüksiyonu öncesindeki yetersiz intravasküler resüsitasyonun yalnızca vazopresör desteğiyle telafi edilmeye çalışılması.

Bilinmesi Gerekenler

- Maternal kardiyak arrestte standart yüksek kaliteli KPR esastır; gebeliğe özgü en önemli ek müdahale aortakaval kompresyonun giderilmesidir.
- Fundus umbilikus düzeyinde veya üzerindeyse manuel sol uterin deviasyon KPR boyunca sürdürülmelidir.

- Defibrilasyon ve ALS ilaç dozları gebelikte değiştirilmez; fetal monitörler arrest sırasında çıkarılmalıdır.
- IV/IO erişim mümkünse üst ekstremiteden veya diyafram seviyesinin üzerinden sağlanmalıdır.
- Resüsitatif doğum hazırlığı kardiyak arrest tanındığı anda başlatılmalıdır. AHA, doğumun 5 dakika içinde tamamlanmasını hedeflerken ERC, sabit bir başlama eşiğinden çok işlemin mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilmesini vurgular.
- Resüsitatif histerotomi kardiyak arrestin gerçekleştiği yerde yapılmalı ve ameliyathaneye transfer amacıyla geciktirilmemelidir; 5 dakikalık hedefin aşılmış olması tek başına girişimden vazgeçme gerekçesi değildir.
- ERC 2025, standart 4H–4T çerçevesine gebeliğe özgü 4P'yi ekler: preeklampsi ve eklampsi, puerperal sepsis, plasental ve uterin komplikasyonlar ve peripartum kardiyomiyopati; amniyotik sıvı embolisi plasental/uterin komplikasyonlar başlığı altında değerlendirilir.
- ASE'de tedavinin temelini destekleyici resüsitasyon, sağ ventrikül odaklı hemodinamik yönetim ve koagülopatinin erken ve etkin tedavisi oluşturur; AOK rejiminin rutin kullanımı önerilmez.
- WHO/FIGO/ICM 2025, PPH'de ≥500 mL kan kaybında veya ≥300 mL kan kaybına anormal vital bulgular eşlik

ettiğinde erken müdahaleyi ve objektif kan kaybı ölçümünü desteklemektedir.

- PPH'de ilk yanıt MOTIVE bakım paketiyle standardize edilmeli ve TXA mümkün olduğunca erken uygulanmalıdır.

Soru-Cevap

Soru 1. Term gebede kardiyak arrest gelişmiş ve sol lateral eğim sağlamak için kullanılan kama mevcut değildir. Yaklaşım ne olmalıdır?

Hasta supin pozisyonda tutulmalı, yüksek kaliteli KPR sürdürülmeli ve ikinci bir uygulayıcı tarafından MSUD uygulanmalıdır. Kamanın bulunmaması MSUD'nin başlatılmasını geciktirmemelidir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

Soru 2. Fundus umbilikus düzeyinin üzerindedir ve kardiyak arrestin üçüncü dakikasında ROSC sağlanamamıştır. Dördüncü dakikanın dolması beklenmeli midir?

Hayır. Resüsitatif doğum veya histerotomi hazırlığı kardiyak arrest tanındığı anda başlatılmalıdır. AHA, doğumun 5 dakika içinde tamamlanmasını hedeflemekte; ERC ise işlemin mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilmesini vurgulamaktadır (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

Soru 3. Kardiyak arrest doğumhanede gelişmiştir ve en yakın ameliyathane iki kat yukarıdadır. Resüsitatif histerotomi amacıyla hasta transfer edilmeli midir?

Hayır. Hastane içi kardiyak arrestte resüsitatif doğum, kardiyak arrestin gerçekleştiği yerde uygulanmalıdır. Transfer,

KPR'yi ve cerrahi girişimi geciktirebilir (Cao et al., 2025; Lott et al., 2025).

Soru 4. Kardiyak arrestin üzerinden 8 dakika geçmiştir ve resüsitatif histerotomi henüz uygulanmamıştır. Girişim artık yararsız kabul edilmeli midir?

Hayır. Beş dakikalık hedef aşılmış olsa da daha geç uygulanan resüsitatif histerotomi sonrasında anlamlı maternal ve neonatal sağkalım bildirilmiştir. Gecikmiş olması tek başına girişimden vazgeçme gerekçesi değildir (Leech et al., 2025; Lott et al., 2025; Rajendran et al., 2026).

Soru 5. Şüpheli ASE'de AOK rejimi rutin olarak uygulanmalı mıdır?

Hayır. AOK, atropin 1 mg, ondansetron 8 mg ve ketorolak 30 mg intravenöz kombinasyonudur; klinik kanıt olgu sunumlarıyla sınırlıdır. AHA 2025, bradikardi yokluğunda atropini 'Sınıf 3: yarar yok' olarak sınıflandırmakta; SMFM 2026 ve Pacheco ve ark. da AOK'nin rutin kullanımını önermemektedir (Cao et al., 2025; Long et al., 2022; Pacheco et al., 2026; Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM); Martinez-King et al., 2026).

Soru 6. Vajinal doğum sonrasında 350 mL ölçülmüş kan kaybı ve taşikardi gelişmiştir. Kan kaybının 500 mL'ye ulaşmadığı gerekçesiyle tedavi ertelenmeli midir?

Hayır. WHO 2025 yaklaşımında ≥300 mL kan kaybına anormal vital bulguların eşlik etmesi, erken PPH tedavisini başlatmak için yeterlidir; MOTIVE bakım paketi uygulanmalıdır (World Health Organization, FIGO, ICM, Jhpiego, UNFPA, 2026; World Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives, 2025).

Klinik Anahtar Notlar

- Maternal kardiyak arrestte temel hedef maternal dolaşımı en kısa sürede yeniden sağlamaktır; maternal resüsitasyonun başarısı fetal perfüzyon açısından da belirleyicidir.
- Fundus umbilikus düzeyinde veya üzerindeyse KPR ile eş zamanlı manuel sol uterin deviasyon uygulanmalıdır; hastayı rutin olarak sol lateral eğime almak yerine göğüs kompresyonlarının kalitesini korumak esastır.
- Defibrilasyon enerjisi ve ALS ilaç dozları gebelikte değiştirilmez. Fetal monitör arrest sırasında çıkarılmalı ve maternal resüsitasyonu geciktirmemelidir.
- IV/IO erişim mümkünse üst ekstremiteden veya diyafram seviyesinin üzerinden sağlanmalıdır.
- Resüsitatif doğum hazırlığı arrest tanındığı anda başlatılmalı; hastayı ameliyathaneye taşımak KPR veya doğumu geciktirmemelidir. AHA 5 dakika hedefini, ERC ise mümkün olan en kısa sürede uygulamayı vurgular.
- 4H–4T yaklaşımına obstetrik 4P eklenir: preeklampsi/eklampsi, puerperal sepsis, plasental/uterin komplikasyonlar ve peripartum kardiyomiyopati.
- Amniyotik sıvı embolisinde yüksek kaliteli resüsitasyon, sağ ventrikül odaklı hemodinamik destek ve koagülopatinin erken tedavisi temel yaklaşımdır; AOK rejimi rutin olarak önerilmez.

- PPH’de 1000 mL kan kaybını beklemeyin. WHO 2025 yaklaşımında ≥500 mL veya ≥300 mL + anormal vital bulgular ya da klinik kaygı erken tedaviyi tetikleyebilir.
- PPH’de MOTIVE bakım paketi gecikmeden başlatılmalı; TXA mümkün olduğunca erken ve ilk 3 saat içinde verilmelidir.
- Yanıtsız uterotonik tedaviyi tekrarlayarak zaman kaybetmeyin; mekanik ve cerrahi kanama kontrolüne zamanında geçin.

Kaynakça

Beckett, V. A., Knight, M., & Sharpe, P. (2017). The CAPS Study: incidence, management and outcomes of cardiac arrest in pregnancy in the UK: a prospective, descriptive study. *BJOG: an International Journal of Obstetrics and Gynaecology, 124*(9), 1374–1381. doi: 10.1111/1471-0528.14521.

Cao, D., Arens, A. M., Chow, S. L., Easter, S. R., Hoffman, R. S., Lagina, A. T., 3rd, Lavonas, E. J., Patil, K. D., Sutherland, L. D., Tijssen, J. A., Wang, G. S., Zelop, C. M., Rodriguez, A. J., Drennan, I. R., & McBride, M. E. (2025). Part 10: Adult and Pediatric Special Circumstances of Resuscitation: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(16_suppl_2), S578–S672. doi: 10.1161/CIR.0000000000001380.

Chu, J., Johnston, T. A., Geoghegan, J., & Royal College of Obstetricians and Gynaecologists (2020). Maternal Collapse in Pregnancy and the Puerperium: Green-top Guideline No. 56. *BJOG: an International Journal of Obstetrics and Gynaecology, 127*(5), e14–e52. doi: 10.1111/1471-0528.15995.

Clark, S. L., Romero, R., Dildy, G. A., Callaghan, W. M., Smiley, R. M., Bracey, A. W., Hankins, G. D., D'Alton, M. E., Foley, M., Pacheco, L. D., Vadhera, R. B., Herlihy, J. P., Berkowitz, R. L., & Belfort, M. A. (2016). Proposed diagnostic criteria for the case definition of amniotic fluid embolism in research studies. *American Journal of Obstetrics and Gynecology, 215*(4), 408–412. doi: 10.1016/j.ajog.2016.06.037.

Committee on Practice Bulletins-Obstetrics (2017). Practice Bulletin No. 183: Postpartum Hemorrhage. *Obstetrics and Gynecology, 130*(4), e168–e186. doi: 10.1097/AOG.0000000000002351.

Enomoto, N., Yamashita, T., Furuta, M., Tanaka, H., Ng, E. S. W., Matsunaga, S., Sakurai, A., & Japan Resuscitation Council Maternal task force (2022). Effect of maternal positioning during cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analyses. *BMC Pregnancy and Childbirth, 22*(1), 159. doi: 10.1186/s12884-021-04334-y.

Lagrew, D., McNulty, J., Sakowski, C., Cape, V., McCormick, E., & Morton, C. H. (2022). *Improving Health Care Response to Obstetric Hemorrhage: A California Maternal Quality Care Collaborative Toolkit. Version 3.0.* California Maternal Quality Care Collaborative. https://www.cmqcc.org

Leech, C., Nutbeam, T., Chu, J., Knight, M., Hinshaw, K., Appleyard, T. L., Cowan, S., Couper, K., & Yeung, J. (2025). Maternal and neonatal outcomes following resuscitative hysterotomy for out of hospital cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation, 207*, 110479. doi: 10.1016/j.resuscitation.2024.110479.

Lipman, S., Cohen, S., Einav, S., Jeejeebhoy, F., Mhyre, J. M., Morrison, L. J., Katz, V., Tsen, L. C., Daniels, K., Halamek, L. P., Suresh, M. S., Arafeh, J., Gauthier, D., Carvalho, J. C., Druzin, M., Carvalho, B., & Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology (2014). The Society for Obstetric Anesthesia and Perinatology consensus statement on the management of cardiac arrest in pregnancy. *Anesthesia and Analgesia, 118*(5), 1003–1016. doi: 10.1213/ANE.0000000000000171.

Long, M., Martin, J., & Biggio, J. (2022). Atropine, Ondansetron, and Ketorolac: Supplemental Management of Amniotic Fluid Embolism. *Ochsner Journal, 22*(3), 253–257. doi: 10.31486/toj.21.0107.

Lott, C., Karageorgos, V., Abelairas-Gomez, C., Alfonzo, A., Bierens, J., Cantellow, S., Debaty, G., Einav, S., Fischer, M., González-Salvado, V., Greif, R., Metelmann, B., Metelmann, C., Meyer, T., Paal, P., Peran, D., Scapigliati, A., Spartinou, A., Thies, K., Truhlar, A., … Deakin, C. D. (2025). European Resuscitation Council Guidelines 2025 Special Circumstances in Resuscitation. *Resuscitation, 215*(Suppl 1), 110753. doi: 10.1016/j.resuscitation.2025.110753.

Lucas, D. N., Kursumovic, E., Cook, T. M., Kane, A. D., Armstrong, R. A., Plaat, F., & Soar, J. (2024). Cardiac arrest in obstetric patients receiving anaesthetic care: results from the 7th National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists. *Anaesthesia, 79*(5), 514–523. doi: 10.1111/anae.16204.

Madden, A. M., & Meng, M. L. (2020). Cardiopulmonary resuscitation in the pregnant patient. *BJA Education, 20*(8), 252–258. doi: 10.1016/j.bjae.2020.03.007.

Mushambi, M. C., Kinsella, S. M., Popat, M., Swales, H., Ramaswamy, K. K., Winton, A. L., Quinn, A. C., Obstetric Anaesthetists' Association, & Difficult Airway Society (2015). Obstetric Anaesthetists' Association and Difficult Airway Society guidelines for the management of difficult and failed tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia, 70*(11), 1286–1306. doi: 10.1111/anae.13260.

Obstetric Anaesthetists' Association. (2024). *Obstetric Quick Reference Handbook [Internet]*. Version 1.2. Sheffield. https://www.oaa-anaes.ac.uk/oaa-quick-reference-handbook/qrh

Pacheco, L. D., Clark, S. M., Fox, K., Bauer, M. E., & Clark, S. L. (2026). Use of Atropine, Ondansetron, and Ketorolac in Suspected Amniotic Fluid Embolism. *Obstetrics and Gynecology, 147*(6), 780–784. doi: 10.1097/AOG.0000000000006095.

Rajendran, G., Mahalingam, S., Ramkumar, A., Krishnamoorthy, Y., Ganessane, E., Pt, K., Vijayan, V., Sundararaj, R., Elanjaeran, R., Kannan, R., & Kumaran, A. (2026). Resuscitative Hysterotomy and Maternal and Neonatal Mortality in Maternal Cardiac Arrest Patients---A Systematic Review and Meta-analysis. *The Canadian Journal of Cardiology, 42*(4), 850–860. doi: 10.1016/j.cjca.2025.09.025.

Ramanathan, K., Tan, C. S., Rycus, P., Anders, M., Lorusso, R., Zhang, J. J. Y., & MacLaren, G. (2020). Extracorporeal Membrane Oxygenation in Pregnancy: An Analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Critical Care Medicine, 48*(5), 696–703. doi: 10.1097/CCM.0000000000004269.

Rose, C. H., Faksh, A., Traynor, K. D., Cabrera, D., Arendt, K. W., & Brost, B. C. (2015). Challenging the 4- to 5-minute rule: from perimortem cesarean to resuscitative hysterotomy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology, 213*(5), 653–653.e1. doi: 10.1016/j.ajog.2015.07.019.

Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM), Martinez-King, L. C., Combs, C. A., Montgomery, D. M., Toner, L. E., Dildy, G. A., & SMFM Patient Safety and Quality Committee (2026). Society for Maternal-Fetal Medicine Special Statement: Checklist for initial

management of amniotic fluid embolism-Updated 2026. *Pregnancy (Hoboken, N.J.), 2*(5), e70364. doi: 10.1002/pmf2.70364.

Society for Maternal-Fetal Medicine (SMFM), Pacheco, L. D., Saade, G., Hankins, G. D., & Clark, S. L. (2016). Amniotic fluid embolism: diagnosis and management. *American Journal of Obstetrics and Gynecology, 215*(2), B16–B24. doi: 10.1016/j.ajog.2016.03.012.

WOMAN Trial Collaborators (2017). Effect of early tranexamic acid administration on mortality, hysterectomy, and other morbidities in women with post-partum haemorrhage (WOMAN): an international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet (London, England), 389*(10084), 2105–2116. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30638-4.

World Health Organization, FIGO, ICM, Jhpiego, UNFPA. (2026). *Consolidated guidelines for the prevention, diagnosis and treatment of postpartum haemorrhage: implementation guide.* Geneva: World Health Organization.

World Health Organization, International Federation of Gynecology and Obstetrics, International Confederation of Midwives. (2025). *Consolidated guidelines for the prevention, diagnosis and treatment of postpartum haemorrhage.* Geneva: World Health Organization.

BÖLÜM 53

PEDİATRİK ANESTEZİ

KAHİR GÜNEŞ[1]

Özet

Pediatrik anestezi, erişkin anestezisinin küçültülmüş bir modeli değildir. Yenidoğan, süt çocuğu, çocuk ve adölesan dönemlerinde hava yolu anatomisi, solunum ve dolaşım fizyolojisi, termoregülasyon, sıvı-elektrolit dengesi ve ilaç farmakokinetiği yaşa göre belirgin farklılık gösterir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Bu farklılıklar özellikle küçük çocuklarda hızlı oksijen desatürasyonu, hava yolu obstrüksiyonu, laringospazm, bronkospazm, hipotermi ve ilaç etkilerinde öngörülemeyen değişikliklere yol açabilir (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022).

Güvenli pediatrik anestezinin temelini; yaş ve ağırlığa göre risk sınıflaması, uygun pediatrik ekipman, deneyimli ekip, hava yolu ve ventilasyon için yedek plan, dikkatli ilaç titrasyonu, ısı ve sıvı

[1] Uzm. Dr., Özel Lokman Hekim Etlik Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon, Orcid: 0000-0003-4859-0882

yönetimi, multimodal analjezi ve yeterli postoperatif izlem oluşturur (Egbuta & Mason, 2020; Gropper et al., 2025; Long et al., 2026).

Öğrenme Hedefleri

- Pediatrik hastanın yaşa özgü anatomik ve fizyolojik özelliklerini anestezi yönetimine yansıtabilmek.
- Preoperatif değerlendirmede solunum yolu enfeksiyonu, OSA, prematürite, obezite ve zor hava yolu riskini belirleyebilmek.
- Çocukta açlık, sıvı, ısı, glukoz ve ilaç yönetimini güvenli biçimde planlayabilmek.
- İnhalasyonel veya intravenöz indüksiyonu hastanın yaşı, kooperasyonu ve klinik durumuna göre seçebilmek.
- Çocuklarda laringospazm, bronkospazm, hipoksemi ve bradikardiyi erken tanıyıp tedavi edebilmek.
- Nöromüsküler blokajı uygun şekilde izlemek ve tam antagonizma sağlamak.
- PACU ve postoperatif dönemde solunum, ağrı, PONV ve apne riskini yaşa ve komorbiditeye göre yönetebilmek.

Yaşa Göre Pediatrik Dönemler

Dönem	Klinik Özellik	Anestezi Açısından Önemi
Yenidoğan	Doğum–28 gün	Yüksek O_2 tüketimi, immatür solunum kontrolü, kardiyovasküler geçişlerin sürmesi
Prematüre	<37 gestasyon haftası	Apne, hipotermi, glukoz ve ilaç yan etkileri açısından yüksek risk
Süt çocuğu	1–12 ay	Hava yolu küçük, O_2 rezervi sınırlı, kalp debisi kalp hızına bağımlı
Çocuk	1–12 yaş	Anatomik ve fizyolojik özellikler giderek erişkine yaklaşır.
Adölesan	12–18 yaş	Erişkine yakın fizyoloji; ancak psikososyal ve kilo/obezite faktörleri önemlidir.

Özellikle yenidoğan ve küçük süt çocuklarında perioperatif komplikasyonların azaltılması için uygun pediatrik ekipman, personel deneyimi ve kurtarma kapasitesi önceden hazırlanmalıdır (Gropper et al., 2025; Long et al., 2026).

Pediatrik Havayolunun Anatomik Özellikleri

Çocuğun hava yolu erişkinden farklıdır. Baş ve oksiputun görece büyük olması, dilin göreceli olarak büyük olması, mandibulanın küçük olması ve larenksin daha sefalik/anterior konumu maske ventilasyonu ve laringoskopiyi etkiler. Küçük hava yolu çapında çok küçük bir ödem bile hava yolu direncinde belirgin artış oluşturabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Krikoid bölge geçmişte çocuk hava yolunun anatomik olarak en dar kısmı olarak tanımlanmış olsa da güncel yaklaşım, farklı yaşlarda glottik ve subglottik anatomiyi tek bir ‘en dar halka’ kuralına indirgememektedir. Klinik olarak önemli olan, küçük hava yolu çapının ödem ve sekresyonlara karşı yüksek duyarlılığıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Baş ve oksiputun görece büyük olması uygun baş-boyun pozisyonunu önemli kılar.
- Dil ve yumuşak dokuların göreceli büyüklüğü üst hava yolu obstrüksiyonunu kolaylaştırır.
- Laringeal yapıların erişkine göre daha sefalik konumu laringoskopi tekniğini etkiler.
- Hava yolu çapının küçük olması nedeniyle ödem, kan veya sekresyonlar ciddi direnç artışı oluşturabilir.
- Yenidoğan ve süt çocuklarında apne toleransı kısa olduğundan preoksijenizasyon ve hızlı kurtarma planı kritik öneme sahiptir (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022).

Solunum Fizyolojisi ve Perioperatif Risk

Çocuklarda oksijen tüketimi vücut ağırlığına göre erişkinlerden daha yüksektir. Buna karşın fonksiyonel rezidüel kapasitenin görece küçük olması ve göğüs duvarının daha kompliyant olması, apne veya hipoventilasyon sırasında oksijen rezervinin hızla tükenmesine yol açar (Egbuta & Mason, 2020; Gropper et al., 2025).

Bu nedenle pediatrik hastada preoksijenizasyon, uygun ventilasyon stratejisi, hava yolu açıklığının korunması ve hipokseminin erken tanınması erişkin hastaya göre daha kritik hale gelir. Perioperatif solunum olayları pediatrik anestezide en sık görülen ciddi advers olay gruplarındandır (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022).

Akciğer koruyucu ventilasyon

- Ventilasyon tidal volüm, PEEP ve basınçların yaşa, akciğer mekaniğine ve cerrahiye göre bireyselleştirilmesini gerektirir (Wang et al., 2024).
- Aşırı yüksek tidal volüm ve basınçlardan kaçınılmalıdır.
- PEEP, oksijenasyon ve akciğer mekaniklerine göre titre edilmelidir.
- FiO_2 oksijenasyonu sağlayacak en düşük güvenli düzeye göre ayarlanmalıdır; hipokseminin önlenmesi önceliklidir (Wang et al., 2024).
- Recruitment manevraları rutin ve otomatik uygulama yerine hastanın fizyolojisine göre değerlendirilmelidir (Wang et al., 2024).

Kardiyovasküler Fizyoloji

Yenidoğan ve küçük çocuklarda miyokardın kontraktil rezervi sınırlıdır ve kalp debisinin değişimi büyük ölçüde kalp hızına bağımlıdır. Bu nedenle hipoksemi ve bradikardi pediatrik hastada hızla kardiyovasküler kollapsa ilerleyebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Anestezi sırasında hipotansiyonun yönetiminde tek bir yaşa özgü MAP eşiğine bağlı kalmak yerine yaş, başlangıç kan basıncı, klinik perfüzyon, cerrahi durum ve eşlik eden hastalık birlikte değerlendirilmelidir. Pediatrik hasta grubu için sabit MAP hedefleri klinik olarak genellenebilir bir kural değildir; tedavi hastanın fizyolojik durumuna göre titre edilmelidir.

Böbrek, Sıvı ve Elektrolit Yönetimi

Yenidoğanlarda ve küçük bebeklerde renal fonksiyonun olgunlaşması nedeniyle su-elektrolit dengesi ve ilaç eliminasyonu yaşa göre değişir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025). Toplam vücut suyu ve ekstrasellüler sıvı oranı erişkinden daha yüksek olduğundan, özellikle suda çözünen ilaçların dağılım hacmi değişebilir.

İntraoperatif sıvı tedavisi '4-2-1 kuralı' gibi sabit formüllerin otomatik uygulanmasından ziyade idame gereksinimi, açlık, kayıplar, kanama, hemodinamik yanıt, idrar çıkışı ve elektrolit/glukoz durumu birlikte değerlendirilerek yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- İzotonik kristalloidler uygun hastalarda temel idame/defisit replasmanı için kullanılabilir.
- Hipotonik sıvıların rutin kullanımı özellikle hastane ortamında hiponatremi riskini artırabileceğinden dikkatle değerlendirilmelidir.
- Yenidoğan ve küçük bebeklerde glukoz yönetimi önemlidir; hipoglisemi ve hiperglisemiden kaçınılmalıdır.
- Kan kaybı çocukta vücut ağırlığına göre hızla anlamlı hale gelebileceğinden tahmini kan hacmi ve izin verilen kan kaybı önceden hesaplanmalıdır.

Termoregülasyon

Pediatrik hastalarda yüzey alanı/vücut ağırlığı oranının yüksekliği, sınırlı yağ dokusu ve olgunlaşmamış termoregülasyon nedeniyle perioperatif hipotermi riski yüksektir (Cullen et al., 2023;

Gropper et al., 2025). Isı kaybı radyasyon, konveksiyon, iletim ve evaporasyon yoluyla gerçekleşir.

- Ameliyathane sıcaklığı özellikle yenidoğan ve küçük bebeklerde uygun tutulmalıdır.
- Pasif izolasyon ve aktif ısıtma gerektiğinde birlikte kullanılmalıdır.
- İntravenöz sıvılar ve kan ürünleri uygun durumlarda ısıtılmalıdır.
- Çekirdek sıcaklık, uzun süren veya riskli işlemlerde düzenli/devamlı izlenmelidir.
- Hipoterminin ilaç metabolizması, koagülasyon ve postoperatif derlenme üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır.

Pediatrik Farmakolojinin Temel İlkeleri

Pediatrik farmakokinetik yaşa göre değişir. Yenidoğanda toplam vücut suyu ve ekstrasellüler sıvı oranı daha yüksek, plazma protein bağlanması ve hepatik/renal eliminasyon kapasitesi daha düşük olabilir. Bu durum ilaçların dağılım hacmini, serbest fraksiyonunu ve etki süresini değiştirebilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Bu nedenle ilaç dozları yalnızca mg/kg hesabı ile belirlenmemeli; yaş, kilo, prematürite, organ fonksiyonu, eşlik eden hastalık ve uygulanan diğer ilaçlar dikkate alınmalıdır. Özellikle yenidoğanlarda ‘erişkin dozunun kilogram başına çevrilmesi’ güvenli bir yaklaşım değildir (Gropper et al., 2025).

Premedikasyon ve Çocuğun Psikolojik Hazırlığı

Premedikasyonun amacı anksiyeteyi azaltmak, ebeveyn ayrılığını kolaylaştırmak ve anestezi indüksiyonunu güvenli hale getirmektir. Ancak sedatif premedikasyon hava yolu ve solunum depresyonu riskini artırabileceğinden her çocukta rutin uygulanmamalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Bebeklerde ebeveyn eşliği, nazik iletişim ve minimal fiziksel uyaran çoğu zaman önceliklidir.
- Okul öncesi çocuklarda oyun, hikâye ve dikkat dağıtma teknikleri kullanılabilir.
- Okul çağındaki çocuklara işlem basit ve yaşa uygun dille açıklanmalı, kontrol hissi desteklenmelidir.
- Midazolam gibi ajanlar kullanılacaksa yaşa, kiloya ve klinik duruma göre titrasyon yapılmalıdır.
- Premedikasyon sonrası çocuk, sedasyon derinleşmesi ve hava yolu obstrüksiyonu açısından izlenmelidir.

Preoperatif Açlık

Elektif işlemlerde açlık amacı aspirasyon riskini azaltmaktır. Güncel yaklaşım, gereksiz uzun açlığın çocuklarda dehidratasyon, irritabilite ve metabolik stres yaratabileceği dikkate alınarak sürelerin gereğinden fazla uzatılmamasıdır (Joshi et al., 2023). Sağlıklı elektif hastalarda berrak sıvılar için 2 saatlik süre, anne sütü için 4 saat, formula mama, inek sütü ve katı gıdalar için gıdanın niteliğine göre en az 6–8 saatlik süreler kullanılan kılavuz çerçevesindedir (Joshi et al., 2023). Uzun süreli açlıkta mide rezidü hacmi artar, mide pH'ı asidik olur. Gereğinden fazla uzamış açlık süresinin aspirasyon riskini azalttığına dair kanıt yoktur.

Açlık önerileri aspirasyon açısından yüksek riskli, acil cerrahi gereken veya mide boşalmasının bozulduğu hastalarda doğrudan uygulanmamalıdır; risk–yarar değerlendirmesi ve hava yolu stratejisi bireyselleştirilmelidir (Joshi et al., 2023).

Alım	**Elektif İşlem İçin Tipik Minimum Süre***
Berrak sıvı	2 saat
Anne sütü	4 saat
Mama / hayvansal süt	6 saat
Katı gıda / hafif öğün	6 saat veya daha uzun; yağlı/ağır öğünde 8 saat

**Süreler sağlıklı elektif hastalar için genel çerçevedir; kurum protokolü ve güncel kılavuzlar esas alınmalıdır (Joshi et al., 2023).*

Obstrüktif Uyku Apnesi (OSA)

Çocuklarda OSA; horlama, tanıklı apne, uyku sırasında solunum bozukluğu, gündüz davranış değişiklikleri ve bazı çocuklarda büyüme/öğrenme sorunları ile ortaya çıkabilir. Tanıda polisomnografi standart testtir (Marcus et al., 2012).

OSA bulunan çocuklarda sedatif ve opioid ilaçların solunum depresan etkileri önemlidir. Premedikasyon planı hastaların özelliklerine göre bireyselleştirilmelidir. Özellikle adenotonsillektomi geçiren, küçük yaşta olan veya ağır OSA bulguları bulunan çocuklarda postoperatif solunum izlemi daha yakın planlanmalıdır (Chandrakantan et al., 2020; Marcus et al., 2012).

- Preoperatif değerlendirmede horlama ve tanıklı apne mutlaka sorgulanmalıdır.
- Polisomnografi sonucu varsa apne-hipopne indeksi ve oksijen desatürasyonu anestezi ekibine iletilmelidir.
- Opioid gereksinimi multimodal analjezi ile azaltılmalıdır.

- Derin sedasyon sonrası standarttan daha uzun solunum izlemi gerekebilir.
- Yüksek riskli çocuklarda gece hastane izlemi planlanmalıdır (Chandrakantan et al., 2020; Marcus et al., 2012).

Obez Pediatrik Hastada Anestezi

Pediatrik obezite; zor maske ventilasyonu, üst hava yolu obstrüksiyonu, OSA ve perioperatif solunum advers olayları riskini artırabilir (Nafiu et al., 2009). Preoperatif değerlendirmede BMI, OSA belirtileri, kardiyorespiratuvar komorbiditeler ve hava yolu özellikleri dikkate alınmalıdır.

- Preoksijenizasyon ve uygun baş-yukarı pozisyon yararlıdır.
- İlaç dozu için gerçek vücut ağırlığı, ideal/yağsız vücut ağırlığı ve ilacın farmakokinetik özelliği birlikte değerlendirilmelidir.
- Ventilasyon stratejisi akciğer mekaniğine göre bireyselleştirilmelidir.
- Postoperatif opioid ve sedatif kullanımı dikkatle titre edilmelidir.

Üst Solunum Yolu Enfeksiyonu (ÜSYE)

Yakın zamanda geçirilmiş veya aktif ÜSYE, özellikle küçük çocuklarda perioperatif solunum advers olaylarının riskini artırabilir. Risk; yaş, prematürite, reaktif hava yolu hastalığı, pasif sigara maruziyeti, yoğun sekresyon, cerrahinin hava yolu ile ilişkisi ve

kullanılacak hava yolu aracına göre değişir (Egbuta & Mason, 2020; von Ungern-Sternberg et al., 2010).

Bu nedenle 'ÜSYE varsa tüm ameliyatlar ertelenmelidir' şeklinde tek bir kural yerine hastanın klinik bulguları ve cerrahinin aciliyeti değerlendirilmelidir. Ateş, alt solunum yolu bulguları, belirgin hırıltı, pürülan sekresyon veya genel durum bozukluğu gibi bulgular elektif cerrahinin ertelenmesi yönünde daha güçlü nedenlerdir (Egbuta & Mason, 2020; von Ungern-Sternberg et al., 2010).

- ÜSYE varlığında hava yolu manipülasyonunu azaltan teknikler uygun hastada düşünülebilir.
- Bronkodilatör gereksinimi ve reaktif hava yolu öyküsü değerlendirilmelidir.
- Derin anestezi altında hava yolu uyarısının azaltılması bazı hastalarda yararlı olabilir.
- Ekstübasyon stratejisi hastanın hava yolu ve solunum riskine göre belirlenmelidir.

Anestezi İndüksiyonu

İndüksiyon yöntemi çocuğun yaşı, kooperasyonu, damar yolu varlığı, aspirasyon riski ve hemodinamik durumuna göre seçilir. İnhalasyonel sevofluran indüksiyonu damar yolu açılması zor veya kooperasyonu düşük çocuklarda sık kullanılır; intravenöz indüksiyon ise hızlı ve kontrollü bir seçenek olabilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

İnhalasyonel indüksiyon

- Uygun maske ve oksijen ile preoksijenizasyon sağlanır.

- Sevofluran kademeli veya klinik duruma uygun teknikle artırılabilir.
- Çocukla iletişim sürdürülmeli, gereksiz fiziksel mücadeleden kaçınılmalıdır.
- İndüksiyon sırasında hava yolu obstrüksiyonu ve laringospazm açısından hazırlıklı olunmalıdır.

İntravenöz indüksiyon

IV indüksiyon, damar yolu bulunan çocuklarda hızlı etki ve doz titrasyonu sağlar. Propofol, ketamin veya seçilmiş klinik durumlarda etomidat kullanılabilir. Dozlar yaş, hemodinamik durum ve klinik yanıta göre titrasyonla belirlenmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Sık Kullanılan İlaçlar: Klinik Çerçeve

İlaç	Pediatrik Kullanımda Temel Özellik	Önemli Uyarı
Sevofluran	İnhalasyonel indüksiyon ve idame için uygun	Hipotansiyon, solunum depresyonu; ajitasyon/deliryum
Propofol	IV indüksiyon/idame; hızlı derlenme	Hipotansiyon, apne; enjeksiyon ağrısı
Ketamin	Sedasyon, analjezi ve indüksiyon	Sekresyon artışı, kusma; yüksek dozda solunum depresyonu
Midazolam	Anksiyoliz ve premedikasyon	Solunum depresyonu; paradoksik ajitasyon olabilir
Fentanil	Güçlü analjezik	Hızlı bolusla göğüs duvarı rijiditesi ve apne
Parasetamol	Multimodal analjezinin temel bileşenlerinden	Toplam günlük doz ve karaciğer durumu dikkate alınmalı
Deksametazon	PONV ve bazı hava yolu ödemi/cerrahi endikasyonlarında	Doz endikasyona göre belirlenmeli
Ondansetron	PONV profilaksisi/tedavisi	QT uzaması ve diğer ilaçlarla etkileşimler dikkate alınmalı

Dozların yaş ve kilo yanında endikasyona, uygulama yoluna, organ fonksiyonuna ve kurum protokolüne göre doğrulanması gerekir. Bu tablo doz cetveli yerine klinik karar çerçevesidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Nöromüsküler Blokaj

Çocuklarda nöromüsküler blokajın etkisi yaşa ve ilaca göre değişebilir. Nöromüsküler blokaj uygulanan hastalarda objektif nöromüsküler monitorizasyon, yeterli antagonizma ve ekstübasyon öncesi klinik değerlendirme önemlidir (Veyckemans et al., 2026).

2026 yılında yayımlanan ESAIC/ESPA pediatrik kılavuzu, çocuklarda nöromüsküler blokajın endikasyon, monitorizasyon ve reversali için güncel öneriler sunmaktadır (Veyckemans et al., 2026). Özellikle rezidüel blokajın postoperatif solunum komplikasyonlarına katkısı nedeniyle yalnız klinik bulgulara güvenilmemeli, mümkün olduğunda kantitatif TOF monitorizasyonu kullanılmalıdır (Veyckemans et al., 2026).

Rokuronyumun antagonizasyonunda sugammadeks uygun klinik durumda kullanılabilir; doz ve zamanlama blok derinliğine göre belirlenmelidir (Veyckemans et al., 2026). Neostigmin ise uygun derinlikte blokta ve antimuskarinik eşliğinde kullanılabilir (Gropper et al., 2025; Veyckemans et al., 2026).

Laringospazm

Laringospazm pediatrik anestezide özellikle hava yolu cerrahisi, sekresyon/kan varlığı, yüzeyel anestezi ve yakın zamanda geçirilmiş ÜSYE durumunda görülebilen ciddi bir hava yolu komplikasyonudur (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022).

Klinik bulgular

- İnspiratuvar stridor veya sessiz obstrüksiyon
- Göğüs çekilmeleri ve paradoksal solunum
- $EtCO_2$ dalga formunun kaybolması veya belirgin azalması
- Hızla gelişen desatürasyon ve bradikardi

Tedavi

1. Uyarıyı ve cerrahi manipülasyonu durdurun; yardım çağırın.
2. Yüz maskesi ile %100 oksijen verin ve hava yolunu uygun pozisyonla açın.
3. Çene itme ve sürekli pozitif basınç uygulayın.
4. Yeterli yanıt yoksa anesteziyi derinleştirin.
5. Tam laringospazm devam ediyorsa uygun doz kas gevşetici ve ileri hava yolu yönetimine geçin.
6. Hipoksiye bağlı bradikardi gelişirse oksijenasyon/ ventilasyon önceliklidir; bradikardi devam ederse pediatrik yaşam desteği algoritmasına göre tedavi edin.

Laringospazm yönetiminde tek bir ilaç dozunu ezberlemekten daha önemli olan; erken tanı, oksijenasyonun sürdürülmesi, etkili pozitif basınç ventilasyonu ve hızla ileri hava yolu yönetimine geçebilme kapasitesidir (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022).

Bronkospazm

Bronkospazm; özellikle astım/reaktif hava yolu hastalığı, ÜSYE, hava yolu cerrahisi ve hava yolu irritasyonunda görülebilir. Klinik olarak ekspiryum uzaması, wheezing, artmış hava yolu basınçları ve kapnografide ekspiryum fazının uzaması ile kendini gösterebilir (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022).

1. İşlemi ve hava yolu irritasyonunu azaltın.
2. %100 oksijen ve uygun ventilasyon sağlayın.
3. Anestezi derinliğini değerlendirin ve gerekirse artırın.
4. İnhale β_2 agonist tedavisi uygulayın.
5. Yanıt yetersizse anafilaksi, pnömotoraks, tüp obstrüksiyonu veya yanlış entübasyon gibi nedenleri dışlayın.
6. Şiddetli olguda sistemik bronkodilatör/epinefrin gereksinimini klinik duruma göre değerlendirin.

Epiglottit

Epiglottit, akut üst hava yolu obstrüksiyonu açısından yüksek riskli bir tablodur. Disfaji, salya artışı, boğuk ses ve solunum sıkıntısı görülebilir. Şüpheli çocukta ajitasyonu artıracak işlemlerden kaçınılmalı ve kontrollü hava yolu planı yapılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Zorunlu olmayan damar yolu, ayrıntılı orofaringeal muayene veya çocuğu zorlayacak manipülasyonlar hava yolu tamamen güvence altına alınmadan yapılmamalıdır. İleri hava yolu yönetimi deneyimli ekip tarafından, uygun ortam ve cerrahi hava yolu desteği hazır bulundurularak gerçekleştirilmelidir.

Krup

Krup çoğunlukla viral kaynaklı subglottik inflamasyonla seyreden bir üst hava yolu hastalığıdır. Havlar tarzda öksürük, ses kısıklığı ve inspiratuvar stridor tipiktir. Tedavi hastalığın şiddetine göre kortikosteroid ve orta-ağır olgularda nebulize epinefrini içerir.

Hafif olguda çocuğun sakin tutulması önemlidir. Şiddetli solunum sıkıntısı veya dinlenimde stridor varsa hızlı tedavi ve yakın izlem gerekir. İleri hava yolu gereksinimi gelişirse deneyimli ekip tarafından entübasyon planlanmalıdır.

Yabancı Cisim Aspirasyonu

Yabancı cisim aspirasyonu çocukluk çağında önemli bir hava yolu acilidir. Ani öksürük, tek taraflı wheezing, solunum seslerinde asimetri veya stridor görülebilir. Kesin tanı için klinik değerlendirme, uygun görüntüleme ve bronkoskopik değerlendirme birlikte kullanılır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Çıkarma çoğunlukla genel anestezi altında rijid bronkoskopi ile gerçekleştirilir. Anestezi planı; yabancı cismin yerleşimi, tam obstrüksiyon riski ve bronkoskopun hava yoluna erişimi ile birlikte belirlenmelidir. İndüksiyon sırasında spontan ventilasyonun korunması bazı olgularda tercih edilebilse de tek bir standart teknik yoktur; hastanın klinik durumuna göre karar verilmelidir.

Pediatrik Bradikardi

Çocukta bradikardi çoğunlukla hipokseminin sonucudur. Bu nedenle anestezi sırasında gelişen bradikardide ilk yaklaşım kalp hızını yalnızca farmakolojik olarak yükseltmek değil, hava yolu ve ventilasyonu düzeltmektir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

1. İşlemi durdurun ve %100 oksijen sağlayın.

2. Hava yolu açıklığını ve ventilasyonu düzeltin.
3. Derinliği, ilaçları ve cerrahi/vagal uyarıyı değerlendirin.
4. Yeterli oksijenasyon ve ventilasyona rağmen kalp hızı 60/dk altında ve kötü perfüzyon bulguları varsa yaşa uygun pediatrik resüsitasyon algoritmasını uygulayın.
5. Gerektiğinde atropin(özellikle artmış vagal tonus veya primer AV blok durumlarında) veya epinefrin, klinik duruma ve yaşa göre uygun dozda kullanılır.

Postoperatif Dönem ve PACU

Çocuklarda postoperatif solunum olayları özellikle küçük yaş, prematürite, OSA, ÜSYE, hava yolu cerrahisi ve rezidüel nöromüsküler blokaj varlığında artabilir (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022; Veyckemans et al., 2026). PACU'da hava yolu, solunum, dolaşım, bilinç, ağrı ve bulantı-kusma sistematik olarak değerlendirilmelidir.

- Çocuk tamamen güvenli hava yolu ve yeterli spontan ventilasyon sağlanana kadar yakın izlenmelidir.
- Yüksek riskli hastalarda pulse oksimetri ve gerektiğinde ek solunum monitorizasyonu sürdürülmelidir.
- OSA, prematürite veya ciddi solunum hastalığında postoperatif izlem süresi uzatılmalıdır.
- Rezidüel nöromüsküler blokaj dışlanmalı veya kantitatif monitorizasyon ile doğrulanmalıdır (Veyckemans et al., 2026).
- Opioidler solunum depresyonu açısından titre edilmelidir.

- Multimodal analjezi ile opioid gereksinimi azaltılmalıdır.

Prematüre ve Postoperatif Apne

Prematüre doğan bebeklerde postoperatif apne riski gestasyonel ve postmenstrüel yaşla ilişkilidir. Özellikle küçük postmenstrüel yaştaki prematürelerde günübirlik cerrahi sonrası plansız taburculuk uygun değildir; izlem süresi kurum protokolü ve hastanın risklerine göre belirlenmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

Kafein bazı yüksek riskli prematürelerde apne tedavisinde veya seçilmiş perioperatif olgularda kullanılabilir; ancak tüm prematüre çocuklara otomatik olarak 10 mg/kg kafein verilmesi şeklindeki kaynak metin yaklaşımı genellenebilir bir standart değildir. Tedavi neonatoloji/anestezi ekibi tarafından hastanın yaşı, ağırlığı ve klinik durumuna göre belirlenmelidir.

Pediatrik PONV

Pediatrik hastalarda PONV riski yaş (≥3 yaş), cerrahi tipi/süresi, önceki PONV/seyahat hastalığı öyküsü, opioid kullanımı ve anestezi tekniği ile ilişkilidir. Riskli hastalarda multimodal profilaksi düşünülmelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Uygun hastada opioid-sparing analjezi tercih edilmelidir.
- Risk yüksekse farklı mekanizmalara sahip antiemetiklerin kombinasyonu düşünülebilir.
- Deksametazon ve ondansetron sık kullanılan profilaktik ajanlardır; doz endikasyona ve yaş/kiloya göre belirlenmelidir.

- Yeterli hidrasyon ve gereksiz volatil/opioid maruziyetinin azaltılması yardımcı olabilir.

Pediatrik Anestezide Klinik Karar Akışı

Çocuğu değerlendir → yaş, kilo ve prematüriteyi belirle → hava yolu + OSA + ÜSYE + kardiyopulmoner riskleri değerlendir → açlık ve aspirasyon riskini belirle → ekipman ve damar yolu planı → indüksiyon tekniğini seç → preoksijenizasyon → anestezi ve ventilasyon → ısı/sıvı/glukoz yönetimi → analjezi/PONV profilaksisi → nöromüsküler blokaj varsa kantitatif monitorizasyon ve uygun reversiyon → güvenli ekstübasyon → PACU'da solunum ve hemodinamik izlem → risk temelli taburculuk/servis-YBÜ kararı.

Klinik Anahtar Noktalar

- Pediatrik anestezi erişkin anestezisinin küçültülmüş şekli değildir; yaşa özgü fizyoloji ve farmakoloji anestezi planının temelidir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- Küçük çocuklarda oksijen rezervi sınırlı olduğundan hava yolu ve ventilasyon sorunları hızla kritik hale gelebilir (Egbuta & Mason, 2020; Templeton et al., 2022).
- ÜSYE, OSA, prematürite, obezite ve hava yolu cerrahisi perioperatif solunum advers olayları açısından özellikle önemlidir (Egbuta & Mason, 2020; Nafiu et al., 2009; Templeton et al., 2022; von Ungern-Sternberg et al., 2010).

- Çocukta gelişen bradikardinin en sık nedeni hipoksemi olduğundan oksijenasyon ve ventilasyon ilk sırada düzeltilmelidir.
- İlaç dozları mg/kg üzerinden hesaplanmakla birlikte yaş, organ fonksiyonu, endikasyon ve klinik yanıta göre titrasyon yapılmalıdır.
- Elektif hastalarda gereksiz uzun açlıktan kaçınılmalı; sağlıklı çocuklarda berrak sıvı için 2 saatlik yaklaşım güncel kılavuzlarla uyumludur (Joshi et al., 2023).
- OSA ve yüksek riskli hava yolu hastalarında opioid ve sedatifler dikkatle titre edilmeli, postoperatif izlem güçlendirilmelidir (Chandrakantan et al., 2020; Marcus et al., 2012).
- Nöromüsküler blokajda kantitatif monitorizasyon ve uygun reversiyon, 2026 güncel pediatrik kılavuzunun temel unsurlarındandır (Veyckemans et al., 2026).
- Her pediatrik anestezide beklenen hava yolu planının yanında başarısızlık durumunda kurtarma planı da işlem başlamadan hazırlanmalıdır (Apfelbaum et al., 2022; Long et al., 2026).

Kaynakça

Apfelbaum, J. L., Hagberg, C. A., Connis, R. T., Abdelmalak, B. B., Agarkar, M., Dutton, R. P., Fiadjoe, J. E., Greif, R., Klock, P. A., Mercier, D., Myatra, S. N., O'Sullivan, E. P., Rosenblatt, W. H., Sorbello, M., & Tung, A. (2022). 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*, *136*(1), 31–81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002.

Chandrakantan, A., Mehta, D., & Adler, A. C. (2020). Pediatric obstructive sleep apnea revisited: Perioperative considerations for the pediatric Anesthesiologist. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *139*, 110420. doi: 10.1016/j.ijporl.2020.110420.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Egbuta, C., & Mason, K. P. (2020). Recognizing Risks and Optimizing Perioperative Care to Reduce Respiratory Complications in the Pediatric Patient. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(6), 1942. doi: 10.3390/jcm9061942.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Joshi, G. P., Abdelmalak, B. B., Weigel, W. A., Harbell, M. W., Kuo, C. I., Soriano, S. G., Stricker, P. A., Tipton, T., Grant, M. D., Marbella, A. M., Agarkar, M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for

Preoperative Fasting: Carbohydrate-containing Clear Liquids with or without Protein, Chewing Gum, and Pediatric Fasting Duration-A Modular Update of the 2017 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting. *Anesthesiology*, *138*(2), 132–151. doi: 10.1097/ALN.0000000000004381.

Long, J. B., Houck, C. S., Varughese, A. M., & Section on Anesthesiology and Pain Medicine (2026). Critical Elements for the Pediatric Periprocedural Anesthesia Environment: Policy Statement. *Pediatrics*, *157*(3), e2025075746. doi: 10.1542/peds.2025-075746.

Marcus, C. L., Brooks, L. J., Draper, K. A., Gozal, D., Halbower, A. C., Jones, J., Schechter, M. S., Ward, S. D., Sheldon, S. H., Shiffman, R. N., Lehmann, C., Spruyt, K., & American Academy of Pediatrics (2012). Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatrics*, *130*(3), e714–e755. doi: 10.1542/peds.2012-1672.

Nafiu, O. O., Green, G. E., & Walton, S., et al. (2009). Incidence and risk factors for perioperative adverse respiratory events in children who are obese. *Anesthesiology 110*(4), 711-718.

Templeton, T. W., Sommerfield, D., Hii, J., Sommerfield, A., Matava, C. T., & von Ungern-Sternberg, B. S. (2022). Risk assessment and optimization strategies to reduce perioperative respiratory adverse events in Pediatric Anesthesia-Part 2: Anesthesia-related risk and treatment options. *Paediatric Anaesthesia*, *32*(2), 217–227. doi: 10.1111/pan.14376.

Veyckemans, F., Debouche, S., Kaufmann, J., Disma, N., Amigoni, A., Bonatti, G., Christensen, M. I., Engelhardt, T., Fuchs, A., Fuchs-Buder, T., Hansen, T. G., Karlsson, J., Kleine-Brueggeney, M., Lusardi, A. C., Riva, T., Salaün, J. P., Saldien, V., Saynhalath, R.,

Scavenius, M., Schmartz, D., … Afshari, A. (2026). 2025 ESAIC and ESPA Guidelines on neuromuscular block in anaesthetised children: Indications, monitoring and reversal. *European Journal of Anaesthesiology*, *43*(4), 295–323. doi: 10.1097/EJA.0000000000002357.

von Ungern-Sternberg, B. S., Boda, K., Chambers, N. A., Rebmann, C., Johnson, C., Sly, P. D., & Habre, W. (2010). Risk assessment for respiratory complications in paediatric anaesthesia: a prospective cohort study. *Lancet (London, England)*, *376*(9743), 773–783. doi: 10.1016/S0140-6736(10)61193-2.

Wang, Q., Li, Y., Zhao, K., Zhang, J., & Zhou, J. (2024). Optimizing perioperative lung protection strategies for reducing postoperative respiratory complications in pediatric patients: a narrative review. *Translational Pediatrics*, *13*(11), 2043–2058. doi: 10.21037/tp-24-453.

BÖLÜM 54

KBB VE MAKSİLLOFASİYAL CERRAHİDE ANESTEZİ YÖNETİMİ

ALPAY KARAÇAM[1]

Özet

KBB ve maksillofasiyal cerrahilerde anestezi yönetiminin temel özelliği, cerrah ve anestezistin aynı anatomik alanı paylaşması ve hava yolunun cerrahi sırasında doğrudan manipüle edilebilmesidir. Bu nedenle anestezi planı yalnızca indüksiyon ve idameyi değil; hava yolunun nasıl güvenceye alınacağını, cerrahi erişim için hangi tüp veya supraglottik aygıtın seçileceğini, kan ve sekresyonların yönetimini, lazer / elektrokoter kullanımını, ekstübasyon stratejisini ve olası postoperatif hava yolu kaybını birlikte kapsamalıdır.

Tonsillektomi / adenoidektomi, mikrolaringoskopi, bronkoskopi, lazer cerrahisi, sinonazal cerrahi, tiroid ve boyun cerrahileri, derin boyun enfeksiyonları, serbest doku transferi ile

[1] Uzm. Dr., T.C. Sağlık Bakanlığı, Polatlı Duatepe Devlet Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0001-8697-9966

rekonstrüksiyon, yarık damak/dudak onarımları, dental cerrahi ve yüz travmaları birbirinden farklı risk profillerine sahiptir. Özellikle pediatrik hastalarda OSA, yakın zamanda geçirilmiş üst solunum yolu enfeksiyonu, kraniofasiyal anomaliler, küçük hava yolu ve yabancı cisim aspirasyonu; erişkinlerde ise kitle, radyoterapi, trismus, boyun hareket kısıtlılığı, önceki zor hava yolu ve mikrovasküler flep perfüzyonu önemlidir. Güncel yaklaşım, her olguda prosedürün hava yolu üzerindeki etkisini önceden tanımlayan ve başarısızlık halinde alternatifleri içeren bir planlama gerektirir; 2025-2026 döneminde yayımlanan güncellemeler (DAS zor hava yolu 2025, SHANA yüksek riskli tiroidektomi 2026, PONV Beşinci Konsensüs 2025) bu planlamayı daha da sistematik hale getirmiştir.

Öğrenme Hedefleri

- KBB ve maksillofasiyal cerrahilerde paylaşılan hava yolunun özelliklerini ve risklerini açıklayabilmek.
- Cerrahiye özgü endotrakeal tüp, supraglottik hava yolu ve diğer hava yolu seçeneklerini seçebilmek.
- Zor hava yolu için oksijenasyonu koruyan ve alternatif stratejileri içeren bir plan oluşturabilmek.
- Lazer ve cerrahi hava yolu yangını riskini azaltan önlemleri uygulayabilmek.
- Tonsillektomi / adenoidektomi, bronkoskopi, mikrolaringoskopi, sinonazal cerrahi, tiroid cerrahisi, yarık damak, serbest doku transferi ve yüz travmasında anestezi hedeflerini belirleyebilmek.
- Derin boyun enfeksiyonları ve tonsil kanaması gibi akut tehdit altındaki hava yolu senaryolarını yönetebilmek.

- Kanama, laringospazm, bronkospazm, hava yolu ödemi, PONV, LAST, ekstübasyon başarısızlığı ve diğer kritik komplikasyonları erken yönetebilmek.

KBB ve Maksillofasiyal Cerrahilerde Ortak Anestezi İlkeleri

- Cerrahi alan ile hava yolu çoğu zaman aynı bölgededir; anestezi cihazı, tüp ve monitörizasyon cerrahinin gereksinimine göre konumlandırılmalıdır.
- Hava yolu güvenliği, cerrahi erişimden önce belirlenmelidir. 'Cerrahi sırasında hava yolu kaybedilirse ne yapılacak?' sorusunun yanıtı işlem başlamadan hazır olmalıdır.
- Kanama ve sekresyonlar aspirasyon, laringospazm ve postoperatif hava yolu obstrüksiyonu riskini artırabilir.
- Tüpün cerrahi sahaya göre seçimi, güvenli sabitlenmesi ve devre bağlantılarının işlem boyunca kontrolü kritik önemdedir.
- Derlenme ve ekstübasyon, özellikle üst hava yolu cerrahilerinde indüksiyon kadar önemli bir hava yolu yönetimi aşamasıdır.
- KBB cerrahisi sırasında nöromüsküler monitörizasyon gerektiren sinir monitorizasyonu varsa kas gevşetici kullanımı cerrahi hedefle uyumlu planlanmalıdır.

Preoperatif Değerlendirme

Değerlendirme cerrahi bölgeye göre özelleştirilmelidir. Özellikle önceki entübasyon kayıtları, trakeostomi, baş-boyun radyoterapisi, tümör, enfeksiyon, trismus, boyun hareket kısıtlılığı,

kraniofasiyal anomaliler, OSA, aspirasyon riski, antikoagülan / antiagregan tedavi ve kanama öyküsü sorgulanmalıdır.

Değerlendirme Alanı	Özellikle Sorgulanacak Noktalar	Anesteziye Etkisi
Hava yolu	Önceki zor entübasyon, trismus, ağız açıklığı, mandibula, boyun hareketi, kitle	Planlı alternatif hava yolu stratejisi
Solunum	OSA, stridor, wheezing, yakın ÜSYE, kronik akciğer hastalığı	Perioperatif solunum riski
Kanama	Antikoagülanlar, kanama öyküsü, tümör vaskülaritesi	Kan ürünü ve damar yolu hazırlığı
Cerrahi anatomi	Tümör, tiroid kitlesi, kraniofasiyal deformite, radyoterapi	Zor hava yolu / obstrüksiyon
Nörolojik	Kranial sinir tutulumu, nöromüsküler hastalık	Kas gevşetici ve ekstübasyon planı
Pediatrik risk	Yaş, kilo, adenotonsiller hipertrofi, prematürite, USYE	Postoperatif solunum izlemi

Paylaşılan Hava Yolu ve Hava Yolu Planlaması

Paylaşılan hava yolunda temel hedef, cerraha yeterli çalışma alanı sağlarken oksijenasyon ve ventilasyonu güvence altına almaktır. Hava yolu seçimi cerrahinin yerine, süresine, kanama olasılığına, lazer/elektrokoter kullanımına ve hastanın aspirasyon riskine göre yapılmalıdır.

Oral RAE tüpler, özellikle ağız içi ve maksillofasiyal cerrahilerde tüpün cerrahi alandan uzaklaştırılması için kullanılabilir. Nazal RAE tüpler nazal cerrahi veya bazı maksillofasiyal işlemlerde tercih edilebilir; ancak kafa tabanı kırığı şüphesi, ciddi nazal patoloji veya başka kontrendikasyonlarda nazal yol kullanılmamalıdır. Kaflı tüpler uygun hastalarda hava yolu izolasyonunu ve ventilasyon kontrolünü kolaylaştırır.

Supraglottik hava yolu bazı kısa ve seçilmiş KBB işlemlerinde kullanılabilir; ancak kan, irrigasyon, cerrahi

manipülasyon veya hava yolu paylaşımının yüksek olduğu işlemlerde trakeal tüp daha güvenli bir seçenek olabilir. Seçim prosedüre özgü yapılmalıdır.

Klinik karar akışı — Paylaşılan hava yolu

Cerrahi tipi ve hava yolu riski → zor hava yolu var mı? → oksijenasyonu koruyan birincil plan + alternatif plan → aspirasyon/kanama/lazer riski → ETT mi SAD (Supraglottik airway device) mı? → tüpün cerrahi alandan uzaklaştırılması ve güvenli sabitlenmesi → iletişim protokolü → intraoperatif hava yolu acil planı → kontrollü ve risk-temelli ekstübasyon → PACU/yoğun bakım gereksinimi.

Zor Hava Yolu

Baş-boyun tümörleri, radyoterapiye bağlı fibrozis, trismus, mandibular hipoplazi, kraniofasiyal anomaliler, boyun hareket kısıtlılığı, ileri OSA ve önceki başarısız hava yolu girişimleri zor hava yolu riskini artırır. 2022 ASA zor hava yolu yaklaşımı (Apfelbaum et al., 2022), ilk girişim başarısız olduğunda aynı yöntemi tekrarlamak yerine oksijenasyonu koruyarak stratejik değişiklik yapılmasını ve alternatif cihazların erken düşünülmesini destekler.

2025 yılında yayımlanan Difficult Airway Society (DAS) güncel kılavuzu (Ahmad et al., 2026), erişkinde beklenmeyen zor hava yolu yönetimi için doğrusal bir algoritmayı (Plan A: trakeal entübasyon → Plan B: supraglottik hava yolu ile ventilasyon → Plan C: yüz maskesi ile ventilasyon → Plan D: acil ön-boyun hava yolu) sürdürür; ancak vurguyu başarısızlığı yönetmekten "başarı olasılığını en üst düzeye çıkarmaya" kaydırır: ilk denemede başarıyı artırma, sürekli oksijen desteği, videolaringoskopinin ilk basamak

yöntem olarak önerilmesi, dalga formu kapnografi ile ventilasyonun doğrulanması ve ekip içi iletişim/insan faktörleri bu güncellemenin öne çıkan noktalarıdır. Beklenen zorlukta uyanık entübasyon, DAS 2020 uyanık trakeal entübasyon kılavuzuna (Ahmad et al., 2020) göre planlanmalıdır.

- İlk plan, alternatif plan ve kurtarma planı işlem başlamadan ekip ile paylaşılmalıdır.
- Difficult airway olasılığında videolaringoskop, farklı bıçaklar, supraglottik hava yolu, fiberoptik ekipman ve gerektiğinde acil invaziv hava yolu ekipmanı hazır olmalıdır.
- Uyanık hava yolu yaklaşımı erişkinlerde seçilmiş yüksek riskli olgularda düşünülebilir; pediatrik yaklaşım yaş ve kooperasyona göre bireyselleştirilir.
- Oksijenasyonun korunması, başarısız entübasyon sayısının sınırlandırılması ve yardım çağrısının geciktirilmemesi esastır.
- DAS 2025 güncellemesi, üçüncü başarısız entübasyon denemesinden sonra supraglottik hava yolu ile ventilasyona (Plan B) geçilmesini ve bu geçişin gecikmeden yapılmasını vurgular (Ahmad et al., 2026).

Derin Boyun Enfeksiyonları ve Ludwig Anjini

Derin boyun enfeksiyonları (peritonsiller, parafaringeal, retrofaringeal apseler) ve özellikle Ludwig anjini, hızla ilerleyen ödem, trismus, ağız tabanı ve dil kökü şişliği nedeniyle hava yolu için ayrı bir acil kategori oluşturur. Bu hastalarda hava yolu kaybı, standart zor hava yoluna göre daha hızlı ve daha öngörülemez

şekilde gelişebilir; olgu serileri hava yolu yönetim hatalarının mortalitenin başlıca nedeni olduğunu göstermektedir (Ovassapian et al., 2005).

- Trismus, ağız tabanı sertliği (‘woody floor’), dilin yukarı-arkaya itilmesi ve stridor ilerlemiş hastalık bulgularıdır; bu bulgular varlığında yatarak pozisyonda maske ventilasyonu ve rutin laringoskopi güvenilmez olabilir.
- Hastanın kan yutmuş/enfekte sekresyon yutmuş olabileceği ve dolu mide kabul edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.
- İlerlemiş olgularda ilk tercih, DAS 2020 uyanık entübasyon ilkelerine (Ahmad et al., 2020) uygun şekilde topikal anestezi altında uyanık fiberoptik entübasyondur; başarısızlık veya fiberoptik ekipman/deneyim yokluğunda lokal anestezi altında uyanık cerrahi hava yolu (trakeostomi) planlanmalıdır (Ovassapian et al., 2005).
- Stabil, hafif olgularda yakın izlemle (solunum sayısı, satürasyon, stridor) konservatif yaklaşım ve antibiyoterapi yeterli olabilir; ancak hava yolu ekibi ve ekipmanı her zaman hazır bulundurulmalıdır.
- Kas gevşetici ile hızlı indüksiyon, spontan ventilasyonu ortadan kaldırıp “göremiyorum, ventile edemiyorum” senaryosuna yol açabileceğinden bu hasta grubunda genellikle önerilmez.

Klinik karar akışı — Derin boyun enfeksiyonu / Ludwig anjini

Şüpheli/doğrulanmış derin boyun enfeksiyonu → hava yolu bulgularının ciddiyeti (trismus, stridor, dil kökü ödemi) → hafif ve stabil: yakın izlem + cerrahi/anestezi ekibi hazır → ciddi/ilerleyici: uyanık fiberoptik entübasyon (topikal anestezi) → başarısız veya uygun değilse lokal anestezi altında uyanık cerrahi hava yolu → cerrahi drenaj → postoperatif yoğun izlem.

Endoskopik Hava Yolu Girişimleri

Bronkoskopi, panendoskopi, laringoskopi ve mikrolaringoskopide hava yolu cerrahi ile doğrudan paylaşılır. İşlem sırasında ventilasyon stratejisi cerrahi hedefe, rijid veya fleksibl endoskop kullanımına ve hastanın fizyolojisine göre seçilir.

Rijid bronkoskopi sırasında tüpsüz ventilasyon, spontan ventilasyon, apneik teknik veya jet ventilasyon gibi seçenekler belirli olgularda kullanılabilir. Jet ventilasyon ventilasyonun tüm yönlerini tek başına garanti etmez; hava hapsi, barotravma, pnömotoraks ve hiperkapni açısından dikkatli izlem gerektirir. Obezite, restriktif akciğer hastalığı veya düşük FRC durumlarında oksijenasyon ve CO_2 kontrolü daha zor olabilir.

Bronkoskopi sırasında sekresyon, kan, laringospazm, bronkospazm ve hava yolu ödemi gelişebilir. İşlem öncesinde ekipman ve kurtarma planı hazır olmalıdır.

Pediatrik hava yolu yabancı cismi

Yabancı cisim aspirasyonu, rijid bronkoskopi gerektiren pediatrik acil bir durumdur ve genel bronkoskopi ilkelerinden bazı önemli farklar taşır.

- Tam obstrüksiyon riski nedeniyle pozitif basınçlı ventilasyondan olabildiğince kaçınılması ve spontan ventilasyonun korunması geleneksel olarak tercih edilir; sevofluran ile inhalasyon indüksiyonu yaygın bir yaklaşımdır, ancak IV indüksiyon da seçilmiş olgularda kullanılabilir.
- Cisim kısmi obstrüksiyona yol açıyorsa, pozitif basınçlı ventilasyon cismi daha distale itebilir veya tam obstrüksiyona dönüştürebilir; bu nedenle cerrah ile "cismi görene kadar" ventilasyon stratejisi önceden netleştirilmelidir.
- Derin anestezi/topikal anestezi ile laringospazm ve öksürük refleksinin baskılanması, rijid bronkoskop yerleştirilmesini kolaylaştırır.
- Cisim çıkarıldıktan sonra rezidü ödem, granülasyon dokusu veya distal segmental obstrüksiyon açısından izlem sürdürülmelidir.

Lazer Cerrahisi ve Hava Yolu Yangını

Lazer kullanılan hava yolu cerrahileri, oksijen açısından zengin bir ortam ile ısı kaynağının aynı bölgede bulunması nedeniyle hava yolu yangını açısından özel risk taşır. Risk; oksidan konsantrasyonu, lazer enerjisi, tüp materyali ve cerrahi alandaki yanıcı materyallerin birlikte değerlendirilmesiyle azaltılır.

- Lazerin türü, enerji düzeyi ve kullanım alanı cerrahla işlem öncesinde paylaşılmalıdır.

- Mümkün olan en düşük güvenli FiO_2 hedeflenmelidir; hastanın oksijenasyon gereksinimi her zaman önceliklidir.
- Lazer cerrahisine uygun lazer dirençli tüp gerektiğinde kullanılmalı ve kafın bütünlüğü korunmalıdır.
- Yanıcı materyaller ve uygun olmayan tüp materyalleri cerrahi alandan uzaklaştırılmalıdır.
- Yangın durumunda oksijen ve gaz akışları derhal kesilmeli, cerrahi alan ayrılmalı ve hava yolu değerlendirilip gerekirse yeniden güvenceye alınmalıdır.

Bu nedenle lazer cerrahisinde 'yangın önleme planı' işlem başlamadan önce anestezi ve cerrahi ekip tarafından ortaklaşa belirlenmelidir; AORN perioperatif uygulama kılavuzları (AORN, n.d.) kurumsal lazer güvenliği protokollerinin bu planın parçası olmasını önerir.

Tonsillektomi ve Adenoidektomi

Tonsillektomi/adenoidektomi çocuklarda sık yapılan KBB girişimlerindendir. Obstrüktif uyku ile ilişkili solunum bozukluğu önemli bir endikasyondur. Anestezi açısından OSA, kanama, üst hava yolu ödemi, laringospazm, PONV ve postoperatif ventilasyon gereksinimi ön plandadır. 2024 SAMBA pozisyon bildirisi (Brennan et al., 2024), ambulatuvar tonsillektomi için komplikasyon riski yüksek çocukların dikkatle seçilmesini ve erken dönemde özellikle kanama ile ventilatuvar komplikasyonların göz önünde bulundurulmasını vurgulamaktadır.

- OSA şiddeti, yaş, komorbidite ve cerrahinin endikasyonu preoperatif değerlendirmede dikkate alınmalıdır.

- Aspirasyon ve kanama riskleri nedeniyle güvenli hava yolu planı yapılmalıdır.
- Multimodal analjezi; parasetamol, uygun hastalarda NSAİİ ve cerrahiye uygun lokal/bölgesel teknikleri içerebilir (bkz. Rejyonel Teknikler).
- Opioidler OSA'lı çocuklarda daha dikkatli titre edilmeli ve postoperatif solunum izlemi planlanmalıdır.
- Postoperatif kanama veya hava yolu obstrüksiyonu şüphesinde erken müdahale gerekir.

AAO-HNS'nin pediatrik tonsillektomi kılavuzu (Mitchell et al., 2019); uygun hasta seçimi, perioperatif eğitim, ağrı yönetimi ve özel risk gruplarının değerlendirilmesini vurgulamaktadır.

Tonsil Kanaması: Acil Hava Yolu Yönetimi

Tonsillektomi sonrası kanama, hava yolu kaybı ve hipovolemik şokla sonuçlanabilecek acil bir durumdur. Hasta kan yutmuş olabileceğinden mide dolu kabul edilmelidir. Anestezi ekibi hem hemodinamik resüsitasyonu hem de zor/kanlı hava yolu yönetimini eş zamanlı planlamalıdır.

Klinik karar akışı

Kanama şüphesi → yardım çağır + cerrah/anestezi ekibi + kan bankası → hızlı değerlendirme ve damar yolu → hemodinamik resüsitasyon → aspirasyon riskini dikkate alarak hava yolu güvenliği → deneyimli laringoskopist + alternatif hava yolu hazırlığı → kontrollü entübasyon → cerrahi hemostaz → yoğun bakım gereksiniminin değerlendirilmesi.

İndüksiyon ajanı hemodinamik duruma göre seçilmelidir; sabit bir ‘tek doğru ajan’ yaklaşımı uygun değildir. Aktif kanamalı ve instabil çocukta dolaşımın korunması ve deneyimli hava yolu yönetimi önceliklidir.

Sinonazal Cerrahi ve Epistaksis

Fonksiyonel endoskopik sinüs cerrahisi (FESS), septoplasti ve epistaksis kontrolü, KBB anestezi pratiğinin en sık yapılan işlemleri arasındadır ve kendine özgü riskler taşır.

- Topikal vazokonstriktörler (adrenalinli veya kokainli pledgetler) cerrahi görüş alanını iyileştirir, ancak sistemik emilim aritmi ve hipertansif atağa yol açabilir; doz ve uygulama alanı cerrahla birlikte sınırlandırılmalıdır.
- Kanamayı azaltmak amacıyla baş yukarı pozisyon (reverse Trendelenburg) ve seçilmiş olgularda kontrollü hipotansiyon (bkz. Sinir Monitorizasyonu) birlikte kullanılabilir; ancak sabit bir MAP hedefi tüm hastalara uygulanmamalıdır.
- Paylaşılan hava yolu ilkeleri geçerlidir: oral RAE tüp veya uygun kaflı tüp, boğaz tamponu kullanımı kaydedilmeli ve işlem sonunda çıkarıldığı doğrulanmalıdır.
- Masif epistaksiste hasta kan yutmuş kabul edilmeli, aspirasyon riski yüksek olgu olarak yönetilmeli ve gerekirse hızlı ardışık indüksiyon düşünülmelidir.
- Ekstübasyon sırasında öksürük ve Valsalva benzeri manevralardan kaçınılması, taze cerrahi sahada yeniden kanamayı azaltabilir; derin ekstübasyon seçilmiş

olgularda düşünülebilir (bkz. Lokal Anestezik Sistemik Toksisitesi (LAST)).

Orta Kulak Cerrahileri

Miringotomi, timpanoplasti ve mastoidektomi farklı süre ve cerrahi gereksinimlere sahiptir. Orta kulak cerrahisinde PONV önemli bir sorun olabilir (bkz. Kontrollü Hipotansiyon). N_2O kullanımı, orta kulak basıncını artırabilmesi ve cerrahi sonuç/greft açısından oluşturabileceği etkiler nedeniyle prosedüre göre değerlendirilmelidir; rutin kullanımı gerekli değildir.

- Cerrahi alanın hareketsizliği ve uygun anestezi derinliği sağlanmalıdır.
- Fasiyal sinir monitorizasyonu kullanılacaksa kas gevşetici gereksinimi cerrahla koordine edilmelidir (bkz. Rejyonel Teknikler).
- PONV riski preoperatif olarak değerlendirilip multimodal profilaksi uygulanmalıdır.

Tiroid ve Boyun Cerrahisi

Tiroid kitleleri trakeal bası, trakeal deviasyon veya üst hava yolu anatomisinde değişiklik oluşturabilir. Büyük kitle, stridor, supin pozisyonda semptom artışı veya radyolojik belirgin daralma varsa hava yolu planı önceden oluşturulmalıdır. 2026 yılında yayımlanan SHANA (Society for Head and Neck Anesthesia) yüksek riskli tiroidektomi konsensüsü (Hyman et al., 2026), büyük guatr, retrosternal uzanım, trakeal invazyon veya önceden bilinen zor hava yolu gibi yüksek riskli olgularda preoperatif görüntülemenin gözden geçirilmesini, uyanık fiberoptik entübasyon veya videolaringoskopinin planlı şekilde hazır bulundurulmasını ve

cerrahi ekiple ekstübasyon stratejisinin önceden netleştirilmesini önermektedir.

- Preoperatif hava yolu görüntülemesi klinik gerekliliğe göre değerlendirilmelidir.
- Rekürren laringeal sinir monitorizasyonu planlanıyorsa nöromüsküler blok cerrahi hedefle uyumlu sınırlandırılmalıdır (bkz. Rejyonel Teknikler).
- Postoperatif boyun hematomu hızla hava yolu obstrüksiyonuna yol açabilir; erken tanı ve acil cerrahi müdahale gerekir.
- Bilateral vokal kord disfonksiyonu ekstübasyon sonrası ciddi üst hava yolu problemi oluşturabilir.
- Paratiroid cerrahisi sonrası hipokalsemi gelişebileceği için klinik bulgular ve gerektiğinde kalsiyum izlenmelidir.

Postoperatif boyun hematomu, tiroid/paratiroid cerrahisinin en tehlikeli acil durumudur. DAS, BAETS ve ENT-UK'nün 2021 çok disiplinli konsensüs kılavuzu (Iliff et al., 2022), "SCOOP" protokolünü (Skin exposure, Cut sutures, Open skin, Open muscles, Pack wound — yani cildin açığa çıkarılması, sütürlerin kesilmesi, cildin ve kasların açılması, yara paketlenmesi) tanımlar: hava yolu kompresyon bulguları (yutma güçlüğü, huzursuzluk, taşipne, stridor) saptandığında yatak başında derhal yara açılıp hematom boşaltılmalı, bu adım herhangi bir ileri hava yolu girişiminden önce yapılmalıdır; hematom boşaltılmasına rağmen hava yolu kompromisi düzelmiyorsa trakeal entübasyon endikedir.

Trakeostomi

KBB/maksillofasiyal hava yolu yönetiminin doğal bir uzantısı olarak, uzamış zor hava yolu, ciddi üst hava yolu obstrüksiyonu, büyük tümör cerrahisi veya öngörülen uzun süreli mekanik ventilasyon gerektiren olgularda cerrahi veya perkütan trakeostomi planlanabilir.

- Trakeostomi kararı, ekstübasyonun güvenli olup olmayacağı sorusuyla birlikte, mümkünse cerrahi öncesinde ekip içinde tartışılmalıdır (bkz. Lokal Anestezik Sistemik Toksisitesi (LAST) Ekstübasyon).
- Trakeostomi sonrası ilk 7-10 gün "acil trakeostomi" olarak kabul edilmeli; tüp dislokasyonu veya tıkanma durumunda oral/nazal yoldan yeniden entübasyon seçeneği ile stoma yoluyla yeniden trakeostomi kanülasyonu arasındaki karar cerrahi ekiple önceden netleştirilmelidir.
- Baş-boyun tümörü nedeniyle anatomisi bozulmuş hastalarda, acil durumda oral entübasyonun mümkün olmayabileceği unutulmamalı ve trakeostomi/stoma bilgisi hasta başında görünür şekilde belirtilmelidir.

Yarık Dudak ve Yarık Damak Cerrahisi

Yarık dudak/damak hastalarında kraniofasiyal anatomi değişikliği ve eşlik eden sendromlar zor hava yolu riskini artırabilir. Özellikle Pierre Robin sekansı, Treacher Collins sendromu ve Down sendromu gibi durumlarda hava yolu değerlendirmesi ayrı yapılmalıdır.

- Entübasyon için yaşa uygun alternatif hava yolu ekipmanı hazır bulundurulmalıdır.
- Cerrahi sonrası dil, damak ve farinks ödemi hava yolu obstrüksiyonuna yol açabilir.
- Cerrahi alandaki sütürler ve ağız içi materyallerin hava yoluna kaçması önlenmelidir.
- Büyük palatin sinir bloğu, damak cerrahisinde opioid gereksinimini azaltabilecek bir bölgesel teknik olarak düşünülebilir (bkz. Rejyonel Teknikler).
- Ekstübasyon kararı hava yolu ödemi, sekresyonlar, solunum eforu ve nöromüsküler toparlanma birlikte değerlendirilerek verilmelidir.

Dental Cerrahi

Dental cerrahide hava yolu cerrahi alanla doğrudan paylaşılır; kan, irrigasyon sıvısı, diş parçaları ve cerrahi materyaller aspirasyon riski oluşturabilir. Nazal veya oral trakeal entübasyon seçimi cerrahinin yerine göre yapılır.

- Boğaz tamponu kullanılıyorsa yerleştirilmesi ve çıkarılması ekip tarafından açıkça kaydedilmelidir.
- Tampon, gaz veya cerrahi materyalin işlem sonunda unutulmaması için standart kontrol yapılmalıdır.
- Aspirasyon ve kanama açısından yeterli suction hazır bulundurulmalıdır.
- Mandibüler/inferior alveolar sinir bloğu gibi bölgesel teknikler, ağrı yönetimini destekleyebilir (bkz. Rejyonel Teknikler).

- Nörolojik veya gelişimsel sorunları olan çocuklarda preoperatif iletişim ve postoperatif davranışsal gereksinimler ayrıca planlanmalıdır.

Maksillofasiyal Travma

Yüz travmasında kanama, ödem, diş/kırık parçaları, sekresyon, trismus ve anatomik bozulma nedeniyle hava yolu yönetimi güçleşebilir. Travma hastası aspirasyon açısından yüksek riskli kabul edilmeli; eşlik eden servikal omurga yaralanması ve kafa travması dışlanmalıdır.

- Oksijenasyon ve ventilasyon sağlanırken servikal omurga korunmalıdır.
- Zor hava yolu için videolaringoskop, fiberoptik bronkoskop ve gerektiğinde acil cerrahi hava yolu ekipmanı hazır olmalıdır.
- Kafa tabanı kırığı şüphesinde nazal entübasyondan kaçınılmalıdır.
- Le Fort II/III kırıkları kraniofasiyal instabilite ve ciddi hava yolu sorunları açısından özellikle önemlidir.
- Önemli kan kaybı, hipotermi ve koagülopati birlikte değerlendirilmelidir.
- Postoperatif ödem nedeniyle gecikmiş hava yolu obstrüksiyonu olabileceğinden ekstübasyon güvenli koşullarda yapılmalıdır.

Klinik karar akışı — Maksillofasiyal travma

Travma hastası → servikal omurga koruması + dolu mide kabulü → hava yolu tehdidi var mı (kanama, ödem, anatomik

bozulma)? → hafif/stabil: standart indüksiyon + hızlı ardışık teknik → zor hava yolu öngörülüyor: uyanık fiberoptik entübasyon veya videolaringoskopi ile birincil plan + acil cerrahi hava yolu hazırlığı (kafa tabanı kırığında nazal yoldan kaçının) → cerrahi tamir → gecikmiş ödem riski nedeniyle kontrollü, güvenli koşullarda ekstübasyon.

Maksillofasiyal Tümör ve Radikal Boyun Diseksiyonu

Baş-boyun tümörlerinde kitle etkisi, radyoterapi sonrası fibrozis, trismus, anatomik distorsiyon ve boyun hareket kısıtlılığı zor hava yolu oluşturabilir. Uzun süren ve vasküler tümörlerin diseksiyonunu içeren cerrahilerde kan kaybı ve sıvı yönetimi önemlidir.

- Hava yolu görüntülemesi ve önceki anestezi kayıtları planlamada kullanılmalıdır.
- Gerekirse uyanık fiberoptik entübasyon veya başka ileri hava yolu teknikleri düşünülmelidir [bkz. Derin Boyun Enfeksiyonları ve Ludwig Anjini ve DAS 2020 Uyanık Entübasyon Kılavuzu (Ahmad et al., 2020)].
- Büyük kan kaybı beklenen cerrahilerde yeterli damar yolu ve kan ürünü hazırlığı yapılmalıdır.
- Baş yukarı pozisyon ve açık venöz sistemlerde venöz hava embolisi riski dikkate alınmalıdır.
- Uzun cerrahilerde invaziv monitörizasyon ve postoperatif yoğun bakım gereksinimi önceden değerlendirilmelidir.
- Rekonstrüksiyon serbest doku transferi ile planlanıyorsa vazopressör ve sıvı yönetimi flep perfüzyonunu

koruyacak şekilde "Serbest Doku Transferi (Mikrovasküler Rekonstrüksiyon)"deki ilkelere göre yürütülmelidir.

Serbest Doku Transferi (Mikrovasküler Rekonstrüksiyon)

Baş-boyun onkolojik cerrahisi sonrası serbest flep ile rekonstrüksiyon, uzun süreli anestezi, büyük sıvı kaymaları ve flep perfüzyonunun korunması gibi kendine özgü hedefler taşır. Society for Head and Neck Anesthesia (SHANA)'nın 2021 uzman konsensüs bildirisi (Healy et al., 2021), bu hasta grubunda perioperatif bakımı standartlaştırmayı amaçlar.

- Normotermi, normovolemi ve yeterli perfüzyon basıncının sürdürülmesi flep sağkalımı için kritik kabul edilir; agresif hipotansiyondan (bkz. Sinir Monitorizasyonu ile çelişebilecek durum) kaçınılmalıdır — flep perfüzyonunun önceliklendirildiği olgularda kontrollü hipotansiyon uygulanmamalıdır.
- Vazopressör kullanımının flep perfüzyonunu bozduğuna dair klasik endişe, güncel kanıtlarla sınırlı düşük-orta doz noradrenalin infüzyonlarının güvenli olabileceği yönünde yumuşamıştır; ancak aşırı sıvı yüklenmesi yerine ölçülü vazopressör + hedefe yönelik sıvı tedavisi tercih edilmelidir (Healy et al., 2021).
- Hematokritin flep dokusuna oksijen sunumunu optimize edecek düzeyde (aşırı düşük olmayacak şekilde) tutulması önerilir.
- Normotermi korunmalı; hipotermi flep vazospazmı ve koagülopati riskini artırabilir.

- Multimodal, opioid-tasarruflu analjezi (rejyonel teknikler dahil, bkz. Rejyonel Teknikler) erken derlenmeyi destekler.
- Ekstübasyon ve postoperatif izlem planı, hava yolu ödemi ve flep izlemi ihtiyacı göz önünde bulundurularak cerrahi ekiple birlikte belirlenmelidir.

Rejyonel Teknikler

KBB ve maksillofasiyal cerrahide bölgesel/rejyonel teknikler, opioid gereksinimini ve PONV riskini azaltmak amacıyla multimodal analjezi planının bir parçası olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır.

- Yüzeyel/derin servikal pleksus bloğu: tiroid, paratiroid ve boyun cerrahisinde postoperatif ağrıyı ve opioid tüketimini azaltabilir; SHANA 2026 yüksek riskli tiroidektomi konsensüsü (Hyman et al., 2026) multimodal analjezi planının parçası olarak değerlendirilmesini önerir.
- Maksiller ve infraorbital sinir bloğu: üst çene, damak ve orta yüz cerrahisinde kullanılabilir.
- Büyük palatin sinir bloğu: yarık damak onarımında analjezi desteği sağlayabilir (bkz. Yarık Dudak ve Yarık Damak Cerrahisi).
- Mandibüler/inferior alveolar sinir bloğu: dental ve alt çene cerrahisinde kullanılabilir (bkz. Dental Cerrahi).
- Pterigopalatin gangliyon bloğu: tonsillektomi sonrası opioid-tasarruflu analjezi için tanımlanmıştır (bkz. Tonsillektomi ve Adenoidektomi).

Bölgesel tekniklerin en ciddi komplikasyonu lokal anestezik sistemik toksisitesidir (LAST); bu nedenle her blok öncesinde LAST'a hazırlıklı olunmalıdır (bkz. Postoperatif Bulantı-Kusma (PONV) Yönetimi).

Sinir Monitorizasyonu

Fasiyal, rekürren laringeal, vagal veya spinal aksesuar sinir monitorizasyonu yapılan cerrahilerde nöromüsküler blokajın derecesi cerrahi sinyal ile uyumlu olmalıdır. Gerekli ise kısa etkili veya düşük doz kas gevşetici kullanımı ve kantitatif nöromüsküler monitorizasyon tercih edilmelidir (Thilen et al, 2023).

Nöromonitorizasyon güvenilirliğini artırmak amacıyla, inhalasyon ajanlarının EMG sinyalini bozabileceği bilinen etkisi nedeniyle propofol bazlı total intravenöz anestezi (TIVA) birçok merkezde tercih edilmektedir; bu tercih, aynı zamanda Kontrollü Hipotansiyon başlığında tartışılan PONV riskini azaltıcı bir strateji olarak da işlev görür.

Anestezist ile cerrah arasında 'sinir monitorizasyonunun ne zaman aktif olması gerektiği' işlem başlamadan netleştirilmelidir.

Kontrollü Hipotansiyon

Kontrollü hipotansiyon bazı seçilmiş KBB ve maksillofasiyal cerrahilerde (özellikle sinonazal cerrahi ve baş-boyun tümör diseksiyonu) kanamayı azaltmak amacıyla düşünülebilir; ancak sabit bir MAP hedefi tüm hastalara uygulanmamalıdır. Beyin, kalp, böbrek ve retina perfüzyonu; yaş, hipertansiyon öyküsü, vasküler hastalık ve cerrahinin özelliklerine göre korunmalıdır.

- Deksmedetomidin, esmolol, remifentanil, vazodilatörler ve propofol gibi ajanlar seçilmiş olgularda kullanılabilir.
- Arteriyel basınç ve organ perfüzyonu sürekli değerlendirilmelidir.
- Hipotansiyon yalnız kan kaybını azaltmak için değil, hastanın fizyolojik toleransı içinde uygulanmalıdır.
- Serbest doku transferi ile rekonstrüksiyon planlanan olgularda kontrollü hipotansiyon flep perfüzyonunu tehdit edebileceğinden bu iki hedef arasında öncelik cerrahla birlikte netleştirilmelidir [bkz. Serbest Doku Transferi (Mikrovasküler Rekonstrüksiyon)].

Postoperatif Bulantı-Kusma (PONV) Yönetimi

KBB cerrahisi (özellikle orta kulak, sinonazal ve tonsillektomi / adenoidektomi) PONV için yüksek riskli bir cerrahi kategori olarak kabul edilir. 2025 yılında yayımlanan Beşinci Konsensüs Kılavuzu (Gan et al., 2020), 2020 tarihli Dördüncü Konsensüs Kılavuzunun [ek referans] yerini alarak genel, multimodal PONV profilaksisinin artık standart olması gerektiğini vurgular.

- Risk değerlendirmesi için basitleştirilmiş skorlar (ör. Apfel skoru) kullanılmalı; üç veya daha fazla risk faktörü olan hastalarda çoklu ajan profilaksisi uygulanmalıdır.
- Propofol bazlı TIVA, opioid-tasarruflu analjezi, yeterli hidrasyon ve rejyonel anestezi (bkz. Rejyonel Teknikler) PONV riskini azaltan ek stratejiler olarak önerilir (Gan et al., 2020).

- Deksametazon, hem PONV profilaksisi hem de üst hava yolu cerrahilerinde postoperatif hava yolu ödemini azaltma potansiyeli nedeniyle sık tercih edilen bir ajandır.
- Kurtarma tedavisinde, profilakside kullanılmayan farklı sınıftan bir antiemetik seçilmelidir.

Lokal Anestezik Sistemik Toksisitesi (LAST)

Yüksek volümde adrenalinli lokal anestezik kullanılan nazal cerrahi, dental cerrahi ve boyun blokları LAST riski taşır. American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine (ASRA)'nın 2020 güncel LAST kontrol listesi (Neal et al., 2021), erken tanı ve tedavi için pratik bir çerçeve sunar.

- LAST bulguları; ağızda metalik tat, kulak çınlaması ve perioral uyuşuklukla başlayıp nöbet, aritmi ve kardiyak arreste kadar ilerleyebilir.
- İlk belirtilerde lipid emülsiyon tedavisi (^{SM}20 solüsyon) düşünülmelidir; bolus/infüzyon sırası kritik değildir. 70 kg altı hastalarda 1,5 mL/kg bolus (2-3 dakikada) veya 0,25 mL/kg/dk infüzyon önerilir (Neal et al., 2021).
- Nöbet kontrolünde benzodiazepinler tercih edilir; propofol miyokard depresyonu riski nedeniyle dikkatli kullanılmalıdır.
- Kardiyak arrest gelişirse standart ACLS uygulanır, ancak epinefrin dozları düşük tutulmalı (<1 μg/kg) ve vazopressin önerilmez; gerekirse kardiyopulmoner bypass düşünülmelidir.

Ekstübasyon ve Postoperatif Hava Yolu

Üst hava yolu cerrahilerinde ekstübasyon stratejisi cerrahi alan, ödem, kanama, OSA, aspirasyon ve zor yeniden entübasyon olasılığına göre belirlenir. DAS'in 2012 ekstübasyon kılavuzu (Popat et al., 2012), 'riskli hava yolu' kavramını tanımlayarak ekstübasyon stratejisinin de en az entübasyon stratejisi kadar planlı olması gerektiğini vurgular. 'Derin ekstübasyon' rutin bir yaklaşım değildir; seçilmiş hastalarda öksürük ve hemodinamik yanıtı azaltmak amacıyla düşünülebilse de kanama, aspirasyon, zor hava yolu veya yetersiz postoperatif izlem riski varsa uygun olmayabilir.

Klinik karar akışı

Cerrahi bitti → kanama/ödem/sekresyon değerlendir → nöromüsküler toparlanmayı doğrula → yeterli spontan ventilasyon + oksijenasyon + bilinç → yeniden entübasyon zor mu? → yüksek riskte uyanık ve kontrollü ekstübasyon / gerektiğinde gecikmiş ekstübasyon → PACU veya yoğun bakım izlemi.

- OSA, ciddi ödem, büyük tümör cerrahisi, yüz travması ve zor hava yolu öyküsü postoperatif yoğun bakım gereksinimini artırabilir.
- Ekstübasyon sonrası stridor veya obstrüksiyon gelişirse oksijenasyon, pozisyon, pozitif basınç ve gerektiğinde ileri hava yolu desteği geciktirilmemelidir.
- Riskli olgularda ekstübasyon öncesi profilaktik deksametazon, hava yolu ödemine bağlı postekstübasyon stridor riskini azaltmak amacıyla düşünülebilir.
- Zor hava yolu öyküsü olan olgularda, DAS ekstübasyon kılavuzu 'köprü' teknikleri (ör. hava yolu değiştirme

kateteri üzerinden ekstübasyon veya tüpün laringeal maske ile değiştirilmesi) önerir (Popat et al., 2012).

- Postoperatif opioidler özellikle OSA'lı çocuklarda dikkatle titre edilmelidir.

Klinik Anahtar Noktalar

- KBB ve maksillofasiyal cerrahide hava yolu, cerrahinin bir parçasıdır; plan işlem başlamadan oluşturulmalıdır.
- Paylaşılan hava yolunda ilk plan kadar başarısızlık/kurtarma planı da önemlidir; 2025 DAS güncellemesi bu planlamayı "başarıyı en üst düzeye çıkarma" ilkesiyle güçlendirmiştir.
- Derin boyun enfeksiyonları ve Ludwig anjini, standart zor hava yolundan farklı, hızla ilerleyen ayrı bir acil kategoridir.
- Lazer cerrahisinde oksidan, enerji kaynağı ve yanıcı materyaller birlikte değerlendirilerek hava yolu yangını önlenmelidir.
- Tonsillektomi sonrası kanama, hipovolemi ve kan aspirasyonu ile birlikte acil hava yolu problemine dönüşebilir.
- OSA'lı çocuklarda opioid-sparing analjezi ve postoperatif solunum izlemi önemlidir.
- Tiroid ve boyun cerrahilerinde postoperatif hematom hızla hava yolu kaybına yol açabilir; SCOOP protokolü yatak başında hızlı müdahaleyi standartlaştırır.

- Serbest doku transferi ile rekonstrüksiyonda flep perfüzyonunu koruma hedefi, kontrollü hipotansiyon hedefiyle çelişebilir; öncelik cerrahla netleştirilmelidir.
- Yarık damak, kraniofasiyal sendromlar ve yüz travması zor hava yolu açısından özel plan gerektirir.
- Rejyonel teknikler opioid tüketimini ve PONV riskini azaltabilir, ancak LAST'a her zaman hazırlıklı olunmalıdır.
- Sinir monitorizasyonu yapılan cerrahilerde nöromüsküler blok cerrahi hedefle uyumlu yönetilmeli, TIVA tercih edilebilir.
- Kontrollü hipotansiyon sabit bir MAP hedefi değildir; organ perfüzyonu ve bireysel risklere göre titrasyon gerektirir.
- PONV, yüksek riskli KBB cerrahisinde genel multimodal profilaksi gerektirir; 2025 Beşinci Konsensüs Kılavuzu güncel standarttır.
- Ekstübasyon, özellikle üst hava yolu cerrahilerinde planlı bir prosedürdür; gerektiğinde geciktirilmesi güvenliği artırabilir.

Kaynakça

Ahmad, I., El-Boghdadly, K., Bhagrath, R., Hodzovic, I., McNarry, A. F., Mir, F., O'Sullivan, E. P., Patel, A., Stacey, M., & Vaughan, D. (2020). Difficult Airway Society guidelines for awake tracheal intubation (ATI) in adults. *Anaesthesia, 75*(4), 509–528. doi: 10.1111/anae.14904.

Ahmad, I., El-Boghdadly, K., Iliff, H., Dua, G., Higgs, A., Huntington, M., Mir, F., Nouraei, S. A. R., O'Sullivan, E. P., Patel, A., Rivett, K., & McNarry, A. F. (2026). Difficult Airway Society 2025 guidelines for management of unanticipated difficult tracheal intubation in adults. *British Journal of Anaesthesia, 136*(1), 283–307. doi: 10.1016/j.bja.2025.10.006.

AORN. (n.d.). *Guidelines for Perioperative Practice.* Laser safety and prevention of surgical fires. Current edition; institutional laser-safety protocol and device instructions should also be followed.

Apfelbaum, J. L., Hagberg, C. A., Connis, R. T., Abdelmalak, B. B., Agarkar, M., Dutton, R. P., Fiadjoe, J. E., Greif, R., Klock, P. A., Mercier, D., Myatra, S. N., O'Sullivan, E. P., Rosenblatt, W. H., Sorbello, M., & Tung, A. (2022). 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology, 136*(1), 31–81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002.

Brennan, M. P., Webber, A. M., Patel, C. V., Chin, W. A., Butz, S. F., & Rajan, N. (2024). Care of the Pediatric Patient for Ambulatory Tonsillectomy With or Without Adenoidectomy: The Society for Ambulatory Anesthesia Position Statement. *Anesthesia and Analgesia, 139*(3), 509-520. doi: 10.1213/ANE.0000000000006645.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., Nathan, N. (Eds.) (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gan, T. J., Belani, K. G., Bergese, S., Chung, F., Diemunsch, P., Habib, A. S., Jin, Z., Kovac, A. L., Meyer, T. A., Urman, R. D., Apfel, C. C., Ayad, S., Beagley, L., Candiotti, K., Englesakis, M., Hedrick, T. L., Kranke, P., Lee, S., Lipman, D., Minkowitz, H. S., … Philip, B. K. (2020). Fourth Consensus Guidelines for the Management of Postoperative Nausea and Vomiting. *Anesthesia and Analgesia, 131*(2), 411–448. doi: 10.1213/ANE.0000000000004833.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., Johnson-Akeju, O. (Eds.) (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Healy, D. W., Cloyd, B. H., Straker, T., Brenner, M. J., Damrose, E. J., Spector, M. E., Saxena, A., Atkins, J. H., Ramamurthi, R. J., Mehta, A., Aziz, M. F., Cattano, D., Levine, A. I., Schechtman, S. A., Cavallone, L. F., & Abdelmalak, B. B. (2021). Expert Consensus Statement on the Perioperative Management of Adult Patients Undergoing Head and Neck Surgery and Free Tissue Reconstruction From the Society for Head and Neck Anesthesia. *Anesthesia and Analgesia, 133*(1), 274-283. doi: 10.1213/ANE.0000000000005564.

Hyman, J. B., Schechtman, S. A., Abdelmalak, B. B., Mittal, B., Saxena, A., Stentz, M., Atkins, J. H., Aziz, M. F., Cattano, D., Cloyd, B. H., Demaria, S., Jr, Hohenberger, K., Levine, A. I., Mehta, A., Ogilvie, J., Shallik, N., Shamim, F., Spector, M. E., Straker, T., Healy, D. W., … Cavallone, L. F. (2026). Expert Consensus Statement on the Perioperative Management of Adult Patients Undergoing High-Risk Thyroidectomy from the Society for Head

and Neck Anesthesia. *Anesthesia and Analgesia,* 10.1213/ANE.0000000000008141. Advance online publication. doi: 10.1213/ANE.0000000000008141.

Iliff, H. A., El-Boghdadly, K., Ahmad, I., Davis, J., Harris, A., Khan, S., Lan-Pak-Kee, V., O'Connor, J., Powell, L., Rees, G., & Tatla, T. S. (2022). Management of haematoma after thyroid surgery: systematic review and multidisciplinary consensus guidelines from the Difficult Airway Society, the British Association of Endocrine and Thyroid Surgeons and the British Association of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery. *Anaesthesia, 77*(1), 82–95. doi: 10.1111/anae.15585.

Joshi, G. P., Abdelmalak, B. B., Weigel, W. A., Harbell, M. W., Kuo, C. I., Soriano, S. G., Stricker, P. A., Tipton, T., Grant, M. D., Marbella, A. M., Agarkar, M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting: Carbohydrate-containing Clear Liquids with or without Protein, Chewing Gum, and Pediatric Fasting Duration-A Modular Update of the 2017 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting. *Anesthesiology, 138*(2), 132–151. doi: 10.1097/ALN.0000000000004381.

Mitchell, R. B., Archer, S. M., Ishman, S. L., Rosenfeld, R. M., Coles, S., Finestone, S. A., Friedman, N. R., Giordano, T., Hildrew, D. M., Kim, T. W., Lloyd, R. M., Parikh, S. R., Shulman, S. T., Walner, D. L., Walsh, S. A., & Nnacheta, L. C. (2019). Clinical Practice Guideline: Tonsillectomy in Children (Update). *Otolaryngology--Head and Neck Surgery : Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, 160*(1_suppl), S1–S42. doi: 10.1177/0194599818801757.

Neal, J. M., Neal, E. J., & Weinberg, G. L. (2021). American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Local Anesthetic Systemic Toxicity checklist: 2020 version. *Regional Anesthesia and Pain Medicine, 46*(1), 81–82. doi: 10.1136/rapm-2020-101986.

Ovassapian, A., Tuncbilek, M., Weitzel, E. K., & Joshi, C. W. (2005). Airway management in adult patients with deep neck infections: a case series and review of the literature. *Anesthesia and Analgesia, 100*(2), 585–589. doi: 10.1213/01.ANE.0000141526.32741.CF.

Popat, M., Mitchell, V., Dravid, R., Patel, A., Swampillai, C., & Higgs, A.; Difficult Airway Society Extubation Guidelines Group. (2012). Difficult Airway Society Guidelines for the management of tracheal extubation. *Anaesthesia, 67*(3), 318–340. doi: 10.1111/j.1365-2044.2012.07075.x.

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

BÖLÜM 55

TRAVMA VE YANIK HASTALARINDA ANESTEZİ YÖNETİMİ

BİLGE ASLAN[1], MUHAMMED YUSUF AFACAN[2]

Özet

Travma ve yanık hastalarında anestezi yönetimi, tanı ve tedavinin çoğu zaman eşzamanlı yürütüldüğü kritik bir süreçtir. Travmada hızla öldürebilen dış kanamanın durdurulması, hava yolunun ve oksijenasyonun güvence altına alınması, olası servikal omurga hasarının gözetilmesi, yaşamı tehdit eden toraks patolojilerinin ve gizli hemorajinin tanınması ilk değerlendirmeyi oluşturur. İzleyen aşamada kesin kanama kontrolü, hedefe yönelik resüsitasyon, hipoterminin önlenmesi, bireyselleştirilmiş anestezi ve cerrahi ile yoğun bakım gereksiniminin zamanında belirlenmesi

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0001-6366-7548

[2] Dr., İstanbul Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye; İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, Orcid: 0000-0003-4940-4711

gerekir. Bu girişimler tek yönlü bir sıralama değildir; ekip her müdahalenin ardından hastayı yeniden değerlendirir (American College of Surgeons, 2025; LaGrone et al., 2024; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a; Rossaint et al., 2023).

Yanık hastasında aynı temel önceliklere yanığın genişliği ve derinliği, olası inhalasyon hasarı ve laringofaringeal ödem, karbonmonoksit ve siyanür maruziyeti, damar yolu güçlüğü ve dinamik sıvı kayıpları eklenir. İlerleyen dönemde hipermetabolizma, enfeksiyon riski, işlem ağrısı, organ işlevindeki ve nöromüsküler ilaç yanıtındaki değişiklikler anestezi planını yeniden şekillendirir. İlk muayenenin güven verici olması hava yolu ödeminin daha sonra gelişmesini dışlamaz; aşırı sıvı verilmesi de yetersiz resüsitasyon kadar sorun yaratabilir (American Burn Association, 2025; Cartotto et al., 2024; Joint Trauma System, 2025; Milton-Jones et al., 2023; Romanowski et al., 2020; Royal College of Anaesthetists, 2025).

Travmatik kanama yönetimi yalnız volüm replasmanı değildir. Kanama odağına mekanik veya cerrahi müdahale sürerken uygun kan ürünleri erken sağlanır; kristalloid yükü, hipotermi, hipokalsemi ve travmatik koagülopati birlikte ele alınır. Travmatik beyin yaralanmasında serebral perfüzyon hedefleri kanayan, ancak belirgin beyin hasarı olmayan hastadaki kan basıncı hedeflerinden farklıdır. Bu bölüm ilk karşılamadan ameliyathaneye ve yoğun bakıma devre kadar anestezistin kararlarını ayrıntılandırır; pediatrik hastalar, gebelik ve özel yanık mekanizmaları ayrıca bireyselleştirilir (Brain Trauma Foundation, 2016; Cartotto et al., 2024; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

Öğrenme Hedefleri

- Travmanın mekanizmasını ve resüsitasyona fizyolojik yanıtını değerlendirerek xABCDE yaklaşımını uygulamak.
- Hava yolu, oksijenasyon, yaşamı tehdit eden toraks yaralanması ve masif hemorajiyi eşzamanlı tanıyıp tedavi etmek.
- Ekip içinde anestezistin hava yolu, kan ürünü, intraoperatif resüsitasyon, analjezi ve güvenli devir rollerini koordine etmek.
- Olası servikal omurga hasarı ve zor hava yolunda başarısız girişim ile aspirasyon risklerini azaltmak.
- Hızlı seri entübasyon ilaçlarını dolaşım durumu, beyin yaralanması ve yanık sonrası döneme göre seçmek.
- Travmatik hemorajide hasar kontrol resüsitasyonunu, koagülasyon ve kalsiyum izlemini yönetmek.
- Travmatik beyin yaralanmasında hipoksemi ve hipotansiyonu önleyip ventilasyonu bireyselleştirmek.
- Yanık genişliğini, inhalasyon hasarını ve toksik gaz maruziyetini değerlendirmek; sıvı tedavisini fizyolojik yanıta göre ayarlamak.
- Yanıkta süksinilkolin ile hiperkalemi riskini ve zamanla değişen ilaç gereksinimlerini tanımak.
- Hipotermi, asidoz, koagülopati ve hipokalsemiyi önlemek; postoperatif solunum, analjezi ve yoğun bakım gereksinimini kararlaştırmak.

Travmanın Tanımı ve Klinik Önemi

Travma, kinetik, termal, kimyasal, elektriksel veya radyasyon enerjisinin dokuların toleransını aşacak biçimde aktarılmasıyla gelişen akut hasardır. Yaralanma mekanizması, anatomik dağılım, sistemik fizyolojik yanıt ve ilk resüsitasyona verilen yanıt birlikte yorumlanır. Tek bir başlangıç kan basıncı veya ilk hemoglobin değeri, devam eden kanama ve doku hipoperfüzyonunu dışlamaz. Masif hemorajinin erken kontrolü, önlenebilir travma ölümlerini azaltma çabasının merkezindedir (American College of Surgeons, 2025; Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

Anestezi planı mekanizmaya göre değişir: yüksek enerjili künt travma gizli toraks, pelvis ve batın kanamasını; penetran yaralanma hızla cerrahi hemostaz gereksinimini; termal ve elektriksel yaralanmalar ek hava yolu, kas ve metabolik sorunları düşündürür. Fizyolojik kötüleşme devam ediyorsa görüntüleme için kesin tedavi geciktirilmemelidir (Joint Trauma System, 2025; LaGrone et al., 2024; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a; Rossaint et al., 2023).

Travma Ekibinde Anestezistin Rolü

Anestezist, travma ekibinin lideri veya kritik üyesi olarak ilk değerlendirmeye, resüsitasyona ve ameliyat kararıyla eşzamanlı hazırlığa katılır. Hastane öncesi görevler, yalnız anestezistin böyle bir ekipte görev aldığı sağlık sistemlerinde söz konusudur. Ekipte rol dağılımı önceden açık olmalı; hava yolu girişimi yapılırken kanama kontrolü ve kan ürünü hazırlığı kesintiye uğramamalıdır (American College of Surgeons, 2025; Gropper et al., 2025; LaGrone et al., 2024).

- İleri hava yolunu ve ventilasyonu yönetir; preoksijenizasyon, aspirasyon, kurtarma hava yolu ve tüpün kapnografiyle doğrulanmasını sağlar (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025; Apfelbaum et al., 2022; Wiles et al., 2024).
- Geniş damar erişimini, gerekli kan örneklerini ve masif transfüzyon protokolünü cerrahi, acil ve kan bankası ekipleriyle koordine eder (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- İndüksiyon ajanlarını ve anestezi idamesini dolaşım, beyin ve akciğer yaralanmasına göre titre eder; analjeziyi ayrıca planlar (Brain Trauma Foundation, 2016; Coccolini et al., 2025; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- Ameliyat boyunca perfüzyon, sıcaklık, kanama ve koagülasyon göstergelerini izleyerek resüsitasyonu kesin hemostazla eşzamanlı yürütür (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- Ekstübasyon ile postoperatif mekanik ventilasyon ve yoğun bakım kararını mevcut solunum ve dolaşım durumuna göre verir (Apfelbaum et al., 2022; Gropper et al., 2025; Royal College of Anaesthetists, 2025).
- Ameliyathane, görüntüleme ve yoğun bakım arasındaki transferde oksijen, hava yolu, kan ürünleri, vazopressörler ve monitörizasyonun kesintisiz devrini

sağlar (Intensive Care Society, 2026; LaGrone et al., 2024).

İlk Değerlendirme: xABCDE

American College of Surgeons ATLS 11, ilk değerlendirme sırasını **xABCDE** olarak ifade eder. Burada "x", hızla yaşamı tehdit eden dış kanamanın derhal kontrolünü vurgular; A–E adımları sırasında saptanan sorunlar da bekletilmeden tedavi edilir. Pelvis veya iç kanama şüphesinin araştırılması ve kesin hemostaz, eşzamanlı dolaşım değerlendirmesinde sürer (American College of Surgeons, 2025; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

Tablo 1 ATLS 11 xABCDE ilk değerlendirmesi; müdahale ve yeniden değerlendirme eşzamanlı sürer.

Adım	Öncelik	İlk Eylem
x	Dış kanama	Yaşamı tehdit eden dış kanamaya bası ve uygun turnike; ekip çağrısı.
A	Hava yolu	Aspirasyonu temizle, oksijenasyonu sağla; servikal hareketi azalt.
B	Solunum	Toraksı muayene et; instabilite/ciddi bozuklukta şüpheli tansiyon pnömotoraksı dekomprese et.
C	Dolaşım	Gizli kanama ve pelvisi değerlendir; şüphede pelvik binder, damar erişimi, kan ürünleri ve hemostaz.
D	Nörolojik durum	Bilinç, pupiller, nörolojik defisiti ve gerektiğinde glukozu değerlendir.
E	Maruziyet / ısı	Tam muayene için soy; eşzamanlı ört, ısıyı izle ve aktif ısıt.

Bu bölüm için ilgili kaynaklardan yararlanılarak özgün olarak oluşturulmuştur (American College of Surgeons, 2025; Rossaint et al., 2023).

Şekil 1, dış kanama ve oksijenasyon önceliklerinin resüsitasyon boyunca nasıl yeniden değerlendirildiğini gösterir. Travmatik beyin yaralanması veya omurilik hasarı olan hastaya kanayan seçilmiş hasta için önerilebilen düşük basınç hedefleri

aktarılmaz (American College of Surgeons, 2025; Brain Trauma Foundation, 2016; Rossaint et al., 2023).

Şekil 1 Travmada xABCDE yaklaşımı ve beyin/omurilik yaralanmasında kan basıncı istisnası.



Bu bölüm için ACS ATLS 11 ve Avrupa travma kılavuzundan yararlanılarak özgün olarak oluşturulmuştur (American College of Surgeons, 2025; Rossaint et al., 2023).

Hava Yolu Yönetimi

Travmada hastanın aç olduğu varsayılmaz. Hava yolunu koruyamama, hipoksemi, ventilasyon yetersizliği, yoğun orofaringeal kanama, masif yüz yaralanması, ilerleyen yüz veya boyun ödemi ve acil cerrahi gereksinimi entübasyon kararını etkiler. Hemodinamik instabil hastada indüksiyon dolaşım kollapsını tetikleyebileceği için kan ürünleri, damar yolu ve resüsitasyon ekibi

hazırlığı hava yolu hazırlığıyla paralel yürütülür (Apfelbaum et al., 2022; LaGrone et al., 2024; Wiles et al., 2024).

- Güvenli apne süresini uzatmak amacıyla uygun yöntemle preoksijenizasyon yapılır. Kan ve sekresyon için çalışan aspiratör, uygun laringoskop ve video laringoskop, maske ve supraglottik araç, alternatif entübasyon yöntemi ile acil ön boyun hava yolu planı önceden hazırlanır. Güncel zor hava yolu algoritmaları ilk girişimin hazırlanmasını ve başarısızlıkta sonraki adıma gecikmeden geçilmesini vurgular (Ahmad et al., 2026; Apfelbaum et al., 2022; Wiles et al., 2024).
- Olası servikal omurga hasarında boyun hareketi azaltılır. Çene itme, uygun elle stabilizasyon ve deneyimli ekibin seçtiği teknik kullanılır; oksijenasyon, katı bir immobilizasyon uygulaması uğruna geciktirilmez (National Institute for Health and Care Excellence, 2016b; Wiles et al., 2024).
- Şüpheli kafa tabanı veya kribriform plak kırığında özellikle **kör nazotrakeal entübasyondan** ve kör nazal araç girişiminden kaçınılır. Nazal yolun gerekli olduğu seçilmiş cerrahide görüntüleme bulguları ve doğrudan görüş altında tekniğin güvenliği uzman ekiple ayrıca değerlendirilir; acilde uygun oral veya cerrahi kurtarma yolu hazırlanır (Patel et al., 2021).
- Başarısız girişimler tekrarlanarak hipoksemi derinleştirilmez. Maske veya supraglottik araçla oksijenasyon sürdürülür; entübe edilemeyen ve oksijenlenemeyen durumda eğitimli ekip acil ön boyun

hava yoluna geçer. Tüp yeri sürekli dalga biçimli kapnografiyle doğrulanır (Ahmad et al., 2026; American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025; Apfelbaum et al., 2022).

- Krikoid bası uygulanacaksa eğitimli kişi tarafından ve girişim koşullarına göre yapılır; laringoskopi veya ventilasyonu bozuyorsa gevşetilmesi ya da bırakılması değerlendirilir. Her travma hastasında kesintisiz uygulanması zorunlu bir işlem değildir (Apfelbaum et al., 2022; Wiles et al., 2024).

Travmada Hızlı Seri Entübasyon

Entübasyonda ajan seçimi tek bir "en güvenli ilaç" reçetesine indirgenemez. Hipovolemi, katekolamin rezervi, eşlik eden kafa travması, hiperkalemi ve işlemin aciliyeti değerlendirilir; herhangi bir indüksiyon ajanı ağır şokta hipotansiyona eşlik edebilir. Doz ve uygulama hızı klinik fizyolojiye göre titre edilir; gerekirse kısa süreli vazopressör desteği hazırlanır, ancak kan ve kesin kanama kontrolünün yerini tutmaz (Apfelbaum et al., 2022; Casey et al., 2026; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

- **Ketamin:** Analjezik özellikleri ve sıklıkla daha sınırlı hipotansiyon etkisi nedeniyle bir seçenek olabilir; "her hipotansif travma hastasında güvenle stabilite sağlar" denemez. Kritik hastalardaki randomize çalışmada etomidata göre ölüm açısından üstünlük saptanmadı ve peri-entübasyon kardiyovasküler kollaps ketamin kolunda daha sık görüldü; bu sonuç travma hastasına özgü bir kontrendikasyon değildir (Casey et al., 2026; Gropper et al., 2025).

- **Etomidat:** Sınırlı kardiyovasküler etkisi nedeniyle hemodinamik rezervi az hastada düşünülebilir. Tek dozun geçici adrenal steroid sentezi baskılanmasına yol açabildiği bilinir; bu biyokimyasal etki tek başına her hasta için klinik zarar veya yarar sonucunu belirlemez (Casey et al., 2026; Jabre et al., 2009).
- **Propofol ve tiyopental:** Propofolün vazodilatör ve miyokard depresan etkileri hipovolemide belirgin hipotansiyona neden olabilir. Tiyopental de dolaşımı baskılayabilir; şoktaki hastada standart, değişmez doz kullanımı uygun değildir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- **Rokuronyum:** Uygun hızlı seri entübasyon dozunda hızlı koşullar sağlayabilen nondepolarizan bir seçenektir; etki süresi süksinilkolinden uzundur. Vekuronyum ve sisatrakuryum da klinik bağlama göre kullanılabilen nondepolarizan ajanlardır, ancak başlangıç özellikleri hızlı seri entübasyonda eşdeğer değildir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).
- **Süksinilkolin:** Hızlı başlangıç ve kısa blok avantajı vardır; önceden yüksek potasyum, majör yanık veya çoklu travmanın akut fazını izleyen dönem ve diğer etiket kontrendikasyonlarında ciddi hiperkalemi nedeniyle kullanılmaz. Yanık sonrası zaman ilişkisi ve alternatif ajanlar "Yanık Hastasında Süksinilkolin ve Hiperkalemi" başlığında ayrıntılandırılmıştır (DailyMed, 2022).

İşlem boyunca oksijenasyon ve dolaşım sürekli yeniden değerlendirilir. Anestezi idamesine geçişte analjezi, sedasyon ve

nöromüsküler blok ihtiyacı ayrı ayrı planlanır; hava yolu güvenceye alındıktan sonra bile pozitif basınçlı ventilasyon toraks yaralanması ve venöz dönüş üzerindeki etkileri nedeniyle titre edilir (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025; Apfelbaum et al., 2022; Coccolini et al., 2025).

Servikal Omurga Yaralanması

Servikal omurga değerlendirmesi ile hava yolu yönetimi birlikte planlanır. Yaralanma olasılığında gereksiz baş-boyun hareketlerinden kaçınılır; ancak hayat kurtarıcı oksijenasyon ve entübasyon geciktirilmez. Rijit boyunluğun ön parçası laringoskopi için geçici açıldığında eğitimli biri elle baş-boyun eksenini destekler. Video laringoskopi uygun ekipman ve deneyim varsa ilk seçenek olabilir; kullanılan tekniğin amacı iyi glottik görüş ile mümkün olan en az hareketi birlikte sağlamaktır (National Institute for Health and Care Excellence, 2016b; Wiles et al., 2024).

Bilinci açık, koopere, güvenilir ve düşük riskli hastada doğrulanmış klinik karar kuralları servikal açıklığa kavuşturma sürecine yardımcı olur; bütün travma hastalarına otomatik görüntüleme yapılmaz. Yüksek riskli mekanizma, nörolojik bulgu, boyun ağrısı veya güvenilmez muayenede uygun bilgisayarlı tomografi ve gerektiğinde omurga ekibi değerlendirmesi yapılır. Stabilite açıklığa kavuşuncaya dek gereksiz hareket ve iatrojenik manipülasyondan kaçınılır (National Institute for Health and Care Excellence, 2016b; Wiles et al., 2024).

Toraks Travması ve Solunum Yönetimi

Pnömotoraks, hemotoraks, pulmoner kontüzyon, çoklu kosta kırığı ve yelken göğüs ile künt kardiyak yaralanma anesteziyi doğrudan etkiler. Pozitif basınçlı ventilasyon mevcut plevral

patolojiyi ağırlaştırabilir; analjezi yetersizliği de öksürük ve sekresyon temizliğini bozabilir. Muayene, oksijenasyon ve dolaşım bulguları tekrarlanır; instabil hastada acil tedavi görüntüleme için bekletilmez (Coccolini et al., 2025; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a).

Pnömotoraks ve hemotoraks

Tansiyon pnömotoraks klinik tanıdır. Şüpheli tansiyon pnömotoraksta hemodinamik instabilite veya ciddi solunum bozukluğu varsa görüntüleme beklenmeden acil dekompresyon yapılır; ardından uygun tüp torakostomiyle definitif plevral drenaj sağlanır. Bilinen veya kuvvetle şüpheli tansiyon pnömotoraksta pozitif basınçlı ventilasyon öncesi dekompresyon önceliklidir. Hemotoraksta drenaj miktarı, devam eden kanama ve cerrahi kaynak kontrolü gereksinimi travma cerrahisiyle birlikte değerlendirilir (Coccolini et al., 2025; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a).

Pulmoner kontüzyon, kosta kırıkları ve yelken göğüs

Pulmoner kontüzyon hipoksemiye, azalmış akciğer kompliyansına ve zaman içinde artabilen solunum yetmezliğine yol açabilir. Oksijen, yeterli analjezi ve gerektiğinde akciğer koruyucu ventilasyon kullanılır; PEEP oksijenasyon, kan basıncı ve göğüs yaralanması gözetilerek titre edilir, gereksiz yüksek hava yolu basınçlarından kaçınılır. Kosta kırığı ve yelken göğüste multimodal analjezi, solunum ve sekresyon temizliği için gereklidir; uygun hastada bölgesel yöntemler ile cerrahi stabilizasyon gereksinimi multidisipliner değerlendirilir (Coccolini et al., 2025).

Künt kardiyak yaralanma

Künt kardiyak yaralanma aritmi, iletim bozukluğu veya ventrikül işlev bozukluğuyla ortaya çıkabilir. Şüphede başlangıç EKG ve kardiyak troponin alınır. EAST 2012 başlangıçtaki normal EKG ile normal troponinin birlikte ciddi yaralanmayı dışlamada yararlı olduğunu belirtirken daha yeni Western Trauma Association 2026 algoritması, ilk değerlendirme normal olsa bile **6–8 saat sonra troponinin tekrarını** ve bu sırada uygun telemetri izlemini önerir. Yeni EKG anormalliği veya yükselmiş troponinde monitörize izlem sürdürülür; açıklanamayan dolaşım bozukluğu, yeni ciddi aritmi veya yeni üfürümde ekokardiyografi yapılır. Ekokardiyografi bütün hastalara rutin uygulanmaz (Clancy et al., 2012; Kopelman et al., 2026).

Hemorajik Şok ve Dolaşım Yönetimi

Hipotansiyon travmatik hemorajide geç ortaya çıkabilir. Taşikardi, periferik perfüzyon bozukluğu, değişen mental durum, oligüri, metabolik asidoz ile laktat ve baz açığı eğilimi gizli hipoperfüzyon açısından birlikte izlenir. Normal bir ilk hemoglobin veya kan basıncı, devam eden kanamayı dışlamaz. Kanama odağı kompresyon/turnike, uygun pelvik stabilizasyon, cerrahi ya da girişimsel radyolojik hemostazla kontrol edilir; sıvı ve kan ürünü tedavisi bununla eşzamanlıdır (LaGrone et al., 2024; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a; Rossaint et al., 2023).

Hasar kontrol resüsitasyonu, erken kanama kontrolü ve uygun kan bileşenleriyle resüsitasyonu birleştirir. Kontrolsüz yüksek hacimli kristalloid verilmesi dilüsyonel koagülopati, hipotermi ve doku ödemini artırabilir. İlk aşamada yerel masif transfüzyon

protokolüne uygun dengeli kan bileşenleri hazırlanır; seri sonuçlar geldikçe laboratuvar veya viskoelastik testlere dayalı hedefe yönelik tedavi uygulanır (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

- İki geniş periferik damar yolu açılır; gecikme varsa intraosseöz yol kullanılır. Periferik veya intraosseöz erişim yetersiz kaldığında, hayat kurtarıcı girişimi geciktirmeden uygun santral erişim düşünülebilir (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- Kan grubu ve çapraz karşılaştırma, tam kan sayımı, kan gazı, iyonize kalsiyum, fibrinojen ve standart koagülasyon testleri erken alınır; hemoglobin, laktat ve pıhtılaşma sonuçları seri izlenir (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- Masif transfüzyon protokolü gerektiğinde erken aktive edilir. Eritrosit, plazma ve trombositlerin oranı yerel protokol ve hastanın yanıtına göre başlatılır; viskoelastik yöntemler varsa fibrinojen, trombosit ve diğer hemostatik tedaviler hedefe yöneltilir. Kan ürünleri uygun cihazla ısıtılarak verilir (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- Kanayan veya anlamlı kanama riski taşıyan travma hastasında traneksamik asit yaralanmadan sonraki ilk üç saatte mümkün olan en erken zamanda değerlendirilir: 1 g intravenöz 10 dakikada, ardından 1 g sekiz saatte. Üç saat sonrasında rutin başlanmaz (Rossaint et al., 2023).
- İyonize kalsiyum ve çekirdek sıcaklık izlenir; hipokalsemi, hipotermi, asidoz ve koagülopati birlikte düzeltilir. Fibrinojen ≤1,5 g/L veya işlevsel eksiklik varsa

yerel olanaklara göre fibrinojen konsantresi ya da kriyopresipitat uygulanır (Rossaint et al., 2023).

- Antikoagülan veya antiagregan kullanım öyküsü erkenden sorgulanır. Yaşamı tehdit eden kanamada ilaç etkisine özgü geri çevirme seçenekleri ve mevcut ajanlar, uzman ekiple ve güncel yerel protokolle birlikte hemostaz planına eklenir (Rossaint et al., 2023).

Beyin veya omurilik yaralanması bulgusu olmayan seçilmiş kanayan hastada, kanama kontrolüne dek sistolik 80–90 mmHg hedefli kısıtlı hacim yaklaşımı düşünülebilir. Bu hedef ciddi travmatik beyin yaralanmasına veya omurilik yaralanmasına **uygulanmaz**. Ciddi beyin yaralanmasında serebral perfüzyon, oksijenasyon ve kanama kontrolü birlikte korunur; yaş, kronik hipertansiyon ve organ perfüzyonu hedefleri değiştirir (Brain Trauma Foundation, 2016; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a; Rossaint et al., 2023).

Şok İndeksi

Şok indeksi, kalp hızının sistolik kan basıncına oranıdır. Şok indeksi ve nabız basıncı hipovolemik şokun ve olası transfüzyon gereksiniminin değerlendirilmesinde yardımcı olabilir. Bununla birlikte tek bir eşik, tek bir ölçüm veya “normal” değer kanamayı dışlamaz ya da transfüzyon kararını tek başına verdirmez. Travma mekanizması, klinik kanama bulguları, yaş, beta bloker kullanımı ve seri perfüzyon ölçümleriyle birlikte yorumlanır (Rossaint et al., 2023).

Travmatik Beyin Yaralanması

Travmatik beyin yaralanmasında hipoksemi ve hipotansiyon sekonder hasarı artırabileceğinden önlenir. Hemorajik şok eşlik ediyorsa kesin kanama kontrolü geciktirilmeden serebral perfüzyon korunur. Beyin hasarında permisif hipotansiyon hedeflenmez: Brain Trauma Foundation ciddi yaralanmada yaşa göre yaklaşık ≥100–110 mmHg sistolik basınç eşiklerini, Avrupa kanama kılavuzu Glasgow Koma Ölçeği ≤8 olan hastada ortalama arter basıncı ≥80 mmHg hedefini bildirir. Bu eşikler izlem ve nöroşirürji/yoğun bakım değerlendirmesiyle hastaya uyarlanır (Brain Trauma Foundation, 2016; Rossaint et al., 2023).

Hemorajik şokun baskın olduğu hastayla ciddi beyin hasarının baskın olduğu hastada sıvı ve basınç hedefleri aynı değildir; NICE kılavuzu da bu öncelik farkını vurgular. Kanamayı durdururken beyin perfüzyonunu bozabilecek uzun veya derin hipotansiyondan kaçınılır. Ventilasyonda genel hedef normokapnidir; uzun süreli profilaktik hiperventilasyon uygulanmaz. Klinik herniasyon tehdidinde kısa süreli hiperventilasyon, kesin tedaviye geçiş için seçilmiş bir köprü olabilir (Brain Trauma Foundation, 2016; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a; Rossaint et al., 2023).

Bilinç düzeyi, pupiller, lateralizan bulgular, oksijenasyon, kan basıncı ve gerektiğinde intrakraniyal fizyoloji seri değerlendirilir. Sedasyon ve analjezi, hem sistemik dolaşım hem serebral perfüzyon üzerindeki etkileri gözetilerek titre edilir; hipotonik sıvı ve gereksiz ısı kaybından kaçınılır (Brain Trauma Foundation, 2016; Rossaint et al., 2023).

Yanık Hastasına Genel Yaklaşım

İlk değerlendirmede yanığın zamanı, mekanizması, derinliği ve toplam vücut yüzey alanı (TVYA/TBSA) kaydedilir. Kısmi ve tam kat yanıklar alan hesabına alınır; yalnız epidermisi etkileyen yüzeyel eritem hesaba katılmaz. Eşlik eden travmatik kanama, kapalı alan yangını, elektriksel veya kimyasal yaralanma, inhalasyon hasarı, hipovolemi, elektrolit dengesizliği, hipotermi ve planlanan cerrahi birlikte değerlendirilir. Geniş yanıklarda zor hava yolu, güç damar erişimi ve yinelenen ameliyatlar erken dönemde öngörülmelidir (American Burn Association, 2025; Cartotto et al., 2024; Joint Trauma System, 2025; Royal College of Anaesthetists, 2025).

- Hava yolu ödemi ile karbonmonoksit ve siyanür maruziyeti sorgulanır; başlangıçta belirgin ödem bulunmaması sonradan gelişmeyeceğini göstermez (Centers for Disease Control and Prevention, 2026; DailyMed, 2021; Milton-Jones et al., 2023).
- Yaşam kurtarıcı damar erişimi geciktirilmez: olanak varsa sağlam cilt kullanılır, gerekirse yanık alanından uygun erişim veya intraosseöz yol sağlanır. Sıvı resüsitasyonu, travmatik hemoraji varsa ayrı hemostatik yaklaşımın yerine geçmez (Joint Trauma System, 2025; Vercruysse et al., 2019).
- Tam kat yanıkta, ≥%10 kısmi kat yanıkta, derin yanığın yüz/el/ayak/genital-perine/eklem bölgelerinde olduğu olguda ve eşlik eden travma ya da inhalasyon hasarında yanık merkeziyle erken görüşülür. Tüm kimyasal yanıklar ile yüksek voltaj (≥1000 V) veya yıldırım

yaralanmalarında acil konsültasyon ve nakil değerlendirmesi gerekir; düşük voltajda konsültasyon ve takip planlanır. Çocuk, ciddi komorbidite ve kontrol edilemeyen ağrı da sevk kararını etkiler (American Burn Association, 2025).

- Dairesel tam kat toraks yanığında artan ventilasyon basıncı veya azalan göğüs hareketi; ekstremitede distal perfüzyon bozulması eskarotomi gereksinimi açısından acil uzman değerlendirmesine yol açar (Joint Trauma System, 2025).
- Ağrı ve sedasyon düzeyi ilk değerlendirmede ve her işlemde tekrar gözden geçirilir. Uzun dönem bakımda hipermetabolizma, enfeksiyon, yara bakımı, beslenme ve organ işlevindeki değişimler de planlanır (Gropper et al., 2025; Joint Trauma System, 2025; Romanowski et al., 2020).

İnhalasyon Hasarı ve Hava Yolu

Kapalı alan yangını öyküsü inhalasyon ve toksik gaz maruziyeti açısından uyarıcıdır; tek başına entübasyon gerekçesi değildir. Progresif ses değişikliği, stridor, orofaringeal ödem, artan solunum işi veya hava yolunu koruyamama erken entübasyonu gerektirebilir. Uzun transfer ve beklenen ilerleyici ödem de kararı etkiler. Yalnız isli burun kılı veya yüzeyel yüz yanığı kesin entübasyon endikasyonu değildir; deneyimli klinik ekip seri hava yolu muayenesi yapar. Yanıkta zor hava yolu ekipmanı, ikinci yöntem ve acil cerrahi hava yolu planı hazır olmalıdır (American Burn Association, 2025; Apfelbaum et al., 2022; Milton-Jones et al., 2023).

Hava yolu hızla daralıyorsa bronkoskopi için entübasyon ertelenmez. Stabil hastada üst hava yolu endoskopisi veya fleksibl bronkoskopi hasarın değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Entübe seçilmiş hastada yoğun sekresyon, kurum veya bronşiyal debris varlığında terapötik bronkoskopiyle temizleme değerlendirilebilir. Gerekli mekanik ventilasyon akciğer koruyucu ilkelerle, oksijenasyon, hava yolu basınçları ve dolaşıma göre ayarlanır; inhalasyon hasarı olan herkese otomatik entübasyon veya rutin seri bronkoskopi uygulanmaz (Milton-Jones et al., 2023).

Karbonmonoksit: Şüphede gecikmeden %100 oksijen verilir. Standart iki dalga boylu pulse oksimetre, karboksihemoglobin (COHb) varlığında yanlış normal oksijen satürasyonu gösterebilir; arteriyel veya venöz kanda çok dalga boylu ko-oksimetriyle COHb ölçülür. Önceden alınan oksijen COHb düzeyini düşürebileceğinden değer klinik ağırlıkla her zaman örtüşmez. Ağır nörolojik veya kardiyak bulgu, ciddi asidoz ya da gebelikte hiperbarik oksijen için uzman görüşü alınır (Centers for Disease Control and Prevention, 2026).

Siyanür: Duman inhalasyonu bağlamında açıklanamayan bilinç kaybı, kardiyovasküler kollaps veya ağır laktik asidoz varsa düşünülür. Uygun bağlamda plazma laktatı ≥10 mmol/L şüpheyi güçlendirir; güçlü klinik şüphede tedavi doğrulama testlerini beklemez. Erişkinde hidroksokobalamin başlangıç dozu 5 g intravenöz infüzyonla 15 dakikadadır; kan ürünleriyle aynı hattan eşzamanlı verilmez. Her duman maruziyetinde ampirik antidot gerekli değildir (DailyMed, 2021).

Yanıkta Sıvı Resüsitasyonu

American Burn Association 2024 kılavuzu, **erişkinde TVYA ≥%20 yanık** için ilk 24 saatteki başlangıç kristalloid tahminini **2 mL × ağırlık (kg) × yanık yüzdesinin sayısal değeri** olarak önerir; örneğin %30 için hesapta 30 kullanılır. Bu sayı tamamı mutlaka verilecek sabit bir reçete değildir. Süre yaralanma anından başlatılır, önceden verilen sıvı kaydedilir ve saatlik hız klinik yanıta göre sürekli düzeltilir. Pediatrik resüsitasyona aynı formül doğrudan uygulanmaz (Cartotto et al., 2024).

Şekil 2 Erişkin ≥%20 TVYA yanığında ilk sıvı tahmini, dinamik titrasyon ve eşlik eden travmatik kanamanın ayrı tedavisi.



Bu bölüm için ABA 2024 kılavuzundan yararlanılarak özgün olarak oluşturulmuştur (Cartotto et al., 2024; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

- Erişkinde yaklaşık **0,5 mL/kg/saat** idrar çıkışı pratik bir hedeftir. Kan basıncı, nabız, periferik perfüzyon, mental durum, serum laktatı ve baz açığı eğilimiyle birlikte değerlendirilir; yalnız idrar çıkışı tedaviyi yönetmez (Cartotto et al., 2024; Joint Trauma System, 2025).
- Uygun dengeli kristalloid seçilebilir. Gereksiz sıvı yüklenmesi ("fluid creep") doku ve hava yolu ödemini, solunum sorunlarını ve abdominal, ekstremite ya da orbita kompartman riskini artırabilir. Büyük yanıkta albüminin resüsitasyon hacmini azaltmak amacıyla kullanımı uzman ekiple değerlendirilir (Cartotto et al., 2024; Joint Trauma System, 2025).
- İnhalasyon hasarı veya eşlik eden majör travmada sıvı gereksinimi bireyler arasında değişebilir; bu bulguların varlığı otomatik ve sabit ek sıvı reçetesi değildir. Seri fizyolojik yanıt ve aşırı resüsitasyon bulguları birlikte izlenir (Cartotto et al., 2024; Joint Trauma System, 2025).
- Aktif travmatik hemoraji eşlik ediyorsa yanık formülü kan kaybını tedavi etmez. Kanama kontrolü ve hemostatik kan ürünü resüsitasyonu ayrı, eşzamanlı yürütülür. Eşlik eden ciddi travmatik beyin yaralanması, seçilecek sıvıyı ve albümini ayrıca etkileyen bir durumdur (Joint Trauma System, 2025; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

Yanık Hastasında Süksinilkolin ve Hiperkalemi

Süksinilkolin, hızlı başlangıcı ve kısa etki süresi nedeniyle uygun hızlı seri entübasyonda yararlı olabilir; bradikardi ve özellikle yatkın hastada hiperkalemi riski göz önünde tutulur. Majör yanık

veya çoklu travma sonrasında nöromüsküler membranda asetilkolin reseptörlerinin artması, sonraki süksinilkolin maruziyetinde aşırı potasyum salınımına yol açabilir. Akut fazdan sonraki dönemde bu nedenle ağır hiperkalemi ve kardiyak arrest riskiyle **kontrendikedir** (DailyMed, 2022; Gropper et al., 2025).

Risk zamanla artıp sıklıkla 7–10. günlerde en yüksek düzeye ulaşabilir; güvenli başlangıç ve bitiş günü kesin değildir. İlk saatlerde de başlangıç potasyumu ve diğer kontrendikasyonlar değerlendirilir. Yanık sonrası riskli dönemde rokuronyum gibi nondepolarizan ajan seçilir ve blok yanıtının zamanla değişebileceği hesaba katılır. "İlk 24 saatte her yanıkta güvenlidir" veya "belirli bir günden sonra her hastada yeniden güvenlidir" biçiminde kesin genelleme yapılmaz (DailyMed, 2022; Han et al., 2004).

Yanık Hastasında Anestezik İlaç Gereksinimleri

Majör yanıkta ilk dolaşım bozukluğu ve sonraki hiperdinamik/hipermetabolik evre aynı ilaç yanıtına sahip değildir. Protein bağlanması, dağılım hacmi, renal ve hepatik klirens, organ perfüzyonu ve nöromüsküler kavşak yanıtı zaman içinde değişebilir. Özgün farmakokinetik çalışmalarda hiperdinamik dönemde fentanilin dağılım hacmi/klirensi artarken başka bir opioid olan alfentanilde farklı yönde değişiklikler gösterilmiştir; bu nedenle tüm ilaçlara aynı doz kuralı uygulanmaz. İndüksiyon, sedasyon, analjezi ve nöromüsküler blok ilaçları hastanın evresi, organ işlevi ve ölçülen etkiye göre her girişimde yeniden titre edilir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Han et al., 2004, 2007; Macfie et al., 1992).

- Pansuman, debridman ve greftleme ağrısı ayrıca planlanır. Opioid ve sedatif gereksinimi ağrı düzeyi, önceki maruziyet ve toleransla artabilir; multimodal

analjezi ve düzenli ağrı/sedasyon değerlendirmesi kullanılır (Gropper et al., 2025; Romanowski et al., 2020).

- Hiperdinamik dönemde bazı ilaçların dağılımı ve klirensi değişebilir; bu bulgu herkese önceden belirlenmiş doz artırımı uygulanmasını gerektirmez. Böbrek veya karaciğer yetmezliği ilaç seçimi, doz ve uygulama aralığını ayrıca değiştirir (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025; Han et al., 2007; Macfie et al., 1992).
- Majör yanık ilerledikçe rokuronyum gibi nondepolarizan blokörlere yanıt azalabilir; etki başlangıcı ve süresi değişebilir. Nöromüsküler blok gerekli ise mevcut kantitatif monitör kullanılır ve ekstübasyon öncesinde uygun objektif derlenme doğrulanır; acil hava yolu girişimi sırf monitör bulunamadığı için geciktirilmez (Han et al., 2004; Thilen et al., 2023).

Hipotermi ve Isı Yönetimi

Travma hastasının muayene için soyulması, yanıkta geniş açık yüzey, uzun ameliyatlar, intravenöz sıvılar ve serin ortam hızlı ısı kaybı oluşturur. Çekirdek sıcaklık ilk fırsatta ölçülür; uzun süren işlemlerde sürekli veya yeterince sık izlenir. İncelenen alan yeniden örtülür, uygun aktif ısıtıcı/örtü kullanılır, ameliyathane ortamı ayarlanır ve sıvı ile kan ürünleri uygun cihazla ısıtılarak verilir. Hastanın gereksiz yere tamamen açık tutulması önlenir (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025; Joint Trauma System, 2025; Rossaint et al., 2023; Royal College of Anaesthetists, 2025).

Hipotermi trombosit işlevi ve koagülasyonu bozabilir; asidoz, hipokalsemi ve kanamayla birleştiğinde resüsitasyonu güçleştirir. Isı yönetimi tek seferlik bir ameliyathane işlemi değil, ilk karşılamadan ameliyat sonrasına kadar süren izlem ve tedavi hedefidir (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

Monitörizasyon

- **Temel izlem:** Klinik koşullar elverdiğince ASA temel standartlarına uygun EKG, oksijenasyon, kan basıncı, ventilasyon ve uygun sıcaklık izlemi sağlanır. Entübe hastada sürekli ekspirasyon sonu CO_2 ve dalga biçimli kapnografi kullanılır (Ahmad et al., 2026; American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025).
- **İnvaziv arter basıncı:** Şiddetli veya süren kanama, vazopressör infüzyonu, sık arter kan gazı veya yoğun hemodinamik ayar gereksiniminde uygundur; arter kanülasyonu hayat kurtarıcı hava yolu ya da hemostaz girişimini geciktirmez (Gropper et al., 2025; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- **Perfüzyon ve laboratuvar:** Kateter varsa saatlik idrar çıkışı, klinik perfüzyon, seri kan gazı, laktat/baz açığı, hemoglobin, elektrolitler ve iyonize kalsiyum birlikte izlenir. Tek laboratuvar değerinden ziyade eğilim ve tedaviye verilen yanıt değerlendirilir (Cartotto et al., 2024; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- **Koagülasyon:** Masif transfüzyonda trombosit, protrombin zamanı/INR, fibrinojen ve olanak varsa tromboelastografi veya rotasyonel tromboelastometri

hedefe yönelik replasmanı yönlendirir (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

- **İleri izlem:** Seçilmiş yüksek riskli hastada ileri hemodinamik araçlar yalnız sonuçları tedaviyi değiştirecekse kullanılabilir; majör yanıkta rutin transpulmoner termodilüsyonla sıvı titrasyonu ABA tarafından önerilmez (Cartotto et al., 2024).

Anestezi İndüksiyonu ve İdamesinde Temel İlkeler

İndüksiyondan önce kanama odağı ve yaklaşan cerrahi, kan ürünleri, damar erişimi, preoksijenizasyon, aspirasyon ve başarısız hava yolu planı gözden geçirilir. Hasta fizyolojisiyle uyumlu ilaç ve doz seçilir; hipovolemi veya ağır beyin hasarında indüksiyona bağlı hipotansiyonun perfüzyonu bozması önlenmeye çalışılır. Önemli kan kaybında vazopressör, kan ve hemostazın yerine geçecek tek tedavi değildir (Apfelbaum et al., 2022; Brain Trauma Foundation, 2016; LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

İdame sırasında hipnotik ve opioid gereksinimi cerrahi uyaran, analjezi, kan basıncı ve organ perfüzyonuna göre ayrı ayrı titre edilir. Mekanik ventilasyon akciğer koruyucu ilkelerle düzenlenir; kontüzyon ve inhalasyon hasarında oksijenasyon/hava yolu basıncı, beyin hasarında karbondioksit hedefi ve tüm hastalarda hemodinami birlikte gözetilir. Bölgesel analjezi ve diğer multimodal yöntemler uygun yaralanma, koagülasyon ve dolaşım koşullarında değerlendirilir (Brain Trauma Foundation, 2016; Coccolini et al., 2025; Gropper et al., 2025; Milton-Jones et al., 2023; Romanowski et al., 2020).

Majör yanıkta debridman ve greftleme sırasında belirgin kan kaybı gelişebileceği öngörülür; damar erişimi ve kan ürünleri cerrahi

ekiple önceden planlanır. Kan bileşeni gereksinimi sabit bir ilk hemoglobin değerine indirgenmez; aktif kanama, fizyoloji ve hemostaz ölçümleri birlikte değerlendirilir (Joint Trauma System, 2025; Wallace et al., 2025).

Nöromüsküler blok gereksinimi ve geri dönüşü kantitatif izlem mevcutsa objektif olarak takip edilir. ASA kılavuzu rezidüel bloktan korunmak için ekstübasyondan önce kantitatif dörtlü uyarı oranının en az 0,9 olmasını önerir. Majör yanıkta ilaç yanıtı zamanla değişebileceğinden tekrarlanan standart dozlar yerine ölçülen yanıtla uygulama yapılır (Han et al., 2004; Thilen et al., 2023).

Postoperatif Yönetim

Ameliyat sonunda mekanik ventilasyon ve yoğun bakım gereksinimi, hava yolu ödemi ve yeniden entübasyon güçlüğü, oksijenasyon/ventilasyon, bilinç, dolaşım, süren kanama, hipotermi, koagülopati, ağır metabolik bozukluk ve beklenen tekrar ameliyatlara göre belirlenir. **Mekanik ventilasyonun sürdürülmesi, hava yolu güvenliği, yeterli gaz değişimi, bilinç ve hemodinamik gereksinimler yeniden değerlendirilerek bireyselleştirilir.** Ekstübasyondan önce rezidüel blok, öksürük/hava yolunu koruma ve kurtarma planı ayrıca değerlendirilir (Apfelbaum et al., 2022; Gropper et al., 2025; Milton-Jones et al., 2023; Royal College of Anaesthetists, 2025; Thilen et al., 2023).

Analjezi multimodal ve hastaya özgü planlanır; yanıkta istirahat ağrısı ile pansuman ve debridman ağrısı ayrı ele alınır. Derlenme ve yoğun bakımda seri hemoglobin, laktat, elektrolit, iyonize kalsiyum ve koagülasyon sonuçları perfüzyonla birlikte değerlendirilir. Yanık yarasının bakımı, enfeksiyon izlemi, uygun erken beslenme ve rehabilitasyon ilgili ekiplerle planlanır (Joint

Trauma System, 2025; Romanowski et al., 2020; Rossaint et al., 2023; Vercruysse et al., 2019).

Transfer öncesinde tüpün konumu ve oksijen kaynağı, monitör ve kapnografi, damar yolları, kan ürünleri, vazopressörler, sıcaklık ve devam eden tedavi hedefleri devralan ekiple sözlü ve yazılı aktarılır. Yeniden kanama, ilerleyici ödem veya solunum kötüleşmesinde kimin ve nasıl müdahale edeceği açıkça belirtilir (Intensive Care Society, 2026; LaGrone et al., 2024; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a).

Klinik Karar Algoritması

1. xABCDE ile eksanguinan dış kanamayı kontrol ederken hava yolu ve oksijenasyonu eşzamanlı güvenceye al.
2. Aspirasyon ve zor hava yolu riskini değerlendir; servikal hareketi azalt, kurtarma planını hazırla.
3. Hemodinamik instabilite veya ciddi solunum bozukluğuyla birlikte tansiyon pnömotoraksı şüphesinde görüntüleme beklemeden dekomprese et.
4. Damar veya intraosseöz erişim ve kan örneklerini sağla; kanama kaynağını kontrol et, gerekirse masif transfüzyon protokolünü başlat.
5. Uygun kanayan travma hastasında ilk üç saatte traneksamik asidi değerlendir; fibrinojen, kalsiyum, sıcaklık, koagülasyon ve asidozu birlikte izle ve düzelt.
6. Ciddi beyin/omurilik hasarında permisif hipotansiyon uygulama; indüksiyon ve ventilasyonu

beyin hasarında serebral, omurilik hasarında spinal perfüzyonu koruyacak biçimde düzenle.

7. Yanıkta zaman, mekanizma, derinlik ve TVYA'yı kaydet; inhalasyon, CO ve siyanür bulgularını ayrı ayrı araştır.
8. Erişkinde TVYA ≥%20 ise 2 mL/kg/%TVYA başlangıç hesabını önceki sıvı ve klinik yanıtla sürekli düzelt; eşlik eden travmatik kanamayı ayrı yönet.
9. Majör yanığın akut fazından sonraki süksinilkolin kontrendikasyonunu gözet; gereken nöromüsküler bloğu izle.
10. İndüksiyon ve idameyi hemodinamik, solunumsal, nörolojik hedefler ile cerrahi uyarana göre titre et.
11. Ekstübasyon, analjezi, yoğun bakım ve güvenli transfer kararını erkenden planla.

Travma ve yanıkta klinik karar algoritması

Erişkin hasta • Eşzamanlı müdahale ve sürekli yeniden değerlendirme

01 xABCDE ile ilk değerlendirme

Eksanguinan dış kanamayı kontrol ederken hava yolunu ve oksijenasyonu eşzamanlı güvenceye al.

YAŞAMI TEHDİT EDEN SORUNLARA EŞZAMANLI YAKLAŞIM

02 Hava yolu ve servikal koruma

Aspirasyon ve zor hava yolu riskini değerlendir; servikal hareketi azalt ve kurtarma hava yolu planını hazırla.

03 Tansiyon pnömotoraksı

Şüpheli tansiyon pnömotoraksına hemodinamik instabilite veya ciddi solunum bozukluğu eşlik ediyorsa: görüntüleme beklemeden dekomprese et.

04 Dolaşım ve kanama kontrolü

IV/IO erişim ve kan örneklerini sağla; kanama kaynağını kontrol et. Gerektiğinde masif transfüzyon protokolünü başlat.

05 Erken hemostatik tedavi

Uygun kanayan travmada yaralanmadan sonraki ilk 3 saatte traneksamik asidi değerlendir. Fibrinojen, kalsiyum, sıcaklık, koagülasyon ve asidozu birlikte izle ve düzelt.

06 Ciddi beyin veya omurilik hasarı varsa

Permisif hipotansiyon uygulama. İndüksiyon ve ventilasyonda serebral / spinal perfüzyonu koru.

YANIK VARSA: EŞZAMANLI DEĞERLENDİRME, KOŞULA GÖRE TEDAVİ

07 Yanığı ve inhalasyonu değerlendir

Zaman, mekanizma, derinlik ve TVYA'yı kaydet; inhalasyon hasarı, CO ve siyanür bulgularını ayrı ayrı araştır.

08 Sıvı resüsitasyonu

ERİŞKİN • TVYA ≥ %20

2 mL × ağırlık (kg) × %TVYA

İlk 24 saat için başlangıç tahmini. Önceden verilen sıvı ve klinik yanıtla titre et; travmatik kanamayı ayrı yönet.

09 Nöromüsküler blok

MAJÖR YANIK • AKUT FAZ SONRASI

Süksinilkolin kontrendikedir.

Gereken nöromüsküler bloğu izle.

TÜM SÜREÇ BOYUNCA: ERKENDEN VE EŞZAMANLI PLANLA

10 Anestezi indüksiyonu ve idame

Hemodinamik, solunumsal ve nörolojik hedefler ile cerrahi uyarana göre titre et.

11 Postoperatif bakım ve devir

Ekstübasyon, analjezi, yoğun bakım ve güvenli transferi erkenden planla.

Her girişim sonrası yeniden değerlendir.

TVYA: toplam vücut yüzey alanı • IV/IO: intravenöz / intraosseöz • CO: karbonmonoksit

Sıvı hesabında %TVYA'nın sayısal değerini kullan: örneğin %30 için 30.

Klinik Anahtar Noktalar

- **Yaşamı tehdit eden sorunu tedavi et:** İlk yaklaşımda eksiksiz tanı listesini bekleme; xABCDE bulgularını müdahale sonrası yeniden değerlendir (American College of Surgeons, 2025).
- **Kanamayı kaynağında durdur:** Kan ürünleri, traneksamik asit ve koagülasyon tedavisi kesin hemostazla eşzamanlı yürür (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- **Kristalloidi akılcı kullan:** Aşırı hacim hemorajik koagülopatiyi ve yanıkta ödem/kompartman riskini artırabilir (Cartotto et al., 2024; Rossaint et al., 2023).
- **Hava yolunda oksijenasyonu koru:** Aspirasyon ve servikal hasar olasılığını gözet; başarısız girişimde kurtarma algoritmasına gecikmeden geç (Apfelbaum et al., 2022; Wiles et al., 2024).
- **Tansiyon pnömotoraksı klinik acildir:** İnstabilite veya ciddi solunum bozukluğu varsa dekompresyon için görüntüleme bekleme (Coccolini et al., 2025; National Institute for Health and Care Excellence, 2016a).
- **Beyni ikincil hasardan koru:** Hipoksemi ve hipotansiyondan kaçın; kanayan seçilmiş hastanın düşük basınç hedefini ciddi beyin hasarına uygulama (Brain Trauma Foundation, 2016; Rossaint et al., 2023).
- **Yanık hava yolu zamanla değişir:** İlerleyici ödemi izle; tek başına isli burun kılına dayanarak entübasyon kararı

verme (American Burn Association, 2025; Milton-Jones et al., 2023).

- **Yanık formülü başlangıçtır:** Erişkin ≥%20 TVYA hesabını ve idrar hedefini seri klinik perfüzyonla düzelt; sabit ek sıvıdan kaçın (Cartotto et al., 2024).
- **İlaç yanıtı zamana bağlıdır:** Majör yanığın akut fazından sonra süksinilkolin kontrendikedir; nondepolarizan blok ve analjeziyi ölçerek titre et (DailyMed, 2022; Han et al., 2004; Romanowski et al., 2020; Thilen et al., 2023).
- **Fizyolojik döngüyü kır:** Hipotermi, asidoz, koagülopati ve hipokalsemiyi birlikte önle ve tedavi et; yoğun bakım devrinde bunların durumunu aktar (LaGrone et al., 2024; Rossaint et al., 2023).

TRAVMA VE YANIKTA ANESTEZİ YÖNETİMİ

Klinik anahtar noktalar

Öncelikleri belirle • Tedaviyi titre et • Yeniden değerlendir

01 Yaşamı tehdit eden sorunu tedavi et

İlk yaklaşımda eksiksiz tanı listesini bekleme; xABCDE bulgularını müdahale sonrası yeniden değerlendir.

02 Kanamayı kaynağında durdur

Kan ürünleri, traneksamik asit ve koagülasyon tedavisi kesin hemostazla eşzamanlı yürür.

03 Kristalloidi akılcı kullan

Aşırı hacim hemorajik koagülopatiyi ve yanıkta ödem/kompartman riskini artırabilir.

04 Hava yolunda oksijenasyonu koru

Aspirasyon ve servikal hasar olasılığını gözet; başarısız girişimde kurtarma algoritmasına gecikmeden geç.

05 Tansiyon pnömotoraksı klinik acildir

İnstabilite veya ciddi solunum bozukluğu varsa dekompresyon için görüntüleme bekleme.

06 Beyni ikincil hasardan koru

Hipoksemi ve hipotansiyondan kaçın; kanayan seçilmiş hastanın düşük basınç hedefini ciddi beyin hasarına uygulama.

07 Yanık hava yolu zamanla değişir

İlerleyici ödemi izle; tek başına isli burun kılına dayanarak entübasyon kararı verme.

08 Yanık formülü başlangıçtır

Erişkin ≥%20 TVYA hesabını ve idrar hedefini seri klinik perfüzyonla düzelt; sabit ek sıvıdan kaçın.

09 İlaç yanıtı zamana bağlıdır

Majör yanığın akut fazından sonra süksinilkolin kontrendikedir; nondepolarizan blok ve analjeziyi ölçerek titre et.

10 Fizyolojik döngüyü kır

Hipotermi, asidoz, koagülopati ve hipokalsemiyi birlikte önle ve tedavi et; yoğun bakım devrinde bunların durumunu aktar.

TVYA: toplam vücut yüzey alanı

Editöryal ve Klinik Uygulama Notu

Bu bölüm, 24 Eylül 2026 tarihinde doğrulanabilen kılavuz ve yayınlarla hazırlanmıştır. Doz, endikasyon ve merkeze özgü işlem sırası hastanın fizyolojisi, güncel ürün bilgisi, yerel olanaklar ve ilgili uzman ekiplerin kararıyla birlikte uygulanır.

Kaynakça

Ahmad, I., El-Boghdadly, K., Iliff, H., Dua, G., Higgs, A., Huntington, M., Mir, F., Nouraei, S. A. R., O'Sullivan, E. P., Patel, A., Rivett, K., & McNarry, A. F. (2026). Difficult Airway Society 2025 guidelines for management of unanticipated difficult tracheal intubation in adults. *British Journal of Anaesthesia, 136*(1), 283–307. doi: 10.1016/j.bja.2025.10.006.

American Burn Association (2025). Guidelines for Burn Patient Referral. https://www.ameriburn.org/burn-care-team/resources/guidelines-for-burn-patient-referral

American College of Surgeons (2025). ATLS 11. https://www.facs.org/quality-programs/trauma/education/advanced-trauma-life-support/atls-11/

American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters (2025). Standards for Basic Anesthetic Monitoring. https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring

Apfelbaum, J. L., Hagberg, C. A., Connis, R. T., Abdelmalak, B. B., Agarkar, M., Dutton, R. P., Fiadjoe, J. E., Greif, R., Klock, P. A., Mercier, D., Myatra, S. N., O'Sullivan, E. P., Rosenblatt, W. H., Sorbello, M., & Tung, A. (2022). 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology, 136*(1), 31–81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002.

Brain Trauma Foundation (2016). Guidelines for the Management of Severe TBI, 4th Edition. https://braintrauma.org/coma/guidelines/severe-tbi

Cartotto, R., Johnson, L. S., Savetamal, A., Greenhalgh, D., Kubasiak, J. C., Pham, T. N., Rizzo, J. A., Sen, S., & Main, E. (2024). American Burn Association Clinical Practice Guidelines on Burn Shock Resuscitation. *Journal of Burn Care & Research : Official Publication of the American Burn Association, 45*(3), 565–589. doi: 10.1093/jbcr/irad125.

Casey, J. D., Seitz, K. P., Driver, B. E., Gibbs, K. W., Ginde, A. A., Trent, S. A., Russell, D. W., Muhs, A. L., Prekker, M. E., Gaillard, J. P., Resnick-Ault, D., Stewart, L. J., Whitson, M. R., DeMasi, S. C., Robinson, A. E., Palakshappa, J. A., Aggarwal, N. R., Brainard, J. C., Douin, D. J., Marvi, T. K., … RSI Investigators and the Pragmatic Critical Care Research Group (2026). Ketamine or Etomidate for Tracheal Intubation of Critically Ill Adults. *The New England Journal of Medicine, 394*(16), 1608–1620. doi: 10.1056/NEJMoa2511420.

Centers for Disease Control and Prevention (2026). Clinical Guidance for Carbon Monoxide Poisoning Following Disasters and Severe Weather. https://www.cdc.gov/carbon-monoxide/hcp/clinical-guidance/index.html

Clancy, K., Velopulos, C., Bilaniuk, J. W., Collier, B., Crowley, W., Kurek, S., Lui, F., Nayduch, D., Sangosanya, A., Tucker, B., Haut, E. R., & Eastern Association for the Surgery of Trauma (2012). Screening for blunt cardiac injury: an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 73*(5 Suppl 4), S301–S306. doi: 10.1097/TA.0b013e318270193a.

Coccolini, F., Cremonini, C., Moore, E. E., Civil, I., Balogh, Z., Leppaniemi, A., Horer, T., Reva, V., Ball, C., Kirkpatrick, A. W.,

Colli, A., Besola, L., Plani, F., Viaggi, B., Bellani, G., Ceresoli, M., Cicuttin, E., Mariani, D., Hecker, A., Cimbanassi, S., … Coimbra, R. (2025). Thoracic trauma WSES-AAST guidelines. *World Journal of Emergency Surgery : WJES, 20*(1), 78. doi: 10.1186/s13017-025-00651-1.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

DailyMed (2021). Cyanokit—hydroxocobalamin injection, powder, lyophilized, for solution [prescribing information]. https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/drugInfo.cfm?setid=d56fcc8d-bd64-46ab-b0c0-2124bd745a6b

DailyMed (2022). Succinylcholine chloride injection, solution [prescribing information]. https://dailymed.nlm.nih.gov/dailymed/drugInfo.cfm?setid=23bb29da-55a6-4f06-b3a4-2f7b65ec5909

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Han, T., Harmatz, J. S., Greenblatt, D. J., & Martyn, J. A. (2007). Fentanyl clearance and volume of distribution are increased in patients with major burns. *Journal of Clinical Pharmacology, 47*(6), 674–680. doi: 10.1177/0091270007299756.

Han, T., Kim, H., Bae, J., Kim, K., & Martyn, J. A. (2004). Neuromuscular pharmacodynamics of rocuronium in patients with major burns. *Anesthesia and Analgesia, 99*(2), 386–392. doi: 10.1213/01.ANE.0000129992.07527.4B.

Intensive Care Society (2026). Guidance On: The Transfer of the Critically Ill Adult, 5th ed. https://ics.ac.uk/asset/60AAA368-3687-47F4-AD8F07FC239AED9D/

Jabre, P., Combes, X., Lapostolle, F., Dhaouadi, M., Ricard-Hibon, A., Vivien, B., Bertrand, L., Beltramini, A., Gamand, P., Albizzati, S., Perdrizet, D., Lebail, G., Chollet-Xemard, C., Maxime, V., Brun-Buisson, C., Lefrant, J. Y., Bollaert, P. E., Megarbane, B., Ricard, J. D., Anguel, N., … KETASED Collaborative Study Group (2009). Etomidate versus ketamine for rapid sequence intubation in acutely ill patients: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet (London, England), 374*(9686), 293–300. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60949-1.

Joint Trauma System (2025). Joint Trauma System Clinical Practice Guideline: Burn Care. https://jts.health.mil/assets/docs/cpgs/Burn_Care_CPG_10_June_2025_ID12_v1.3.pdf

Kopelman, T. R., Biffl, W. L., Coimbra, R., Bower, K. L., Croft, C. A., Fox, C. J., Hartwell, J. L., Hynes, A. M., Inaba, K., Keric, N., Kerwin, A. J., Lorenzo, M., Magee, G. A., Privette, A. R., Schellenberg, M., Schuster, K. M., Tesoriero, R., Watters, J. M., & Stein, D. M. (2026). Western Trauma Association critical decisions in trauma: Significant blunt cardiac injury. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 100*(5), 787–794. doi: 10.1097/TA.0000000000004929.

LaGrone, L. N., Stein, D., Cribari, C., Kaups, K., Harris, C., Miller, A. N., Smith, B., Dutton, R., Bulger, E., & Napolitano, L. M. (2024). American Association for the Surgery of Trauma/American College of Surgeons Committee on Trauma: Clinical protocol for damage-control resuscitation for the adult trauma patient. *The Journal of*

Trauma and Acute Care Surgery, 96(3), 510–520. doi: 10.1097/TA.0000000000004088.

Macfie, A. G., Magides, A. D., & Reilly, C. S. (1992). Disposition of alfentanil in burns patients. *British Journal of Anaesthesia, 69*(5), 447–450. doi: 10.1093/bja/69.5.447.

Milton-Jones, H., Soussi, S., Davies, R., Charbonney, E., Charles, W. N., Cleland, H., Dunn, K., Gantner, D., Giles, J., Jeschke, M., Lee, N., Legrand, M., Lloyd, J., Martin-Loeches, I., Pantet, O., Samaan, M., Shelley, O., Sisson, A., Spragg, K., Wood, F., … Singh, S. (2023). An international RAND/UCLA expert panel to determine the optimal diagnosis and management of burn inhalation injury. *Critical Care (London, England), 27*(1), 459. doi: 10.1186/s13054-023-04718-w.

National Institute for Health and Care Excellence (2016a). *Major trauma: assessment and initial management.* NICE guideline NG39. https://www.nice.org.uk/guidance/ng39

National Institute for Health and Care Excellence (2016b). *Spinal injury: assessment and initial management.* NICE guideline NG41. https://www.nice.org.uk/guidance/ng41

Patel, A., Saadi, R., & Lighthall, J. G. (2021). Securing the Airway in Maxillofacial Trauma Patients: A Systematic Review of Techniques. *Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction, 14*(2), 100–109. doi: 10.1177/1943387520950096.

Romanowski, K. S., Carson, J., Pape, K., Bernal, E., Sharar, S., Wiechman, S., Carter, D., Liu, Y. M., Nitzschke, S., Bhalla, P., Litt, J., Przkora, R., Friedman, B., Popiak, S., Jeng, J., Ryan, C. M., & Joe, V. (2020). American Burn Association Guidelines on the

Management of Acute Pain in the Adult Burn Patient: A Review of the Literature, a Compilation of Expert Opinion, and Next Steps. *Journal of Burn Care & Research : Official Publication of the American Burn Association, 41*(6), 1129–1151. doi: 10.1093/jbcr/iraa119.

Rossaint, R., Afshari, A., Bouillon, B., Cerny, V., Cimpoesu, D., Curry, N., Duranteau, J., Filipescu, D., Grottke, O., Grønlykke, L., Harrois, A., Hunt, B. J., Kaserer, A., Komadina, R., Madsen, M. H., Maegele, M., Mora, L., Riddez, L., Romero, C. S., Samama, C. M., … Spahn, D. R. (2023). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Critical Care (London, England), 27*(1), 80. doi: 10.1186/s13054-023-04327-7.

Royal College of Anaesthetists (2025). Chapter 17: Guidelines for the Provision of Anaesthesia Services for Burn and Plastics Surgery 2025. https://www.rcoa.ac.uk/gpas/chapter-17

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

Vercruysse, G. A., Alam, H. B., Martin, M. J., Brasel, K., Moore, E. E., Brown, C. V., Bettencourt, A., Schulz, J., Palmieri, T., Haith, L., & Inaba, K. (2019). Western Trauma Association critical decisions in trauma: Preferred triage and initial management of the burned

patient. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 87*(5), 1239–1243. doi: 10.1097/TA.0000000000002348.

Wallace, D., Lavrentieva, A., Romanowski, K. S., Shupp, J. W., Cartotto, R., Main, E., & Palmieri, T. L. (2025). American Burn Association Clinical Practice Guideline on Blood Product Transfusion in Burn Care. *Journal of Burn Care & Research : Official Publication of the American Burn Association, 46*(6), 1155–1170. doi: 10.1093/jbcr/iraf021.

Wiles, M. D., Iliff, H. A., Brooks, K., Da Silva, E. J., Donnellon, M., Gardner, A., Harris, M., Leech, C., Mathieu, S., Moor, P., Prisco, L., Rivett, K., Tait, F., & El-Boghdadly, K. (2024). Airway management in patients with suspected or confirmed cervical spine injury: Guidelines from the Difficult Airway Society (DAS), Association of Anaesthetists (AoA), British Society of Orthopaedic Anaesthetists (BSOA), Intensive Care Society (ICS), Neuro Anaesthesia and Critical Care Society (NACCS), Faculty of Prehospital Care and Royal College of Emergency Medicine (RCEM). *Anaesthesia, 79*(8), 856–868. doi: 10.1111/anae.16290.

BÖLÜM 56

HEMOSTAZ

CAHİDE ÇAĞLAYAN[1], PINAR KIRDEMİR GÖKKURT[2]

Özet

Hemostaz, damar hasarı sonrasında kan kaybını sınırlayan primer hemostaz, koagülasyon ve fibrinoliz süreçlerinin dengeli etkileşimiyle sağlanır. Perioperatif dönemde hemostazın değerlendirilmesi, yalnızca laboratuvar sonuçlarına değil, hastanın klinik durumuna ve kanama riskine dayanmalıdır.

PT/INR ve aPTT, perioperatif kanama riskini tek başına yeterince öngöremez. Bu nedenle klinik bulgular; trombosit sayısı ve fonksiyonu, fibrinojen düzeyi ve gerektiğinde viskoelastik testlerle birlikte değerlendirilmelidir. Hemostatik bozukluğun nedeninin belirlenmesi, hedefe yönelik tedavinin temelini oluşturur.

[1] Dr., Kars İl Sağlık Müdürlüğü, Sarıkamış Devlet Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Kars, Türkiye, Orcid: 0009-0000-1256-1399
[2] Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-2028-6056

Öğrenme Hedefleri

- Hemostazın primer, sekonder ve fibrinolitik bileşenlerini açıklamak.
- Koagülasyon testlerinin neyi gösterdiğini ve sınırlılıklarını anlamak.
- Perioperatif kanama riskini sistematik değerlendirmek.
- Edinilmiş ve kalıtsal koagülasyon bozukluklarını tanımak.
- Majör kanamada hedefe yönelik hemostatik tedavi planlamak.
- Antitrombosit ve antikoagülan ilaçların temel etkilerini ve perioperatif önemini bilmek.
- Antikoagülan tedavi alan hastalarda kanama ve tromboz riskini birlikte değerlendirmek.
- Nöroaksiyel/rejyonal anestezi öncesinde güncel antitrombotik kılavuzları kullanmak.
- DIC ve diğer tüketim koagülopatilerini tanımak.

Hemostazın Fizyolojik Temelleri

Damar bütünlüğü bozulduğunda organizma, kan kaybını durdurmak için birbirini izleyen ve güçlendiren, hemostaz adı verilen mekanizmalar bütününü harekete geçirir. Hemostaz, üç temel bileşenden oluşur: primer hemostaz, sekonder hemostaz ve fibrinoliz.

Primer hemostaz saniyeler içinde devreye girer. Damar hasarı o bölgede vazokonstriksiyona neden olur ve kan akışını

yavaşlatır. Subendotelyal kollajenin açığa çıkması ve von Willebrand faktör (vWF) aracılığıyla trombositlerin hasar bölgesine adezyonu başlar. Aktive olan trombositlerden salınan tromboksan A2 ve ADP diğer trombositlerin aktivasyonunu ve hasar bölgesine katılımını artırır. Aktive olan trombositlerin yüzeyindeki GP IIb/IIIa reseptörleri fibrinojene bağlanabilir hale gelir. Fibrinojenin bu reseptörler arasında köprü oluşturmasıyla trombosit agregasyonu gerçekleşir ve geçici trombosit tıkacı oluşur (Palta et al., 2014; Panigrahi & Liu, 2025).

Koagülasyon, oluşan trombosit tıkacını fibrin ağı ile güçlendirerek daha stabil hale getirir. Geleneksel olarak ekstrinsik ve intrinsik yolların ortak bir yolda birleştiği bir kaskad modeliyle açıklansa da bu model, koagülasyonun hücresel ortamda gerçekleşen dinamik sürecini tam olarak yansıtmaz. Klinik hemostaz; doku faktörü, trombin oluşumu, trombosit aktivasyonu ve doğal antikoagülan mekanizmaların birlikte düzenlediği daha karmaşık bir süreçtir (Hoffman & Monroe, 2001).

Trombin, hemostazın merkezinde yer alır. Fibrinojeni fibrine dönüştürmenin yanı sıra trombositleri ve faktör V, VIII ve XIII'ü aktive ederek pıhtının oluşumu ve stabilizasyonunu destekler. Trombomoduline bağlandığında ise protein C'yi aktive ederek koagülasyonu sınırlar. Böylece trombin, pıhtı oluşumunu güçlendiren ve aynı zamanda sınırlayan temel düzenleyicilerden biridir (Hoffman & Monroe, 2001).

Fibrinoliz, oluşan pıhtının işlevini tamamlamasının ardından kontrollü olarak ortadan kaldırılmasını sağlar. Endotel kaynaklı doku plazminojen aktivatörü (tPA), plazminojeni plazmine dönüştürür; plazmin ise fibrin ağını parçalayarak D-dimer dahil fibrin yıkım ürünlerinin oluşmasına yol açar. Bu süreç α2-antiplazmin ve

plazminojen aktivatör inhibitörü-1 (PAI-1) tarafından sınırlandırılır (Panigrahi & Liu, 2025).

Özetle hemostaz, trombosit tıkacının oluşumu, koagülasyon ve fibrinoliz arasındaki dinamik denge ile sürdürülür. Bu sistemlerin düzenlenmesi ve perioperatif dönemde değerlendirilmesine ilişkin yaklaşımlar sonraki bölümlerde ele alınacaktır.

Koagülasyon Sisteminin Kontrolü

Koagülasyonun etkili bir pıhtı oluştururken aynı zamanda sınırlı kalması gerekir. Bu denge, farklı basamaklarda görev yapan doğal antikoagülan sistemler tarafından sağlanır. Antitrombin, doku faktörü yolu inhibitörü (TFPI) ve protein C–protein S sistemi, koagülasyonun yayılımını sınırlandırarak trombin oluşumunun uygun bölge ve süre ile kısıtlı kalmasını sağlar.

Antitrombin, koagülasyon proteazlarının en geniş spektrumlu inhibitörüdür. Trombin, IXa, Xa, XIa ve XIIa ile kompleks oluşturarak etkisizleştirir. Tek başına görece yavaş çalışan bu inhibitör, heparin pentasakkarit ya da endotel yüzeyindeki heparan sülfata bağlandığında konformasyonel değişime uğrar ve inhibisyon hızı binlerce kat artar. Unfraksiyone ve düşük molekül ağırlıklı heparinlerin antikoagülan etkisi bu mekanizma ile olur. Antitrombinin yokluğunda heparin fiilen etkin değildir. Bu nedenle antitrombin eksikliği, kalıtsal trombofililer arasında yüksek tromboz riskiyle ilişkili bozukluklardan biridir ve heparin direncinin önemli nedenleri arasında yer alır.

TFPI, koagülasyonun doku faktörü aracılı başlangıç aşamasını sınırlar. Öncelikle faktör Xa'ya bağlanır; ardından oluşan TFPI–Xa kompleksi, doku faktörü–VIIa kompleksini inhibe ederek

daha fazla faktör Xa oluşumunu engeller. Böylece koagülasyonun başlangıç sinyali kontrol altında tutulur.

Protein C–protein S sistemi, trombin oluşumunun amplifikasyon aşamasını sınırlar. Endotel yüzeyinde trombomoduline bağlanan trombin, protein C'nin aktive protein C'ye (APC) dönüşümünü sağlar. APC, protein S'nin kofaktörlüğünde faktör Va ve VIIIa'yı inaktive ederek trombin oluşumunu azaltır. Böylece trombin, pıhtı oluşumunu başlatan ve güçlendiren bir proteaz olmanın yanı sıra, trombomoduline bağlandığında koagülasyonu sınırlayan bir düzenleyici olarak da görev yapar (Dahlbäck & Villoutreix, 2005; Palta et al., 2014).

Protein C sisteminin özellikle mikrovasküler dolaşımda koagülasyonun kontrolünde önemli bir rolü vardır. Protein C veya protein S eksikliği, venöz tromboemboli riskini artırır. Varfarin tedavisinin başlangıcında protein C düzeyinin diğer vitamin K bağımlı faktörlere göre daha hızlı azalması, nadiren cilt nekrozu ile sonuçlanabilen geçici bir prokoagülan dönem oluşturabilir. Sepsiste ise protein C tüketimi, protein S azalması ve endotel disfonksiyonu bu antikoagülan sistemin etkinliğini bozarak mikrovasküler tromboz ve organ disfonksiyonuna katkıda bulunabilir (Chapin & Hajjar, 2014; Dahlbäck & Villoutreix, 2005).

Koagülasyonun sınırlandırılmasının yanı sıra, oluşan pıhtının zamanında ortadan kaldırılması da hemostatik dengenin önemli bir parçasıdır. Fibrinolizin temel düzenleyicileri t-PA, PAI-1 ve α2-antiplazmindir. t-PA, özellikle fibrine bağlı plazminojeni plazmine dönüştürerek fibrin yıkımını başlatır. PAI-1 t-PA'yı inhibe ederek plazmin oluşumunu sınırlar; α2-antiplazmin ise dolaşıma geçen serbest plazmini hızla nötralize eder. Böylece fibrinoliz ağırlıklı

olarak pıhtı bölgesinde gerçekleşir ve sistemik fibrin yıkımı sınırlandırılır (Chapin & Hajjar, 2014).

α2-antiplazmin eksikliğinde, oluşan fibrin pıhtısı normal şekilde meydana gelse bile plazminin yeterince kontrol edilememesi nedeniyle fibrinoliz artar ve kanama eğilimi ortaya çıkabilir. Bu durum, fibrinolizin yalnızca pıhtının çözülmesini sağlayan bir süreç olmadığını, aynı zamanda sıkı biçimde düzenlenmesi gereken bir hemostaz bileşeni olduğunu gösterir (Chapin & Hajjar, 2014).

Bu düzenleyici sistemlerin önemi özellikle majör kanamada belirginleşir. Travma ve obstetrik hemorajide erken dönemde gelişebilen hiperfibrinoliz, oluşan pıhtının stabilitesini bozarak kanamanın sürmesine katkıda bulunabilir. Traneksamik asit, plazminojenin fibrine bağlanmasını engelleyerek fibrinolizi sınırlar ve uygun hastalarda antifibrinolitik tedavinin temelini oluşturur (Chapin & Hajjar, 2014; CRASH-2 trial collaborators, 2010).

Sonuç olarak hemostaz, prokoagülan ve antikoagülan mekanizmaların yanı sıra fibrinolizin de birlikte düzenlendiği dinamik bir dengedir. Doğal antikoagülan sistemlerin yetersizliği tromboz eğilimini artırırken, fibrinolizin aşırı aktivasyonu kanamaya yol açabilir. Bu dengeyi oluşturan mekanizmaların anlaşılması, sonraki bölümlerde ele alınacak koagülasyon testlerinin ve perioperatif hemostatik yaklaşımların doğru yorumlanması için temel oluşturur.

Hemostazın Laboratuvar Değerlendirilmesi

Hemostazın laboratuvar değerlendirilmesi, hastanın kanama öyküsü, klinik bulguları ve planlanan cerrahinin özellikleriyle birlikte yapılmalıdır. Test seçimi klinik gereksinime göre

belirlenmeli; sonuçlar, özellikle aktif kanamada, tek başına değil klinik tabloyla birlikte yorumlanmalıdır.

Trombosit sayısı

Trombosit sayısı, primer hemostazın hücresel bileşeni hakkında bilgi verir ancak trombosit fonksiyonunu göstermez. Bu nedenle normal trombosit sayısı, antitrombosit ilaç kullanımı, üremi veya edinilmiş fonksiyon bozukluklarına bağlı kanama riskini dışlamaz. Referans aralığının alt sınırı laboratuvara göre değişmekle birlikte yaklaşık 140.000–150.000/μL'dir. Perioperatif değerlendirmede trombosit sayısı; kanama öyküsü, mevcut klinik bulgular, ilaç kullanımı ve girişimin kanama riskiyle birlikte yorumlanmalıdır. Nöroaksiyel girişimlerde trombosit sayısına ilişkin değerlendirme "Rejyonal ve Nöroaksiyel Anestezide Antitrombotik Tedavi" bölümünde ele alınacaktır (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Protrombin zamanı ve INR

Protrombin zamanı (PT), ekstrinsik ve ortak koagülasyon yollarını değerlendirir; faktör II, V, VII ve X ile fibrinojenden etkilenir. INR, PT sonuçlarını standardize eder ve özellikle varfarin tedavisinin izlenmesinde kullanılır. PT/INR değerlerinin normal olması; trombosit fonksiyonlarının, fibrinoliz sisteminin veya PT ile değerlendirilmeyen faktörlerin, özellikle faktör XIII'ün, normal olduğu anlamına gelmez; bu nedenle kanama riskini tek başına dışlamaz (Palta et al., 2014; Panigrahi & Liu, 2025).

Kanama öyküsü olmayan hastalarda elektif cerrahi öncesi rutin PT/INR testinin kanama riskini öngörmedeki değeri sınırlıdır. Test özellikle karaciğer hastalığı, vitamin K eksikliği şüphesi, malabsorpsiyon, uzun süreli geniş spektrumlu antibiyotik kullanımı

veya varfarin tedavisi gibi klinik endikasyonların varlığında istenmelidir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

aPTT

Aktive parsiyel tromboplastin zamanı (aPTT), intrinsik ve ortak koagülasyon yollarını değerlendirir; başlıca faktör XII, XI, IX, VIII, X, V ve II ile fibrinojenden etkilenir. Klinik kullanımda özellikle terapötik intravenöz unfraksiyone heparin tedavisinin izlenmesinde kullanılır. Düşük doz heparin profilaksisinde rutin aPTT izlemi gerekli değildir.

İzole aPTT uzamasında öncelikle antikoagülan etkisi, faktör eksikliği ve inhibitör varlığı araştırılmalıdır. Heparin kontaminasyonu, faktör VIII, IX veya XI eksikliği ve edinilmiş faktör VIII inhibitörü başlıca nedenler arasındadır. Faktör XII eksikliği de aPTT'yi uzatabilir ancak genellikle kanama eğilimine yol açmaz. Benzer şekilde lupus antikoagülanı, uzamış aPTT'ye rağmen kanamadan çok tromboz riskiyle ilişkili olabilir. Bu nedenle izole aPTT uzaması, perioperatif kanama riskinin doğrudan göstergesi olarak değerlendirilmemelidir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Fibrinojen

Fibrinojen, özellikle majör kanamada erken değerlendirilmesi gereken temel hemostatik parametrelerden biridir. Masif kanama, hemodilüsyon ve artmış fibrinoliz nedeniyle düzeyi erken azalabilir. Bu durum özellikle travma ve obstetrik hemorajide önem taşır (Hoffman & Monroe, 2001).

Majör kanaması devam eden travma hastalarında, fibrinojen düzeyi ≤1,5 g/L olduğunda veya viskoelastik testlerde fonksiyonel fibrinojen eksikliği saptandığında fibrinojen konsantresi ya da

kriyopresipitat ile replasman önerilir (Whiting & Dinardo, 2014). Obstetrik hemorajide ise fibrinojen düzeyinin 2,0 g/L'nin altında olması replasman açısından değerlendirilmelidir (Rossaint et al., 2023).

Tedavi kararı aktif kanama ve laboratuvar bulgularına göre verilmelidir. FIBTEM (ROTEM) ve fonksiyonel fibrinojen testleri (TEG), pıhtının fibrin bileşenini değerlendirerek majör kanamada hedefe yönelik tedaviye yardımcı olur. Bu testlerin çalışma ilkeleri ve klinik kullanımı "Viskoelastik Testler" bölümünde ele alınacaktır (Drotarova et al., 2023; Whiting & Dinardo, 2014).

D-Dimer

D-dimer**,** çapraz bağlı fibrinin yıkımı sonucu oluşan ve fibrin oluşumu ile fibrinolizi yansıtan bir belirteçtir. Cerrahi, enfeksiyon, malignite, gebelik ve ileri yaş gibi birçok durumda yükselebildiğinden özgüllüğü düşüktür. Venöz tromboembolizm (VTE) şüphesinde, uygun klinik ön olasılığa sahip hastalarda negatif D-dimer sonucu VTE'nin dışlanmasına yardımcı olabilir. Ancak özellikle cerrahi sonrasında yüksek D-dimer düzeyi tek başına VTE tanısı koydurmaz.

Majör kanamada D-dimer yüksekliği artmış fibrin yıkımını düşündürebilir ancak hiperfibrinoliz tanısı için yeterli değildir. Bu durumda klinik bulgular ve gerektiğinde viskoelastik testler birlikte değerlendirilmelidir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

ACT

Aktive koagülasyon zamanı (ACT)**,** tam kanda yatak başında ölçülen ve özellikle kardiyopulmoner bypass (KPB) sırasında yüksek doz intravenöz unfraksiyone heparinin etkisini izlemek için

kullanılan bir testtir. Hedef ACT değeri, kullanılan cihaz ve merkezin protokolüne göre belirlenir; heparin uygulaması sırasında düzenli aralıklarla izlenir (11). ACT dikkate alınmadan heparin dozu ya da protamin gereksinimine karar verilmemelidir.

ACT, hipotermi, hemodilüsyon ve trombosit sayısı gibi faktörlerden etkilenir. Bu nedenle KPB sonrasında normal ACT değeri rezidüel heparin etkisini kesin olarak dışlamaz. Gerektiğinde heparin konsantrasyonunu ölçen yöntemler veya heparinaz içeren viskoelastik testlerden yararlanılabilir (Bolliger et al., 2020).

Testlerin birlikte yorumlanması

Hemostaz testlerinin her biri sistemin farklı bir bileşeni hakkında bilgi sağlar ve tek başına hemostatik yeterliliği değerlendiremez. Bu nedenle özellikle aktif kanaması olan hastalarda PT/INR, aPTT, trombosit sayısı ve fibrinojen düzeyi birbirinin alternatifi olarak değil, klinik bulgular ve kanamanın özellikleriyle birlikte tamamlayıcı testler olarak değerlendirilmelidir. D-dimer ise düşük özgüllüğü nedeniyle bu değerlendirmede tek başına yönlendirici değildir.

Uygun hastalarda viskoelastik testlerin eklenmesi, pıhtı oluşumu, pıhtı gücü ve fibrinoliz hakkında hızlı bilgi sağlayarak hemostatik tedavinin hedefe yönelik planlanmasına yardımcı olabilir. Bu yaklaşımın klinik uygulamaları ve tedaviye yansımaları "Viskoelastik Testler" ve "Majör Kanama ve Hedefe Yönelik Hemostatik Tedavi" bölümlerinde ele alınacaktır.

Viskoelastik Testler

Standart koagülasyon testleri plazma örneklerinde çalışıldığından, pıhtı oluşumunda kanın hücresel bileşenlerinin katkısını ve pıhtının mekanik özelliklerini doğrudan

değerlendiremez. Viskoelastik testler (VET) ise tam kan kullanarak pıhtı oluşumu, pıhtı gücü ve fibrinolizi gerçek zamanlıya yakın olarak izler. Bu özellikleri sayesinde özellikle aktif kanaması olan hastalarda hemostatik bozukluğun bileşenlerini hızlı biçimde değerlendirmeye ve hedefe yönelik tedaviyi yönlendirmeye yardımcı olur (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Çalışma ilkesi ve ölçülen süreç

Tromboelastografi (TEG) ve rotasyonel tromboelastometri (ROTEM), tam kan örneğinde pıhtının viskoelastik özelliklerindeki değişiklikleri ölçen yöntemlerdir. Pıhtı oluşmaya başladıkça kanın mekanik direnci değişir ve bu değişim zaman içinde bir eğri olarak kaydedilir (Drotarova et al., 2023; Kietaibl et al., 2023). Yeni nesil cihazlarda ölçüm büyük ölçüde otomatikleştirilmiş olup yatak başında hızlı sonuç alınmasına olanak sağlar (Demailly et al., 2023).

Viskoelastik eğri, temel olarak pıhtı oluşumunun başlaması, pıhtının güçlenmesi ve fibrinoliz süreçlerini yansıtır. Bu süreçlere ait parametrelerin birlikte değerlendirilmesi, hemostatik bozukluğun hangi bileşenle ilişkili olabileceğinin belirlenmesine yardımcı olur (Drotarova et al., 2023; Kozek-Langenecker et al., 2013).

Temel parametreler

Viskoelastik testlerde ölçülen temel parametreler, pıhtı oluşumunun farklı aşamalarını değerlendirir:

- Pıhtılaşmanın başlaması: ROTEM'de CT, TEG'de R zamanı ile değerlendirilir. Uzaması, koagülasyon faktörü eksikliğini veya antikoagülan etkisini düşündürür (Drotarova et al., 2023; Kozek-Langenecker et al., 2013).

- Pıhtı oluşum kinetiği: ROTEM'de CFT ve α açısı, TEG'de K zamanı ve α açısı kullanılır. CFT ve K zamanının uzaması veya α açısının küçülmesi, özellikle fibrinojen yetersizliğiyle ilişkili olabilir (Drotarova et al., 2023).
- Pıhtı gücü: ROTEM'de *maximum clot firmness* (MCF), TEG'de *maximum amplitude* (MA) ile değerlendirilir. Trombositlerin ve fibrinojenin pıhtı gücüne ortak katkısını yansıtır. ROTEM'de *A5* ve *A10*, pıhtı gücünün erken değerlendirilmesini sağlayarak aktif kanamada tedavi kararını hızlandırabilir (Drotarova et al., 2023).
- Fibrinoliz: ROTEM'de *lysis index (LI30/LI60)* ve *maximum lysis (ML)*, TEG'de ise *LY30* gibi parametrelerle değerlendirilir. Pıhtının zaman içinde ne ölçüde parçalandığını göstererek klinik olarak anlamlı fibrinolizin saptanmasına katkı sağlar (Drotarova et al., 2023; Kozek-Langenecker et al., 2013).

Test panelleri ve klinik yorum

Farklı aktivatör ve inhibitörler içeren test panelleri, hemostatik bozukluğun nedenini ayırt etmeye yardımcı olur. ROTEM'de EXTEM ve INTEM, sırasıyla doku faktörü ve kontakt aktivasyon yoluyla pıhtı oluşumunu değerlendirir. FIBTEM, trombosit katkısını baskılayarak fibrin kaynaklı pıhtı gücünü gösterir. APTEM, EXTEM ile karşılaştırıldığında hiperfibrinolizin; HEPTEM ise INTEM ile karşılaştırıldığında heparin etkisinin ayırt edilmesine yardımcı olur. TEG'de de kaolin, doku faktörü ve fonksiyonel fibrinojen testleri benzer amaçlarla kullanılır (Demailly et al., 2023; Drotarova et al., 2023).

Aktif kanamada düşük FIBTEM değerleri, fibrinojen yetersizliğini düşündürerek replasman kararına yardımcı olabilir. Fibrin kaynaklı pıhtı gücü yeterli olmasına rağmen toplam pıhtı gücünün düşük olması ise trombosit katkısındaki azalmayı düşündürür. Bununla birlikte tedavi eşikleri, klinik duruma ve kullanılan cihazın özelliklerine göre belirlenmelidir (Drotarova et al., 2023; Rossaint et al., 2023).

Klinik kullanım alanları

Kardiyak cerrahide, özellikle kardiyopulmoner bypass sonrasında gelişen kanamada, fibrinojen ve trombosit yetersizliği, rezidüel heparin etkisi ve fibrinolizin değerlendirilmesine yardımcı olur. VET rehberliğindeki tedavi algoritmaları, kan ürünlerinin hedefe yönelik kullanımını sağlayarak transfüzyon gereksinimini azaltabilir (Casselman et al., 2025; Wikkelsø et al., 2016).

Travma ve majör kanamada, cerrahi kanama kontrolüyle birlikte hemostatik tedavinin yönlendirilmesinde kullanılır. Obstetrik hemoraji ve karaciğer transplantasyonunda ise özellikle fibrinojen yetersizliği ve hiperfibrinolizin erken değerlendirilmesine katkı sağlar (Drotarova et al., 2023; Rossaint et al., 2023).

Sınırlılıklar ve yorumlama ilkeleri

Viskoelastik testler, standart koagülasyon testlerinin yerini tamamen almaz. Trombosit fonksiyon bozukluklarını ve antikoagülan ilaçların etkisini her zaman güvenilir biçimde gösteremez. Normal VET sonucu, özellikle antitrombosit ilaçların veya doğrudan oral antikoagülanların etkisini dışlamaz (Drotarova et al., 2023; Kozek-Langenecker et al., 2013).

Sonuçlar klinik bulgularla birlikte yorumlanmalı; kanaması olmayan hastalarda yalnızca anormal VET değerlerine dayanılarak

hemostatik tedavi uygulanmamalıdır. Testlerin kullanılan cihaz, reaktif ve analiz yöntemine göre farklılık göstermesi nedeniyle tedavi kararlarında cihaza özgü, doğrulanmış algoritmalar esas alınmalıdır (Demailly et al., 2023).

Perioperatif Kanama Riskini Artıran Fizyolojik Faktörler

Perioperatif kanamanın şiddeti, cerrahi nedenlerin yanı sıra hastanın fizyolojik durumundan da etkilenir. Hipotermi, asidoz, hemodilüsyon, hipokalsemi ve anemi, hemostazı farklı mekanizmalarla bozarak kanamanın kontrolünü güçleştirebilir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Hipotermi

Vücut sıcaklığının 36 °C'nin altına düşmesi, trombosit fonksiyonlarını ve koagülasyon enzimlerinin aktivitesini bozarak kanamayı artırabilir. Anesteziye bağlı termoregülasyonun baskılanması, ısının periferik dokulara yeniden dağılımı ve cerrahi alandan ısı kaybı başlıca nedenlerdir. Bu nedenle perioperatif dönemde vücut sıcaklığı izlenmeli ve normotermi korunmalıdır (Rauch et al., 2021).

Asidoz

Metabolik asidoz, koagülasyon proteazlarının aktivitesini azaltarak pıhtı oluşumunu ve pıhtı gücünü olumsuz etkiler; bu etki özellikle pH 7,2'nin altında belirginleşir (Engström et al., 2006). Bu nedenle majör kanamada doku perfüzyonunun sağlanması ve asidozun altta yatan nedeninin düzeltilmesi, hemostatik tedavinin önemli bir parçasıdır (Engström et al., 2006; Rossaint et al., 2023).

Hemodilüsyon

Aşırı kristalloid ve kolloid kullanımı, koagülasyon faktörleri ile trombositleri dilüe ederek dilüsyonel koagülopatiye yol açabilir. Özellikle fibrinojen düzeyinin erken azalması, majör kanamada hemostazı olumsuz etkiler (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023). Dilüsyonel koagülopati, özellikle obstetrik hemoraji gibi hızlı hacim kaybı yaşanan tablolarda kanamanın devam etmesine katkıda bulunur (Kozek-Langenecker et al., 2013). Bu nedenle sıvı tedavisinin hedefi normovolemiyi sağlamak olmalı; "önce bol sıvı, sonra kan" yaklaşımı yerine, kanama kontrolü ve kan ürünü stratejisi baştan birlikte planlanmalıdır.

Hipokalsemi

İyonize kalsiyum, koagülasyonun birçok basamağında kofaktör olarak görev alırken miyokardın kasılma fonksiyonu için de gereklidir. Yoğun sitrat içeren kan ürünlerinin transfüzyonu, sitratın kalsiyumu bağlaması nedeniyle iyonize kalsiyum düzeyini düşürebilir (Giancarelli et al., 2016). Özellikle masif transfüzyonda gelişen hipokalsemi, koagülasyonu bozarak kanamayı artırabilir; hipotansiyon ve aritmilere yol açarak doku perfüzyonunu da olumsuz etkileyebilir (Engström et al., 2006; Rossaint et al., 2023). Bu nedenle masif transfüzyon sırasında iyonize kalsiyumun izlenmesi ve gerektiğinde replasmanı önemlidir (Giancarelli et al., 2016; Rossaint et al., 2023).

Anemi ve trombosit marjinalizasyonu

Eritrositler, trombositlerin damar duvarına yönelmesini sağlayarak primer hemostaza katkıda bulunur. Anemide bu marjinalizasyonun azalması, trombositlerin hasarlı endotelle temasını güçleştirebilir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et

al., 2023). Bu nedenle aneminin hemostaz üzerindeki etkisi, oksijen taşıma kapasitesiyle birlikte değerlendirilmelidir.

Fizyolojik bozuklukların eş zamanlı yönetimi

Majör kanamada bu fizyolojik bozukluklar birbirini ağırlaştırabilir. Özellikle hipotermi, asidoz ve koagülopatiden oluşan "öldürücü üçlü", kanamanın kontrolünü güçleştiren önemli bir döngüdür (Kozek-Langenecker et al., 2013; Moore et al., 2021).

Kanama kontrolüyle eş zamanlı olarak sıcaklık, doku perfüzyonu, iyonize kalsiyum ve hemostatik bileşenlerin yönetilmesi gerekir. Tedavi yaklaşımları "Cerrahi Sırasında Hemostaz Yönetimi" ve "Majör Kanama ve Hedefe Yönelik Hemostatik Tedavi" bölümlerinde ele alınacaktır.

Kalıtsal Koagülasyon Bozuklukları

Kalıtsal kanama bozukluklarında perioperatif yönetim; cerrahinin kanama riski, eksik faktörün düzeyi, inhibitör varlığı ve önceki tedavi yanıtı dikkate alınarak planlanmalıdır. Özellikle majör cerrahi ve nöroaksiyel girişimlerde hematoloji ve gerektiğinde hemofili merkezi ile birlikte hareket edilmesi gerekir (Rossaint et al., 2023; Srivastava et al., 2020).

Hemofili A ve B

Hemofili A, faktör VIII; hemofili B ise faktör IX eksikliğine bağlı, X'e bağlı kalıtılan kanama bozukluklarıdır. Kanama riski faktör düzeyiyle ilişkilidir; ağır olgularda spontan eklem ve kas içi kanamalar görülebilir (Rossaint et al., 2023).

Perioperatif tedavinin temelini eksik faktörün replasmanı oluşturur. Majör cerrahide faktör düzeyleri cerrahi öncesinde ve postoperatif dönemde belirlenen hedeflerde tutulmalıdır; hedefler

hemofili tipine, cerrahinin büyüklüğüne ve iyileşme sürecine göre değişir (Srivastava et al., 2020). Uzun etkili faktör konsantreleri ve emicizumab gibi tedaviler kullanılsa da cerrahi dönemde hemostatik yanıtın yakın izlenmesi gerekir (Lowell et al., 2024).

İnhibitör varlığı, faktör replasmanının etkinliğini değiştirebilir ve bypass edici ajanların kullanımını gerektirebilir. Nöroaksiyel anestezi ise yeterli hemostatik düzey sağlanmadan uygulanmamalı ve işlem sonrasında da uygun faktör düzeyi korunmalıdır (Lowell et al., 2024).

Von Willebrand hastalığı

Von Willebrand hastalığı (vWD), en sık görülen kalıtsal kanama bozukluğudur. Von Willebrand faktörü (vWF), trombosit adezyonunda görev alır ve faktör VIII'i stabilize eder; bu nedenle hastalıkta primer ve sekonder hemostaz birlikte etkilenebilir (Connell et al., 2021).

Perioperatif yaklaşımda hastalığın tipi, kanama öyküsü, vWF ve FVIII düzeyleri ile desmopressin yanıtı bilinmelidir. Desmopressin özellikle tip 1 ve bazı tip 2 hastalarında kullanılabilir; mümkünse tedavi öncesinde yanıt değerlendirilmelidir. Tip 2B ve tip 3 hastalarda desmopressin kullanılmamalı, uygun hastalarda vWF içeren konsantreler tercih edilmelidir. Traneksamik asit, özellikle mukozal ve küçük girişimlerde yardımcı tedavi olarak kullanılabilir (Connell et al., 2021).

Majör cerrahide yeterli vWF ve FVIII düzeylerinin sağlanması ve postoperatif dönemde sürdürülmesi gerekir. Ayrıca vWF bir akut faz reaktanı olduğundan stres, enfeksiyon, gebelik ve cerrahi gibi durumlarda düzeyleri geçici olarak yükselebilir; bu

nedenle tanısal ve perioperatif değerlendirmede hastanın bazal durumu dikkate alınmalıdır (Connell et al., 2021).

Faktör XIII ve diğer nadir faktör eksiklikleri

Nadir faktör eksiklikleri tek tek ender görülür ve perioperatif yönetimleri hematoloji ile birlikte planlanmalıdır. Bunlar arasında faktör XIII eksikliği özel önem taşır. Faktör XIII, fibrin ağını çapraz bağlayarak pıhtıyı stabilize eder; eksikliğinde pıhtı oluşmasına rağmen mekanik olarak dayanıksız kalır. PT ve aPTT genellikle normaldir ancak tipik olarak gecikmiş kanama, yara iyileşmesinde bozulma ve ağır olgularda göbek kordonunun geç ayrılması veya intrakraniyal kanama görülebilir (Kleber et al., 2022).

Perioperatif tedavinin temelini eksik faktörün replasmanı oluşturur. Nadir faktör eksikliklerinde tedavi, faktörün özellikleri, hastanın kanama öyküsü ve cerrahinin riskine göre hematoloji ile birlikte planlanmalıdır (Kleber et al., 2022; Srivastava et al., 2020).

Edinilmiş Koagülasyon Bozuklukları

Edinilmiş koagülopatilerde perioperatif değerlendirme, laboratuvar sonuçları ile klinik kanama bulgularının birlikte yorumlanmasına dayanır. Anestezi yönetiminde altta yatan neden, hastanın kanama öyküsü ve cerrahinin kanama riski dikkate alınmalıdır.

Vitamin K eksikliği

Vitamin K eksikliği, faktör II, VII, IX ve X'un sentezini etkiler; kısa yarı ömürlü faktör VII nedeniyle genellikle ilk olarak PT/INR uzar. Uzun süreli geniş spektrumlu antibiyotik kullanımı, malabsorpsiyon, kolestaz ve yetersiz beslenme başlıca risk faktörleridir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

İzole INR yüksekliğinde; elektif cerrahide eksikliğin nedeni araştırılarak vitamin K replasmanı planlanmalıdır. Acil girişimlerde, ciddi koagülopatinin hızla düzeltilmesi gerektiğinde vitamin K ile birlikte protrombin kompleks konsantresi (PCC) kullanılabilir (Ellsworth et al., 2025; Rossaint et al., 2023).

Karaciğer hastalığı

Karaciğer hastalığında prokoagülan ve antikoagülan faktörlerin birlikte azalması, yeniden dengelenmiş ancak kırılgan bir hemostatik durum oluşturur. Bu nedenle sirotik hastalarda INR yüksekliği tek başına kanama riskini göstermez; hastalar tromboza da yatkın olabilir (Gilbert-Kawai et al., 2022; Lisman & Porte, 2010).

Perioperatif değerlendirmede klinik kanama bulguları, trombosit sayısı ve fibrinojen düzeyi birlikte ele alınmalı; gerektiğinde viskoelastik testlerden yararlanılmalıdır. Yalnızca INR yüksekliğini düzeltmek amacıyla rutin plazma transfüzyonundan kaçınılmalı, tromboprofilaksi kararı ise bireysel kanama ve tromboz riskine göre verilmelidir (Gilbert-Kawai et al., 2022; Kozek-Langenecker et al., 2013).

Edinilmiş faktör inhibitörleri

Edinilmiş hemofili A, faktör VIII'e karşı gelişen otoantikorların neden olduğu, ciddi kanamayla seyredebildiği halde nadir görülen bir bozukluktur. Önceden kanama öyküsü olmayan hastalarda spontan cilt, kas veya yumuşak doku kanaması ve izole aPTT uzaması tanı açısından uyarıcıdır. Tanı, faktör VIII aktivitesi ve inhibitör testleriyle doğrulanır (Aiza-Haddad et al., 2024; Ellsworth et al., 2025).

Perioperatif tedavi, hematoloji ile birlikte planlanmalı; kanama kontrolünde bypass edici ajanlar veya uygun hastalarda rekombinant porcine faktör VIII kullanılmalıdır. Elektif cerrahi, yeterli hemostatik kontrol sağlanana kadar ertelenmeli; aktif veya kontrol altına alınmamış inhibitör varlığında nöroaksiyel ve derin periferik bloklardan kaçınılmalıdır (Aiza-Haddad et al., 2024; Ellsworth et al., 2025).

Trombositopeni ve Trombosit Fonksiyon Bozuklukları

Trombosit sayısı ve fonksiyonu, perioperatif kanama riskinin doğrudan belirleyicilerindendir. Ancak anestezi pratiğinde önemli olan yalnızca sayı değil bu sayının ne anlama geldiğidir. Aynı trombosit düzeyi, farklı hastalarda farklı kanama riskleri ve farklı tedavi gereksinimleriyle ilişkili olabilir. Bu nedenle perioperatif değerlendirmede trombosit sayısı; aktif kanama, planlanan girişimin kanama riski ve trombosit fonksiyonu ile birlikte ele alınmalıdır (Kozek-Langenecker et al., 2013).

Trombositopeninin nedenleri

Trombositopeni; üretim azalması, periferik yıkım, tüketim veya sekestrasyon olmak üzere dört temel mekanizma ile gelişir. Kemik iliği baskılanması üretim azalmasına; ITP, ilaçlar ve HIT periferik yıkıma; DIC ve sepsis tüketime; hipersplenizm ise sekestrasyona örnektir. Sirozda ise trombositopeni çoğunlukla multifaktöriyeldir; azalmış trombopoietin üretimi, hipersplenizme bağlı sekestrasyon ve diğer mekanizmalar birlikte rol oynayabilir. Bu ayrım perioperatif yönetim açısından önemlidir; çünkü özellikle yıkım ve tüketimin sürdüğü durumlarda trombosit transfüzyonunun etkisi sınırlıdır. Bu nedenle tedavi, mümkün olduğunca altta yatan

mekanizmanın düzeltilmesine yöneltilmelidir (Neunert et al., 2019; Rossaint et al., 2023).

Trombosit fonksiyon bozuklukları

Normal trombosit sayısı, normal hemostaz anlamına gelmez. Trombosit fonksiyonundaki bozukluk, sayı normal olsa dahi perioperatif kanama riskini artırabilir (Kozek-Langenecker et al., 2013). Trombosit fonksiyon bozukluklarının başlıca nedenleri antitrombosit ilaçlar ve üremidir. Antitrombosit tedavinin perioperatif yönetiminde kanama ve tromboz riskleri birlikte değerlendirilmelidir (Bölüm "Antitrombosit İlaçlar"). Üremik hastalarda ise uygun diyaliz ve gerektiğinde desmopressin hemostazı destekleyebilir (Cuker et al., 2018; Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Karaciğer hastalığı ve yaygın damar içi pıhtılaşmada (DIC) trombosit bozuklukları, diğer hemostatik değişikliklerle birlikte değerlendirilmelidir (Bölüm "Edinilmiş Koagülasyon Bozuklukları (Karaciğer hastalığı)" ve "Dissemine İntravasküler Koagülasyon (DIC)").

Özel klinik tablolar: ITP, HIT ve TTP

ITP, HIT ve TTP'nin ayırt edilmesi perioperatif yönetim açısından kritik öneme sahiptir. Çünkü trombositopeni ortak bulgu olsa da altta yatan mekanizma ve trombosit transfüzyonunun yeri her üç tabloda farklıdır (Cuker et al., 2018; Kaufman et al., 2015; Rossaint et al., 2023).

İmmün trombositopeni (ITP), trombositlerin immün yıkımına bağlı gelişen izole trombositopenidir. Tedavinin temelini kortikosteroidler ve gerektiğinde IVIG oluşturur. Perioperatif dönemde trombosit transfüzyonu rutin olarak yapılmamalı; aktif

kanama veya acil girişim gereksinimi gibi durumlarda, hematoloji ile birlikte değerlendirilmelidir (Cuker et al., 2018; Kaufman et al., 2015).

Heparin kaynaklı trombositopeni (HIT), trombosit sayısındaki azalmaya rağmen esas olarak tromboz riskiyle ilişkilidir. Klinik şüphede 4T skoru ve uygun laboratuvar testlerinden yararlanılır; orta veya yüksek olasılıkta heparin kesilerek heparin dışı antikoagülan tedaviye geçilir. Rutin trombosit transfüzyonu önerilmez (Rossaint et al., 2023).

Trombotik trombositopenik purpura (TTP), trombositopeni ve mikroanjiyopatik hemolitik anemi ile seyreden acil bir trombotik tablodur. Şüphe halinde plazma değişimi geciktirilmemeli; yaşamı tehdit eden kanama dışında trombosit transfüzyonundan ve aktif hastalıkta nöroaksiyel girişimlerden kaçınılmalıdır (Kaufman et al., 2015).

Perioperatif yönetim ilkeleri

Trombosit transfüzyonu kararı; trombosit sayısı, aktif kanama, altta yatan neden ve girişimin kanama riski dikkate alınarak verilmelidir. Nöroaksiyel olmayan majör cerrahilerde 50 x 10^9/L sık kullanılan bir eşiktir. Nöroaksiyel girişimlerde ise tek bir güvenli eşik bulunmadığından trombositopeninin nedeni, seyri ve eşlik eden hemostatik bozukluklar değerlendirilmelidir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Neunert et al., 2019; Rossaint et al., 2023).

Profilaktik transfüzyon gereksinimi hastaya ve girişime göre belirlenmeli; özellikle ITP, HIT ve TTP'de hastalığa özgü yaklaşım esas alınmalıdır. Nöroaksiyel girişim kararı, yalnızca trombosit sayısına dayandırılmamalıdır.

Tromboza Eğilim Yaratan Durumlar

Hemostaz yalnızca kanamayı durdurmakla sınırlı değildir; aynı sistem aşırı aktive olduğunda tromboza da yol açabilir. Cerrahi dönemde damar duvarı hasarı, immobilizasyona bağlı venöz staz ve inflamasyonla artan koagülabilite bir araya gelerek Virchow üçlüsünü oluşturur ve perioperatif venöz tromboembolizm (VTE) riskini artırır (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Perioperatif VTE çoğu zaman sessiz seyredebildiğinden, klinik bulgular ortaya çıkmadan önce riskin belirlenmesi önemlidir. Bu nedenle tromboemboli profilaksisi, cerrahi ve anestezi planının ayrılmaz bir parçası olarak girişim öncesinde risk değerlendirmesiyle başlatılmalıdır (Douketis et al., 2022; Kozek-Langenecker et al., 2013).

Kalıtsal trombofililer

Kalıtsal trombofililer, doğuştan gelen ve tromboz eğilimini artıran bozukluklardır. Genellikle genç yaşta ortaya çıkar veya tekrarlayan trombozlarla kendini gösterir (Rossaint et al., 2023).

Başlıca kalıtsal trombofililer Faktör V Leiden, protrombin G20210A mutasyonu ile antitrombin, protein C ve protein S eksiklikleridir. Bunlar sırasıyla aktive protein C direnci, artmış protrombin düzeyi veya doğal antikoagülan sistemlerin yetersizliği yoluyla tromboz eğilimini artırır. Tromboz riskinin düzeyi trombofili türüne göre değişir ve cerrahi, immobilizasyon, gebelik veya östrojen kullanımı gibi edinilmiş risk faktörlerinin eşlik etmesiyle artabilir. Bu nedenle anestezi pratiğinde yalnızca trombofili varlığı değil, eşlik eden tromboz riskleri ve hastanın önceki tromboz öyküsü birlikte değerlendirilmelidir (Douketis et al., 2022; Rossaint et al., 2023).

Antifosfolipid sendromu

Antifosfolipid sendromu (APS), venöz veya arteriyel trombozlarla seyreden edinilmiş bir trombofilidir. Tekrarlayan gebelik kayıpları, trombositopeni ve bazı organ tutulumları eşlik edebilir. Perioperatif yönetimde antikoagülasyonun kesilmesine bağlı tromboz riski ile cerrahi ve rejyonal anesteziye bağlı kanama riski birlikte değerlendirilmelidir (Cuker et al., 2018).

Lupus antikoagülanına bağlı aPTT uzaması, kanama eğiliminden çok tromboz riskini yansıtabilir. Antikoagülasyonun kesilmesi veya köprüleme gereksinimi, hastanın önceki tromboz öyküsü ve cerrahinin kanama riski dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Anderson et al., 2019; Kozek-Langenecker et al., 2013).

Edinilmiş risk faktörleri

Önceden geçirilmiş VTE, aktif malignite, immobilizasyon, gebelik ve postpartum dönem, majör cerrahi ve travma başlıca edinilmiş tromboz riskleridir (Douketis et al., 2022; Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Risk değerlendirmesinde tek bir faktör yerine hastaya ve cerrahiye ait risklerin birlikte ele alınması gerekir (Douketis et al., 2022; Kozek-Langenecker et al., 2013).

Tarama ve perioperatif yaklaşım

Kalıtsal trombofililer için rutin perioperatif tarama önerilmez; testler yalnızca sonucunun klinik yönetimi değiştireceği seçilmiş hastalarda düşünülmelidir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Perioperatif tromboprofilaksi kararı; VTE riski, kanama riski ve planlanan girişimin özellikleri birlikte değerlendirilerek verilmelidir. Uygun hastalarda mekanik ve farmakolojik profilaksi kullanılabilir; kanama riski yüksek olduğunda farmakolojik profilaksinin zamanlaması cerrahi hemostaza göre belirlenmelidir (Douketis et al., 2022).

Dissemine İntravasküler Koagülasyon (DIC)

Yaygın damar içi pıhtılaşma (DIC), altta yatan ciddi bir hastalığa bağlı gelişen, sistemik koagülasyon aktivasyonu ve tüketim koagülopatisi ile karakterize dinamik bir tablodur. Mikrovasküler tromboz ve organ disfonksiyonunun yanı sıra trombosit ve koagülasyon faktörlerinin tüketimine bağlı kanama görülebilir (Iba et al., 2025; Wada et al., 2013). Sepsis, travma, obstetrik komplikasyonlar ve maligniteler başlıca tetikleyiciler arasındadır (Iba et al., 2025; Rossaint et al., 2023).

DIC'in tanısı

DIC tanısı klinik bulgular ve seri laboratuvar değerlendirmesinin birlikte yorumlanmasına dayanır. Trombosit sayısı, PT, fibrinojen ve fibrin yıkım ürünleri temel değerlendirme parametreleridir; gerektiğinde aPTT ve viskoelastik testlerden yararlanılabilir. Uluslararası Tromboz ve Hemostaz Derneği (IHST) ölçütleri tanıyı desteklemek için kullanılabilir (Wada et al., 2013). Anestezi pratiğinde özellikle seri ölçümler önemlidir; çünkü DIC dinamik bir süreçtir ve tek bir normal veya anormal sonuç hastalığın evresini tek başına göstermez (Rossaint et al., 2023; Wada et al., 2013).

DIC'in klinik görünümleri: kanama ve tromboz

DIC tek tip bir klinik tablo değildir; kanama veya tromboz bulguları baskın olabilir (Anderson et al., 2019; Iba et al., 2025). Fibrinojen tüketimi ve artmış fibrinolizin ön planda olduğu olgularda kanama; mikrovasküler trombozun belirgin olduğu olgularda ise organ disfonksiyonu ön plana çıkabilir. Bu nedenle tedavi, hastanın klinik fenotipi ve altta yatan nedene göre belirlenmelidir (Iba et al., 2025; Wada et al., 2013).

DIC'in tedavisi

DIC tedavisinin temelini altta yatan nedenin hızla kontrol altına alınması oluşturur. Sepsiste enfeksiyonun tedavisi, travmada kanama kontrolü ve obstetrik nedenlerde kaynağın ortadan kaldırılması önceliklidir (Iba et al., 2025; Rossaint et al., 2023). Kanama varsa trombosit, fibrinojen ve plazma desteği klinik durum ve laboratuvar bulgularına göre hedefe yönelik uygulanır. Kanama yoksa, yalnızca laboratuvar anormalliklerini düzeltmek amacıyla rutin transfüzyondan kaçınılmalıdır. Trombozun baskın olduğu seçilmiş olgularda antikoagülasyon, kanama riski göz önünde bulundurularak değerlendirilir (Wada et al., 2013).

Anestezi pratiği açısından kritik noktalar

Aktif DIC varlığında elektif cerrahi mümkünse ertelenmeli; nöroaksiyel ve yüksek kanama riski taşıyan derin rejyonal girişimlerden kaçınılmalıdır. Perioperatif dönemde trombosit, fibrinojen ve diğer hemostatik parametreler seri olarak izlenmeli; hipotermi, asidoz ve hipokalsemi düzeltilmelidir. Hemostatik tedavi klinik kanama ve laboratuvar bulgularına göre yönlendirilmelidir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Wada et al., 2013).

Antitrombosit İlaçlar

Antitrombosit tedavinin perioperatif yönetiminde, ilacın kesilmesine bağlı tromboz riski ile sürdürülmesine bağlı kanama riski birlikte değerlendirilmelidir. Karar; tedavinin endikasyonu, planlanan girişim ve cerrahinin aciliyetine göre verilmelidir (Halvorsen et al., 2022; Valgimigli et al., 2018).

Aspirin

Aspirin, trombosit COX-1 enzimini geri dönüşümsüz inhibe ederek tromboksan A_2 sentezini engeller ve agregasyonu önler. Trombositler yeni enzim sentezleyemediğinden bu etki, trombositin yaşam süresi boyunca devam eder (Valgimigli et al., 2018).

Sekonder kardiyovasküler korunma amacıyla kullanılan düşük doz aspirin, çoğu cerrahi girişimde sürdürülebilir. Ancak kanamanın ciddi sonuçlar doğurabileceği girişimlerde kesilme kararı bireyselleştirilmelidir (Halvorsen et al., 2022).

Tek başına aspirin kullanımı, nöroaksiyel anestezi için kontrendikasyon değildir (Kietaibl et al., 2022).

Aspirin trombosit sayısını değil, trombosit fonksiyonunu etkiler. Yeni trombositlerin dolaşıma katılmasıyla fonksiyon genellikle 5–7 gün içinde kademeli olarak düzelir. Acil ve ciddi kanamada trombosit transfüzyonu değerlendirilebilir; ancak rutin olarak veya yalnızca aspirin etkisini ortadan kaldırmak amacıyla uygulanmamalıdır (Valgimigli et al., 2018).

P2Y12 inhibitörleri

Klopidogrel, prasugrel ve tikagrelor, trombosit ADP–P2Y12 reseptörünü inhibe ederek agregasyonu azaltır. Klopidogrel ve prasugrel geri dönüşümsüz, tikagrelor ise geri dönüşümlü etki

gösterir; bu nedenle tikagrelorun etkisi daha hızlı azalır (Halvorsen et al., 2022; Valgimigli et al., 2018).

P2Y12 inhibitörlerinin perioperatif yönetiminde temel belirleyici, ilacın kullanım nedenidir. Özellikle koroner stent sonrası ilacın erken kesilmesi stent trombozu ve miyokard infarktüsü riskini artırabileceğinden elektif cerrahinin zamanlaması kardiyoloji ile birlikte kararlaştırılmalıdır (Halvorsen et al., 2022; Valgimigli et al., 2018).

Girişim ertelenemiyorsa ilaca özgü kesilme süresi dikkate alınmalıdır (Halvorsen et al., 2022; Kietaibl et al., 2022):

İlaç	**Girişimden Önce Kesilmesi Önerilen Süre**
Klopidogrel	5 gün (nöroaksiyel girişim planlanıyorsa 7 gün)
Prasugrel	7 gün
Tikagrelor	3–5 gün

GP IIb/IIIa inhibitörleri

Abciximab, eptifibatid ve tirofiban, trombosit agregasyonunu güçlü biçimde baskılayan ajanlardır. Çoğunlukla perkütan koroner girişimlerde kısa süreli intravenöz kullanılır (Halvorsen et al., 2022).

Eptifibatid ve tirofibanın etkisi birkaç saat içinde azalırken, abciximabın etkisi daha uzun sürer (Halvorsen et al., 2022). Bu nedenle acil cerrahide ilacın türü ve son doz zamanı mutlaka dikkate alınmalı; nöroaksiyel girişimlerden kaçınılmalıdır (Halvorsen et al., 2022; Kietaibl et al., 2022).

Antikoagülan İlaçlar

Antikoagülanların perioperatif yönetimi, kanama ve tromboz riskinin dengelenmesine dayanır. İlacın etki mekanizması, yarı ömrü

ve özellikle renal klirensi dikkate alınmalı; kesilme süresi kullanılan antikoagülana ve hastanın özelliklerine göre belirlenmelidir.

Fraksiyone olmayan heparin

Unfraksiyone heparin (UFH), antitrombin aracılığıyla başta trombin ve faktör Xa olmak üzere koagülasyon faktörlerini inhibe eder. Etkisi genellikle aPTT ile izlenir; gerektiğinde anti-Xa düzeyi kullanılabilir. Majör kanamada protamin sülfat heparin etkisini büyük ölçüde geri çevirir ve hipotansiyon ile anafilaktoid reaksiyon riski nedeniyle yavaş uygulanmalıdır (Garcia et al., 2012).

Düşük molekül ağırlıklı heparin

Düşük molekül ağırlıklı heparin (LMWH), faktör Xa inhibisyonu yoluyla etki gösterir ve çoğu hastada rutin laboratuvar izlemi gerektirmez. Böbreklerden atıldığı için renal yetmezlik, ileri yaş ve yüksek doz kullanımında birikme ve kanama riski artar. Nöroaksiyel girişim planlanıyorsa renal fonksiyon ve doz dikkate alınarak uygun süre beklenmelidir (Kopp et al., 2025).

Vitamin K antagonistleri

Varfarin, vitamin K bağımlı faktörlerin sentezini azaltır ve etkisi INR ile izlenir (Douketis et al., 2022).

Etkisinin geç geri dönmesi nedeniyle elektif cerrahi önceden planlanmalıdır. Acil reversiyonda uygun hastalarda intravenöz vitamin K ve 4 faktörlü PCC birlikte kullanılır. TDP'ye göre daha hızlı ve hedefe yöneliktir; aynı zamanda daha az hacim yüküyle INR düşüşü sağlar (Douketis et al., 2022).

Doğrudan oral antikoagülanlar

Apiksaban, rivaroksaban ve edoksaban faktör Xa'yı, dabigatran ise doğrudan trombini inhibe eder. Öngörülebilir farmakokinetik özellikleri sayesinde sabit dozlarda kullanılabilir ve çoğu hastada rutin laboratuvar izlemi gerektirmezler. Bununla birlikte perioperatif dönemde antikoagülan etkinin değerlendirilmesi gerektiğinde, PT ve aPTT gibi rutin koagülasyon testleri DOAK etkisini güvenilir biçimde nicelendirmez (Douketis et al., 2022).

Perioperatif yaklaşımda ilacın türü, son doz zamanı, böbrek fonksiyonu ve girişimin kanama riski birlikte değerlendirilmelidir. Özellikle dabigatranda renal fonksiyon, kesilme süresini belirleyen temel unsurlardandır (Kopp et al., 2025).

Reversiyon ajanları

Antikoagülan	**Reversiyon**
Varfarin	IV vitamin K + PCC
Dabigatran	İdarucizumab
Faktör Xa inhibitörleri	Andeksanet alfa; yoksa PCC
UFH / LMWH	Protamin *(LMWH'de kısmi etki)*

Reversiyon ajanları klinik gereklilik ve kanamanın şiddetine göre, uygun hastalarda kullanılmalıdır. Kanaması olmayan hastada yalnızca anormal laboratuvar sonucu nedeniyle reversiyon önerilmez (Kopp et al., 2025).

Perioperatif Antikoagülan Yönetiminin Temel İlkeleri

Antikoagülan tedavinin perioperatif yönetiminde temel amaç, kanama ile tromboemboli riskini dengelemektir. Tedavinin kesilmesi tromboemboli, sürdürülmesi ise kanama riskini artırabilir. Bu nedenle karar; hastanın tromboemboli riski, kullanılan ilacın

özellikleri ve planlanan girişimin kanama riski birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Douketis et al., 2022).

Doğru değerlendirmenin altı adımı

Perioperatif antikoagülan yönetimi altı temel soruya dayanır:

1. İlaç hangi endikasyonla kullanılıyor? Mekanik kapak, atriyal fibrilasyon ve venöz tromboemboli öyküsü farklı tromboemboli riskleri taşır; karar ilacın adından çok endikasyona göre verilir.
2. Son doz ne zaman alındı? Antikoagülan etkinin devamını değerlendirmek için temel bilgidir.
3. Böbrek ve karaciğer fonksiyonu nasıl? Özellikle renal yetmezlikte ilaç birikimi ve kanama riski artabilir; bu durum dabigatran için özellikle önemlidir (Douketis et al., 2022).
4. Girişimin kanama riski nedir? Antikoagülanın kesilme ve yeniden başlanma zamanı, girişimin kanama riskiyle birlikte değerlendirilir.
5. Nöroaksiyel veya derin rejyonal girişim planlanıyor mu? Bu durumda güncel ASRA veya ESAIC/ESRA önerileri doğrultusunda ilaca özgü bekleme süreleri uygulanmalıdır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).
6. Antikoagülasyon ne zaman yeniden başlanmalı? Tedavi, cerrahi hemostaz güvenilir hale geldikten sonra yeniden başlanmalıdır.

Köprüleme: seçilmiş hastalarda yaklaşım

Köprüleme, varfarinin kesildiği dönemde antikoagülasyonun UFH veya LMWH ile geçici olarak sürdürülmesidir. Güncel yaklaşımda köprüleme rutin olarak uygulanmaz; düşük ve orta tromboemboli riskinde kanama riskini artırabildiğinden, yalnızca çok yüksek tromboemboli riski taşıyan seçilmiş hastalarda düşünülmelidir (Douketis et al., 2022).

DOAC kullanan hastalarda da rutin köprüleme önerilmez. DOAC'ların hızlı başlangıç ve sonlanma özellikleri nedeniyle, uygun süreyle kesilmesi ve hemostaz sağlandıktan sonra yeniden başlanması genellikle yeterlidir. PAUSE çalışması, standartlaştırılmış perioperatif DOAC kesme yaklaşımının düşük majör kanama ve tromboemboli oranlarıyla uygulanabildiğini göstermiştir (Douketis et al., 2022). CHEST de DOAC kesintisinde rutin heparin köprülemesini önermemektedir.

Anestezi pratiği açısından özet

- Antikoagülan yönetimi, kullanım endikasyonu ve tromboemboli riski bilinmeden planlanmamalıdır.
- Antikoagülasyon, cerrahi hemostaz güvenilir hale geldikten sonra yeniden başlanmalıdır.
- Köprüleme rutin bir uygulama değildir; seçilmiş hastalarda değerlendirilmesi gereken stratejidir (Douketis et al., 2022).

Özetle, perioperatif antikoagülan yönetiminde doğru karar; ilacı otomatik olarak kesmekten değil, hastanın tromboemboli riski ile girişimin kanama riskini birlikte değerlendirmekten geçer.

Rejyonal ve Nöroaksiyel Anestezide Antitrombotik Tedavi

Antitrombotik tedavi alan hastalarda rejyonal anestezi planlanırken temel endişe, nadir görülmesine karşın ciddi nörolojik hasara yol açabilen kanama komplikasyonlarıdır. Özellikle nöroaksiyel ve derin periferik bloklarda güvenli uygulama, hastanın kanama riski ve kullanılan antitrombotik ilaca özgü bekleme sürelerinin birlikte değerlendirilmesini gerektirir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Rejyonal anestezide kanama riski

Spinal hematom, nöroaksiyel bloğun nadir ancak ciddi komplikasyonlarından biridir (Cook et al., 2009). İnsidansı düşük olsa da geliştiğinde hızlı nörolojik hasara yol açabileceğinden antitrombotik yönetim kılavuzlara uygun şekilde sürdürülmelidir (Amoroso et al., 2026).

Kanama riski yalnızca kullanılan antitrombotik ilaca bağlı değildir; ileri yaş, spinal patoloji, travmatik girişim, trombositopeni de riski artırabilir (Kopp et al., 2025). Bu nedenle değerlendirmede hem hastanın kanama riski hem de uygulanacak bloğun anatomik özellikleri birlikte ele alınmalıdır. Yüzeyel ve komprese edilebilir bloklar ile derin veya nöroaksiyel girişimler aynı şekilde değerlendirilmemelidir (Kietaibl et al., 2022).

Antitrombotik tedavi ve güncel kılavuz önerileri

American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine (ASRA) tarafından 2025 yılında yayımlanan, antitrombotik veya trombolitik tedavi alan hastalarda rejyonal anesteziye ilişkin kanıta dayalı kılavuzun beşinci baskısında, özellikle düşük ve yüksek doz ayrımı ile ilaca özgü laboratuvar testlerinin kullanımına yönelik öneriler güncellenmiştir. Bununla birlikte, ciddi kanama

komplikasyonlarını önlemeyi amaçlayan güvenlik odaklı temel yaklaşım korunmuştur (Kopp et al., 2025).

European Society of Anaesthesiology and Intensive Care (ESAIC) ile European Society of Regional Anaesthesia (ESRA) tarafından 2022 yılında yayımlanan, antitrombotik ilaç kullanan hastalarda rejyonal anesteziye ilişkin ortak kılavuzda; ilacın türü ve dozu ile renal fonksiyonun birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (Kietaibl et al., 2022). ASRA kılavuzuyla genel yaklaşım benzer olmakla birlikte, bazı ilaçlar için önerilen bekleme süreleri farklılık gösterebildiğinden kurumların esas aldıkları kılavuz ve protokolleri açıkça belirlemeleri önemlidir.

Antitrombotik ilaçlara göre yönetim

Nöroaksiyel girişim öncesinde antitrombotik tedavinin kesilme süresi, kullanılan ilaca ve dozuna göre belirlenmelidir. ASRA'nın 2025 önerilerine göre seçilmiş bazı antitrombotik ilaçlar için önerilen başlıca bekleme süreleri Tablo 1'de özetlenmiştir (Kopp et al., 2025).

Renal fonksiyon bozukluğunda bekleme süreleri uzayabilir. Özellikle dabigatran kullanan ve CrCl değeri 30 mL/dk'nın altında olan hastalarda, uygun ilaç düzeyi gösterilmedikçe nöroaksiyel girişim önerilmez. Fondaparinuks için de renal fonksiyon ve yaşa özgü ek kısıtlamalar bulunmaktadır (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).

Tablo 1 Seçilmiş antitrombotik ilaçların nöroaksiyel girişim öncesi önerilen bekleme süreleri

İlaç / Doz	**Son Doz ile Girişim Arasındaki Süre**
Aspirin, tek başına kullanılan NSAİİ	İlaç kesilmesi gerekmez
Klopidogrel	5–7 gün
Prasugrel	7–10 gün
Tikagrelor	5 gün
UFH, intravenöz	4–6 saat; koagülasyon durumu normal olmalı
UFH, subkutan düşük doz	4–6 saat
UFH, subkutan yüksek doz	Doza göre en az 12–24 saat; koagülasyon durumu normal olmalı
LMWH, düşük doz	En az 12 saat
LMWH, yüksek doz	En az 24 saat
Fondaparinuks, düşük doz	Normal renal fonksiyonda yaşa göre 36–42 saat
Varfarin	Genellikle 5 gün önce kesilir; girişim öncesinde INR normal aralığa dönmüş olmalı

Anestezi pratiği açısından kritik noktalar

Nöroaksiyel anestezide güvenli yaklaşım, ilacı yalnızca kesmekten değil; doğru ilacı, doğru dozu, doğru zamanı bilmektir.

- "Her antikoagülan beş gün kesilir" yaklaşımı terk edilmelidir. Kesilme süresi ilaca, doza ve renal fonksiyona göre belirlenir (Kietaibl et al., 2022; Kopp et al., 2025).
- İlaç öyküsü eksiksiz alınmalıdır. Kullanılan molekül, doz ve son uygulama zamanı doğrulanmalıdır.
- Bekleme süresi bireyselleştirilmelidir. Renal fonksiyon, özellikle ileri yaşta, ilaç birikimi ve kesilme süresinin belirlenmesinde kritik bir değişkendir.

- Epidural kateterin çekilmesi de kanama riski taşıyan bir işlemdir. Kateterin çıkarılması ile sonraki antitrombotik doz arasındaki süre kılavuza uygun planlanmalıdır (Kopp et al., 2025).
- Nörolojik izlem işlemin tamamlanmasıyla bitmez. Beklenenden uzun süren motor blok veya yeni nörolojik bulgular spinal hematom açısından acil değerlendirilmelidir (Amoroso et al., 2026).

Özetle, nöroaksiyel anestezide güvenlik; ilacı kesmekten çok, doğru ilaç-doz-süre eşleşmesini ve işlem sonrası erken nörolojik değerlendirmeyi sağlamaya dayanır.

Cerrahi Sırasında Hemostaz Yönetimi

Ameliyat masasında gelişen kanama, laboratuvar sonuçları beklenerek çözülmez.

Cerrahi sırasında gelişen majör kanamada hemostaz yönetimi; kanama kaynağının kontrolü, fizyolojik bozuklukların düzeltilmesi ve hedefe yönelik hemostatik tedavinin eş zamanlı yürütülmesine dayanır. Bu süreçte cerrahi ve anestezi ekipleri arasında sürekli iletişim sağlanmalı, gerektiğinde majör kanama protokolü erken aktive edilmelidir.

Kanama kontrolü ve fizyolojik destek

Kanamanın kaynağı hızla belirlenmeli ve cerrahi hemostaz sağlanmalıdır. Kontrol edilemeyen kanamalarda hasar kontrol cerrahisi değerlendirilirken hemostatik tedavi geciktirilmemelidir (Kietaibl et al., 2023). Anestezistin bu evredeki katkısı, cerrahi ekiple ortak bir klinik değerlendirme oluşturmak ve kanamanın niteliğini (arteryel, venöz, yaygın sızma, koagülopatik) erken

tanımaktır: pıhtı oluşup hemen yıkılıyorsa hemostatik bir bileşen eşlik ediyor olabilir. Ancak bu ayrımın yapılabilmesi için öncelikle cerrahi olarak düzeltilebilir bir kanama odağının dışlanması gerekir.

Eş zamanlı olarak normotermi korunmalı, doku perfüzyonu sağlanmalı, iyonize kalsiyum ve asit-baz dengesi izlenmelidir. Gereksiz kristalloid yüklenmesinden kaçınılmalı ve kan ürünü desteği klinik gereksinime göre sürdürülmelidir. Bu bozuklukların hemostaz üzerindeki etkileri "Perioperatif Kanama Riskini Artıran Fizyolojik Faktörler" bölümünde ele alınmıştır (Kietaibl et al., 2023).

Hedefe yönelik hemostatik tedavi

Tedavi, tek bir ürün üzerine kurulmaz; hangi bileşenin eksik olduğu belirlenerek verilir. Aktif kanamada kullanılan eşikler ve tercih edilen ürünler şöyledir (Kietaibl et al., 2023; Shah et al., 2025):

Bileşen	**Genel Eşik**	**Obstetrikte**	**Tercih Edilen Ürün**
Fibrinojen	<1,5 g/L	<2,0 g/L	Fibrinojen konsantresi; yoksa kriyopresipitat
Trombosit	<50 x 10^9/L	<75 x 10^9/L	Trombosit süspansiyonu
Plazma (FFP)	Aktif kanama + PT/INR veya aPTT'de anlamlı uzama	—	Taze donmuş plazma
Eritrosit	Klinik kanama + düşük Hb	—	Eritrosit süspansiyonu

Fibrinojenin tabloda ilk sırada yer alması tesadüf değildir: majör kanamada kritik düzeye en erken ulaşan bileşendir ve replasmanı geciktiğinde diğer ürünlerin etkinliği de düşer (Bölüm "Hemostazın Laboratuvar Değerlendirilmesi (Fibrinojen)"). Plazmanın ise rutin ve ampirik kullanımından kaçınılmalıdır; özellikle karaciğer hastalığında tek başına INR yüksekliği plazma

endikasyonu oluşturmaz (Bölüm “Edinilmiş Koagülasyon Bozuklukları (Karaciğer hastalığı)”). Eritrosit transfüzyonunda ise amaç, kanamanın klinik kontrolüyle birlikte değerlendirilen bir hemoglobin eşiğini izlemektir.

Tedavinin izlenmesi ve yönlendirilmesi

Kanayan hastada replasmanın içeriğini belirlemede en yönlendirici yaklaşımlardan biri standart testlerle birlikte viskoelastik testlerden yararlanmaktır (Bölüm “Viskoelastik Testler”). TEG/ROTEM, pıhtı gücünün trombositten mi fibrinojenden mi kaynaklandığını ayırt ederek gereksiz ürün kullanımını azaltır; kardiyak cerrahi, majör travma, obstetrik kanama ve karaciğer transplantasyonunda bu yaklaşımın transfüzyon gereksinimini düşürdüğü gösterilmiştir (Kozek-Langenecker et al., 2013; Rossaint et al., 2023).

Antifibrinolitik tedavi ise kanamanın niteliğine göre değerlendirilir: travma, obstetrik kanama ve seçilmiş cerrahi girişimlerde erken uygulanması kan kaybını azaltır (Bölüm “Traneksamik Asit ve Antifibrinolitik Tedavi”). Buna karşın trombozan bir tablonun baskın olduğu hastada aynı ilaç zararlı olabilir; karar, kanamanın mekanizmasına bakılarak verilir.

Kanamayı durdurmak çoğu zaman tek bir müdahaleyle değil, birbirini izleyen doğru kararlar zinciriyle mümkün olur. Bu zincirin halkaları birbirinin yerine geçmez; hepsi birlikte yürütüldüğünde hemostaz yeniden kurulur.

Traneksamik Asit ve Antifibrinolitik Tedavi

Majör kanamada kan kaybını artıran mekanizmalardan biri de oluşan pıhtının erken yıkılmasıdır. Hiperfibrinoliz, erken tanındığında antifibrinolitik tedaviyle etkin biçimde yönetilebilen

önemli bir hemostatik bozukluktur (CRASH-2 trial collaborators, 2010).

Etki mekanizması

Traneksamik asit (TXA), sentetik bir lizin analoğudur. Plazminojenin fibrine bağlanmasını engelleyerek fibrinolizi sınırlar. Böylece oluşan fibrin pıhtısının erken yıkımını önleyerek kan kaybını azaltır.

Travma, obstetrik hemoraji ve seçilmiş cerrahi girişimlerde hemostatik tedavinin önemli bir bileşenidir.

Pıhtı oluşumunu doğrudan artırmaz ve cerrahi kanama kontrolünün veya eksik hemostatik bileşenlerin replasmanının yerini almaz (CRASH-2 trial collaborators, 2010).

Klinik kullanım

Travma ve postpartum hemorajide TXA'nın ilk üç saat içinde uygulanması kanamaya bağlı mortaliteyi azaltır. CRASH-2 ve WOMAN çalışmalarında gösterilen bu yarar, tedavinin erken başlanmasının önemini ortaya koymuştur (CRASH-2 trial collaborators, 2010; WOMAN Trial Collaborators, 2017).

Kardiyak ve ortopedik cerrahide uygun hastalarda profilaktik TXA kullanımı kan kaybını ve transfüzyon gereksinimini azaltabilir. Uygulama kararı, cerrahinin özellikleri ve hastanın trombotik riski dikkate alınarak verilmelidir (Myles et al., 2017).

Doz, uygulama ve güvenlik

Travmada TXA, 1 g intravenöz olarak 10 dakikada verildikten sonra 1 g sekiz saatlik infüzyon şeklinde uygulanır. Postpartum hemorajide ise 1 g intravenöz olarak 10 dakikada verilir;

kanamanın 30 dakika sonra devam etmesi veya ilk dozun tamamlanmasından sonraki 24 saat içinde yeniden başlaması durumunda ikinci 1 g doz uygulanır (CRASH-2 trial collaborators, 2010; WOMAN Trial Collaborators, 2017). Profilaktik kullanımda doz merkez protokolüne ve vücut ağırlığına göre belirlenir; kalp cerrahisi ve ortopedik girişimlerde kanıtlanmış yararı vardır (Myles et al., 2017).

TXA böbreklerden atıldığından böbrek fonksiyon bozukluğunda doz ayarlanmalıdır. Özellikle kardiyak cerrahide yüksek dozlar nöbet riskini artırabilir. Yanlışlıkla intratekal uygulanması ölümcül olabileceğinden TXA kesinlikle nöroaksiyel yoldan verilmemelidir.

Anestezi pratiği açısından özet

TXA, uygun endikasyonda erken uygulanmalı; ancak her kanamada rutin olarak kullanılmamalıdır. Travmada yaralanmadan sonraki üç saatin aşılması, kanamaya bağlı ölüm riskinde artışla ilişkili bulunmuştur (CRASH-2 trial collaborators, 2010; WOMAN Trial Collaborators, 2017).

Aktif tromboz veya trombozun baskın olduğu DIC gibi durumlarda kullanımı ayrıca değerlendirilmelidir (Myles et al., 2017).

Antifibrinolitik tedavi, cerrahi kanama kontrolü ve hedefe yönelik hemostatik tedaviyi tamamlayan bir yaklaşımdır; bunların yerine geçmez (Bölüm “Cerrahi Sırasında Hemostaz Yönetimi”).

Majör Kanama ve Hedefe Yönelik Hemostatik Tedavi

Majör kanamada tedavinin başarısı, kanamanın erken tanınmasına ve cerrahi hemostaz ile transfüzyon desteğinin

gecikmeden başlatılmasına bağlıdır. Başlangıçta hızlı ve dengeli replasman, ardından klinik bulgular ve laboratuvar sonuçlarına göre hedefe yönelik tedavi temel yaklaşımı oluşturur (Rossaint et al., 2023).

Başlangıç tedavisi

Kontrolsüz majör kanamada, laboratuvar sonuçları beklenmeden majör kanama protokolü aktive edilmeli ve gerekli kan ürünleri sağlanmalıdır. Özellikle ağır travmada dengeli transfüzyon yaklaşımı, erken dönemde hemostazın sağlanmasına yardımcı olur (Kietaibl et al., 2023; Rossaint et al., 2023).

Kanama kontrolü ve fizyolojik destek, transfüzyonla eş zamanlı yürütülmelidir (Bölüm "Cerrahi Sırasında Hemostaz Yönetimi").

Hedefe yönelik replasman

Kanamanın yönetimi tek bir stratejiyle yürütülmez; zaman içinde iki evreye ayrılır.

İlk evre, hızlı ve dengeli: Özellikle ağır travmaya bağlı majör kanamada, laboratuvar veya viskoelastik test sonuçları henüz elde edilmeden önce kan ürünleri dengeli oranlarda verilebilir. PROPPR çalışmasında bu yaklaşım toplam mortalite açısından üstünlük göstermemiş olmakla birlikte, hemostazın daha sık sağlanması ve ilk 24 saatte kan kaybına bağlı ölümlerin azalmasıyla ilişkili bulunmuştur (Holcomb et al., 2015).

İkinci evre, ölçüme dayalı ve seçici: Kanama ilerledikçe soru artık "hangi oranda" değil, "hangi bileşen eksik" sorusudur. Fibrinojen düzeyi, trombosit sayısı ve pıhtı gücü ayrı ayrı değerlendirilerek gereksiz plazma ve trombosit kullanımının önüne

geçilir (Kietaibl et al., 2023; Rossaint et al., 2023). Fibrinojenin bu değerlendirmede ayrı bir yeri vardır: kritik düzeye en erken yaklaşan bileşendir ve eksikliği tanınmadığında diğer ürünlerin etkinliği de düşer.

Viskoelastik testlerle tedavinin yönlendirilmesi

TEG ve ROTEM, hemostatik bozukluğun belirlenmesine ve eksik bileşene yönelik replasmanın planlanmasına yardımcı olur. Ancak ITACTIC çalışmasında, ağır travma hastalarında viskoelastik testlerle yönlendirilen tedavinin standart koagülasyon testlerine dayalı yaklaşıma kıyasla birincil klinik sonlanım açısından üstünlüğü gösterilememiştir (Baksaas-Aasen et al., 2021). Yani bu testler tedaviyi daha seçici hale getirir; tek başına kanamanın sonucunu değiştiren bir çözüm değildir.

Kısa uygulama ilkeleri

- Kanama kontrolünü geciktirme; replasman cerrahi hemostazın yerini almaz.
- İlk dakikalarda dengeli, sonrasında ölçüme dayalı replasman uygula.
- Fibrinojen eksikliğini erken tanı.
- İyonize kalsiyumu izle, hipotermiyi önle.
- Seri kan gazı ve laktat ile doku perfüzyonunu değerlendir.
- Viskoelastik test varsa tedaviyi pıhtı fenotipine göre yönlendir; klinik beklentiyi gerçekçi tut.
- Hedef her zaman hastadır, normal laboratuvar değeri değil.

Klinik Karar Algoritması

Perioperatif kanama yönetiminde temel yaklaşım, erken müdahale, eş zamanlı tedavi ve klinik yanıta göre yeniden değerlendirmedir. Önceki bölümlerde açıklanan ilkeler doğrultusunda karar süreci şu şekilde özetlenebilir:

- Kanamayı tanı ve kontrol et.

Kanama kaynağını belirle, cerrahi hemostazı sağla ve gerektiğinde majör kanama protokolünü başlat.

- Fizyolojik desteği eş zamanlı yürüt.

Doku perfüzyonunu, vücut sıcaklığını, iyonize kalsiyumu ve asit-baz dengesini yönet.

- Hemostatik tedaviyi yönlendir.

Başlangıç desteğinin ardından laboratuvar ve varsa viskoelastik test sonuçlarına göre eksik bileşenleri replase et.

- Ek tedavi gereksinimini değerlendir.

Antifibrinolitik tedavi ve antitrombotik ilaçların gerektiğinde geri çevrilmesi için endikasyonları belirle.

- Tedavi yanıtını izle ve sonraki girişimleri planla.

Klinik seyir ve seri ölçümlere göre tedaviyi güncelle. Rejyonal anestezi ve antikoagülasyonun yeniden başlanması kararlarını hemostatik duruma göre ver.

Klinik Anahtar Noktalar

- PT/INR ve aPTT hemostazı tek başına değerlendirmez.

- Majör kanamada klinik bulgular, fibrinojen, trombosit ve uygun hastada viskoelastik testler birlikte değerlendirilmelidir.
- Hipotermi, asidoz, hipokalsemi ve hemodilüsyon hemostazı bozabilir.
- DIC, tek bir testle değil; klinik ve seri laboratuvar değerlendirmesiyle tanınır.
- Antikoagülan yönetiminde kanama ve tromboemboli riski birlikte ele alınmalıdır.
- Varfarin reversiyonunda uygun hastada 4F-PCC + vitamin K hızlı ve hedefe yönelik bir seçenektir.
- DOAC yönetimi ilaca, doza, renal fonksiyona ve cerrahi kanama riskine göre yapılmalıdır.
- 2025 ASRA beşinci baskısı nöroaksiyel ve derin periferik bloklarda antitrombotik tedavi için güncel güvenlik çerçevesidir (Kopp et al., 2025).
- Traneksamik asit uygun kanama tablolarında erken kullanıldığında önemli kan kaybını azaltabilir.
- Her hemostatik tedavi klinik kanama ve tedavi yanıtı ile yeniden değerlendirilmelidir.

Kaynakça

Aiza-Haddad, I., Cisneros-Garza, L. E., Morales-Gutiérrez, O., Malé-Velázquez, R., Rizo-Robles, M. T., Alvarado-Reyes, R., Barrientos-Quintanilla, L. A., Betancourt-Sánchez, F., Cerda-Reyes, E., Contreras-Omaña, R., Dehesa-Violante, M. B., Flores-García, N. C., Gómez-Almaguer, D., Higuera-de la Tijera, M. F., Lira-Pedrin, M. A., Lira-Vera, J. E., Manzano-Cortés, H., Meléndez-Mena, D. E., Muñoz-Ramírez, M. R., Pérez-Hernández, J. L., … Sánchez-Ávila, J. F. (2024). Guidelines for the management of coagulation disorders in patients with cirrhosis. *Revista de Gastroenterologia de Mexico (English), 89*(1), 144–162. doi: 10.1016/j.rgmxen.2023.08.008.

Amoroso, K., Hughes, A. P., Camino-Willhuber, G., Shue, J., & Soffin, E. M. (2026). Incidence of spinal-epidural haematoma after neuraxial anaesthesia for total hip and knee arthroplasty: a single-centre analysis of 96 103 consecutive cases from 2013 to 2023. *British Journal of Anaesthesia, 137*(1), 223–230. doi: 10.1016/j.bja.2026.03.050.

Anderson, D. R., Morgano, G. P., Bennett, C., Dentali, F., Francis, C. W., Garcia, D. A., Kahn, S. R., Rahman, M., Rajasekhar, A., Rogers, F. B., Smythe, M. A., Tikkinen, K. A. O., Yates, A. J., Baldeh, T., Balduzzi, S., Brożek, J. L., Ikobaltzeta, I. E., Johal, H., Neumann, I., Wiercioch, W., … Dahm, P. (2019). American Society of Hematology 2019 guidelines for management of venous thromboembolism: prevention of venous thromboembolism in surgical hospitalized patients. *Blood Advances, 3*(23), 3898–3944. doi: 10.1182/bloodadvances.2019000975.

Baksaas-Aasen, K., Gall, L. S., Stensballe, J., Juffermans, N. P., Curry, N., Maegele, M., Brooks, A., Rourke, C., Gillespie, S.,

Murphy, J., Maroni, R., Vulliamy, P., Henriksen, H. H., Pedersen, K. H., Kolstadbraaten, K. M., Wirtz, M. R., Kleinveld, D. J. B., Schäfer, N., Chinna, S., Davenport, R. A., … Brohi, K. (2021). Viscoelastic haemostatic assay augmented protocols for major trauma haemorrhage (ITACTIC): a randomized, controlled trial. *Intensive Care Medicine, 47*(1), 49–59. doi: 10.1007/s00134-020-06266-1.

Bolliger, D., Maurer, M., & Tanaka, K. A. (2020). Toward Optimal Anticoagulation Monitoring During Cardiopulmonary Bypass: It Is Still A Tough "ACT". *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 34*(11), 2928–2930. doi: 10.1053/j.jvca.2020.07.024.

Casselman, F. P. A., Lance, M. D., Ahmed, A., Ascari, A., Blanco-Morillo, J., Bolliger, D., Eid, M., Erdoes, G., Haumann, R. G., Jeppsson, A., van der Merwe, H. J., Ortmann, E., Petricevic, M., Weltert, L. P., Milojevic, M., & EACTS/EACTAIC/EBCP Scientific Document Group (2025). 2024 EACTS/EACTAIC Guidelines on patient blood management in adult cardiac surgery in collaboration with EBCP. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery : Official Journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery, 67*(5), ezae352. doi: 10.1093/ejcts/ezae352.

Chapin, J. C., & Hajjar, K. A. (2015). Fibrinolysis and the control of blood coagulation. *Blood Reviews, 29*(1), 17–24. doi: 10.1016/j.blre.2014.09.003.

Connell, N. T., Flood, V. H., Brignardello-Petersen, R., Abdul-Kadir, R., Arapshian, A., Couper, S., Grow, J. M., Kouides, P., Laffan, M., Lavin, M., Leebeek, F. W. G., O'Brien, S. H., Ozelo, M. C., Tosetto, A., Weyand, A. C., James, P. D., Kalot, M. A., Husainat, N., & Mustafa, R. A. (2021). ASH ISTH NHF WFH 2021 guidelines on

the management of von Willebrand disease. *Blood Advances, 5*(1), 301–325. doi: 10.1182/bloodadvances.2020003264.

Cook, T. M., Counsell, D., Wildsmith, J. A., & Royal College of Anaesthetists Third National Audit Project (2009). Major complications of central neuraxial block: report on the Third National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists. *British Journal of Anaesthesia, 102*(2), 179–190. doi: 10.1093/bja/aen360.

CRASH-2 trial collaborators, Shakur, H., Roberts, I., Bautista, R., Caballero, J., Coats, T., Dewan, Y., El-Sayed, H., Gogichaishvili, T., Gupta, S., Herrera, J., Hunt, B., Iribhogbe, P., Izurieta, M., Khamis, H., Komolafe, E., Marrero, M. A., Mejía-Mantilla, J., Miranda, J., Morales, C., … Yutthakasemsunt, S. (2010). Effects of tranexamic acid on death, vascular occlusive events, and blood transfusion in trauma patients with significant haemorrhage (CRASH-2): a randomised, placebo-controlled trial. *Lancet (London, England), 376*(9734), 23–32. doi: 10.1016/S0140-6736(10)60835-5.

Cuker, A., Arepally, G. M., Chong, B. H., Cines, D. B., Greinacher, A., Gruel, Y., Linkins, L. A., Rodner, S. B., Selleng, S., Warkentin, T. E., Wex, A., Mustafa, R. A., Morgan, R. L., & Santesso, N. (2018). American Society of Hematology 2018 guidelines for management of venous thromboembolism: heparin-induced thrombocytopenia. *Blood Advances, 2*(22), 3360–3392. doi: 10.1182/bloodadvances.2018024489.

Dahlbäck, B., & Villoutreix, B. O. (2005). Regulation of blood coagulation by the protein C anticoagulant pathway: novel insights into structure-function relationships and molecular recognition. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 25*(7), 1311–1320. doi: 10.1161/01.ATV.0000168421.13467.82.

Demailly, Z., Wurtz, V., Barbay, V., Surlemont, E., Scherrer, V., Compère, V., Billoir, P., Clavier, T., & Besnier, E. (2023). Point-of-Care Viscoelastic Hemostatic Assays in Cardiac Surgery Patients: Comparison of Thromboelastography 6S, Thromboelastometry Sigma, and Quantra. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 37*(6), 948–955. doi: 10.1053/j.jvca.2023.02.015.

Douketis, J. D., Spyropoulos, A. C., Murad, M. H., Arcelus, J. I., Dager, W. E., Dunn, A. S., Fargo, R. A., Levy, J. H., Samama, C. M., Shah, S. H., Sherwood, M. W., Tafur, A. J., Tang, L. V., & Moores, L. K. (2022). Perioperative Management of Antithrombotic Therapy. *Chest, 162*(5), e207–e243. doi: 10.1016/j.chest.2022.07.025

Drotarova, M., Zolkova, J., Belakova, K. M., Brunclikova, M., Skornova, I., Stasko, J., & Simurda, T. (2023). Basic Principles of Rotational Thromboelastometry (ROTEM®) and the Role of ROTEM-Guided Fibrinogen Replacement Therapy in the Management of Coagulopathies. *Diagnostics (Basel, Switzerland), 13*(20), 3219. doi: 10.3390/diagnostics13203219.

Ellsworth, P., Chen, S. L., Jones, L. A., Ma, A. D., & Key, N. S. (2025). Acquired hemophilia A: a narrative review and management approach in the emicizumab era. *Journal of Thrombosis and Haemostasis, 23*(3), 824–835. doi: 10.1016/j.jtha.2024.09.040.

Engström, M., Schött, U., Romner, B., & Reinstrup, P. (2006). Acidosis impairs the coagulation: A thromboelastographic study. *The Journal of Trauma, 61*(3), 624–628. doi: 10.1097/01.ta.0000226739.30655.75.

Garcia, D. A., Baglin, T. P., Weitz, J. I., & Samama, M. M. (2012). Parenteral anticoagulants: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis, 9th ed: American College of Chest Physicians

Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest, 141*(2 Suppl), e24S–e43S. doi: 10.1378/chest.11-2291.

Giancarelli, A., Birrer, K. L., Alban, R. F., Hobbs, B. P., & Liu-DeRyke, X. (2016). Hypocalcemia in trauma patients receiving massive transfusion. *The Journal of Surgical Research, 202*(1), 182–187. doi: 10.1016/j.jss.2015.12.036.

Gilbert-Kawai, N., Hogan, B., & Milan, Z. (2022). Perioperative management of patients with liver disease. *BJA Education, 22*(3), 111–117. doi: 10.1016/j.bjae.2021.11.006.

Halvorsen, S., Mehilli, J., Cassese, S., Hall, T. S., Abdelhamid, M., Barbato, E., De Hert, S., de Laval, I., Geisler, T., Hinterbuchner, L., Ibanez, B., Lenarczyk, R., Mansmann, U. R., McGreavy, P., Mueller, C., Muneretto, C., Niessner, A., Potpara, T. S., Ristić, A., Sade, L. E., … ESC Scientific Document Group (2022). 2022 ESC Guidelines on cardiovascular assessment and management of patients undergoing non-cardiac surgery. *European Heart Journal, 43*(39), 3826–3924. doi: 10.1093/eurheartj/ehac270.

Hoffman, M., & Monroe, D. M., 3rd (2001). A cell-based model of hemostasis. *Thrombosis and Haemostasis, 85*(6), 958–965. https://www.jvsmedicscorner.com/ICU-Blood_Transfusions_files/A%20Cell-based%20Model%20of%20Hemostasis%20-%20Review.pdf

Holcomb, J. B., Tilley, B. C., Baraniuk, S., Fox, E. E., Wade, C. E., Podbielski, J. M., del Junco, D. J., Brasel, K. J., Bulger, E. M., Callcut, R. A., Cohen, M. J., Cotton, B. A., Fabian, T. C., Inaba, K., Kerby, J. D., Muskat, P., O'Keeffe, T., Rizoli, S., Robinson, B. R., Scalea, T. M., … PROPPR Study Group (2015). Transfusion of plasma, platelets, and red blood cells in a 1:1:1 vs a 1:1:2 ratio and

mortality in patients with severe trauma: the PROPPR randomized clinical trial. *JAMA, 313*(5), 471–482. doi: 10.1001/jama.2015.12.

Iba, T., Levy, J. H., Maier, C. L., Helms, J., Umemura, Y., Moore, H., Othman, M., Thachil, J., Connors, J. M., Levi, M., & Scarlatescu, E. (2025). Updated definition and scoring of disseminated intravascular coagulation in 2025: communication from the ISTH SSC Subcommittee on Disseminated Intravascular Coagulation. *Journal of Thrombosis and Haemostasis : JTH, 23*(7), 2356–2362. doi: 10.1016/j.jtha.2025.03.038.

Kaufman, R. M., Djulbegovic, B., Gernsheimer, T., Kleinman, S., Tinmouth, A. T., Capocelli, K. E., Cipolle, M. D., Cohn, C. S., Fung, M. K., Grossman, B. J., Mintz, P. D., O'Malley, B. A., Sesok-Pizzini, D. A., Shander, A., Stack, G. E., Webert, K. E., Weinstein, R., Welch, B. G., Whitman, G. J., Wong, E. C., … AABB (2015). Platelet transfusion: a clinical practice guideline from the AABB. *Annals of Internal Medicine, 162*(3), 205–213. doi: 10.7326/M14-1589.

Kietaibl, S., Ahmed, A., Afshari, A., Albaladejo, P., Aldecoa, C., Barauskas, G., De Robertis, E., Faraoni, D., Filipescu, D. C., Fries, D., Godier, A., Haas, T., Jacob, M., Lancé, M. D., Llau, J. V., Meier, J., Molnar, Z., Mora, L., Rahe-Meyer, N., Samama, C. M., … Zacharowski, K. (2023). Management of severe peri-operative bleeding: Guidelines from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care: Second update 2022. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(4), 226–304. doi: 10.1097/EJA.0000000000001803.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in

patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *European Journal of Anaesthesiology, 39*(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Kleber, C., Sablotzki, A., Casu, S., Olivieri, M., Thoms, K. M., Horter, J., Schmitt, F. C. F., Birschmann, I., Fries, D., Maegele, M., Schöchl, H., & Wilhelmi, M. (2022). The impact of acquired coagulation factor XIII deficiency in traumatic bleeding and wound healing. *Critical Care (London, England), 26*(1), 69. doi: 10.1186/s13054-022-03940-2.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine,* rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Kozek-Langenecker, S. A., Afshari, A., Albaladejo, P., Santullano, C. A., De Robertis, E., Filipescu, D. C., Fries, D., Görlinger, K., Haas, T., Imberger, G., Jacob, M., Lancé, M., Llau, J., Mallett, S., Meier, J., Rahe-Meyer, N., Samama, C. M., Smith, A., Solomon, C., Van der Linden, P., … Wyffels, P. (2013). Management of severe perioperative bleeding: guidelines from the European Society of Anaesthesiology. *European Journal of Anaesthesiology, 30*(6), 270–382. doi: 10.1097/EJA.0b013e32835f4d5b.

Lisman, T., & Porte, R. J. (2010). Rebalanced hemostasis in patients with liver disease: evidence and clinical consequences. *Blood, 116*(6), 878–885. doi: 10.1182/blood-2010-02-261891.

Lowell, A. E., Calgi, M. P., Caruso, J. J., Man, L. M., & McNeil, J. S. (2024). Perioperative Management of Hemophilia Patients. *Current Anesthesiology Report,* 14 (3), 354–365. doi: 10.1007/s40140-024-00635-y.

Moore, E. E., Moore, H. B., Kornblith, L. Z., Neal, M. D., Hoffman, M., Mutch, N. J., Schöchl, H., Hunt, B. J., & Sauaia, A. (2021). Trauma-induced coagulopathy. *Nature Reviews. Disease Primers, 7*(1), 30. doi: 10.1038/s41572-021-00264-3.

Myles, P. S., Smith, J. A., Forbes, A., Silbert, B., Jayarajah, M., Painter, T., Cooper, D. J., Marasco, S., McNeil, J., Bussières, J. S., McGuinness, S., Byrne, K., Chan, M. T., Landoni, G., Wallace, S., & ATACAS Investigators of the ANZCA Clinical Trials Network (2017). Tranexamic Acid in Patients Undergoing Coronary-Artery Surgery. *The New England Journal of Medicine, 376*(2), 136–148. doi: 10.1056/NEJMoa1606424.

Neunert, C., Terrell, D. R., Arnold, D. M., Buchanan, G., Cines, D. B., Cooper, N., Cuker, A., Despotovic, J. M., George, J. N., Grace, R. F., Kühne, T., Kuter, D. J., Lim, W., McCrae, K. R., Pruitt, B., Shimanek, H., & Vesely, S. K. (2019). American Society of Hematology 2019 guidelines for immune thrombocytopenia. *Blood Advances, 3*(23), 3829–3866. doi: 10.1182/bloodadvances.2019000966.

Palta, S., Saroa, R., & Palta, A. (2014). Overview of the coagulation system. *Indian Journal of Anaesthesia, 58*(5), 515–523. doi: 10.4103/0019-5049.144643.

Panigrahi, A. K., & Liu, L. (2025). Patient Blood Management: Coagulation. M. A. Gropper, L. I. Eriksson, L. A. Fleisher, N. H.

Cohen, K. Leslie, & O. Johnson-Akeju (Eds.), *Miller's Anesthesia* içinde (10th ed., pp. 1432-1453). Philadelphia: Elsevier.

Rauch, S., Miller, C., Bräuer, A., Wallner, B., Bock, M., & Paal, P. (2021). Perioperative Hypothermia-A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*(16), 8749. doi: 10.3390/ijerph18168749.

Rossaint, R., Afshari, A., Bouillon, B., Cerny, V., Cimpoesu, D., Curry, N., Duranteau, J., Filipescu, D., Grottke, O., Grønlykke, L., Harrois, A., Hunt, B. J., Kaserer, A., Komadina, R., Madsen, M. H., Maegele, M., Mora, L., Riddez, L., Romero, C. S., Samama, C. M., … Spahn, D. R. (2023). The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Critical Care (London, England), 27*(1), 80. doi: 10.1186/S13054-023-04327-7.

Shah, A., Klein, A. A., Agarwal, S., Lindley, A., Ahmed, A., Dowling, K., Jackson, E., Das, S., Raviraj, D., Collis, R., Sharrock, A., Stanworth, S. J., & Moor, P. (2025). Association of Anaesthetists guidelines: the use of blood components and their alternatives. *Anaesthesia, 80*(4), 425–447. doi: 10.1111/anae.16542.

Srivastava, A., Santagostino, E., Dougall, A., Kitchen, S., Sutherland, M., Pipe, S. W., Carcao, M., Mahlangu, J., Ragni, M. V., Windyga, J., Llinás, A., Goddard, N. J., Mohan, R., Poonnoose, P. M., Feldman, B. M., Lewis, S. Z., van den Berg, H. M., Pierce, G. F., & WFH Guidelines for the Management of Hemophilia panelists and co-authors (2020). WFH Guidelines for the Management of Hemophilia, 3rd edition. *Haemophilia : The Official Journal of the World Federation of Hemophilia, 26* Suppl 6, 1–158. doi: 10.1111/hae.14046.

Valgimigli, M., Bueno, H., Byrne, R. A., Collet, J. P., Costa, F., Jeppsson, A., Jüni, P., Kastrati, A., Kolh, P., Mauri, L., Montalescot, G., Neumann, F. J., Petricevic, M., Roffi, M., Steg, P. G., Windecker, S., Zamorano, J. L., Levine, G. N., ESC Scientific Document Group, ESC Committee for Practice Guidelines (CPG), … ESC National Cardiac Societies (2018). 2017 ESC focused update on dual antiplatelet therapy in coronary artery disease developed in collaboration with EACTS: The Task Force for dual antiplatelet therapy in coronary artery disease of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *European Heart Journal, 39*(3), 213–260. doi: 10.1093/eurheartj/ehx419.

Wada, H., Thachil, J., Di Nisio, M., Mathew, P., Kurosawa, S., Gando, S., Kim, H. K., Nielsen, J. D., Dempfle, C. E., Levi, M., Toh, C. H., & The Scientific Standardization Committee on DIC of the International Society on Thrombosis Haemostasis (2013). Guidance for diagnosis and treatment of DIC from harmonization of the recommendations from three guidelines. *Journal of Thrombosis and Haemostasis : JTH, 11*(4), P761-767. doi: 10.1111/jth.12155.

Whiting, D., & DiNardo, J. A. (2014). TEG and ROTEM: technology and clinical applications. *American Journal of Hematology, 89*(2), 228–232. doi: 10.1002/ajh.23599.

Wikkelsø, A., Wetterslev, J., Møller, A. M., & Afshari, A. (2016). Thromboelastography (TEG) or thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemostatic treatment versus usual care in adults or children with bleeding. *The Cochrane Database of Systematic Reviews, 2016*(8), CD007871. doi: 10.1002/14651858.CD007871.pub3.

WOMAN Trial Collaborators (2017). Effect of early tranexamic acid administration on mortality, hysterectomy, and other morbidities in women with post-partum haemorrhage (WOMAN): an international, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet (London, England), 389*(10084), 2105–2116. doi: 10.1016/S0140-6736(17)30638-4.

BÖLÜM 57

DÜŞÜK VE MİNİMAL AKIMLI ANESTEZİ
Geçmişten Günümüze, Klinik Uygulama ve Güvenlik

FAZİLET ŞAHİN KOCAÖZ[1]

Özet

Düşük akımlı anestezi (low-flow anesthesia); taze gaz akımının (FGF) konvansiyonel yüksek akımlı uygulamalara kıyasla azaltıldığı ve dairesel (circle) yeniden solutmalı sistemler aracılığıyla hastanın ekspire ettiği gazların karbondioksitten (CO_2) arındırılarak tekrar kullanıldığı bir inhalasyon anestezisi yaklaşımıdır. Klinik uygulamada taze gaz akım düzeylerine göre; 0,5–1,0 L/dk akımlar düşük anestezi, 0,25–0,5 L/dk akımlar minimal anestezi ve taze gazın tamamen hastanın metabolik gaz tüketimine eşitlendiği teknikler ise metabolik akım (kapalı devre) olarak sınıflandırılır. Yöntemin temel amacı; yeterli oksijenasyon ve uygun anestezi derinliğini korurken gereksiz gaz tüketimini önlemektir. Bu sayede volatil anestezik tüketimi azaltılarak ilaç maliyetleri

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0002-5418-6707

düşürülür, atmosfere salınan atık gaz miktarı azaltılarak çevresel sürdürülebilirlik desteklenir ve yeniden solutma sayesinde solunum gazlarının nem ile ısısı korunur.

Bununla birlikte düşük akımlı anestezi; hassas akım kontrolü, sürekli inspiratuvar oksijen ölçümü, end-tidal volatil anestezik analizi ve gelişmiş ventilasyon sistemleri gerektirir. Çok düşük akımlarda devrenin zaman sabiti uzadığından inspiratuvar gaz kompozisyonundaki değişiklikler gecikir; bu durum devre kaçakları, yetersiz oksijen sunumu, CO_2 absorbanının tükenmesi ve volatil ajan konsantrasyonunun yavaş değişmesi gibi riskler barındırdığı için yakın monitörizasyon ve deneyim gerektirir. Geçmişte sevofluranın düşük akımdaki kullanımı, klasik CO_2 absorbanlarıyla etkileşerek Compound A oluşturma riski nedeniyle tartışılmış olsa da günümüzde güçlü baz içeriği azaltılmış modern absorbanlarla bu risk büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Nitekim Amerikan Anesteziyoloji Derneği (ASA) da mevcut sevofluran etiketindeki minimum akım sınırlamasının güncel kanıtlarla uyumlu olmadığını belirterek düşük taze gaz akımı kullanımını resmi olarak desteklemektedir.

Anahtar kelimeler: düşük akımlı anestezi, minimal akımlı anestezi, taze gaz akımı, kapalı devre sistem, yeniden solutma, sürdürülebilir anestezi.

Giriş

Genel anestezinin tarihsel gelişimi, hastaya yalnızca anestezik madde vermekten; anestezik gazların kontrollü olarak uygulanması, geri kazanılması ve yeniden kullanılması ile hasta güvenliğinin sürekli izlenmesine dayanan sofistike sistemlere doğru ilerlemiştir. Bu dönüşümde anestezi cihazlarının gelişmesi, karbondioksit (CO_2) absorbanlarının klinik kullanıma girmesi, gaz

analizörleri ve volatil anesteziklerin farmakokinetiğinin daha iyi anlaşılması belirleyici olmuştur.

Günümüzde düşük akımlı ve minimal akımlı anestezi yalnızca maliyet azaltıcı bir teknik olarak değil; ilaç ve gaz kullanımını optimize eden, ameliyathane çevresel maruziyetini azaltan ve sürdürülebilir anestezi uygulamasının temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, düşük akımlı anestezinin her hastada ve her klinik koşulda aynı şekilde uygulanamayacağı, akım ayarlarının hastanın gereksinimleri ve izlem bulgularına göre bireyselleştirilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Düşük akımlı anestezi (low-flow anesthesia), hastanın oksijen ve anestezik gereksinimlerini karşılamak için gereken gazların daha verimli kullanılmasını sağlayan, kapalı veya yarı kapalı solunum sistemlerinden yararlanan bir anestezi tekniğidir. Düşük akım yaklaşımının temel prensibi, hastanın metabolik gereksiniminden çok daha yüksek miktarda taze gazı sürekli olarak devreye vermek yerine, CO_2'nin absorban ile uzaklaştırıldığı dairesel sistemlerde ekshale edilen gazların güvenli ölçüde yeniden kullanılmasına izin vermektir. Böylece verilen volatil anestezik ve taşıyıcı gazın önemli bir bölümü hastaya yeniden ulaşır; atık gaz miktarı ve buna bağlı çevresel yük azalır. Bununla birlikte düşük akımlı anestezi, taze gaz akımını azaltmaktan ibaret değildir. Bu nedenle teknik, uygun anestezi cihazı ve izlem altyapısının yanı sıra anestezistin solunum devresi fizyolojisi, inhalasyon anesteziklerinin farmakokinetiği ve olası güvenlik riskleri konusunda yeterli bilgiye sahip olmasını gerektirir (ASA Committee on Environmental Health, 2024; Çopur et al., 2026; Feldman et al., 2021; Feldman & Sherman, 2024; Mychaskiw, 2012; Zilberman, 2024).

Öğrenme Hedefleri

- Düşük, minimal ve metabolik akımlı anestezi kavramlarını ve aralarındaki klinik farkları tanımlayabilmesi
- Düşük akımlı anestezinin tarihsel gelişimini ve teknolojik ilerlemelerle ilişkisini açıklayabilmesi
- Taze gaz akımı, yeniden soluma, karbondioksit absorpsiyonu ve anestezik gazların farmakokinetiği arasındaki ilişkiyi değerlendirebilmesi
- Düşük akımlı anestezinin temel avantajlarını ve sınırlılıklarını açıklayabilmesi
- Düşük ve minimal akımlı anestezide güvenli uygulama için gerekli cihaz özelliklerini ve izlem parametrelerini sıralayabilmesi
- Hipoksemi, hiperkapni, yetersiz anestezik sunumu ve absorban kaynaklı komplikasyonların mekanizmalarını tanıyabilmesi
- Düşük akımlı anestezinin klinik uygulama basamaklarını açıklayabilmesi.
- İnhalasyon anesteziklerinin çevresel etkilerini ve düşük akımlı anestezinin sürdürülebilir anestezi uygulamalarındaki yerini tartışabilmesi
- Hastaya özgü faktörleri dikkate alarak düşük akımlı anestezi uygulamasının uygunluğunu değerlendirebilmesi.

Tarihsel Gelişim: Yüksek Akımdan Metabolik Akıma

Erken dönem inhalasyon anestezisi

İnhalasyon anestezisinin klinik kullanımı 19. yüzyılda başlamıştır. İlk dönemlerde anestezik gazların uygulanması, büyük ölçüde deneyime ve klinik gözleme dayanmaktaydı. Solunum devresindeki gaz konsantrasyonlarının güvenilir biçimde ölçülememesi nedeniyle anestezik gazlar çoğunlukla yüksek taze gaz akımlarıyla uygulanmıştır. Bu yaklaşımın önemli bir avantajı, devre içindeki gaz kompozisyonunun hızlı değişebilmesi ve yeniden solumanın sınırlı olmasıydı. Ancak bunun karşılığında büyük miktarda oksijen, nitröz oksit ve volatile anestezik tüketiliyor, önemli miktarda gaz atmosphere veya atık sistemine gönderiliyordu. Anestezi cihazlarının gelişmesiyle birlikte oksijen, azot protoksit ve volatil anesteziklerin kontrollü biçimde uygulanması mümkün hâle gelmiştir.

Gaz analizörlerinin geliştirilmesi

1960'lı yıllardan itibaren anestezi gazlarının konsantrasyonlarını ölçebilen analizörlerin geliştirilmesi, düşük akımlı anestezinin yaygınlaşmasında önemli bir dönüm noktası olmuştur. İnspire ve ekspire edilen gazların ölçülmesi, yalnızca taze gaz akımına dayalı değerlendirme yerine, hastaya ulaşan gerçek oksijen ve anestezik konsantrasyonlarının izlenmesine olanak sağlamıştır. Modern dönemde inspiratuvar ve ekspiratuvar oksijen, CO_2 ve volatil anestezik konsantrasyonlarının sürekli ölçülebilmesi, düşük akım anestezinin güvenlik profilini önemli ölçüde geliştirmiştir. Daha yeni anestezi cihazları, taze gaz akımını ve volatil ajan konsantrasyonunu hedef değerlere göre otomatik olarak ayarlayabilen kapalı çevrim veya yarı otomatik sistemler de

sunmaktadır. 2024 yılında yayımlanan bir çalışmada otomatik ve manuel minimal akım kontrol yöntemlerinin karşılaştırılması, teknolojik otomasyonun düşük akım uygulamalarındaki rolünün giderek arttığını göstermektedir (Şerefoğlu et al., 2024).

Minimum alveoler konsantrasyon (MAC) kavramının klinik uygulamada yerleşmesi de inhalasyon anesteziklerinin etkilerinin daha sistematik değerlendirilmesine katkıda bulunmuştur. Böylece anestezi derinliğinin değerlendirilmesinde uygulanan anestezik miktarının yanı sıra ekspire edilen anestezik konsantrasyonunun da dikkate alınması mümkün olmuştur (Mychaskiw, 2012; Zilberman, 2024).

Modern anestezi cihazları ve düşük akım uygulamaları

Düşük akımlı anestezinin gelişiminde üç temel teknolojik ilerleme belirleyici olmuştur:

- İnspire ve ekspire edilen oksijen ile uçucu anestezik konsantrasyonlarının sürekli ölçülmesi
- Daha güvenilir ventilatörlerin ve solunum devrelerinin geliştirilmesi
- Daha etkili ve modern karbondioksit absorbanlarının kullanıma girmesi

Dairesel devre ve modern anestezi cihazları: Dairesel sistem; inspiratuvar ve ekspiratuvar tek yönlü valfler, CO_2 absorbanı, rezervuar balonu, APL valfi, taze gaz girişi ve hasta bağlantısından oluşan bir sistemdir. Düşük akım uygulamasının güvenliği, bu bileşenlerin doğru yerleşimi ve işlevsel olmasıyla doğrudan ilişkilidir. Düşük dirençli valfler, düşük ölü boşluklu bağlantılar,

gelişmiş absorban sistemleri ve güvenilir gaz analizörleri düşük akımın günlük uygulamasını kolaylaştırmıştır (Parthasarathy, 2013).

CO_2 absorpsiyonunun anestezi uygulamasına girmesi, düşük akım ve kapalı devre yaklaşımının teknik temelini oluşturdu. Modern kaynaklar CO_2 absorbanlarının 1920'li yıllardan itibaren anestezi pratiğinde kullanılmaya başlandığını ve dairesel sistemlerde taze gaz akımının azaltılmasını mümkün kıldığını bildirmektedir (Feldman et al., 2021). CO_2'nin güvenilir biçimde uzaklaştırılabilmesi, ekshale edilen gazın yalnızca "atık gaz" olmaktan çıkarak yeniden kullanılabilir bir taşıyıcı gaz ve anestezik rezervuar haline gelmesini sağlamıştır.

Bu gelişmeler, solunum devresinde yeniden solumanın kontrollü biçimde artırılmasına ve taze gaz akımının hastanın gereksinimlerine daha yakın düzeylere indirilmesine olanak sağlamıştır.

Düşük akımlı anestezi, uzun süre daha çok belirli merkezlerde ve deneyimli klinisyenler tarafından uygulanırken günümüzde modern anestezi cihazları sayesinde daha geniş bir klinik kullanım alanına ulaşmıştır. Bununla birlikte, teknolojik gelişmeler düşük akımlı anesteziyi kendiliğinden güvenli hâle getirmez; uygun cihaz kontrolü, sürekli izlem ve klinik değerlendirme temel gereklilikler olmaya devam etmektedir (Çopur et al., 2026; Mychaskiw, 2012; Zilberman, 2024).

Temel Kavramlar ve Tanımlar

Taze gaz akımı

Taze gaz akımı (fresh gas flow, FGF), anestezi cihazından solunum sistemine birim zamanda gönderilen toplam gaz akımıdır. Bu gaz; oksijen, hava ve klinik tercihe göre azot protoksit içerebilir.

Taze gaz akımı, hastanın oksijen tüketimini karşılamanın yanı sıra solunum devresindeki gaz bileşiminin düzenlenmesine ve anestezik ajanların hastaya sunulmasına katkıda bulunur.

Akımın yüksek olması, devredeki gazların daha hızlı yenilenmesini sağlar. Buna karşılık düşük akımlarda solunum devresindeki gazların daha büyük bir bölümü yeniden solunur. Bu durum gaz tüketimini azaltırken devre içindeki gaz bileşiminin değişikliklere verdiği yanıtı da yavaşlatabilir.

Düşük akımlı anestezi

Düşük akımlı anestezi için yaygın kullanılan sınıflandırmalardan biri şöyledir:

- Yüksek akımlı anestezi: Taze gaz akımının genellikle 4 L/dk üzerinde olduğu uygulamalar.
- Orta akımlı anestezi: Taze gaz akımının yaklaşık 2–4 L/dk arasında olduğu uygulamalar.
- Düşük akımlı anestezi: Taze gaz akımının 1 L/dk veya daha düşük olduğu uygulamalar.

Bu sınıflandırma literatürde yaygın olmakla birlikte, tüm kaynaklarda aynı eşiklerin kullanılmadığı belirtilmelidir (Çopur et al., 2026; Mychaskiw, 2012).

Minimal akımlı anestezi

Minimal akımlı anestezi, taze gaz akımının yaklaşık 0,5 L/dk düzeyine indirildiği uygulamaları ifade eder. Bazı yayınlarda 0,25 L/dk düzeyindeki akımlar da minimal akımlı teknikler kapsamında ele alınmaktadır.

Akım düzeyinin düşürülmesi, devredeki gazların bileşiminin hastanın tüketimi, metabolizması, gaz kayıpları ve anestezik alımıyla daha yakından ilişkili hâle gelmesine neden olur.

Bu nedenle minimal akımlı anestezi, düşük akımlı anesteziye kıyasla daha hassas izlem ve daha dikkatli gaz yönetimi gerektirir.

Kapalı devre ve metabolik akımlı anestezi

Kapalı devre anestezisinde hastanın oksijen tüketimi ve sistemdeki diğer gaz kayıpları karşılanırken, eklenen taze gaz miktarı mümkün olduğunca azaltılır. Solunum devresindeki gazlar büyük ölçüde yeniden kullanılır.

Metabolik akımlı anestezi ise gaz sunumunun hastanın metabolik gereksinimlerine yaklaştırılmasını ifade eder. Bu yaklaşımda gerekli akım, yalnızca sabit bir cihaz ayarına göre belirlenmez; oksijen tüketimi, devre kaçakları, gaz analizörünün örnekleme sistemi ve diğer kayıplar dikkate alınır.

Önemli nokta: Düşük akımlı anestezi, minimal akımlı anestezi ve kapalı devre anestezisi birbiriyle ilişkili olmakla birlikte aynı kavramlar değildir. Kapalı devre uygulaması, belirli bir düşük akım eşiğiyle tanımlanamaz; devrenin gaz alışverişi ve ek gaz gereksinimi temel belirleyicilerdir (Çopur et al., 2026; Mychaskiw, 2012).

Terim	Pratik Tanım	Klinik Özellik
Yüksek akım	Genellikle ≥4–6 L/dk	Yeniden soluma sınırlıdır; hızlı devre değişimi ve indüksiyon/uyanma dönemlerinde sık kullanılır.
Düşük akım	1 L/dk veya daha düşük; tanım kaynağa göre değişebilir	Yeniden soluma belirginleşir; gaz ve volatil anestezik tüketimi azalır.
Minimal akım	Yaklaşık 0,5 L/dk düzeyi	Devre gaz kompozisyonu daha yavaş değişir; sürekli gaz analizine ve devre bilgisine daha fazla ihtiyaç vardır.
Kapalı devre	FGF, hastanın metabolik gereksinimine çok yakın; ideal durumda devreye kaçak yoktur	En yüksek yeniden soluma ve en düşük gaz tüketimi hedeflenir; teknik ve monitörizasyon gereksinimi yüksektir.

Fizyolojik ve Farmakolojik İlkeler

Yeniden soluma ve karbondioksit eliminasyonu

Düşük akımlı anestezinin temel özelliklerinden biri, hastanın ekspire ettiği gazların bir bölümünün yeniden solunum devresine kazandırılmasıdır. Ekspire edilen gazların yeniden solunabilmesi için karbondioksitin uygun bir absorban tarafından tutulması gerekir. Karbondioksit absorbanı, hastanın metabolizması sonucu oluşan karbondioksitin solunum devresinde birikmesini önlemeye yardımcı olur. CO_2 absorban tarafından uzaklaştırıldıktan sonra kalan gazın önemli bir bölümü devreye geri döner. Böylece hastanın daha önce aldığı oksijen ve volatil anesteziğin bir kısmı tekrar kullanılır. Taze gaz akımı azaldıkça bu yeniden soluma oranı artar (Parthasarathy, 2013).

Absorbanın tükenmesi, yanlış yerleştirilmesi veya sistemde uygun olmayan bir bypass oluşması durumunda karbondioksit yeniden solunabilir ve hiperkapni gelişebilir.

Bu nedenle düşük akımlı anestezide karbondioksit eliminasyonu, devrenin bütünlüğü ve absorban sisteminin işlevselliği temel güvenlik bileşenleridir.

Oksijen tüketimi ve oksijen sunumu

Hastanın oksijen tüketimi; vücut ağırlığı, metabolik aktivite, vücut sıcaklığı, yaş ve klinik durum gibi değişkenlerden etkilenir.

Taze gaz akımının azaltılması sırasında oksijen sunumunun hastanın tüketimini ve sistemdeki gaz kayıplarını karşılayacak düzeyde olması gerekir. Bununla birlikte, yalnızca hesaplanan oksijen tüketimine dayalı bir akım ayarı yeterli güvence sağlamaz. İnspire edilen oksijen konsantrasyonu sürekli izlenmeli ve klinik gereksinime göre ayarlanmalıdır.

İnspire edilen oksijen konsantrasyonunun düşmesi, özellikle çok düşük akımlarda ve uzun süren uygulamalarda, hipoksemi riskini artırabilir.

Volatil anesteziklerin farmakokinetiği

Düşük akımlı anestezide volatil anesteziklerin solunum devresindeki konsantrasyonları, yalnızca vaporizatör ayarından etkilenmez. Hastanın anestezik alımı, devre hacmi, taze gaz akımı, gazların fiziksel özellikleri ve devre kaçakları da önem taşır.

Yüksek akımlarda taze gaz akımındaki değişiklikler solunum devresinin gaz bileşimini daha hızlı değiştirebilir. Düşük akımlarda ise devredeki konsantrasyonların yeni bir dengeye ulaşması daha uzun sürebilir.

Bu durum özellikle anestezi indüksiyonunda, anestezi derinliğinin hızlı değiştirilmesi gereken durumlarda ve anestezinin sonlandırılmasında önemlidir.

Düşük akımlı anestezi sırasında yalnızca vaporizatör ayarını bilmek yeterli değildir. Ekspire edilen anestezik konsantrasyonu ve klinik anestezi derinliği birlikte değerlendirilmelidir.

Minimum alveoler konsantrasyon

Minimum alveoler konsantrasyon, standart koşullarda cerrahi uyarana karşı hareket yanıtını engellemek için gerekli alveoler anestezik konsantrasyonunu ifade eden bir ölçüttür.

MAC, anestezik etkinliğin değerlendirilmesinde yararlı olmakla birlikte, tek başına yeterli bir anestezi derinliği göstergesi değildir. Yaş, vücut sıcaklığı, eş zamanlı uygulanan ilaçlar ve fizyolojik durum MAC gereksinimini etkileyebilir.

Bu nedenle düşük akımlı anestezide ekspire edilen anestezik konsantrasyonu; hastanın hemodinamik yanıtları, cerrahi uyarı düzeyi ve gerektiğinde nöromonitörizasyon bulgularıyla birlikte değerlendirilmelidir (Mychaskiw, 2012; Zilberman, 2024).

Düşük ve Minimal Akımlı Anestezinin Avantajları

Ekonomik avantajlar

Düşük akımlı anestezi, özellikle volatil anestezik tüketimini azaltabilir. Bu durum anestezik ajan maliyetlerinin düşürülmesine katkıda bulunabilir.

Ekonomik kazanç; kullanılan ajan, uygulanan akım düzeyi, anestezi süresi, vaporizatör ayarları ve cihaz özelliklerine göre değişir.

Çevresel avantajlar

Volatil anestezikler, atmosfere salındıklarında iklim değişikliğine katkıda bulunan gazlar arasında yer alır. Düşük akımlı

anestezi, hastanın gereksinimini karşılayan gaz miktarının üzerinde kalan gereksiz anestezik sunumunu azaltarak ameliyathane ortamına salınan anestezik miktarını düşürebilir.

Bununla birlikte, çevresel etkinin yalnızca akım düzeyiyle belirlenmediği unutulmamalıdır. Kullanılan ajanın çevresel özellikleri, anestezi süresi, toplam tüketim ve atık gaz uzaklaştırma sistemi de önemlidir.

Solunum gazlarının nem ve sıcaklığı

Düşük akımda inspiratuvar gazın nemi ve sıcaklığı da yüksek akımlı sistemlere göre artabilir. Bu durum hava yolu mukozası açısından olumlu olabilir ve ek nemlendirme gereksinimini azaltabilir. Bununla birlikte devre içindeki sıcaklık ve nem, kullanılan cihaz, absorban, ventilasyon biçimi ve çevresel koşullara göre değişir; bu nedenle klinik uygulama cihazın üretici talimatlarıyla birlikte değerlendirilmelidir (Parthasarathy, 2013).

Anestezik sunumunun optimize edilmesi

Düşük akımlı anestezi, gaz tüketimini azaltırken hastaya yeterli anestezik sunumunun sürdürülmesine olanak tanıyabilir. Ancak bunun sağlanabilmesi, vaporizatör ayarları ile hastanın aldığı anestezik konsantrasyonunun birbirinden farklı olabileceğinin anlaşılmasını gerektirir.

Düşük akımlı uygulamalarda anestezik sunumu, doğrudan ölçülen gaz konsantrasyonları ve klinik yanıtlar üzerinden değerlendirilmelidir (ASA Committee on Environmental Health, 2024; Çopur et al., 2026; Mychaskiw, 2012).

Klinik Uygulama

Düşük akımlı anestezinin klinik uygulaması; hasta değerlendirmesi, anestezi cihazının hazırlanması, indüksiyon, idamenin sağlanması ve anestezinin sonlandırılması aşamalarından oluşur.

Hasta seçimi ve preoperatif değerlendirme

Düşük akımlı anestezi kararı verilirken aşağıdaki faktörler değerlendirilmelidir:

- Hastanın yaşı ve vücut ağırlığı.
- Solunum ve dolaşım sistemi hastalıkları.
- Beklenen metabolik gereksinimler.
- Anestezi süresi.
- Kullanılacak anestezi cihazının özellikleri.
- İnspire ve ekspire edilen gazları ölçme kapasitesi.
- Solunum devresinin bütünlüğü.
- Klinik durumun hızlı gaz konsantrasyonu değişiklikleri gerektirip gerektirmediği.

Düşük akımlı anestezi birçok elektif cerrahi girişimde uygulanabilir. Bununla birlikte, ağır fizyolojik instabilite, hızla değişen oksijen gereksinimi, belirgin devre kaçağı veya yetersiz gaz izlem kapasitesi gibi durumlarda daha yüksek akımlar tercih edilebilir.

Uygunluk değerlendirmesi hastaya ve girişime özgü yapılmalıdır. Düşük akımlı anestezi için bütün hastalara uygulanabilecek tek bir seçim ölçütü bulunmamaktadır.

Anestezi cihazının hazırlanması

Anestezi başlamadan önce cihazın üretici talimatlarına uygun biçimde kontrol edilmesi gerekir.

Kontrol edilmesi gereken temel bileşenler şunlardır:

- Solunum devresinin bağlantıları ve bütünlüğü.
- Devre kaçakları.
- Oksijen ve diğer gaz kaynakları.
- Oksijen analizörü ve alarm sistemi.
- İnspire ve ekspire edilen anestezik gaz analizörleri.
- Kapnografi sistemi.
- Karbondioksit absorbanının durumu ve doğru yerleşimi.
- Ventilatörün işlevi.
- Atık anestezik gaz uzaklaştırma sistemi.
- Alarmların çalışması ve uygun biçimde ayarlanması.

Cihazın otomatik kontrol testleri, klinik kontrolün yerine geçmez. Cihazın kullanım talimatları ve kurumun anestezi güvenliği protokolü doğrultusunda gerekli kontroller tamamlanmalıdır.

İndüksiyon dönemi

Anestezi indüksiyonu sırasında hedef, hastanın güvenli biçimde anesteziye alınması ve yeterli oksijenlenmenin sağlanmasıdır.

İndüksiyonun başlangıcında yüksek taze gaz akımı kullanılması, solunum devresinin uygun gaz bileşimine ulaşmasını

hızlandırabilir. Bununla birlikte, uygun cihazlarda ve deneyimli uygulayıcılar tarafından, vaporizatör ayarlarının dikkatli yönetimiyle daha düşük akımlı indüksiyon stratejileri de kullanılabilir. 2025 yılında yayımlanan randomize bir çalışmada 0,5 L/dk taze gaz akımı ve yüksek sevofluran konsantrasyonuyla gerçekleştirilen bir over-pressure wash-in yaklaşımının uygulanabilirliği incelenmiştir; bu yaklaşımın rutin uygulamaya alınması ise cihaz, protokol ve güvenlik koşullarına bağlıdır (Joshiraj et al., 2025).

İndüksiyon sırasında düşük akım uygulaması, hızlı konsantrasyon değişiklikleri gerektiğinde sınırlayıcı olabilir. Bu nedenle akım tercihi, hastanın durumu, kullanılan ajan ve hedeflenen indüksiyon hızı dikkate alınarak belirlenmelidir.

İnspire edilen oksijen konsantrasyonu, oksijen satürasyonu, ventilasyon ve ekspire edilen anestezik konsantrasyonu sürekli izlenmelidir.

İdame dönemi

Düşük akımlı anestezinin en belirgin yararı, anestezik gereksinimin görece dengelendiği idame döneminde ortaya çıkar.

Bu aşamada temel hedefler şunlardır:

- Yeterli oksijen sunumunu sürdürmek.
- Uygun anestezi derinliğini korumak.
- Karbondioksit eliminasyonunu sağlamak.
- Solunum devresindeki gaz bileşimini izlemek.
- Gereksiz anestezik tüketimini azaltmak.

Akım azaltılırken hastanın oksijen gereksinimi ve sistemdeki gaz kayıpları dikkate alınmalıdır. İnspire edilen oksijen konsantrasyonunun düşmesi veya ekspire edilen anestezik konsantrasyonunun hedeflenen düzeyin altına inmesi durumunda taze gaz akımı ve anestezik sunumu yeniden değerlendirilmelidir.

Düşük akımlı anestezide tek bir sabit akım değerinin bütün hastalar için uygun olduğu düşünülmemelidir. İdame sırasında taze gaz akımı; FiO_2, end-tidal ajan konsantrasyonu, ventilasyon, metabolik gereksinim, kaçak ve cerrahi koşullara göre bireyselleştirilmelidir.

Anestezinin sonlandırılması – Uyanma dönemi

Anestezinin sonlandırılması sırasında hedef volatil anestezik sunumunun kesilmesi ve anestezik gazların solunum devresinden uzaklaştırılmasıdır.

Düşük akımlı koşullarda devredeki anestezik konsantrasyonlarının azalması daha uzun sürebilir. Bu nedenle ekstübasyon veya uyanma zamanlaması yalnızca vaporizatörün kapatılmasına göre belirlenmemelidir.

Hastanın klinik durumu, ventilasyonu, oksijenlenmesi, nöromüsküler fonksiyonunun geri dönüşü ve ekspire edilen anestezik konsantrasyonu birlikte değerlendirilmelidir.

Uyanma döneminde gerekli görüldüğünde taze gaz akımı artırılabilir. Bu karar, hızlı gaz değişimi gereksinimi ve hastanın fizyolojik durumu dikkate alınarak verilmelidir. Taze gaz akımının geçici olarak artırılması, düşük akımın idame dönemindeki ekonomik avantajlarından vazgeçilen değil; klinik hedefin değiştiği bir aşama olarak görülmelidir. Düşük akımın amacı her aşamada

aynı akımı korumak değil, gereksiz yüksek akımı mümkün olduğunca azaltmaktır (Feldman & Sherman, 2024).

Düşük Akımlı Anestezide Güvenlik ve İzlem

Düşük akımlı anestezinin güvenli uygulanabilmesi, yalnızca uygun cihazların kullanılmasına değil, aynı zamanda sürekli ölçüm ve klinik değerlendirmeye dayanır.

Oksijen konsantrasyonunun izlenmesi

İnspire edilen oksijen konsantrasyonunun sürekli ölçülmesi ve uygun düşük oksijen alarmının etkin olması, düşük akımlı anestezinin temel güvenlik gerekliliklerindendir.

Düşük taze gaz akımlarında hastanın oksijen tüketimi, devre kaçakları ve gaz örnekleme sistemi nedeniyle solunum devresindeki oksijen konsantrasyonu zaman içinde değişebilir.

Oksijen satürasyonunun normal olması, inspire edilen oksijen konsantrasyonunun güvenli düzeyde olduğunu tek başına kanıtlamaz. Pulse oksimetri ile inspire edilen oksijen konsantrasyonunun ölçümü birbirini tamamlayan izlem yöntemleridir.

Karbondioksit ve ventilasyonun izlenmesi

Kapnografi, ventilasyonun ve ekspirasyon sonu karbondioksit düzeyinin değerlendirilmesini sağlar. Düşük akımlı anestezide karbondioksit absorbanının işlevi ve solunum devresindeki yeniden soluma olasılığı özellikle önemlidir.

Ekspire edilen karbondioksitin yükselmesi, kapnogramda inspirasyon sırasında karbondioksit görülmesi veya klinik olarak

açıklanamayan ventilasyon değişiklikleri; devre, absorban ve ventilatör işlevlerinin kontrol edilmesini gerektirir.

Ekspire edilen karbondioksit değeri, uygun klinik bağlamda arteriyel karbondioksit basıncını tam olarak yansıtmayabilir. Ölü boşluk artışı ve dolaşım değişiklikleri gibi durumlarda klinik değerlendirme ve gerektiğinde kan gazı analizi önem kazanır.

Ekspire edilen anestezik konsantrasyonunun izlenmesi

Düşük akımlı anestezide vaporizatör ayarı, hastanın alveoler anestezik konsantrasyonunu doğrudan göstermez.

Bu nedenle ekspire edilen anestezik konsantrasyonunun ve gerektiğinde MAC değerinin sürekli izlenmesi, yeterli anestezik sunumunun değerlendirilmesine yardımcı olur.

Konsantrasyonun beklenmedik şekilde düşmesi; yetersiz anestezik sunumu, devre kaçağı, gaz akımıyla ilgili sorunlar veya anestezik alımındaki değişikliklerle ilişkili olabilir.

Böyle bir durumda yalnızca vaporizatör ayarını artırmak yerine devrenin bütünlüğü, taze gaz akımı ve ölçüm sisteminin doğruluğu da değerlendirilmelidir.

Hemodinamik izlem

Düşük akımlı anestezi, standart anestezi izlem gerekliliklerini ortadan kaldırmaz.

Elektrokardiyografi, kan basıncı, kalp hızı ve oksijen satürasyonu gibi temel parametreler hastanın klinik durumuna ve girişimin özelliklerine uygun sıklıkta izlenmelidir.

Gerekli durumlarda invaziv kan basıncı ölçümü ve diğer ileri hemodinamik izlem yöntemleri kullanılabilir.

Anestezi cihazı ve solunum devresinin izlenmesi

Düşük akım uygulamalarında devredeki gazların yenilenmesi daha yavaş gerçekleştiğinden, kaçakların ve cihaz arızalarının etkisi daha belirgin hâle gelebilir.

Bu nedenle düşük akımlı anestezi sırasında beklenmedik gaz konsantrasyonu değişiklikleri, ventilasyon sorunları ve alarm durumları gecikmeden değerlendirilmelidir.

Cihazın güvenli çalışmadığından şüphelenildiğinde akım artırılmalı ve gerektiğinde alternatif ventilasyon veya anestezi yöntemine geçilmelidir.

Temel yaklaşım, düşük akımı sürdürmeyi değil, hastanın oksijenlenmesini, ventilasyonunu ve yeterli anestezi derinliğini güvence altına almayı önceliklendirmektir (ASA Committee on Environmental Health, 2024; ASA Committee on Practice Parameters, 2025).

İzlenecek Parametre	**Neden Önemli?**	**Klinik Yaklaşım**
FiO_2	Hipokseminin ve devre içi oksijen azalmasının erken göstergesi	Hastanın gereksinimine göre güvenli hedef belirle; yalnızca akım değerine güvenme.
$EtCO_2$ / $FiCO_2$	Ventilasyon ve absorban işlevi hakkında bilgi verir	Ekspiratuvar CO_2 yükselirse absorban, valfler, kaçak ve ventilasyonu değerlendir.
EtAA / FiAA	Volatil anestezik derinliğini ve devre dengesini gösterir	Klinik durum ve MAC ile birlikte yorumla.
SpO_2	Hasta oksijenasyonunun son ortak göstergesi	FiO_2 ile birlikte değerlendir.
Devre basınçları ve hacimleri	Kaçak, obstrüksiyon ve ventilatör sorunlarını gösterebilir	Beklenmeyen değişiklikte devreyi sistematik kontrol et.

Komplikasyonlar ve Yönetimi

Hipoksemi

Olası nedenler:

- Yetersiz oksijen sunumu.
- Beklenenden yüksek oksijen tüketimi.
- Devre kaçağı.
- Yanlış gaz karışımı.
- Cihaz veya gaz analizörü arızası.

Yaklaşım: Öncelikle hastanın oksijenlenmesi ve ventilasyonu değerlendirilmelidir. İnspire edilen oksijen konsantrasyonu kontrol edilmeli, taze gaz akımı ve oksijen sunumu artırılmalı ve devre bütünlüğü gözden geçirilmelidir.

Hipoksemi devam ediyorsa düşük akımlı anesteziye devam etmek yerine hastanın oksijenlenmesini güvence altına alan uygun bir anestezi ve ventilasyon stratejisine geçilmelidir.

Hiperkapni

Olası nedenler:

- Karbondioksit absorbanının tükenmesi.
- Absorbanın yanlış yerleştirilmesi.
- Solunum devresinde karbondioksit yeniden solunması.
- Yetersiz alveoler ventilasyon.
- Cihaz veya devre arızası.

Yaklaşım: Kapnogram, ventilatör ayarları ve absorban sistemi kontrol edilmelidir. Gerektiğinde dakika ventilasyonu artırılmalı, taze gaz akımı yükseltilmeli ve arızalı bileşenler değiştirilmelidir.

Karbondioksit eliminasyonunun yeterliliği sağlanıncaya kadar düşük akımın korunması öncelikli hedef olmamalıdır.

Yetersiz anestezik sunumu ve farkındalık riski

Düşük akımlarda anestezik konsantrasyonlarının hedeflenen düzeyin altına düşmesi, yetersiz anestezi derinliğine ve uygun koşullarda intraoperatif farkındalık riskine katkıda bulunabilir.

Bu durum özellikle indüksiyon döneminde, anestezik gereksinimin arttığı durumlarda ve devre kaçağı varlığında önemlidir.

Ekspire edilen anestezik konsantrasyonu, hastanın klinik yanıtları ve gerektiğinde nöromonitörizasyon birlikte değerlendirilmelidir.

Karbondioksit absorbanına bağlı sorunlar

CO_2 absorbanı, düşük akım anestezinin merkezindeki bileşendir. Absorbanın görevi ekshale edilen CO_2'yi uzaklaştırarak yeniden solunabilir gazın güvenli hale getirilmesidir. Absorbanın tükenmesi inspiratuvar CO_2'nin yükselmesine yol açabilir. Bu nedenle düşük akım uygulamasında absorbanın yalnızca rengine bakılarak değil, mümkün olduğunda inspired CO_2 ve cihazın verdiği uyarılarla birlikte değerlendirilmesi gerekir.

Absorbanın hidrasyonu, kimyasal bileşimi ve kullanılan volatil anestezikle etkileşimi önemlidir. Özellikle kurumuş absorbanların bazı volatil ajanlarla istenmeyen kimyasal ürünler

oluşturabileceği tarihsel olarak gösterilmiştir. Desfluran ile karbonmonoksit oluşumu, absorbanın kuru olması ve bazı koşullarda taze gaz akımı ile ilişkili olarak araştırılmıştır (Wissing et al., 2001). Bu nedenle absorbanın üretici önerilerine uygun saklanması, gereksiz yere kurutulmaması ve cihazın absorban değişim protokolüne uyulması gerekir.

Sevofluran ve absorban etkileşimleri geçmişte Compound A oluşumu açısından yoğun olarak incelenmiştir. Güncel klinik uygulamada modern absorbanlar, kontrollü cihaz sistemleri ve üretici talimatları çerçevesinde düşük akım kullanımının güvenliğini desteklemektedir. Bununla birlikte düşük akımın "her cihazda aynı şekilde" uygulanabileceği düşünülmemelidir; absorbanın tipi, cihaz tasarımı ve üretici önerileri dikkate alınmalıdır.

Devre kaçağı ve cihaz arızaları

Devre kaçağı, düşük akımlı anestezide gaz bileşiminin ve anestezik konsantrasyonlarının kontrolünü güçleştirebilir.

Kaçak şüphesinde bağlantılar, devre bileşenleri ve cihazın bütünlüğü kontrol edilmelidir. Sorun giderilemiyorsa düşük akım uygulamasına devam edilmemelidir.

Yetersiz nemlendirme ve diğer solunum sistemi sorunları

Düşük akımlı anestezi, bazı koşullarda solunum gazlarının nem ve sıcaklığının korunmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, her hastada ve her devrede yeterli nemlendirme sağlanacağı varsayılmamalıdır.

Özellikle uzun süren girişimlerde solunum devresi özellikleri, hastanın durumu ve gerektiğinde kullanılan nemlendirme sistemleri birlikte değerlendirilmelidir.

Düşük akım anestezinin avantajları

Avantaj	Açıklama
Volatil anestezik tüketiminde azalma	Ekshale edilen ve CO_2'si uzaklaştırılan anestezik yeniden kullanıldığı için ajan tüketimi azalır.
Taşıyıcı gaz tüketiminde azalma	Oksijen ve diğer gazların gereksiz yere yüksek miktarda verilmesi önlenir.
Ekonomik yarar	Gaz ve volatil ajan tüketiminin azalması doğrudan maliyet tasarrufu sağlayabilir.
Çevresel yükte azalma	Atmosfere ve scavenging sistemine giden anestezik gaz miktarı azalır.
Daha iyi gaz ısı/nem özellikleri	Yüksek akıma göre devre gazı daha sıcak ve nemli olabilir.
Daha stabil devre koşulları	İdame sırasında devre gazları yeniden kullanıldığından uygun koşullarda daha dengeli bir sistem elde edilir.

Düşük akımın ekonomik avantajları klinik olarak önemlidir. Eski çalışmalarda taze gaz akımının azaltılmasının maliyeti belirgin ölçüde düşürdüğü gösterilmiş; güncel çalışmalar ise bu etkinin çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli olduğunu ortaya koymuştur (Feldman & Sherman, 2024; Parthasarathy, 2013).

Özel Hasta Gruplarında Düşük Akımlı Anestezi

Pediatrik hastalar

Pediatrik hastalarda düşük akımın teorik avantajları; daha az gaz ve volatil anestezik tüketimi ile devre gazlarının daha iyi nemlendirilmesi olabilir. Bununla birlikte küçük tidal hacimler, devre ölü boşluğu, kaçaklar ve düşük akımda gaz analizindeki teknik sınırlamalar daha kritik hale gelir. Bu nedenle pediatrik düşük akım uygulaması cihazın minimum güvenli akım ve ölçüm özellikleri bilinerek yapılmalıdır. Çocuklarda 0,6 L/dk gibi düşük akımlarla sevofluran kullanımını inceleyen çalışmalar, uygun koşullarda düşük

tüketim ve yeterli gaz koşullarının sağlanabileceğini göstermiştir (Igarashi et al., 1999).

Obez hastalar

Taze gaz akımının metabolik gereksinime göre belirlenmesi önemlidir. Yüksek metabolik gereksinimi olan veya oksijen tüketimi artmış hastalarda aşırı düşük akım, devre içi gaz kompozisyonunun hedef dışına çıkma riskini artırabilir. Bu nedenle sabit bir akım yerine ölçülen FiO_2 ve $EtCO_2$ ile yönlendirilen dinamik yaklaşım tercih edilmelidir.

Kardiyopulmoner hastalığı olan hastalar

Kardiyopulmoner hastalıklarda gaz değişimi, dolaşım ve anestezik gereksinimler önemli ölçüde değişebilir.

Bu hastalarda düşük akımlı anestezi uygulanacaksa oksijenlenme, ventilasyon ve hemodinamik parametreler dikkatle izlenmelidir. Hızlı gaz konsantrasyonu değişikliklerinin gerektiği veya fizyolojik durumun kararsız olduğu koşullarda daha yüksek taze gaz akımı tercih edilebilir.

Uzun süreli cerrahi girişimler

Uzun süren girişimlerde düşük akımlı anestezi, anestezik tüketiminin azaltılması açısından önemli avantaj sağlayabilir.

Bununla birlikte, uzun uygulama süresi boyunca absorbanın durumu, solunum devresi bütünlüğü, gaz analizörlerinin işlevi ve hastanın değişen metabolik gereksinimleri düzenli olarak değerlendirilmelidir.

Çevresel Sürdürülebilirlik ve “Yeşil Anestezi”

Anestezi pratiği sağlık hizmetlerinin çevresel ayak izine katkıda bulunur. Halojenli volatil anestezikler ve nitröz oksit sera gazı etkisine sahip ajanlardır. Bu nedenle çevresel açıdan daha sürdürülebilir anestezi; yalnızca bir ajanın seçilmesi değil, uygun ajan seçimi, gereksiz volatil kullanımının önlenmesi, düşük taze gaz akımı, nitröz oksit kullanımının rasyonelleştirilmesi ve mümkün olduğunda atık gazların yakalanması gibi birden çok bileşenin birlikte değerlendirilmesini gerektirir (Lloyd et al., 2024; Nielsen & Sulbaek Andersen, 2024).

Desfluranın küresel ısınma potansiyeli nedeniyle çevresel etkisi özellikle dikkat çekmektedir. Ancak sürdürülebilir anestezi kararları yalnızca küresel ısınma potansiyeline göre verilmemelidir. Hasta güvenliği, cerrahi gereksinim, farmakolojik özellikler, uyanma profili, TIVA’nın malzeme ve enerji ayak izi ve yerel uygulama koşulları birlikte değerlendirilmelidir (Jabaudon et al., 2024).

Düşük akım, volatil anesteziği tamamen ortadan kaldırmaz; verilen ajanın daha verimli kullanılmasını sağlar. Bu nedenle “düşük akım = yeşil anestezinin tamamı” şeklinde bir yaklaşım doğru değildir. Düşük akım; ajan seçimi, TIVA, nitröz oksit azaltılması, atık gaz yakalama ve ameliyathane atık yönetimi ile birlikte sürdürülebilir anestezinin bir parçasıdır (Gandhi et al., 2024; Nadeem et al., 2026).

Klinik Uygulama İçin Pratik Kontrol Listesi

Aşama	Kontrol Edilecek Parametre	Temel Amaç
Anestezi öncesi	Anestezi cihazı ve solunum devresi kontrolü	Kaçak ve cihaz arızalarını belirlemek
Anestezi öncesi	Oksijen analizörü ve alarm kontrolü	Güvenli oksijen sunumunu sağlamak
Anestezi öncesi	Karbondioksit absorbanı	Karbondioksit yeniden solunmasını önlemek
İndüksiyon	İnspire edilen oksijen konsantrasyonu	Yeterli oksijenlenmeyi korumak
İndüksiyon	Ekspire edilen anestezik konsantrasyonu	Yeterli anestezik sunumunu değerlendirmek
İdame	Kapnografi ve ventilasyon	Karbondioksit eliminasyonunu izlemek
İdame	İnspire edilen oksijen konsantrasyonu	Hipoksemi riskini azaltmak
İdame	Ekspire edilen anestezik konsantrasyonu	Anestezi derinliğini değerlendirmeye katkı sağlamak
Tüm dönemler	Hemodinamik izlem	Dolaşım güvenliğini korumak
Tüm dönemler	Solunum devresi ve cihaz alarmları	Arıza ve kaçakları erken belirlemek
Uyanma	Ventilasyon ve oksijenlenme	Güvenli derlenmeyi sağlamak
Uyanma	Ekspire edilen anestezik konsantrasyonu ve klinik durum	Uyanma sürecini değerlendirmek

Bu liste, kurumsal anestezi kontrol listelerinin veya cihaz üreticisinin talimatlarının yerine geçmez. Yerel protokollere ve kullanılan anestezi cihazının özelliklerine göre uyarlanmalıdır.

Sık Yapılan Hatalar

- "Minimal akımda vaporizatörü yüksek tutmak her zaman daha hızlı etki eder" düşüncesiyle end-tidal ajan konsantrasyonunu izlememek.
- FiO_2'yi yalnızca verilen oksijen akımından tahmin etmek.

- İnspiratuvar CO_2 yükselmesine rağmen absorbanı, valfleri ve devreyi kontrol etmemek.
- Düşük akımda kaçak testini önemsememek.
- Absorbanın kurumasını veya uygun olmayan saklama koşullarını göz ardı etmek.
- Uyanma döneminde klinik hedef değişmesine rağmen gereğinden uzun süre minimal akımda kalmak.
- Düşük akımın çevresel yararını abartarak hasta güvenliği ve klinik gereksinimi ikinci plana atmak.
- Cihazın üretici önerilerini bilmeden başka bir cihazdaki düşük akım protokolünü aynen uygulamak.

Güncel Yaklaşım: Manuel Kontrolden Akıllı Sistemlere

Düşük akımlı anestezinin geleceğinde daha gelişmiş gaz analiz sistemleri, otomatik akım kontrolü, anestezik tüketiminin gerçek zamanlı hesaplanması ve kapalı devre anestezi sistemlerinin yaygınlaşması önemli rol oynayabilir. Modern cihazlar hedef end-tidal anestezik konsantrasyonu, FiO_2 ve ventilasyon parametrelerini birlikte değerlendirerek taze gaz akımını ve vaporizatör ayarlarını optimize edebilen algoritmalar geliştirmektedir. Bununla birlikte otomasyon, anestezistin sistem bilgisini ortadan kaldırmaz. Aksine, otomatik sistemin hangi girdilerle karar verdiğini, hangi koşullarda güvenli olmadığını ve sensör/ölçüm hatasının nasıl fark edileceğini bilmek gerekir.

Bunun yanı sıra, anestezik ajanların çevresel etkilerinin karşılaştırılması ve anestezi uygulamalarının toplam karbon ayak izinin değerlendirilmesi, klinik karar süreçlerinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Otomasyon ve karar destek sistemleri, uygun koşullarda taze gaz akımının ve anestezik sunumunun daha hassas yönetilmesine yardımcı olabilir. Ancak otomatik sistemler de doğru sensörlere, uygun alarmlara, düzenli cihaz bakımına ve klinik gözetim altında kullanıma ihtiyaç duyar.

Gelecekteki temel hedef, mümkün olan en düşük akımı her koşulda uygulamak değil; hastanın gereksinimlerini güvenli biçimde karşılayan, ölçülebilir ve sürdürülebilir bir anestezi yönetimi sağlamaktır.

Klinik Karar Verme İçin Pratik Özet

Soru	Kısa Yanıt
Düşük akımın temel amacı nedir?	Güvenli anesteziyi sürdürürken gereksiz taze gaz ve volatil anestezik tüketimini azaltmak.
Minimal akım ne gerektirir?	Güvenilir gaz analizleri, iyi çalışan dairesel devre, uygun absorban ve yakın klinik izlem.
En önemli monitörler hangileridir?	FiO_2, inspiratuvar/ekspiratuvar CO_2, end-tidal volatil anestezik konsantrasyonu, SpO_2, ventilasyon ve devre basınç/hacimleri.
CO_2 absorbanı neden kritik?	Ekshale CO_2'yi uzaklaştırarak yeniden solumayı güvenli hale getirir.
Düşük akım ne zaman bırakılmalıdır?	Hızlı gaz değişimi gerektiğinde, devre/gaz analizi güvenilir değilse veya hasta güvenliği açısından daha yüksek akım gerekiyorsa.
Çevresel avantajı nedir?	Volatil anestezik ve taşıyıcı gaz israfını azaltarak emisyonların düşürülmesine katkı sağlar.
Düşük akım her hastaya uygulanabilir mi?	Teknik olarak birçok hastada uygulanabilir; ancak cihaz, hasta, cerrahi ve monitörizasyon koşulları değerlendirilmelidir.

Hatırlatıcı Notlar

- Düşük akım = daha az israf; minimal akım = daha fazla sistem bilgisi gereksinimi.

- Akımı azaltırken monitörizasyonu azaltma; tam tersine gaz analizine daha fazla güven.
- FiO_2'yi akımmetreden değil, ölçümden değerlendir.
- İnspiratuvar CO_2 yükselirse absorban + valfler + devre + ventilasyonu kontrol et.
- Düşük akımda sistem daha yavaş değişir; sabırlı ol ama tehlikeli değişikliği bekleme.
- İdame döneminde düşük akım, uyanma döneminde gerektiğinde yüksek akım: hedefe göre akım yönet.
- Kurumuş CO_2 absorbanı istemiyoruz.
- Desfluran kullanılıyorsa çevresel etkiyi ve düşük akımda absorban güvenliğini özellikle düşün.
- Düşük akım yalnızca ekonomi değildir; ilaç güvenliği, gaz yönetimi ve sürdürülebilirlik stratejisidir.
- En güvenli düşük akım, ne kadar düşük olduğu değil; hastanın gaz kompozisyonunun ne kadar iyi izlendiği ile tanımlanır.
- Cihazın minimum güvenli akımını ve üretici talimatlarını bilmeden minimal akıma geçme.
- Hastanın güvenliği, çevresel veya ekonomik kazanımdan her zaman önce gelir.

Sonuç

Düşük ve minimal akımlı anestezi, inhalasyon anestezisinin tarihsel gelişimi içinde yüksek akım ve sınırlı yeniden soluma yaklaşımından, CO_2 absorpsiyonu ve gelişmiş gaz monitörizasyonu

sayesinde kontrollü yeniden soluma ve gaz geri kazanımına geçişin sonucudur. Günümüzde bu teknik, uygun cihaz ve monitörizasyon koşullarında güvenli anestezi, volatil ajan tüketiminin azaltılması, ekonomik verimlilik ve çevresel sürdürülebilirliğin aynı klinik strateji içinde buluşmasını sağlar.

Bununla birlikte düşük akım anestezinin başarısı taze gaz akımını mekanik olarak belirli bir değere indirmekle ölçülmemelidir. Başarılı düşük akım anestezi; yeterli oksijenasyon, güvenilir ventilasyon, uygun anestezik derinlik, etkili CO_2 absorpsiyonu, devre bütünlüğü ve sürekli gaz analizi ile birlikte değerlendirilir. Modern yaklaşım, akımı "mümkün olan en düşük değer" olarak değil, "hastanın gereksinimini güvenle karşılayan en verimli değer" olarak seçmektir.

Sonuç olarak düşük ve minimal akımlı anestezi, güncel anestezi pratiğinde yalnızca teknik bir uygulama değil; farmakoloji, solunum sistemi mühendisliği, monitörizasyon, hasta güvenliği ve çevresel sürdürülebilirliğin kesiştiği bir klinik karar verme alanıdır.

Kaynakça

ASA Committee on Environmental Health (2024). Fresh Gas Flow Management. Greening the Operating Room and Perioperative Arena. American Society of Anesthesiologists (ASA). https://www.asahq.org/about-asa/governance-and-committees/asa-committees/environmental-sustainability/greening-the-operating-room/fresh-gas-flow-management

ASA Committee on Practice Parameters (2025). Standards for Basic Anesthetic Monitoring. American Society of Anesthesiologists (ASA). https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring

Çopur, İ., Özçınar, H., & Evran, T. (2026). Bibliometric Analysis of 30 Years of Scientific Publications Related to Low-Flow Anesthesia. *Healthcare (Basel, Switzerland), 14*(8), 1020. doi: 10.3390/healthcare14081020.

Feldman, J. M., & Sherman, J. D. (2024). Efficient inhaled anaesthetic delivery requires managing fresh gas flow from induction through emergence. *British Journal of Anaesthesia, 133*(6), 1507–1510. doi: 10.1016/j.bja.2024.06.024.

Feldman, J. M., Hendrickx, J., & Kennedy, R. R. (2021). Carbon dioxide absorption during inhalation anesthesia: A modern practice. *Anesthesia & Analgesia, 132*(4), 993–1002. doi: 10.1213/ANE.0000000000005137.

Gandhi, J., Barker, K., Cross, S., Goddard, A., Vaghela, M., & Cooper, A. (2024). Volatile capture technology in sustainable anaesthetic practice: A narrative review. *Anaesthesia, 79*(3), 261–269. doi: 10.1111/anae.16207.

Igarashi, M., Watanabe, H., Iwasaki, H., & Namiki, A. (1999). Clinical evaluation of low-flow sevoflurane anaesthesia for paediatric patients. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 43*(1), 19–23. doi: 10.1034/j.1399-6576.1999.430105.x.

Jabaudon, M., Vallabh, B., Bacher, H. P., Badenes, R., & Kehl, F. (2024). Balancing patient needs with environmental impacts for best practices in general anesthesia: Narrative review and clinical perspective. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine, 43*(4), 101389. doi: 10.1016/j.accpm.2024.101389.

Joshiraj, B., Hegde, H. V., Marimuthu, S. R., Paul, M., & George, N. (2025). Feasibility, safety and efficiency of an over-pressure wash-in method using fresh gas flow 0.5 L and sevoflurane 8% during initiation of low-flow anaesthesia: A randomised, descriptional study. *Indian Journal of Anaesthesia, 69*(6), 580–586. doi: 10.4103/ija.ija_83_25.

Lloyd, P., Fowler, A. J., Wozniak, A., Rattenberry, W., Scott, S., Tripurneni, V., Earl, M., Pearse, R. M., Watson, S. L., Abbott, T. E. F., & Hare, S. (2024). Environmental impact of commonly used anaesthetic agents: Systematic literature review with narrative synthesis. *BJA Open, 13*, 100362. doi: 10.1016/j.bjao.2024.100362.

Mychaskiw G., 2nd (2012). Low and minimal flow anesthesia: Angels dancing on the point of a needle. *Journal of Anaesthesiology, Clinical Pharmacology, 28*(4), 423–425. doi: 10.4103/0970-9185.101883.

Nadeem, S., Zain, M., Islam, Y., & Mohamed, S. (2026). Recycling and Environmental Sustainability in Anesthesia Practice: Beyond Low-Flow Anesthesia. *Cureus, 18*(1), e101037. doi: 10.7759/cureus.101037.

Nielsen, O. J., & Sulbaek Andersen, M. P. (2024). Inhalational volatile anaesthetic agents: The atmospheric scientists' viewpoint. *Anaesthesia, 79*(3), 246–251. doi: 10.1111/anae.16119.

Parthasarathy, S. (2013). The closed circuit and the low flow systems. *Indian Journal of Anaesthesia, 57*(5), 516–524. doi: 10.4103/0019-5049.120149

Şerefoğlu, R., Kocayiğit, H., Palabıyık, O., & Taş Tuna, A. (2024). Comparison of automated and manual control methods in minimal flow anesthesia. *Journal of Clinical Monitoring and Computing, 38*(5), 1117–1123. doi: 10.1007/s10877-024-01163-0

Wissing, H., Kuhn, I., Warnken, U., & Dudziak, R. (2001). Carbon monoxide production from desflurane, enflurane, halothane, isoflurane, and sevoflurane with dry soda lime. *Anesthesiology, 95*(5), 1205–1212. doi: 10.1097/00000542-200111000-00026.

Zilberman, P. (2024). Evolution of low-flow anaesthesia. *Indian Journal of Anaesthesia, 68*(7), 590–591. doi: 10.4103/ija.ija_441_24.

BÖLÜM 58

PERİOPERATİF BAKIM

CİHAN DÖĞER[1], KADRİYE KAHVECİ[2]

Özet

Perioperatif bakım, yalnızca anestezi uygulamasını değil; hastanın cerrahi öncesi risklerinin belirlenmesi ve optimize edilmesi, intraoperatif fizyolojik hedeflerin korunması, ağrı ve bulantının önlenmesi, erken mobilizasyon ve beslenme ile güvenli taburculuğa kadar uzanan sürekli bir bakım sürecidir. Modern yaklaşımın temelini Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) programları, hasta eğitimi, risk temelli değerlendirme, gereksiz açlığın azaltılması, normoterminin korunması, hedefe yönelik sıvı yönetimi, multimodal analjezi, opioid tasarrufu sağlayan stratejiler ve erken mobilizasyon oluşturur (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017).

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-3071-5181

[2] Prof. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-9285-3195

Perioperatif bakım planı cerrahiye ve hastaya özgü olmalıdır. ERAS'ın bütün hastalara aynı reçete şeklinde uygulanması yerine, kanıta dayalı ortak unsurların cerrahinin türü, komorbiditeler, frailty, beslenme durumu ve sosyal koşullarla bütünleştirilmesi gerekir (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017).

Öğrenme Hedefleri

- Perioperatif bakımın preoperatif, intraoperatif ve postoperatif bileşenlerini bütüncül değerlendirebilmek.
- Hastanın kardiyak, pulmoner, metabolik, beslenme ve fonksiyonel risklerini belirleyebilmek.
- ERAS ilkelerini hastaya ve cerrahiye özgü şekilde perioperatif plana entegre edebilmek.
- Sıvı, ısı, glukoz, ağrı, PONV ve tromboemboli yönetimini kanıta dayalı biçimde planlayabilmek.
- Postoperatif solunum komplikasyonlarını ve diğer kritik komplikasyonları erken tanıyabilmek.
- Erken mobilizasyon, oral beslenme ve güvenli taburculuk hedeflerini bakım planına yerleştirebilmek.

Perioperatif Bakımın Temel Çerçevesi

Tablo 1

Dönem	Temel Hedefler	Anesteziyoloğun Katkısı
Preoperatif	Risk belirleme, optimizasyon, eğitim, açlık, ilaç ve beslenme planı	Anestezi değerlendirmesi ve kişiselleştirilmiş risk azaltma
İntraoperatif	Oksijenasyon, perfüzyon, normotermi, uygun sıvı, analjezi, PONV önleme	Fizyolojik hedeflerin titrasyonu ve komplikasyonların önlenmesi
PACU	Hava yolu, solunum, dolaşım, ağrı, bulantı, nöromüsküler toparlanma	Erken komplikasyonların tanınması ve güvenli derlenme
Servis/ev	Mobilizasyon, beslenme, ağrı kontrolü, VTE ve yara izlemi	Multidisipliner planın sürdürülmesi ve taburculuk kriterleri

Preoperatif Değerlendirme ve Optimizasyon

Preoperatif değerlendirme yalnızca ‘ameliyat için uygunluk’ kararı değildir; değiştirilebilir risklerin belirlenmesi ve ameliyatın güvenli biçimde gerçekleştirilebilmesi için optimizasyon fırsatıdır. Değerlendirme; cerrahi risk, hastanın fonksiyonel kapasitesi, frailty, kardiyopulmoner hastalıklar, böbrek/karaciğer fonksiyonu, anemi, beslenme, diyabet, ilaçlar, antitrombotik tedavi ve önceki anestezi deneyimini kapsar (Ljungqvist et al., 2017; Thompson et al., 2024).

- Rutin testler herkese aynı şekilde uygulanmamalı; test, sonucu klinik yönetimi değiştirecekse istenmelidir (Thompson et al., 2024).
- Anemi, malnütrisyon, kontrolsüz diyabet, aktif enfeksiyon, sigara kullanımı ve fiziksel inaktivite mümkün olduğunca erken ele alınmalıdır.

- Frailty ve fonksiyonel kapasite özellikle yaşlı ve majör cerrahi planlanan hastalarda perioperatif riskin önemli belirleyicileridir.
- Hastaya ameliyat, anestezi, ağrı tedavisi, erken mobilizasyon ve beslenme hedefleri hakkında anlaşılır bilgi verilmelidir.

İlaçların Perioperatif Yönetimi

Perioperatif ilaç yönetimi hastanın hastalık kontrolü ile kanama, hipotansiyon, böbrek hasarı ve diğer ilaç ilişkili riskler arasında denge kurmayı gerektirir. Beta bloker, statin ve diğer kronik tedaviler için karar ilaca ve endikasyona göre verilmelidir. Antikoagülan/antiagregan tedavinin kesilmesi veya sürdürülmesi tromboembolik ve kanama risklerinin birlikte değerlendirilmesini gerektirir (Thompson et al., 2024).

Diyabet ilaçları ve özellikle SGLT2 inhibitörleri perioperatif dönemde ketoasidoz riski açısından özel planlama gerektirir. İlaçların ne zaman kesileceği ve yeniden başlanacağı güncel kılavuz ve kurum protokolüne göre belirlenmelidir.

Açlık ve Karbonhidrat Yönetimi

Gereksiz uzun açlık, hasta konforunu bozabilir ve metabolik/katabolik yanıtı artırabilir. Sağlıklı elektif hastalarda berrak sıvılar için 2 saate kadar izin veren modern açlık yaklaşımları kullanılmaktadır; katı gıdalar için süre gıdanın niteliğine göre belirlenir (Joshi et al., 2023). Aspirasyon riski artmış hastalarda standart açlık sürelerinin otomatik uygulanması yerine bireyselleştirilmiş değerlendirme gerekir.

ERAS protokollerinde uygun hastalarda perioperatif karbonhidrat yüklemesi kullanılabilir; ancak diyabet, gastroparezi, aspirasyon riski veya acil cerrahi gibi durumlarda uygunluk ayrıca değerlendirilmelidir (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017).

Beslenme ve Prehabilitasyon

Malnütrisyon ve düşük fiziksel kapasite majör cerrahi sonrası komplikasyon ve uzamış iyileşme riskini artırabilir. ERAS yaklaşımı, uygun hastalarda cerrahi öncesi beslenme optimizasyonu ve fiziksel aktiviteyi destekler (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017).

- Kilo kaybı, düşük oral alım, kas kaybı ve kırılganlık taranmalıdır.
- Yüksek riskli hastalarda cerrahiyi geciktirmeden, mümkün olan durumlarda nütrisyon desteği planlanmalıdır.
- Prehabilitasyon; egzersiz, solunum eğitimi, beslenme ve psikolojik hazırlığı içerebilir.
- Hastanın hedefleri ve evde destek kapasitesi taburculuk planının parçasıdır.

İntraoperatif Sıvı Yönetimi

İntraoperatif sıvı tedavisinin amacı intravasküler volümü ve doku perfüzyonunu korurken sıvı yüklenmesi, ödem ve komplikasyonları önlemektir. Dengeli kristalloidler birçok cerrahi hastada uygun başlangıç seçeneğidir; sıvı tedavisi kan basıncı, kalp debisi, idrar çıkışı, kanama ve dinamik hemodinamik göstergelerle titrasyon gerektirir (Bowen et al., 2024; Scott et al., 2023).

Tablo 2

Yaklaşım	Klinik Amaç
Bakım sıvısı	Fizyolojik gereksinimi karşılamak
Bolus	Hipovolemi/perfüzyon bozukluğu varsa yanıtı değerlendirmek
Hedefe yönelik sıvı	Sıvıya yanıt verebilecek hastada dolaşımı optimize etmek
Vazopresör	Yeterli volüm değerlendirmesine rağmen vazodilatasyona bağlı hipotansiyonu düzeltmek
Kan ürünü	Klinik kanama ve fizyolojik gereksinime göre

Normotermi ve Isı Yönetimi

Perioperatif hipotermi koagülopati, cerrahi alan enfeksiyonu, kardiyovasküler olaylar ve uzamış derlenme ile ilişkilidir. Bu nedenle sıcaklık izlenmeli ve aktif ısıtma, uygun ortam sıcaklığı ve gerektiğinde ısıtılmış sıvılarla normotermi korunmalıdır (Bowen et al., 2024).

Glukoz ve Metabolik Yönetim

Hiperglisemi ve hipoglisemi perioperatif sonuçları olumsuz etkileyebilir. Glukoz yönetimi hastanın diyabet durumu, cerrahi stres, beslenme ve kullanılan tedavilere göre bireyselleştirilmelidir. Katı bir tek değer yerine güvenli ve sürdürülebilir bir glisemik hedef belirlenmeli; hipoglisemiden kaçınılmalıdır.

Postoperatif Ağrı Yönetimi

Modern perioperatif analjezinin amacı yalnız ağrıyı azaltmak değil, hastanın öksürmesine, derin nefes almasına, mobilize olmasına ve oral beslenmesine izin vermektir. Multimodal analjezi; parasetamol, uygun hastalarda NSAİİ/COX-2 inhibitörleri, lokal infiltrasyon, periferik sinir blokları, nöroaksiyel teknikler ve gerektiğinde opioidlerin kombinasyonunu içerir (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017).

ERAS yaklaşımı opioid içermeyen olmak zorunda değildir; hedef opioid tasarrufu sağlayan ve yan etkileri azaltan dengeli analjezidir. Opioid gerekiyorsa en düşük etkili dozda titre edilmeli, özellikle yaşlı, OSA'lı ve solunum riski yüksek hastalarda izlem artırılmalıdır.

Postoperatif Bulantı ve Kusma

PONV risk değerlendirmesi hasta özellikleri ve cerrahinin özelliklerine göre yapılmalıdır. Riskli hastalarda farklı mekanizmaları hedefleyen kombinasyon profilaksisi, opioid tasarrufu sağlayan analjezi ve uygun anestezi tekniği birlikte değerlendirilir. PONV geliştiğinde profilakside kullanılmamış farklı mekanizmalı bir kurtarma antiemetik seçilmesi uygundur (Gan et al., 2020).

Postoperatif Solunum Yönetimi

PACU'da ilk değerlendirme hava yolu, solunum ve dolaşımın sistematik kontrolünü içermelidir. Oksijen gereksinimi, solunum sayısı, bilinç düzeyi, SpO_2 ve klinik ventilasyon yeterliliği değerlendirilir. Yüksek riskli hastalarda yalnız pulse oksimetri yeterli olmayabilir; klinik duruma göre kapnografi veya daha ileri solunum izlemi düşünülmelidir.

- Kronik akciğer hastalığı, OSA, obezite, yaşlılık, opioid kullanımı ve üst abdominal/torasik cerrahi solunum komplikasyonu riskini artırır.
- Derin nefes alma, öksürme ve erken mobilizasyon uygun hastalarda teşvik edilmelidir.

- İncentive spirometri tek başına bir tedavi değildir; erken mobilizasyon, ağrı kontrolü ve solunum fizyoterapisiyle birlikte düşünülmelidir.
- Hipoksemi geliştiğinde neden araştırılmalı; yalnız oksijen verilerek altta yatan hipoventilasyon gözden kaçırılmamalıdır.

Venöz Tromboembolizm Profilaksisi

VTE profilaksisi hastanın tromboz riski ile kanama riski birlikte değerlendirilerek planlanmalıdır. Erken mobilizasyon temel koruyucu yaklaşımlardan biridir. Orta-yüksek riskli hastalarda mekanik profilaksi ve uygun hastalarda farmakolojik profilaksi cerrahi ve kanama riskiyle uyumlu biçimde uygulanır.

- Önceki VTE, kanser, immobilite, ileri yaş, obezite ve trombofili tromboz riskini artırabilir.
- Aktif kanama veya yüksek kanama riski varsa farmakolojik profilaksi ertelenebilir ve mekanik yöntemler kullanılabilir.
- Pnömatik kompresyon cihazları doğru boyutta ve cilt/periferik dolaşım değerlendirilerek kullanılmalıdır.
- Profilaksi süresi cerrahinin türüne ve bireysel riske göre belirlenir.

Erken Mobilizasyon ve Fonksiyonel İyileşme

Erken mobilizasyon ERAS'ın temel bileşenlerinden biridir. Hastanın güvenli biçimde yataktan kaldırılması, derin ven trombozu ve pulmoner komplikasyonların azaltılması, bağırsak fonksiyonlarının düzelmesi ve fonksiyonel bağımsızlığın geri

kazanılmasına katkı sağlar (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017).

- Mobilizasyon öncesi ortostatik semptomlar, ağrı, motor blok ve hemodinamik stabilite değerlendirilmelidir.
- İdrar ve damar kateterleri gereksiz yere uzatılmamalıdır.
- Hastanın hedefi yalnız ‘yatakta oturmak’ değil, cerrahinin izin verdiği ölçüde normal fonksiyona dönmektir.

PACU’da Sistematik Değerlendirme

Tablo 3

Alan	**Değerlendirme**
A – Airway	Hava yolu açıklığı, sekresyon, obstrüksiyon
B – Breathing	Solunum, SpO_2, ventilasyon, oksijen gereksinimi
C – Circulation	Kan basıncı, kalp hızı, kanama, periferik perfüzyon
D – Disability	Bilinç, nörolojik durum, ağrı, nöromüsküler toparlanma
E – Exposure	Cerrahi alan, drenler, ısı, sıvı dengesi

İlk değerlendirme normal olsa bile PACU’da klinik değişiklikler gelişebileceğinden seri yeniden değerlendirme sürdürülmelidir.

Postoperatif Sıvı, Beslenme ve Gastrointestinal Yönetim

ERAS yaklaşımı, kontrendikasyon yoksa oral beslenmenin gereksiz yere geciktirilmemesini ve gastrointestinal fonksiyonun erken desteklenmesini savunur (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017). Bulantı, ileus, aspirasyon riski ve cerrahiye özgü kısıtlamalar değerlendirilerek beslenme planı yapılmalıdır.

- İdrar çıkışı tek başına sıvı durumunun güvenilir göstergesi değildir; klinik perfüzyonla birlikte yorumlanmalıdır.
- Gereksiz intravenöz sıvıların ve kateterlerin erken sonlandırılması iyileşmeyi kolaylaştırabilir.
- Elektrolit bozuklukları klinik ve laboratuvar bulgulara göre düzeltilmelidir.

Deliryum ve Yaşlı Hastada Perioperatif Bakım

İleri yaş, frailty, bilişsel bozukluk, acil cerrahi, enfeksiyon, metabolik bozukluklar ve derin anestezi postoperatif deliryum riskini artırabilir. Riskli yaşlılarda gereksiz sedatif/antikolinerjik ilaçlardan kaçınma, yeterli ağrı kontrolü, uyku-uyanıklık düzeninin korunması, erken mobilizasyon ve uygun hidrasyon önemlidir (Gropper et al., 2025).

Klinik Karar Akışı

Cerrahi planlandı → hasta ve cerrahi riskini değerlendir → modifiye edilebilir riskleri optimize et → ERAS/cerrahiye özgü yol haritasını belirle → açlık ve ilaçları planla → beslenme/prehabilitasyon → intraoperatif hedefler: oksijenasyon + perfüzyon + normotermi + hedefe yönelik sıvı + multimodal analjezi + PONV profilaksisi → kontrollü derlenme → PACU sistematik değerlendirme → erken oral alım ve mobilizasyon → VTE/solunum/ağrı izlemi → taburculuk kriterleri ve evde bakım planı.

Klinik Anahtar Noktalar

- Perioperatif bakım, ameliyat öncesinden taburculuğa kadar devam eden tek bir klinik süreçtir.
- ERAS bir ‘protokol listesi’ değil, kanıta dayalı ve hasta/cerrahiye özgü bakım felsefesidir (Bowen et al., 2024; Ljungqvist et al., 2017).
- Gereksiz uzun açlık ve gereksiz intravenöz sıvı yükünden kaçınılmalıdır.
- Normotermi, uygun hemodinamik yönetim, multimodal analjezi ve PONV profilaksisi erken iyileşmenin temel bileşenleridir.
- Opioid-sparing yaklaşım opioid içermeyen yaklaşım anlamına gelmez.
- PACU’da ilk değerlendirme normal olsa bile seri yeniden değerlendirme sürdürülmelidir.
- Erken mobilizasyon ve uygun oral beslenme mümkün olan hastalarda geciktirilmemelidir.
- VTE profilaksisi tromboz ve kanama riskinin birlikte değerlendirilmesiyle belirlenmelidir.
- Yaşlı ve kırılgan hastalarda deliryum, fonksiyon kaybı ve taburculuk sonrası destek gereksinimi perioperatif planın parçasıdır.

Kaynakça

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (Eds.). (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

ERAS Society. (2026). ERAS Society guidelines: Current guidelines and procedure-specific recommendations. https://erassociety.org/guidelines/

Gan, T. J., Belani, K. G., Bergese, S., Chung, F., Diemunsch, P., Habib, A. S., Jin, Z., Kovac, A. L., Meyer, T. A., Urman, R. D., Apfel, C. C., Ayad, S., Beagley, L., Candiotti, K., Englesakis, M., Hedrick, T. L., Kranke, P., Lee, S., Lipman, D., Minkowitz, H. S., … Philip, B. K. (2020). Fourth Consensus Guidelines for the Management of Postoperative Nausea and Vomiting. *Anesthesia and Analgesia*, *131*(2), 411–448. doi: 10.1213/ANE.0000000000004833.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (Eds.). (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Joshi, G. P., Abdelmalak, B. B., Weigel, W. A., Harbell, M. W., Kuo, C. I., Soriano, S. G., Stricker, P. A., Tipton, T., Grant, M. D., Marbella, A. M., Agarkar, M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting: Carbohydrate-containing Clear Liquids with or without Protein, Chewing Gum, and Pediatric Fasting Duration-A Modular Update of the 2017 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting.

Anesthesiology, 138(2), 132–151. doi: 10.1097/ALN.0000000000004381.

Ljungqvist, O., Scott, M., & Fearon, K. C. (2017). Enhanced Recovery After Surgery: A Review. *JAMA Surgery, 152*(3), 292–298. doi: 10.1001/jamasurg.2016.4952.

Powers, B. K., Ponder, H. L., Findley, R., Wolfe, R., Patel, G. P., Parrish, R. H., 2nd, & Enhanced Recovery Comparative Pharmacotherapy Collaborative (2024). Enhanced recovery after surgery (ERAS®) Society abdominal and thoracic surgery recommendations: A systematic review and comparison of guidelines for perioperative and pharmacotherapy core items. *World Journal of Surgery, 48*(3), 509–523. doi: 10.1002/wjs.12101.

Scott, M. J., Aggarwal, G., Aitken, R. J., Anderson, I. D., Balfour, A., Foss, N. B., Cooper, Z., Dhesi, J. K., French, W. B., Grant, M. C., Hammarqvist, F., Hare, S. P., Havens, J. M., Holena, D. N., Hübner, M., Johnston, C., Kim, J. S., Lees, N. P., Ljungqvist, O., Lobo, D. N., … Peden, C. J. (2023). Consensus Guidelines for Perioperative Care for Emergency Laparotomy Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society Recommendations Part 2-Emergency Laparotomy: Intra- and Postoperative Care. *World Journal of Surgery, 47*(8), 1850–1880. doi: 10.1007/s00268-023-07020-6.

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024

AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/ SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. doi: 10.1161/CIR.0000000000001285.

BÖLÜM 59

PALYATİF BAKIM
Ciddi Hastalıkta Semptom Kontrolü, İletişim, Hedefe Yönelik Bakım ve Yaşam Sonu Yaklaşımı

KADRİYE KAHVECİ[1], CİHAN DÖĞER[2]

Özet

Yaşamı tehdit eden hastalıklardan kaynaklanan problemler ile karşılaşan hasta ve hasta yakınlarının, başta ağrı olmak üzere tüm fiziksel, psikososyal ve ruhsal problemlerin erken tespit edilerek ve etkili değerlendirmeler yapılarak önlenmesi veya giderilmesi ile yaşam kalitelerini arttıran bir yaklaşımdır (World Health Organization (WHO), 2020b). Palyatif bakım yalnızca yaşamın son günlerinde verilmez. Tanıdan itibaren, hastalığa yönelik tedavilerle eş zamanlı olarak uygulanmalıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO),

[1] Prof. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-9285-3195

[2] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-3071-5181

palyatif bakımın kişi ve aile merkezli, bütünleşik sağlık hizmetlerinin bir parçası olması gerektiğini vurgulamaktadır (Munday et al., 2024).

Palyatif bakımın temelini semptomların değerlendirilmesi, etkili iletişim ve ortak karar verme, bakım hedeflerinin belirlenmesi, ağrı ve diğer semptomların uygun tedavisi, psikososyal ve ruhsal desteğin sağlanması, bakım verenlerin desteklenmesi ve yaşam sonu bakımının planlanması oluşturur (WHO, 2020b). Anesteziyoloji ve yoğun bakım pratiğinde palyatif bakım; özellikle ileri organ yetmezliği, ileri kanser, nörodejeneratif hastalık, uzun süreli yoğun bakım gereksinimi ve tedavinin hedefleri konusunda belirsizlik bulunan hastalarda önemli bir bileşendir (Abousnina, 2025; Aslakson & Curtis, 2025; Rickerson & Aslakson, 2021).

Öğrenme Hedefleri

- Palyatif bakımın kapsamı ve tanımı
- Palyatif bakım hastasının fiziksel, psikolojik, sosyal ve ruhsal semptomları sistematik olarak değerlendirmek.
- Ağrı, dispne, deliryum, bulantı-kusma, anksiyete ve sekresyon gibi sık görülen semptomların tedavisi.
- Hasta ve ailesinin değerleri, tercihleri ve klinik durumuyla ilişkilendirerek bakım hedeflerini oluşturmak.
- Kar-zarar oranını belirleyerek tedavi planı yapmak.
- Yoğun bakımda yaşamı destekleyici tedavilerin sürdürülmesi, sınırlandırılması veya sonlandırılması konusunda etik ve iletişimsel ilkeleri belirlemek.

Palyatif Bakımın Tanımı ve Temel İlkeleri

WHO göre palyatif bakım, yaşamı tehdit eden hastalıkla karşı karşıya olan kişiler ve ailelerinde fiziksel, psikososyal ve ruhsal sorunların erken tanınması, doğru değerlendirilmesi ve tedavisi yoluyla yaşam kalitesini artıran ve ıstırabı önleyen veya azaltan bir yaklaşımdır. Palyatif bakım yaşamı ne hızlandırmayı ne de ölümü ertelemeyi amaçlar; bakımın odağı hastanın değerleri, hedefleri, semptom yükü ve yaşam kalitesidir (WHO, 2020b).

Palyatif bakım yaşam sonu bakımla eş anlamlı değildir. Palyatif bakım, hastalığa yönelik tedaviler ile birlikte verilmelidir. Bu nedenle erken palyatif bakım ile yaşam sonu bakımını birbirinden ayırmak gerekir. Erken dönemde amaç semptomların ve tedavi yükünün azaltılması, işlevselliğin desteklenmesi ve bakım hedeflerinin belirlenmesidir; yaşamın son döneminde ise konfor, onur, semptom kontrolü ve hasta ile ailenin ihtiyaçları ön plana çıkar (Palliative Care Australia (PCA) Review Steering Committee, 2018; WHO, 2020b).

Palyatif Bakım İhtiyacı olan Hastalar

Palyatif bakım gereksinimi yalnızca belirli bir tanıya göre değil, hastalığın yükü ve hastanın ihtiyaçları üzerinden değerlendirilmelidir. İleri veya ilerleyici hastalık, tekrarlayan hastane/yoğun bakım başvuruları, belirgin fonksiyon kaybı, kontrol edilmesi güç semptomlar, beslenme bozukluğu, bilişsel gerileme ve tedavi hedefleri konusunda belirsizlik palyatif bakım değerlendirmesini gündeme getirmelidir (Palliative Care Australia (PCA) Review Steering Committee, 2018; Pastrana et al., 2025).

- Malignite
- Kalp, akciğer, böbrek veya karaciğer yetmezliği

- Nörodejeneratif hastalıklar ve ağır nörolojik sekeller
- İleri demans
- Travma sonrası
- Tekrarlayan hastane veya yoğun bakım yatışları
- Tedaviye rağmen devam eden yüksek semptom yükü
- Hastanın veya ailesinin bakım hedefleri, prognoz veya tedavi seçenekleri konusunda destek istemesi

Palyatif Bakım Ekibi ve Bakım Modelleri

Palyatif bakım multidisipliner bir yaklaşımdır. Palyatif bakım ekibinde yer alan hekim, hemşire, psikolog, fizyoterapist, diyetisyen, sosyal hizmet uzmanı ve manevi bakım uzmanı iş birliği içerisinde hizmet sunarlar. Multidisipliner bir ekip yaklaşımı gerektiren palyatif bakımda, bireyle hastalığın her aşamasında iletişim halinde olmak önemlidir (Palliative Care Australia (PCA) Review Steering Committee, 2018; WHO, 2020b).

WHO, palyatif bakımın birinci basamak, hastane, palyatif bakım ünitesi ve evde bakım gibi farklı sağlık sistemiyle bütünleştirilmesini önermektedir (WHO, 2020b).

Temel palyatif bakım, ciddi hastalığı olan bireylerle çalışan tüm sağlık profesyonellerinin semptom kontrolü, iletişim ve bakım hedefleri konusunda yetkin olmasını; uzman palyatif bakım ise karmaşık semptomlar, zor iletişim süreçleri, etik çatışmalar veya ileri düzey semptom kontrolü gibi durumlarda özel eğitimli ekip desteğini ifade eder (Pask, et al., 2025).

Semptom Değerlendirmesi

Semptom değerlendirmesi tek bir yakınmaya odaklanmamalı; toplam semptom yükünü ve semptomların birbirleriyle ilişkisini içermelidir. Ağrı şiddeti kadar dispne, bulantı, konstipasyon, uyku bozukluğu, anksiyete, depresif belirtiler, deliryum, yorgunluk ve fonksiyon kaybı da değerlendirilmelidir. Semptomun yalnızca varlığı değil; başlangıcı, seyri, tetikleyicileri, hastanın yaşamına etkisi ve önceki tedavilere yanıtı kaydedilmelidir (Regnard & Dean, 2022).

Ağrı Yönetimi

Ağrı, palyatif bakım hastalarının yaşadığı en sık ve ciddi semptomlardan biridir. Hastanın biyolojik, psikolojik ve sosyal faktörlerinden ve yaşam deneyimlerinden etkilenen kişisel bir deneyimdir. Bu nedenle, ağrı yönetimi çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir (National Consensus Project for Quality Palliative Care, 2018; Regnard & Dean, 2022). Ağrının mekanizması (nosiseptif, nöropatik veya mikst), şiddeti, fonksiyon üzerindeki etkisi, önceki analjezik kullanımı, böbrek ve karaciğer fonksiyonu, yaş, bilişsel durum ve eşlik eden semptomlar birlikte değerlendirilmelidir. Farmakolojik tedaviye ek olarak fiziksel ve psikososyal destek, uygun girişimsel yöntemler kullanılabilir.

Analjezikler, genellikle ağrıyla ilişkili sıkıntının hafifletilmesinde etkilidir. Orta veya şiddetli ağrı; kılavuzlara uygun şekilde reçete edilen opioid analjeziklerle ve bazen bunlara ek olarak uygulanan opioid olmayan analjezikler ve adjuvan analjeziklerle tedavi edilmelidir (National Consensus Project for Quality Palliative Care, 2018; Pastrana et al., 2025). Opioidler orta ve şiddetli kanser ağrısı ile ileri hastalıkta diğer uygun durumlarda önemli

analjeziklerdir. Ancak opioid başlanırken yalnızca ağrı değil; sedasyon, solunum depresyonu, bulantı, kusma, konstipasyon, deliryum ve böbrek/karaciğer fonksiyonları da değerlendirilmelidir. Doz titrasyonu klinik yanıta ve yan etkilere göre yapılmalı; tedavinin amacı ağrıyı azaltırken mümkün olan fonksiyonel ve bilinç düzeyini korumaktır (National Consensus Project for Quality Palliative Care, 2018; Pastrana et al., 2025).

Dispne ve Solunum Sıkıntısı

Dispne, palyatif bakımda yaygın ve oldukça rahatsız edici bir semptom olup, ilerleyici akciğer veya kalp hastalığının doğrudan bir sonucu olabilir veya pnömoni veya plevral efüzyon gibi eşlik eden komplikasyonlardan kaynaklanabilir (Pastrana et al., 2025). Öncelikle hipoksemi, bronkospazm, pulmoner ödem, enfeksiyon, plevral efüzyon, pulmoner emboli, anemi veya başka geri döndürülebilir nedenler değerlendirilmelidir. Hastanın bakım hedefleri doğrultusunda geri döndürülebilir nedenlerin tedavisi ile semptom odaklı yaklaşım birlikte yürütülebilir (Pastrana et al., 2025). Nefes darlığının semptomatik tedavisi, hem farmakolojik hem de farmakolojik olmayan müdahaleler kullanılarak denenebilir. Farmakolojik tedavinin etkinliğini destekleyen kanıtlar sınırlıdır (Regnard & Dean, 2022). Özellikle morfin olmak üzere opioidler yaygın olarak kullanılmaktadır ve klinik gözlemler bazı hastaların bundan önemli ölçüde fayda gördüğünü göstermektedir; ancak yapılan çalışmalar da doğrulamamıştır. Hastalar hipoksemisi veya eşlik eden kronik obstrüktif akciğer hastalığı varsa ek oksijen faydalıdır. Vantilatör tedavisi, egzersiz programları ve pulmoner rehabilitasyon gibi farmakolojik olmayan stratejiler de faydalı olabilir (Crombeen & Lilly, 2020).

- Nefes darlığı, kanser hastalarında sık görülen bir semptomdur.
- Hastanın bildirdiği nefes darlığı şiddeti, hekimin bu semptomu değerlendirirken temel alması gereken standarttır.
- Opioid tedavisi, tedaviye dirençli nefes darlığı için birinci basamak tedavi yöntemidir.
- Uygun hastalarda opioidlerin dispne algısını azaltmada etkin olduğu gösterilmiştir.
- Kanserli bir hastada yeni ortaya çıkan veya aniden kötüleşen nefes darlığı durumunda, venöz tromboemboli ayırıcı tanıda göz önünde bulundurulmalıdır.
- Hastanın nefes darlığını kötüleştirebilecek eşlik eden semptomlar (örneğin anksiyete) açısından değerlendirilmesi gerekir. Anksiyetenin değerlendirilmesi ve ilaç dışı desteklerin uygulanması
- Hastanın rahat pozisyonlandırılması ve ortamın sakinleştirilmesi
- Gerektiğinde oksijen tedavisinin hipoksemi ve klinik gereksinime göre kullanılması
- Bronkospazm veya pulmoner ödem gibi tedavi edilebilir nedenlerin uygun şekilde yönetilmesi (Crombeen & Lilly, 2020).

Deliryum, Anksiyete

Deliryum palyatif bakım hastalarında sık görülür ve özellikle yaşamın son döneminde klinik tabloya eşlik edebilir. Deliryum; ani

başlangıç, dalgalı seyir, bilinç bozukluğu ve bilinç dikkat, konsantrasyon, bellek ve algı alanlarında değişken düzeyde bozulma ile karakterize nöropsikiyatrik bir sendromdur (Pastrana et al., 2025). Bu sendrom, ciddi hastalığı olan popülasyonlarda oldukça yaygındır ve çok sayıda risk faktörü ile etiyolojik nedeni bulunmaktadır. Durumun geri döndürülebilirliği genellikle mümkünse altta yatan nedenin tedavisine bağlıdır; yaşamın son döneminde ise aktif ölüm sürecinden önce terminal deliryum görülebilir. Enfeksiyon, ilaçlar, metabolik bozukluklar, hipoksi, organ yetmezliği, ağrı, idrar retansiyonu ve konstipasyon gibi nedenler değerlendirilmelidir. Geri döndürülebilir nedenlerin tedavisi hastanın bakım hedefleriyle uyumlu ise yapılmalıdır. Çevresel düzenleme, aile desteği, oryantasyon ve uyku-uyanıklık düzeninin korunması temel yaklaşımlardır (Chowdhury et al., 2026; Pastrana et al., 2025). Anksiyete ve depresif belirtiler semptom yükünün önemli parçalarıdır. Anksiyete tek başına ortaya çıkabilir veya deliryum veya depresyon gibi diğer durumlarla birlikte görülebilir. Anksiyete genellikle dalgalanma gösterir ve alevlenmeler duygusal veya tıbbi faktörlerle veya her ikisiyle de ilişkilidir. Alevlenmeler kendiliğinden veya olaylar tarafından tetiklenebilir. Hastanın korkuları, kaygıları, sosyal destek sistemi, ekonomik ve bakım gereksinimleri değerlendirilmelidir (Carlson et al., 2023; Pastrana et al., 2025). Psikososyal müdahaleler ve gerektiğinde psikiyatri desteği bakım planına eklenmelidir. Hastalar yaşamlarının sonuna yaklaştıkça, kaygı kötüleşebilir ve ağrı veya nefes darlığı gibi semptomlara, bağımlılık veya terk edilmeye veya ölümün kendisine ilişkin belirli korkuları içerebilir. Anksiyetenin düzenli olarak değerlendirilmesi en iyi uygulamadır ve semptomu karakterize etmeli ve hem somatik (örneğin, erken deliryum) hem de psikolojik (örneğin, depresyon) nedenleri açıklığa kavuşturmalıdır.

Yönetim sürecinde hasta güvenliğini sağlamak ve sıkıntıyı azaltmak amacıyla farmakolojik olmayan tedavileri, semptomların orta veya şiddetli düzeyde olduğu durumlarda ise farmakolojik tedavileri kapsamalıdır (Bush et al., 2022; Jackson et al., 2024). Sınırlı kanıtlara rağmen, şiddetli kaygının yönetimi için benzodiazepinler tercih edilir; Uygun olduğunda başka ilaçlar da kullanılır, örneğin, deliryumda anksiyeteyi yönetmek için nöroleptikler ve genel anksiyete veya depresif ruh haliyle birlikte anksiyeteyi yönetmek için seçici serotonin geri alım inhibitörleri (SSRI) kullanılabilir (Carlson et al., 2023; Chowdhury et al., 2026; Pastrana et al., 2025).

Haloperidol gibi nöroleptikler deliryum semptomlarının yönetiminde yaygın olarak kullanılsa da, etkinliklerine dair kanıtlar çelişkilidir. Bazı çalışmalar; semptomların kötüleşmesi, kardiyovasküler ve ekstrapiramidal etkiler ve demans hastalarında artan mortalite dahil olmak üzere ciddi advers etki olasılığına işaret etse de klinik deneyimler, bazı hastaların rahatsız edici semptomların azaltılmasından fayda gördüğünü göstermektedir (Bush et al., 2022; Jackson et al., 2024).

Bulantı, Kusma ve Gastrointestinal Semptomlar

Ciddi kronik hastalıkları olanlarda bulantı, yaygın bir durumdur. Akut, tekrarlayıcı veya kronik olabilir; etiyolojisi, hastalık veya tedavi komplikasyonları ya da eşlik eden diğer tıbbi durumlarla da bağlantılı olabilir. İlaçlar, metabolik bozukluklar, gastro intestinal obstrüksiyon, artmış intrakraniyal basınç, vestibüler nedenler veya hastalığın kendisi ile ilişkili olabilir (Gurgenci et al., 2024; Morgan, 2022). İster akut ve kendiliğinden düzelen bir durum isterse kalıcı bir semptom olsun, tedavi nedene yönelik ve semptom odaklı planlanmalıdır. Antiemetik seçimi olası mekanizmaya, eşlik

eden semptomlara ve ilaç etkileşimlerine göre yapılmalıdır. Etiyolojiye yönelik tedavi, farmakolojik olmayan yaklaşımları (örneğin; bilişsel davranışçı terapi, akupunktur ve diğerleri) ve antiemetik ilaç kullanımını içerir.

Konstipasyon özellikle opioid kullanan hastalarda sık görülür. Tedavi başlamadan önce bağırsak alışkanlığı ve obstrüksiyon olasılığı değerlendirilmelidir. Uygun hastalarda koruyucu ve tedavi edici laksatif planlanmalıdır (Pastrana et al., 2025).

Beslenme ve Hidrasyon

Palyatif bakım hastalarında iştah ve oral alımın azalması sık görülür. Beslenme desteğine ilişkin karar verme süreci zorlu olabilir. Hasta odaklı bakım sunabilmek adına multidisipliner bir ekip yaklaşımı hayati önem taşır. İster oral, ister enteral (tüp yoluyla) veya parenteral yolla olsun, beslenme desteği başlatma kararı alınırken hasta veya hasta yakını sürece dahil edilmelidir (National Consensus Project for Quality Palliative Care, 2018). Oral beslenme planları (oral besin takviyeleri ile birlikte) tedavinin temelini oluşturur ve oral yolla beslenmenin güçleştiği duruma kadar sürdürülmelidir; bu noktada enteral tüp beslemesi değerlendirilebilir (Farrer & Teubner, 2023; Palliative Care Australia (PCA) Review Steering Committee, 2018). Gastrointestinal sistemin kullanılamadığı veya işlevini yerine getiremediği durumlarda ise son çare olarak parenteral beslenme desteğine başvurulur. Beslenme hedefleri hastanın hastalık evresi, fonksiyonel durumu, prognozu, semptomları ve kişisel tercihleriyle birlikte değerlendirilmelidir. Yaşamın son döneminde yapay beslenme veya hidrasyonun otomatik olarak başlatılması yerine beklenen yarar, olası yük ve hastanın

hedefleri birlikte değerlendirilmelidir (Farrer & Teubner, 2023; Regnard & Dean, 2022).

Susuzluk veya ağız kuruluğu gibi semptomlarda ağız bakımı, dudakların nemlendirilmesi ve hastanın tolere ettiği küçük miktarlarda sıvı alımı gibi konfor odaklı yaklaşımlar önemlidir. Beslenme ve sıvı alımı, pek çok kişi tarafından temel bir insan hakkı olarak kabul edilmekte olup toplumun her kesiminde güçlü inanç ve tutumların oluşmasına yol açabilmektedir. Kişilere, yeme ve içme konusundaki istek ve yeteneklerine bağlı olarak yiyecek ve içecek sunulmalıdır. Bu süreçle ilişkili riskler (öksürme, boğulma tehlikesi vb.) bulunsa da sağladığı ağız kuruluğunun giderilmesi gibi olumlu etkiler, yaşanabilecek her türlü rahatsızlığın önüne geçebilir. Hastalığın terminal döneminde kişiler genellikle, normal fizyolojik süreçlerdeki azalmaya bağlı olarak, daha az miktarda besin tüketirler (Farrer & Teubner, 2023; Regnard & Dean, 2022).

İletişim ve Ortak Karar Verme

Palyatif bakımda, hastaların ve yakınlarının ihtiyaç ve tercihlerini yeterince karşılamak için etkili iletişim şarttır. Etkili iletişim, bilgi alışverişini içerir, ortak karar almayı kolaylaştırır ve empatik bir bakım ilişkisini teşvik eder. Palyatif bakımda hasta ve aileyle hastalık ve prognoz hakkında açık, dürüst ve empatik iletişim kurulmalıdır. Hastanın bilgi alma isteği, tercih ettiği karar verme biçimi, anlayışı ve sosyo kültürel yapısı değerlendirilmelidir. Prognostik belirsizlik varsa bu belirsizlik açıkça ifade edilmeli; kesin olmayan bilgiler kesinmiş gibi sunulmamalıdır (Center to Advance Palliative Care (CAPC), n.d.; Huang, 2025). Hastanın klinik durumu, prognozu, mevcut yaşam kalitesi, tedavinin beklenen yararı, tedavinin yükü, hastanın değerleri ve daha önce ifade ettiği tercihleri birlikte ele alınmalıdır. Tedavinin sınırlandırılması veya

sonlandırılması kararı, hastanın semptomlarının tedavi edilmeyeceği anlamına gelmez; aksine bakım hedefi konfor ve onur ise semptom kontrolü daha da önem kazanır (Huang, 2025; Kesecioglu et al., 2024).

- Hastanın bakım hedeflerini ve önceliklerini öğrenmek
- Hastanın neyi bildiğini ve neyi öğrenmek istediğini değerlendirmek
- Tedavi seçeneklerinin olası yarar ve yüklerini anlaşılır biçimde açıklamak
- Hastanın değerleriyle uyumlu seçenekleri birlikte belirlemek
- Kararları düzenli olarak yeniden değerlendirmek gereklidir çünkü hedefler klinik duruma göre değişebilir (Huang, 2025; Regnard & Dean, 2022; World Health Organization (WHO), 2016)

Yoğun Bakımda Palyatif Yaklaşım

Başlangıçta, yoğun bakım ünitesindeki palyatif bakım, hasta bakımını iyileştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bugün ise yoğun bakım ünitesindeki bakımının temel bir bileşeni haline gelmiştir. yoğun bakım ünitesindeki palyatif bakımı, özerklik, iyilik, zarar vermeme, adalet ve sadakat gibi etik ilkelere uymalıdır (Kesecioglu et al., 2024). Yoğun bakımda palyatif bakım; yaşamı destekleyici tedavilerin yanında veya bu tedavilerin hedefi yeniden değerlendirilirken uygulanabilir. Mekanik ventilasyon, vazopresörler, renal replasman tedavisi ve diğer yaşam desteklerinin sürdürülmesi konusunda kararlar hastanın mevcut klinik durumu,

tedavinin hedefleri ve beklenen yararları üzerinden değerlendirilmelidir (Pan et al., 2023).

Özellikle uzamış yoğun bakım süreci, çoklu organ yetmezliği, ileri frailty, geri dönüş olasılığı düşük klinik tablolar ve tekrarlayan yoğun bakım yatışlarında aile ile erken ve yapılandırılmış iletişim önemlidir. Anesteziyoloji ve yoğun bakım ekipleri, gerektiğinde uzman palyatif bakım ekibiyle birlikte semptom kontrolü ve bakım hedeflerinin belirlenmesini yürütmelidir (Kesecioglu et al., 2024; Pan et al., 2023).

Yaşam Sonu Bakımı

Yaşamın son döneminde bakımın temel amacı hastanın rahatlığı, onuru ve tercihleri doğrultusunda desteklenmesidir. Ağrı, dispne, ajitasyon/deliryum, bulantı-kusma, sekresyonlar ve anksiyete gibi semptomlar düzenli olarak değerlendirilmelidir. Gereksiz tetkik ve girişimlerden kaçınılması, bakımın hastanın hedefleriyle uyumlu hâle getirilmesi ve aileye süreç hakkında açık bilgi verilmesi önemlidir (Huang, 2025; Kesecioglu et al., 2024; WHO, 2016; World Health Organization (WHO), 2020a). Terminal dönemde bilinç ve oral alım azalabilir, solunum ve periferik dolaşım bozulabilir. Bu bulgular aileye önceden açıklanırsa belirsizlik ve kaygı azalabilir. Tedavinin amacı hastanın konforunu sağlamak olmalıdır (Huang, 2025; National Consensus Project for Quality Palliative Care, 2018; WHO, 2020a).

Etik İlkeler ve Tıbbi Karar Verme

Palyatif bakımda özerklik, yararlılık, zarar vermeme ve adalet ilkeleri birlikte değerlendirilir. Hastanın karar verme kapasitesi varsa kendi tercihleri temel alınır. Bilinçsiz hasta da daha önce ifade edilmiş tercihler, değerler ve yakınları tarafından hastanın

yararına en uygun yaklaşım belirlenir (Huang, 2025; Kesecioglu et al., 2024; Pan et al., 2023).

Yaşamı destekleyici bir tedavinin başlanmaması, sınırlandırılması veya sonlandırılması ile hastanın kasıtlı olarak ölümüne neden olunması aynı kavramlar değildir. Klinik uygulamada amaç, hastanın hedefleriyle orantısız veya yararı düşük tedavilerden kaçınırken etkili semptom kontrolünü sürdürmektir. Etik açıdan karmaşık olgularda kurumun etik danışmanlığı ve ilgili uzmanlık ekiplerinden destek alınmalıdır (Pan et al., 2023).

Anestezi ve Reanimasyon Uzmanlarının Palyatif Bakımdaki Rolü

Anestezi uzmanları ağrı ve semptom kontrolü, hava yolu ve solunum yönetimi, bölgesel ve nöroaksiyel teknikler, yoğun bakım ve perioperatif karar verme alanlarındaki deneyimleri nedeniyle palyatif bakımın önemli üyeleridir. Özellikle ileri hastalıkta girişimsel ağrı tedavileri, dispne yönetimi, yoğun bakımda tedavi hedeflerinin değerlendirilmesi ve yaşam sonu semptom kontrolünde aktif rol üstlenebilirler (Catalisano et al., 2021; Rickerson & Aslakson, 2021).

Anestezi uzmanının yaklaşımı yalnızca bir ilacı veya girişimi seçmekten ibaret değildir. Hastanın neyi amaçladığını anlamak, tedavinin sağlayacağı yararı ve yükü değerlendirmek, ekiple iletişim kurmak ve semptom kontrolünü süreklilik içinde planlamak esastır (Catalisano et al., 2021; Rickerson & Aslakson, 2021).

Klinik Karar Akışı

Yaşamı tehdit eden hastalık → palyatif bakım gereksinimini değerlendir → semptom yükünü ve fonksiyonel durumu belirle → hastanın değerlerini ve bakım hedeflerini öğren → geri

döndürülebilir nedenleri değerlendir → semptomları tedavi et → hastalık hedefleri ile semptom/konfor hedeflerini bütünleştir → ortak karar ver → gerektiğinde palyatif bakım ekibine danış → bakım planını düzenli olarak yeniden değerlendir.

Klinik Anahtar Noktalar

- Palyatif bakım yalnızca yaşamın son günlerine yönelik değildir; ciddi hastalığın erken döneminde de başlanabilir.
- Temel amaç hastanın ve ailesinin yaşam kalitesini artırmaktır.
- Palyatif bakım, hastalığa yönelik tedavilerle eş zamanlı yürütülebilir.
- Ağrı dışında dispne, deliryum, bulantı-kusma, konstipasyon, anksiyete ve psikososyal sorunlar da sistematik olarak ele alınmalıdır.
- Bakım hedefleri hastanın değerleri ve tercihleriyle uyumlu olmalıdır.
- Yoğun bakımda yaşamı destekleyici tedavilerin yararı ve yükü düzenli olarak yeniden değerlendirilmelidir.
- Tedavinin sınırlandırılması veya sonlandırılması semptom kontrolünün bırakılması anlamına gelmez.
- Palyatif bakım multidisipliner ekip tarafından verilir.

Kaynakça

Abousnina, F. (2025). *P059 Anesthesiologists as palliative care providers: bridging the gap in palliative care access*. BMJ Publishing Group Ltd.

Aslakson, R. A., & Curtis, J. R. (2025). *Palliative care in the intensive care unit (ICU)*, in *Textbook of Palliative Care* (pp. 1033-1052). Springer.

Bush, S. H., Skinner, E., Lawlor, P. G., Dhuper, M., Grassau, P. A., Pereira, J. L., MacDonald, A. R., Parsons, H. A., & Kabir, M. (2022). Adaptation, implementation, and mixed methods evaluation of an interprofessional modular clinical practice guideline for delirium management on an inpatient palliative care unit. *BMC Palliative Care, 21*(1), 128. doi: 10.1186/s12904-022-01010-6.

Carlson, L. E., Ismaila, N., Addington, E. L., Asher, G. N., Atreya, C., Balneaves, L. G., Bradt, J., Fuller-Shavel, N., Goodman, J., Hoffman, C. J., Huston, A., Mehta, A., Paller, C. J., Richardson, K., Seely, D., Siwik, C. J., Temel, J. S., & Rowland, J. H. (2023). Integrative Oncology Care of Symptoms of Anxiety and Depression in Adults With Cancer: Society for Integrative Oncology-ASCO Guideline. *Journal of Clinical Oncology : Official Journal of the American Society of Clinical Oncology, 41*(28), 4562–4591. doi: 10.1200/JCO.23.00857.

Catalisano, G., Ippolito, M., Marino, C., Giarratano, A., & Cortegiani, A. (2021). Palliative Care Principles and Anesthesiology Clinical Practice: Current Perspectives. Journal of Multidisciplinary Healthcare, 14, 2719–2730. doi: 10.2147/JMDH.S240563.

Center to Advance Palliative Care (CAPC) (n.d.). Palliative care in the home: A guide to program design. https://media.capc.org/filer_public/5e/07/5e070659-e350-4f7e-83a8-096a7e61e7b8/4467_2066_hbcp-final-web.pdf.

Chowdhury, O., Kyone, K., Goldie, C., Sinnarajah, A., & Mathews, J. (2026). Pharmacological Interventions for Anxiety and Depression in Terminal Illness: A Scoping Review of Randomized Controlled Trials. *Journal of Pain & Palliative Care Pharmacotherapy, 40*(3), 524–535. doi: 10.1080/15360288.2026.2669182.

Crombeen, A. M., & Lilly, E. J. (2020). Management of dyspnea in palliative care. *Current Oncology (Toronto, Ont.), 27*(3), 142–145. doi: 10.3747/co.27.6413.

Farrer, K., & Teubner, A. (2023). Nutritional support in palliative care. *Medicine, 51*(7), 490-492. doi: 10.1016/j.mpmed.2023.04.005.

Gurgenci, T., Podbury, B., O'Leary, C., & Good, P. (2024). Palliative management of nausea and vomiting in advanced cancer. *Australian Journal of General Practice, 53*(11 Suppl), S33–S36. doi: 10.31128/AJGP-09-23-6957.

Huang H. L. (2025). Shared Decision-Making with Palliative Care Specialist. *Journal of Hospice and Palliative Care, 28*(4), 131–137. doi: 10.14475/jhpc.2025.28.4.131.

Jackson, G. P., Jackson, C. E., Boland, J. W., Featherstone, I., Huang, C., Ogden, M., Sartain, K., Siddiqi, N., Twiddy, M., Pearson, M., & Johnson, M. J. (2024). Improving the Detection, Assessment, Management and Prevention of Delirium in Hospices (the DAMPen-D study): Feasibility study of a flexible and scalable implementation

strategy to deliver guideline-adherent delirium care. *Palliative Medicine, 38*(4), 447–456. doi: 10.1177/02692163241236325.

Kesecioglu, J., Rusinova, K., Alampi, D., Arabi, Y. M., Benbenishty, J., Benoit, D., Boulanger, C., Cecconi, M., Cox, C., van Dam, M., van Dijk, D., Downar, J., Efstathiou, N., Endacott, R., Galazzi, A., van Gelder, F., Gerritsen, R. T., Girbes, A., Hawyrluck, L., Herridge, M., … Azoulay, E. (2024). European Society of Intensive Care Medicine guidelines on end of life and palliative care in the intensive care unit. *Intensive Care Medicine, 50*(11), 1740–1766. doi: 10.1007/s00134-024-07579-1.

Morgan, T. R. M. (2022). Nausea and vomiting in palliative care. *Medicine, 50*(12), 767-774. doi: 10.1016/j.mpmed.2022.09.014.

Munday, D., Pastrana, T., & Murray, S. A. (2024). *Defining and developing primary palliative care as an essential element of primary health care* (pp. 766-769). SAGE Publications Sage UK: London, England

National Consensus Project for Quality Palliative Care (2018). *Clinical Practice Guidelines for Quality Palliative Care* (4th ed.). Richmond, VA: National Coalition for Hospice and Palliative Care. https://www.nationalcoalitionhpc.org/ncp.

Palliative Care Australia (PCA) Review Steering Committee (2018). Palliative Care Service Development Guidelines. http://palliativecare.org.au/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/02/PalliativeCare-Service-Delivery-2018_web2.pdf.

Pan, H., Shi, W., Zhou, Q., Chen, G., & Pan, P. (2023). Palliative Care in the Intensive Care Unit: Not Just End-of-life Care. *Intensive Care Research, 3*, 77–82. doi: 10.1007/s44231-022-00009-0.

Pask, S., Murtagh, F. E. M., & Boland, J. W. (2025). Palliative care: what's the evidence?. *Clinical Medicine (London, England), 25*(4), 100320. doi: 10.1016/j.clinme.2025.100320.

Pastrana, T., De Lima, L., Portenoy, R., Dudgeon, D., Voeuk, A., Ahmed, E., & Radbruch, L. (2025). *IAHPC Manual on the Use of Essential Medicines for Palliative Care.* Houston: IAHPC Press. https://iahpc.org/resources/publications/manual-on-the-use-of-essential-palliative-care-medicines-for-adults/

Regnard, C., & Dean, M. (2022). *A guide to symptom relief in palliative care*. CRC Press.

Rickerson, E. M., & Aslakson, R. A. (2021). Palliative Care and the Anesthesiologist. *ASA Monitor, 85*(S10), 41-42. doi: 10.1097/01.ASM.0000795188.10884.dd

World Health Organization (WHO) (2016). Planning and implementing palliative care services: a guide for programme managers. https://phc.org.ua/sites/default/files/users/user90/Planning%20and%20implementing%20palliative%20care%20services.pdf

World Health Organization (WHO) (2020a). Global Atlas of Palliative Care at the End of Life. https://thewhpca.org/resources/global-atlas-of-palliative-care-2nd-ed-2020/

World Health Organization (WHO) (2020b). Palliative care. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/palliative-care

BÖLÜM 60

GÜNCELLENMİŞ ERAS PROTOKOLLERİ: CERRAHİDEN FONKSİYONEL İYİLEŞMEYE

OĞUZ UĞUR AYDIN[1]

Özet

Enhanced Recovery After Surgery (ERAS), cerrahi hastanın preoperatif hazırlığından postoperatif fonksiyonel iyileşmeye kadar uzanan süreci bütüncül olarak ele alan, kanıta dayalı ve multidisipliner bir perioperatif bakım yaklaşımıdır. Güncel ERAS anlayışı, standart protokollerin mekanik uygulanmasından çok değiştirilebilir perioperatif risklerin belirlenmesine, fizyolojik rezervin korunmasına ve bakımın, hasta ile cerrahinin özelliklerine göre bireyselleştirilmesine odaklanmaktadır. Bu bölümde preoperatif optimizasyondan intraoperatif fizyolojik yönetim ve postoperatif bakım stratejilerine kadar ERAS'ın temel bileşenleri güncel kanıtlar ve klinik uygulama perspektifiyle ele alınmaktadır.

[1] Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Şehir Hastanesi, Genel Cerrahi Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-4458-9158

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümün sonunda okuyucu:

- ERAS'ın temel fizyolojik yaklaşımını ve fonksiyonel iyileşme kavramını açıklayabilecek,
- Preoperatif değiştirilebilir riskleri tanıyabilecek ve optimizasyon stratejilerini planlayabilecek,
- Güncel açlık, nütrisyon, prehabilitasyon ve Patient Blood Management yaklaşımlarını klinik pratiğe uyarlayabilecek,
- İntraoperatif hemodinamik ve sıvı yönetimini hastanın fizyolojik gereksinimlerine göre bireyselleştirebilecek,
- Akciğer koruyucu ventilasyon, normotermi, nöromüsküler monitorizasyon ve multimodal analjezinin ERAS içindeki yerini değerlendirebilecek,
- Postoperatif beslenme, mobilizasyon, ağrı ve PONV kontrolünü fonksiyonel iyileşme hedefleriyle ilişkilendirebilecek,
- Standart ERAS ilkeleri ile hasta ve cerrahiye özgü bireyselleştirme arasındaki dengeyi kurabilecek,
- Yüksek riskli cerrahi hastasında ERAS bileşenlerini klinik gereksinimlere göre uyarlayabilecektir.

Giriş

Cerrahi başarının gerçek ölçütü yalnızca ameliyatın teknik olarak sorunsuz tamamlanması değil, hastanın cerrahi sonrasında ne kadar güvenli ve hızlı iyileştiğidir. Hastanın ameliyata hangi

fizyolojik rezervle girdiği, cerrahi stresle nasıl başa çıktığı, ameliyat sırasında fizyolojik dengenin ne ölçüde korunabildiği ve sonrasında beslenme, mobilizasyon ve günlük işlevlerine ne zaman dönebildiği iyileşmenin temel belirleyicileridir. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) yaklaşımı, perioperatif bakımın bu bütünlük içinde ele alınması gerektiği düşüncesine dayanır (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

ERAS protokollerinin temel amacı hastayı mümkün olan en kısa sürede taburcu etmek değil, cerrahinin oluşturduğu fizyolojik yükü azaltarak fonksiyonel iyileşmeyi hızlandırmaktır. ERAS başlangıçta "fast-track surgery" kavramıyla yakın ilişkilendirilmiş olsa da günümüzde bundan çok daha kapsamlı bir perioperatif bakım modeli olarak kabul edilmektedir. Hastanede kalış süresinin kısalması başarılı bir iyileşme sürecinin sonucu olabilir; ERAS'ın tek amacı veya başarı ölçütü değildir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

ERAS; preoperatif hazırlıktan taburculuğa kadar uzanan süreci, birbirinden bağımsız dönemler yerine tek bir iyileşme zinciri olarak ele alır. Ameliyat öncesinde anemi ve malnütrisyonun belirlenmesi, gereksiz uzun açlıktan kaçınılması, ameliyat sırasında hemodinamik dengenin ve normoterminin korunması, opioid gereksiniminin azaltılması, postoperatif bulantı ve kusmanın önlenmesi, erken oral alımın ve mobilizasyonun desteklenmesi aynı hedefe hizmet eden uygulamalardır (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024). Bu zincirin bir halkasındaki aksama sonraki basamakları da etkileyebilir.

ERAS'ın etkinliği tek bir müdahaleden değil, kanıta dayalı uygulamaların aynı iyileşme hedefi doğrultusunda birbiriyle uyumlu biçimde yürütülmesinden kaynaklanır. Erken mobilizasyon

hedeflenirken yetersiz analjeziye izin verilmesi, erken oral alım planlanırken bulantı ve kusmanın yeterince önlenmemesi veya bağırsak fonksiyonlarının erken geri dönmesi beklenirken gereksiz opioid ve intravenöz sıvı yükünün sürdürülmesi kendi içinde çelişkili bir bakım oluşturur. Bu nedenle ERAS, birbirinden bağımsız uygulamaların işaretlendiği bir kontrol listesinden çok, perioperatif bakımın bütününü yeniden düzenleyen bir yaklaşım olarak görülmelidir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

ERAS "daha az tedavi" değil, doğru hastaya doğru müdahalenin doğru zamanda uygulanmasıdır. Amaç sıvıyı mümkün olduğunca kısıtlamak, opioidi tamamen ortadan kaldırmak, bütün kateterleri olabildiğince erken çıkarmak veya hastayı hızla taburcu etmek değildir. Yararı olmayan ya da iyileşmeyi geciktiren uygulamalardan kaçınılırken gerekli tedavinin geciktirilmemesi gerekir. Bu nedenle standardizasyon ve bireyselleştirme ERAS içinde birbirinin karşıtı değildir: kanıta dayalı bakım ilkeleri standartlaştırılır, bu ilkelerin hastaya nasıl uygulanacağı ise hastanın özelliklerine ve cerrahinin niteliğine göre bireyselleştirilir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

Anestezi yönetimi ERAS içinde ameliyathaneyle sınırlı bir uygulama değil, postoperatif iyileşmenin önemli belirleyicilerinden biridir. Preoperatif risklerin tanınmasından intraoperatif hemodinamik yönetime, multimodal analjeziden postoperatif bulantı ve kusmanın önlenmesine, normotermiden nöromüsküler blokajın tam geri döndürülmesine kadar birçok anestezi uygulaması hastanın ameliyat sonrasındaki iyileşmesini doğrudan etkiler (Grant & Engelman, 2025; Powers et al., 2024). Bu nedenle başarılı bir anestezi yalnızca hastanın ameliyat boyunca stabil kalmasıyla değil;

sonrasında yeterli solunum yapabilmesi, ağrısının fonksiyonlarını engellememesi, oral alıma geçebilmesi ve güvenli biçimde mobilize olabilmesiyle de değerlendirilmelidir.

Modern ERAS yaklaşımının temel klinik sorusu "Protokolde ne yapmalıyım?" değil, "Bu hastanın iyileşmesini ne engelleyebilir ve bunu nasıl değiştirebilirim?" olmalıdır. Yanıt her hastada farklı olabilir. Preoperatif dönemde anemi, malnütrisyon, frailty veya yetersiz kardiyopulmoner rezerv; intraoperatif dönemde hipotansiyon, kanama, aşırı sıvı yüklenmesi, hipotermi veya yüksek opioid maruziyeti; postoperatif dönemde ise ağrı, bulantı-kusma, immobilizasyon ya da gereksiz invaziv uygulamalar iyileşmenin önündeki temel engel haline gelebilir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024). ERAS'ın klinik değeri, bu sorunları ortaya çıktıktan sonra ayrı ayrı tedavi etmekten çok, iyileşmeyi geciktirebilecek faktörleri önceden tanımak ve bütün perioperatif süreci buna göre yönetmektir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS artık "fast-track" veya erken taburculuk programı olarak değil, preoperatif hazırlıktan fonksiyonel iyileşmeye kadar uzanan, kanıta dayalı ancak hastaya ve cerrahiye göre bireyselleştirilen bütüncül bir perioperatif bakım modeli olarak değerlendirilmelidir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

ERAS'ın Fizyolojik Temeli: Bilinmesi Gerekenler

Cerrahi travma, nöroendokrin ve inflamatuvar yanıtı aktive ederek organizmada sistemik bir stres yanıtı oluşturur. Sempatik aktivasyon, kortizol ve katekolamin artışı; insülin direnci, hiperglisemi, protein katabolizması ve inflamasyonla birlikte

iyileşme sürecini etkiler. Bu yanıt cerrahinin büyüklüğü kadar hastanın fizyolojik rezervine de bağlıdır (Ivascu et al., 2024).

Perioperatif bakımın kendisi cerrahi stres yükünü artırabilir veya azaltabilir. Uzun süreli açlık, kontrolsüz ağrı, hipotermi, kan kaybı, hemodinamik bozukluk, uygunsuz sıvı tedavisi, aşırı opioid kullanımı ve immobilizasyon cerrahinin oluşturduğu fizyolojik yüke eklenebilir. ERAS'ın birçok bileşeni bu nedenle doğrudan cerrahi girişimi değil, cerrahiye eşlik eden ve değiştirilebilir stresörleri hedefler (Ivascu et al., 2024; Powers et al., 2024).

ERAS'ın amacı cerrahi stres yanıtını ortadan kaldırmak değil, fizyolojik rezerv kaybını sınırlayarak homeostazı ve fonksiyonel iyileşmeyi korumaktır. Preoperatif optimizasyon hastanın cerrahiye daha iyi rezervle girmesini; uygun anestezi ve analjezi, normotermi, hemodinamik ve sıvı yönetimi intraoperatif fizyolojik yükün azaltılmasını; erken beslenme ve mobilizasyon ise postoperatif fonksiyon kaybının sınırlandırılmasını amaçlar (Gustafsson et al., 2025; Ivascu et al., 2024; Powers et al., 2024).

Klinik olarak akılda tutulması gereken ilişki basittir: cerrahi stres + düşük fizyolojik rezerv + ek perioperatif stresörler → gecikmiş fonksiyonel iyileşme. ERAS yaklaşımının temel mantığı bu denklemin değiştirilebilir bileşenlerini hedeflemektir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Modern ERAS'ta hedef cerrahi stres yanıtını tamamen baskılamak değil, değiştirilebilir perioperatif stresörleri azaltmak ve hastanın fizyolojik rezervini koruyarak fonksiyonel iyileşmeyi desteklemektir (Gustafsson et al., 2025; Ivascu et al., 2024; Powers et al., 2024).

Preoperatif Dönem: Hastayı Cerrahiye Değil, İyileşmeye Hazırlamak

ERAS ameliyat günü değil, cerrahi kararı verildiği anda başlar. Preoperatif dönemin amacı yalnızca hastanın anestezi ve cerrahi için uygun olup olmadığını belirlemek değil, postoperatif iyileşmeyi güçleştirebilecek değiştirilebilir riskleri ameliyattan önce tanımak ve mümkün olduğunca düzeltmektir. Anemi, malnütrisyon, kötü kontrol edilen komorbiditeler, sigara ve yüksek düzeyde alkol kullanımı, düşük fiziksel kapasite ve frailty bu açıdan özellikle önemlidir (Gustafsson et al., 2025; Shander et al., 2023; Weimann et al., 2021).

Preoperatif değerlendirmede temel soru "Hasta ameliyat olabilir mi?" ile sınırlı kalmamalı, "Bu hasta ameliyata daha iyi hazırlanabilir mi?" sorusunu da içermelidir. Cerrahinin büyüklüğü ve hastanın fizyolojik rezervi birlikte değerlendirilerek yüksek riskli hastalar erken dönemde belirlenmelidir. Bu yaklaşım, gerekli optimizasyonun yapılmasına olduğu kadar postoperatif bakım düzeyinin ve kaynak gereksiniminin önceden planlanmasına da olanak sağlar (Gustafsson et al., 2025).

Anestezist açısından preoperatif değerlendirme, yalnızca anestezi riskini belirleyen bir ziyaret değil, perioperatif iyileşme planının ilk klinik basamağıdır. Hastanın kardiyopulmoner rezervinin, frailty düzeyinin, anemisinin, nütrisyonel durumunun ve kullanmakta olduğu ilaçların değerlendirilmesi; yalnızca anestezi tekniğinin seçimini değil, intraoperatif monitorizasyonun yoğunluğunu, hemodinamik hedefleri, analjezi stratejisini ve postoperatif bakım gereksinimini de şekillendirmelidir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Preoperatif değerlendirme yalnızca cerrahiye uygunluğu belirleyen bir risk değerlendirmesi değil, değiştirilebilir riskleri saptayan ve hastanın iyileşme kapasitesini artırmayı hedefleyen aktif bir optimizasyon dönemi olarak görülmelidir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

Hasta eğitimi ve beklentilerin yönetimi

Bilgilendirilmiş hasta, ERAS programının pasif alıcısı değil aktif bir parçasıdır. Hastaya ameliyat öncesinde açlık ve ilaç kullanımı kadar, ameliyat sonrasında ağrının nasıl yönetileceği, ne zaman oral alıma başlanacağı, ne zaman mobilize olmasının beklendiği ve taburculuk için hangi hedeflerin karşılanması gerektiği de anlatılmalıdır. Böylece erken beslenme ve mobilizasyon gibi uygulamalar hasta açısından beklenmedik talepler olmaktan çıkar ve planlanmış iyileşme sürecinin parçaları haline gelir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Hasta eğitimi yalnızca ameliyat öncesi bilgilendirme değildir; hastanın erken beslenme, mobilizasyon, ağrı kontrolü ve taburculuk hedeflerine aktif katılımını sağlayan bir ERAS müdahalesidir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

Değiştirilebilir risklerin optimizasyonu

ERAS'ta preoperatif optimizasyonun hedefi tüm kronik hastalıkları "normalleştirmek" değil, perioperatif riski anlamlı biçimde değiştirebilecek sorunları belirlemek ve düzeltmektir. Kardiyovasküler ve solunumsal hastalıklar, diyabet ve diğer önemli komorbiditeler cerrahinin büyüklüğü ve hastanın bireysel riskiyle birlikte değerlendirilmelidir. Gereksiz incelemeler nedeniyle cerrahiyi geciktirmek kadar, düzeltilebilir önemli bir riski yalnızca

ameliyat programına yetişmek amacıyla göz ardı etmek de uygun değildir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025).

Sigaranın bırakılması için mümkün olduğunda ameliyattan en az dört hafta önce başlanması hedeflenmelidir. Güncel ERAS önerileri sigara içen hastalarda davranışsal destek ve gerektiğinde farmakolojik desteği içeren bırakma girişimlerinin cerrahiden önce başlatılmasını desteklemektedir. En az dört hafta önce başlatılan yoğun bırakma girişimleri postoperatif komplikasyonların azaltılması açısından daha güçlü kanıtlarla desteklenmektedir (Fiddes & McCaffrey, 2025; Gustafsson et al., 2025). Yüksek miktarda alkol tüketen hastalarda da cerrahiden önce bırakma veya belirgin azaltma hedeflenmelidir (Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Preoperatif optimizasyonda yaklaşım geniş ve rutin test paketlerinden çok, sonucu değiştirebilecek risklerin erken tanınması ve hedefe yönelik olarak düzeltilmesine kaymaktadır; sigara bırakma girişimleri mümkün olduğunda cerrahiden en az dört hafta önce başlatılmalıdır (Fiddes & McCaffrey, 2025; Gustafsson et al., 2025).

Nütrisyonel değerlendirme ve destek

Malnütrisyon cerrahi hastasında yalnızca beslenme sorunu değil, iyileşme kapasitesinin azaldığını gösteren önemli bir risk belirtecidir. Özellikle büyük cerrahi planlanan hastalarda istemsiz kilo kaybı, azalmış oral alım ve malnütrisyon riski ameliyat öncesinde sorgulanmalı ve uygun bir tarama yöntemi kullanılmalıdır. Güncel ERAS ve ESPEN önerileri rutin nütrisyonel risk değerlendirmesini desteklemekte; nütrisyonel risk veya

malnütrisyon saptanan hastalarda tedavinin erken başlatılmasını önermektedir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Nütrisyon desteğinde amaç yalnızca kalori vermek değil, cerrahi stres sırasında kaybedilecek fonksiyonel rezervi korumaktır. Oral alımı mümkün olan hastada öncelik oral beslenmeye ve gerektiğinde oral nütrisyonel desteğe verilmeli; gereksinimin bu yolla karşılanamadığı hastalarda enteral veya uygun endikasyonlarda parenteral nütrisyon değerlendirilmelidir (Weimann et al., 2021). Güncel ERAS önerilerinde malnütrisyonu bulunan hastalarda cerrahi öncesi protein içeriği artırılmış nütrisyon desteği de perioperatif optimizasyonun bir parçası olarak ele alınmaktadır (Gustafsson et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Nütrisyon yönetiminde yaklaşım yalnızca belirgin malnütrisyonun tedavisinden, preoperatif nütrisyonel riskin sistematik olarak taranması ve riskli hastada desteğin cerrahiden önce başlatılmasına doğru genişlemiştir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Prehabilitasyon: cerrahi öncesi rezervi artırmak

Prehabilitasyonun temel amacı, hastanın cerrahi strese daha yüksek fizyolojik ve fonksiyonel rezervle girmesini sağlamaktır. Programlar genellikle egzersiz, nütrisyonel optimizasyon ve psikososyal desteğin farklı kombinasyonlarını içerir. Özellikle fiziksel kapasitesi düşük, frail veya yüksek riskli hastalarda ameliyata kadar geçen süre, hastanın fonksiyonel rezervini artırmak için bir fırsat olarak değerlendirilebilir (McIsaac et al., 2025; Skořepa et al., 2024).

Prehabilitasyon umut verici olmakla birlikte, güncel kanıtlar tüm cerrahi hastalarına uygulanabilecek standart bir programı

desteklememektedir. 2025 yılında yayımlanan ve 186 randomize kontrollü çalışma ile 15.684 hastayı kapsayan network meta-analizde egzersiz, nütrisyon ve multimodal programların komplikasyonları azaltma, hastanede kalış süresini kısaltma ve fiziksel iyileşmeyi destekleme yönünde yarar sağlayabileceği gösterilmiştir; ancak çalışmalar arasındaki heterojenlik, yanlılık riski ve kesinlik sorunları nedeniyle birçok sonuç için kanıt düzeyi düşük veya çok düşüktür (McIsaac et al., 2025). Benzer şekilde 2025 ERAS Society kılavuzu, fonksiyonel kapasite, komplikasyonlar ve hastanede kalış süresine ilişkin sonuçların çelişkili olması nedeniyle belirli bir prehabilitasyon rejimi için öneride bulunmamaktadır (Gustafsson et al., 2025).

Prehabilitasyonun değeri özellikle frail ve yüksek riskli hastalarda daha belirgin olabilir. Büyük abdominal cerrahi geçiren frail ve yüksek riskli 3.339 hastayı değerlendiren 2024 tarihli sistematik derleme ve meta-analizde prehabilitasyon; hastanede kalış süresinde yaklaşık bir günlük azalma, ciddi postoperatif komplikasyonlarda azalma ve preoperatif fonksiyonel kapasitede artış ile ilişkili bulunmuştur (Skořepa et al., 2024). Bu bulgular prehabilitasyonun herkese aynı biçimde uygulanmasından çok, yarar görme olasılığı yüksek hastaların seçilmesinin önemini desteklemektedir.

Prehabilitasyon cerrahiyi gereksiz yere geciktiren bir hedefe dönüşmemelidir. Programın içeriği ve süresi; hastanın frailty düzeyi, fiziksel ve nütrisyonel durumu, cerrahinin büyüklüğü ve ameliyata kadar mevcut süre dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Gustafsson et al., 2025; McIsaac et al., 2025; Skořepa et al., 2024).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Prehabilitasyon her hastaya uygulanması gereken standart bir ERAS bileşeni olarak değil,

özellikle fizyolojik rezervi düşük ve yüksek riskli hastalarda bireyselleştirilmesi gereken bir optimizasyon stratejisi olarak değerlendirilmelidir (Gustafsson et al., 2025; McIsaac et al., 2025; Skořepa et al., 2024).

Preoperatif açlık: uzun açlık yerine güvenli ve kısa açlık

Güncel ERAS yaklaşımında "gece yarısından sonra hiçbir şey yiyip içmeme" şeklindeki rutin uygulamanın yeri yoktur. Aspirasyon açısından özel risk taşımayan elektif cerrahi hastalarında berrak sıvıların anestezi başlangıcından 2 saat, katı gıdaların ise 6 saat öncesine kadar alınabilmesi önerilmektedir (Gustafsson et al., 2025; Joshi et al., 2023; Weimann et al., 2021). Bu yaklaşım, özellikle ameliyatı günün ilerleyen saatlerinde planlanan hastalarda gereksiz yere uzayan açlık ve susuzluğu önler.

Kısa açlık protokolünün temel amacı aspirasyon güvenliğinden ödün vermek değil, gereksiz açlığı ortadan kaldırmaktır. Berrak sıvıların anesteziden 2 saat öncesine kadar alınmasına izin verilmesi uzun süreli açlıkla karşılaştırıldığında aspirasyon veya regürjitasyon riskinde artışla ilişkilendirilmemiştir (Joshi et al., 2023; Weimann et al., 2021). Bununla birlikte gastrointestinal obstrüksiyon, belirgin gastroparezi veya gastrik boşalmanın geciktiği diğer durumlar gibi aspirasyon riskinin arttığı hastalarda standart ERAS açlık önerileri otomatik olarak uygulanmamalıdır (Joshi et al., 2023; Weimann et al., 2021).

Güncellenmiş ERAS mesajı: "Gece yarısından sonra NPO" şeklindeki rutin yaklaşımdan uzaklaşılmalı; amaç hastayı mümkün olduğunca uzun süre aç bırakmak değil, aspirasyon açısından güvenli olan en kısa açlık süresini uygulamak olmalıdır (Gustafsson et al., 2025; Joshi et al., 2023; Weimann et al., 2021).

Preoperatif karbonhidrat yüklemesi: artık her hastada rutin mi?

Preoperatif karbonhidrat yüklemesi klasik ERAS protokollerinin karakteristik bileşenlerinden biri olmakla birlikte, güncel kılavuzlarda artık her hastaya uygulanması gereken vazgeçilmez bir uygulama olarak değerlendirilmemektedir. Karbonhidrat içeren berrak içeceklerin cerrahi öncesinde verilmesinin temel fizyolojik gerekçesi, hastayı uzun süreli açlık durumundan çıkarmak, insülin yanıtını uyarmak, postoperatif insülin direncini azaltmak ve hasta konforunu artırmaktır (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

2025 ERAS güncellemesindeki önemli değişiklik, karbonhidrat yüklemesine verilen önerinin zayıflatılmış olmasıdır. Güncel kolorektal ERAS kılavuzunda anesteziden 2 saat önce verilen karbonhidrat içeceğinin insülin duyarlılığını iyileştirebileceği kabul edilmekle birlikte, standart kısa açlık protokolüyle karşılaştırıldığında hasta konforu veya klinik sonuçlar açısından belirgin bir üstünlüğü gösterilememiştir. Bu nedenle preoperatif karbonhidrat yüklemesi için öneri gücü önceki ERAS yaklaşımına kıyasla azaltılmış ve zayıf öneri olarak tanımlanmıştır (Gustafsson et al., 2025).

Bununla birlikte karbonhidrat yüklemesine ilişkin kanıtlar tamamen olumsuz değildir. Majör elektif nonkardiyak cerrahiyi değerlendiren 2025 tarihli sistematik derleme ve meta-analizde 44 çalışma incelenmiş; karbonhidrat yüklemesi hastanede kalış süresinde yaklaşık yarım günlük azalma ile ilişkili bulunurken, postoperatif glukoz, insülin ve inflamatuvar yanıt açısından klinik olarak anlamlı farklılıklar gösterilememiştir (Sebestyén et al., 2025). Dolayısıyla güncel kanıt, karbonhidrat yüklemesinin tamamen terk

edilmesinden çok rutin ve evrensel kullanımının sorgulanmasını desteklemektedir.

2025 ESPEN güncellemesi de daha seçici bir yaklaşımı benimsemektedir. Özellikle majör elektif abdominal cerrahide karbonhidrat depolarının cerrahiden önce seçici olarak yenilenmesi, insülin direncini azaltmak ve hasta konforunu artırmak amacıyla önerilmektedir; uygun hastalarda spesifik karbonhidrat içecekleri ameliyattan önceki akşam ve anesteziden 2 saate kadar verilebilir (Weimann et al., 2021). Bu nedenle uygulama kararı cerrahi tipine, hastanın metabolik özelliklerine ve aspirasyon riskine göre bireyselleştirilmelidir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: "Her ERAS hastasına karbonhidrat yüklemesi" yaklaşımından, uygun hastada seçici karbonhidrat kullanımına doğru bir değişim vardır. Kısa preoperatif açlık güçlü bir ERAS ilkesi olmaya devam ederken, karbonhidrat yüklemesinin klinik yararı daha nüanslı değerlendirilmelidir (Gustafsson et al., 2025; Sebestyén et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Preoperatif anemi ve "Patient Blood Management"

Preoperatif anemi yalnızca düşük bir hemoglobin değeri değil, perioperatif rezervi ve transfüzyon gereksinimini etkileyebilecek değiştirilebilir bir risk faktörüdür. Minör girişimler dışındaki cerrahi hastalarında anemi ameliyat öncesinde taranmalı; saptandığında etiyolojisi araştırılmalı ve mümkün olduğunda tedavi edilmelidir. Preoperatif anemi artmış eritrosit transfüzyonu, morbidite ve mortalite ile ilişkilidir (Gustafsson et al., 2025; Shander et al., 2023).

Güncel yaklaşım aneminin transfüzyonla düzeltilmesinden çok, cerrahiden önce tanınması ve nedenine yönelik tedavi

edilmesini esas alır. Bu yaklaşım Patient Blood Management'ın temel bileşenlerinden biridir. Demir eksikliği anemisi bulunan cerrahi hastalarında intravenöz demir, özellikle oral tedavinin yetersiz kalacağı, tolere edilemediği veya cerrahiye kadar sürenin sınırlı olduğu durumlarda tercih edilebilir (Shander et al., 2023). Güncel ERAS önerilerinde preoperatif intravenöz demir ve seçilmiş hastalarda eritropoietin kullanımı değerlendirilebilecek seçenekler arasında yer almakla birlikte, bu müdahalelerin öneri gücü rutin anemi taraması ve nedenin düzeltilmesine ilişkin önerilerden daha düşüktür (Gustafsson et al., 2025).

"Patient Blood Management" yalnızca transfüzyon eşiğinin belirlenmesi değil, hastanın kendi kan rezervinin bütün perioperatif süreç boyunca korunmasıdır. Preoperatif aneminin düzeltilmesi bu yaklaşımın ilk basamağını oluştururken, cerrahi kan kaybının azaltılması ve gereksiz eritrosit transfüzyonundan kaçınılması intraoperatif ve postoperatif sürecin devamını oluşturur (Shander et al., 2023). Bu nedenle PBM, ERAS'tan bağımsız bir uygulama değil, fonksiyonel iyileşmeyi destekleyen perioperatif stratejinin tamamlayıcı bir parçası olarak düşünülmelidir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Preoperatif anemi yönetiminde yaklaşım, düşük hemoglobin değerinin perioperatif transfüzyonla düzeltilmesinden aneminin cerrahiden önce saptandığı, nedeninin araştırıldığı, mümkün olduğunda tedavi edildiği ve hastanın kendi kan rezervinin tüm perioperatif süreç boyunca korunduğu "Patient Blood Management" yaklaşımına kaymıştır (Gustafsson et al., 2025; Shander et al., 2023).

İntraoperatif Dönem: Fizyolojiyi Korumak

İntraoperatif ERAS'ın amacı yalnızca hastayı ameliyat boyunca stabil tutmak değil, postoperatif fonksiyonel iyileşmeyi geciktirecek fizyolojik yükü en aza indirmektir. Anestezi sırasında ortaya çıkan hipotansiyon, hipovolemi veya sıvı yüklenmesi, hipotermi, yetersiz ya da aşırı analjezi, rezidüel nöromüsküler blok ve postoperatif bulantı-kusma gibi sorunların etkileri ameliyathanede kalmaz; oral alımı, mobilizasyonu, solunum fonksiyonlarını ve sonuçta hastanın iyileşme hızını etkileyebilir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Modern ERAS yaklaşımında intraoperatif bakım tek tek anestezi ilaçlarının seçiminden çok, fizyolojik dengenin korunmasına odaklanmaktadır. Anestezik tekniğin seçimi; cerrahinin özellikleri, hastanın komorbiditeleri ve hızlı fonksiyonel iyileşme hedefi dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir. Hemodinamik stabilitenin korunması, uygun sıvı yönetimi, normotermi, etkili multimodal analjezi, postoperatif bulantı-kusmanın önlenmesi ve nöromüsküler fonksiyonun tam olarak geri kazanılması aynı iyileşme stratejisinin birbirini tamamlayan parçalarıdır (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Güncellenmiş ERAS mesajı: İntraoperatif ERAS, belirli bir anestezi tekniğinin veya ilaç kombinasyonunun uygulanmasından çok, hastanın fizyolojik dengesini koruyan ve ameliyat sonrası fonksiyonel iyileşmenin önündeki engelleri daha ameliyathanede azaltan bireyselleştirilmiş bir anestezi yaklaşımıdır (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Hemodinamik yönetim: hipotansiyonu önlemek yetmez, nedenini tedavi etmek gerekir

İntraoperatif hipotansiyonun hem şiddeti hem de süresi postoperatif organ hasarı açısından önemlidir. Güncel veriler özellikle düşük arter basıncına daha derin ve daha uzun süre maruz kalmanın akut böbrek hasarı, miyokardiyal hasar ve mortalite gibi olumsuz sonuçlarla ilişkili olduğunu göstermektedir (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024). 2024 PeriOperative Quality Initiative (POQI) konsensüsü riskli cerrahi hastalarında intraoperatif ortalama arter basıncının (MAP) ≥60 mmHg tutulmasını önermekte; 2024 AHA/ACC perioperatif kardiyovasküler kılavuzu ise nonkardiyak cerrahide miyokardiyal hasar riskini azaltmak amacıyla MAP ≥60–65 mmHg veya sistolik arter basıncı ≥90 mmHg düzeylerinin korunmasını önermektedir (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Bununla birlikte tek bir MAP değerini bütün hastalar için ideal hedef olarak kabul etmek güncel hemodinamik yaklaşımı yeterince yansıtmaz. Organ perfüzyonu yalnızca arter basıncına değil, hastanın başlangıç kan basıncına, kardiyovasküler rezervine ve venöz ya da kompartman basınçlarına da bağlıdır. Bu nedenle özellikle kronik hipertansiyonu, kardiyovasküler hastalığı veya organ perfüzyon bozukluğu açısından yüksek riski bulunan hastalarda hemodinamik hedefler klinik bağlam içinde değerlendirilmelidir (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024). Güncel kanıtlar daha yüksek MAP hedeflerinin tüm hastalara rutin olarak uygulanmasının üstünlüğünü göstermediğinden, amaç "basıncı ne kadar yükseltirsek o kadar iyi" yaklaşımı değil, zararlı hipotansiyondan kaçınırken yeterli organ perfüzyonunu sağlamaktır (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Hipotansiyon bir tanı değil, farklı fizyolojik nedenlerin ortak klinik bulgusudur. Aynı MAP düşüklüğü hipovolemi, vazodilatasyon, bradikardi veya düşük kardiyak debiden kaynaklanabilir ve bu durumların tedavileri birbirinden farklıdır (Saugel et al., 2024). Hipovolemik hastada sıvı veya kan ürünü gerekli olabilirken, anesteziye bağlı vazodilatasyonda tekrarlayan sıvı bolusları yerine vazopresör tedavisi daha uygun olabilir. Düşük kardiyak debinin temel sorun olduğu hastada ise yalnızca arter basıncını yükseltmek yeterli doku perfüzyonunu garanti etmez. Bu nedenle hipotansiyonun tedavisi monitördeki sayıyı düzeltmeye değil, altta yatan fizyolojik mekanizmayı düzeltmeye yönelik olmalıdır (Saugel et al., 2024).

Her hipotansiyon atağının sıvı bolusu ile tedavi edilmesi güncel ERAS yaklaşımıyla uyumlu değildir. Anestezi indüksiyonu, nöroaksiyel blok veya anesteziklerin vazodilatatör etkisi sonucunda gelişen hipotansiyonda intravasküler volüm eksikliği bulunmayabilir. Bu hastalara tekrarlayan sıvı verilmesi hipotansiyonun nedenini ortadan kaldırmadan pozitif sıvı dengesine ve doku ödemine yol açabilir (Saugel et al., 2024). Benzer şekilde intraoperatif oligüri de tek başına hipovolemi göstergesi kabul edilmemeli ve otomatik olarak sıvı tedavisini tetiklememelidir (Ostermann et al., 2024).

Güncellenmiş ERAS mesajı: İntraoperatif hipotansiyon yönetiminde yaklaşım “düşük kan basıncı = sıvı bolusu” anlayışından uzaklaşmıştır. Önce hipotansiyonun olası nedeni — hipovolemi, vazodilatasyon, bradikardi veya düşük kardiyak debi — değerlendirilmelidir; sıvı, vazopresör, inotrop veya kan ürünü seçimi bu fizyolojik fenotipe göre yapılmalıdır (Saugel et al., 2024).

İntraoperatif sıvı yönetimi: restriksiyondan övolemik ve bireyselleştirilmiş tedaviye

İntraoperatif sıvı tedavisinin amacı hastaya mümkün olduğunca az sıvı vermek değil, yeterli dolaşım ve doku perfüzyonunu sıvı yüklenmesine yol açmadan sürdürebilmektir. Hem hipovolemi hem de aşırı sıvı yüklenmesi postoperatif sonuçları olumsuz etkileyebilir. Yetersiz intravasküler volüm organ hipoperfüzyonuna katkıda bulunabilirken, aşırı sıvı uygulaması interstisyel ödem, pulmoner komplikasyonlar, gastrointestinal fonksiyonlarda gecikme ve cerrahi iyileşmenin bozulmasıyla ilişkili olabilir (Gustafsson et al., 2025; Ostermann et al., 2024). Bu nedenle güncel perioperatif sıvı yönetiminin temel hedefi "restriksiyon" değil, hastanın klinik durumu ve cerrahi kayıpları doğrultusunda övoleminin korunmasıdır (Ostermann et al., 2024).

Klasik ERAS protokollerindeki "restriktif" veya "near-zero balance" sıvı yaklaşımı güncel kılavuzlarda daha nüanslı hale gelmiştir. Önceki ERAS protokollerinde perioperatif sıvı fazlalığından kaçınmak amacıyla sıfıra yakın sıvı dengesi güçlü biçimde vurgulanırken, 2025 ERAS Society güncellemesi cerrahi gününde hafif pozitif sıvı dengesini hedeflemekte ve aşırı kilo artışından kaçınılmasını önermektedir (Gustafsson et al., 2025). Güncel kılavuzda sıfıra yakın dengeyi sağlayacak derecede sıvı kısıtlamasının akut böbrek hasarı ve renal replasman tedavisi riskini artırabileceğine dikkat çekilmektedir. Aynı şekilde hem aşırı yüksek hem de aşırı düşük sıvı uygulamalarının olumsuz sonuçlarla ilişkili olabileceği vurgulanmaktadır (Gustafsson et al., 2025).

Sıvı tedavisi hipotansiyonun otomatik tedavisi olarak kullanılmamalıdır. İntraoperatif arter basıncındaki düşüş her zaman intravasküler volüm eksikliğini göstermez. Anesteziye bağlı

vazodilatasyon, azalmış vasküler tonus veya miyokardiyal performanstaki değişiklikler de hipotansiyona neden olabilir. Bu durumda tekrarlayan kristalloid bolusları kan basıncını kalıcı olarak düzeltmeden pozitif sıvı dengesine yol açabilir (Ostermann et al., 2024; Saugel et al., 2024). Sıvı verilmeden önce klinik soru "Kan basıncı düşük mü?" değil, "Bu hastanın intravasküler volüm desteğine ihtiyacı ve verilen sıvıya anlamlı hemodinamik yanıt verme olasılığı var mı?" olmalıdır.

Sıvı yanıtlılığı, sıvı gereksinimi ile aynı şey değildir. Bir hastada sıvı bolusu sonrasında atım hacminin artabilecek olması, o hastaya mutlaka sıvı verilmesi gerektiği anlamına gelmez. Sıvı uygulama kararı; mevcut perfüzyon bozukluğu, intravasküler volüm durumu, devam eden kan veya sıvı kayıpları ve sıvı uygulamasının potansiyel zararı birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Ostermann et al., 2024). Bu ayrım, sıvı tedavisini monitördeki tek bir dinamik parametreyi "normalize etme" girişiminden fizyolojik gereksinime dayalı bir tedaviye dönüştürür.

Kristalloid gerektiğinde dengeli kristalloid solüsyonları çoğu perioperatif durumda uygun başlangıç seçeneğidir. Yüksek klor içeren %0,9 salin büyük miktarlarda uygulandığında hiperkloremik metabolik asidoza neden olabilir; güncel ERAS önerileri ve perioperatif konsensüsler bu nedenle özellikle anlamlı miktarda sıvı gereksinimi bulunan hastalarda dengeli kristalloidlerin kullanımını desteklemektedir (Gustafsson et al., 2025; Ostermann et al., 2024). Bununla birlikte 38 randomize kontrollü çalışma ve 3.776 hastayı kapsayan 2023 sistematik derleme ve meta-analizinde dengeli kristalloidlerin salinle karşılaştırıldığında mortalite veya renal replasman tedavisi gibi hasta açısından önemli sonlanımlar üzerindeki üstünlüğü kesin olarak gösterilememiş, ancak

postoperatif asit-baz dengesi daha iyi bulunmuştur (Vignarajah et al., 2023). Bu nedenle dengeli kristalloid tercihi güçlü fizyolojik gerekçeye sahip olmakla birlikte klinik sonlanımlar açısından kanıtın sınırları göz önünde bulundurulmalıdır.

Goal-directed fluid therapy (GDFT) artık her cerrahi hastaya rutin olarak uygulanması gereken bir ERAS bileşeni olarak görülmemelidir. Akım veya atım hacmine dayalı hemodinamik parametrelerle sıvı, vazopresör ve gerektiğinde inotrop tedavisinin yönlendirilmesi özellikle majör cerrahi geçiren ve hemodinamik bozulma riski yüksek hastalarda yararlı olabilir (Gustafsson et al., 2025; Ostermann et al., 2024). Bununla birlikte modern ERAS bakımı içinde düşük riskli ve komplikasyonsuz hastalarda rutin ileri hemodinamik monitorizasyonun ek klinik yararı daha belirsizdir. 2025 ERAS güncellemesi GDFT/GDHT'nin tüm hastalarda rutin uygulanmasını desteklememekte; hemodinamik optimizasyonun potansiyel yararının özellikle yüksek riskli hastalarda daha anlamlı olabileceğini belirtmektedir (Gustafsson et al., 2025).

Güncel sıvı yönetiminde doğru soru "Kaç mililitre sıvı vermeliyim?" değil, "Bu hastada hangi hemodinamik problemi düzeltmeye çalışıyorum?" olmalıdır. Kanama ve gerçek intravasküler volüm kaybında replasman gerekli olabilir; vazodilatasyonda vazopresör, düşük kardiyak debide uygun hastada inotropik destek, anlamlı kan kaybında ise kan ürünleri gündeme gelebilir (Ostermann et al., 2024; Saugel et al., 2024). Böylece sıvı tedavisi standart bir hızda devam eden arka plan uygulaması olmaktan çıkar ve hastanın değişen fizyolojisine göre yeniden değerlendirilen bir tedavi haline gelir.

Anestezist, ERAS'ın intraoperatif döneminde yalnızca anesteziyi uygulayan değil, cerrahi stres sırasında hastanın fizyolojik

rezervini koruyan temel perioperatif klinisyenlerden biridir. Kan basıncı ve organ perfüzyonunun korunması, uygun sıvı ve vazopresör tedavisi, akciğer koruyucu ventilasyon, normotermi, fonksiyonel iyileşmeyi destekleyen analjezi, nöromüsküler iyileşmenin doğrulanması ve PONV'nin önlenmesi; postoperatif oral alım, mobilizasyon ve bağımsız fonksiyona dönüşün daha ameliyathanede başlayan belirleyicileridir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Güncellenmiş ERAS mesajı: İntraoperatif sıvı yönetiminde yaklaşım "ne kadar az sıvı, o kadar iyi" şeklindeki restriktif anlayıştan; hipovolemi ve sıvı yüklenmesinin her ikisinden de kaçınan, övolemiyi hedefleyen ve hastanın hemodinamik fenotipine göre bireyselleştirilen sıvı tedavisine kaymıştır. Hipotansiyon otomatik olarak sıvı bolusu gerektirmez; sıvı verilmesi gerçek volüm gereksinimi ve klinik bağlamla gerekçelendirilmelidir (Gustafsson et al., 2025; Ostermann et al., 2024; Saugel et al., 2024).

Akciğer koruyucu ventilasyon: düşük tidal volümden bireyselleştirilmiş akciğer korumasına

İntraoperatif mekanik ventilasyon yalnızca gaz değişimini sağlayan destek tedavisi değil, postoperatif pulmoner iyileşmeyi etkileyebilen değiştirilebilir bir perioperatif faktördür. Genel anestezi, nöromüsküler blokaj ve cerrahi pozisyon fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltarak atelektazi gelişimini kolaylaştırabilir; yüksek tidal volümler, yüksek havayolu basınçları ve alveollerin tekrarlayan açılıp kapanması ise ventilatör ilişkili akciğer hasarına katkıda bulunabilir (Buonanno et al., 2023; Mo et al., 2024). Bu nedenle intraoperatif ventilasyonun amacı yalnızca kabul edilebilir oksijenasyon ve karbondioksit düzeylerini sağlamak değil, bunu

mümkün olduğunca düşük pulmoner mekanik yükle gerçekleştirmektir.

Akciğer koruyucu ventilasyonun en tutarlı bileşeni tidal volümün gerçek vücut ağırlığına değil, tahmini vücut ağırlığına göre sınırlandırılmasıdır. Nonkardiyak cerrahi hastalarında güncel kanıtlar yaklaşık 6–8 mL/kg predicted body weight (PBW) tidal volüm kullanılan stratejilerin yüksek tidal volüm ve sıfır PEEP içeren geleneksel ventilasyona kıyasla postoperatif pulmoner komplikasyonları azalttığını desteklemektedir (Buonanno et al., 2023; Jivraj et al., 2025; Mo et al., 2024). 2025 tarihli ve 51 randomize kontrollü çalışmayı değerlendiren network meta-analizde düşük tidal volümün farklı PEEP stratejileriyle birlikte kullanıldığı yaklaşımlar yüksek tidal volüm/sıfır PEEP ventilasyonuna göre daha düşük postoperatif pulmoner komplikasyon riskiyle ilişkili bulunmuştur (Jivraj et al., 2025).

PEEP için "ne kadar yüksek, o kadar koruyucu" şeklinde evrensel bir yaklaşım desteklenmemektedir. PEEP alveoler kollapsı ve siklik açılıp kapanmayı azaltabilir; ancak aşırı PEEP akciğer hiperinflasyonuna, venöz dönüşte azalmaya ve hemodinamik bozulmaya yol açabilir. 2023 tarihli sistematik derleme ve meta-analizde düşük tidal volüm postoperatif pulmoner komplikasyonlarda azalma ile ilişkiliyken, yüksek PEEP düşük PEEP'e göre pulmoner komplikasyonları anlamlı olarak azaltmamış ve intraoperatif kardiyovasküler komplikasyonlarda artışla ilişkili bulunmuştur (Buonanno et al., 2023). Bu nedenle sabit yüksek PEEP'in tüm hastalara uygulanması yerine hastanın solunum mekaniği, cerrahi pozisyonu, pnömoperitoneum varlığı, obezite ve hemodinamik toleransı dikkate alınmalıdır.

Güncel yaklaşım PEEP'i sabit bir sayı olarak reçete etmekten çok, mümkün olduğunda hastanın bireysel solunum mekaniğine göre ayarlamaya yönelmektedir. Driving pressure, tidal volüm ile birlikte ventilasyon sırasında akciğere uygulanan mekanik yük hakkında klinik olarak yararlı bilgi sağlayabilir. 2023 meta-analizinde driving pressure rehberli PEEP stratejileri sabit PEEP'e göre daha düşük postoperatif pulmoner komplikasyon oranlarıyla ilişkili bulunmuştur (Buonanno et al., 2023). Benzer şekilde 2024'te 58 çalışma ve 11.610 hastayı içeren network meta-analizde düşük tidal volümün bireyselleştirilmiş PEEP ve recruitment manevralarıyla birleştirildiği stratejiler postoperatif pulmoner komplikasyonların azaltılması açısından en etkili yaklaşımlar arasında yer almıştır (Mo et al., 2024). Bununla birlikte optimum bireyselleştirme yöntemi henüz kesinleşmemiştir.

Recruitment manevraları da artık bütün hastalara rutin olarak uygulanması gereken zorunlu bir akciğer koruyucu ventilasyon bileşeni olarak görülmemelidir. Recruitment manevraları gelişmiş atelektatik akciğer alanlarını yeniden açabilir; ancak uygulanan basınçlar geçici hemodinamik bozulmaya ve aşırı distansiyona neden olabilir. Güncel yaklaşım recruitment manevralarının özellikle atelektazi veya derecruitment düşünülen hastalarda, hemodinamik tolerans gözetilerek ve ardından uygun PEEP ile yeniden kollaps önlenecek şekilde kullanılmasını desteklemektedir (Ferrando et al., 2025; Mo et al., 2024). Dolayısıyla amaç her hastanın akciğerini periyodik olarak "recruit etmek" değil, recruitment gereksinimini belirlemek ve gerekli olduğunda güvenli biçimde uygulamaktır.

İntraoperatif oksijen tedavisinde hedef mümkün olan en yüksek FiO_2 değil, hipoksemiyi önleyen yeterli oksijenasyonun

sağlanmasıdır. Yüksek inspiratuvar oksijen konsantrasyonlarının rutin kullanımının postoperatif klinik sonuçları iyileştirdiğine ilişkin kanıtlar tutarlı değildir ve yüksek FiO_2 absorpsiyon atelektazisi ile oksidatif stres açısından fizyolojik dezavantajlar taşıyabilir. Yakın tarihli gözlemsel veriler de özellikle yüksek pulmoner komplikasyon riski bulunan hastalarda yüksek FiO_2 maruziyeti ile postoperatif pulmoner komplikasyonlar arasında ilişki olabileceğini düşündürmektedir (Wang et al., 2024). Bununla birlikte bu veriler nedenselliği kanıtlamadığından, güncel klinik yaklaşım hiperoksiyi agresif biçimde önlemekten çok gereksiz yüksek FiO_2 kullanımından kaçınmak ve FiO_2'yi yeterli arteriyel oksijenasyonu sağlayacak düzeye titre etmek olmalıdır.

Akciğer koruyucu ventilasyon tek bir ventilatör ayarından değil, birbirini tamamlayan ve hastaya göre uyarlanan bir stratejiden oluşur. Pratikte düşük tidal volümün PBW'ye göre ayarlanması, yeterli ancak aşırı olmayan PEEP kullanılması, driving pressure ve solunum mekaniğinin izlenmesi, recruitment manevralarının seçici uygulanması ve gereksiz hiperoksiden kaçınılması birlikte değerlendirilmelidir (Buonanno et al., 2023; Ferrando et al., 2025; Jivraj et al., 2025; Mo et al., 2024). Özellikle obezite, laparoskopik cerrahi, Trendelenburg pozisyonu veya yüksek postoperatif pulmoner komplikasyon riski gibi durumlarda ventilatör ayarlarının hastanın değişen fizyolojisine göre yeniden değerlendirilmesi gerekir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Akciğer koruyucu ventilasyon artık yalnızca "düşük tidal volüm + yüksek PEEP + rutin recruitment" şeklinde standart bir paket olarak görülmemelidir. Tidal volüm predicted body weight üzerinden yaklaşık 6–8 mL/kg düzeyinde tutulmalı; PEEP hastanın solunum mekaniği ve hemodinamik

toleransına göre bireyselleştirilmeli, recruitment manevraları seçici kullanılmalı ve gereksiz yüksek FiO_2 maruziyetinden kaçınılmalıdır (Buonanno et al., 2023; Ferrando et al., 2025; Jivraj et al., 2025; Mo et al., 2024; Wang et al., 2024).

Normoterminin korunması: ısı yönetimi konfordan fazlasıdır

Perioperatif normoterminin korunması yalnızca hasta konforuna yönelik bir uygulama değil, cerrahi iyileşmenin desteklenmesinin temel bileşenlerinden biridir. Genel ve rejyonal anestezi termoregülatuvar yanıtları baskılar; anestezi indüksiyonunu izleyen periferik vazodilatasyon ise vücut ısısının merkezden periferik dokulara yeniden dağılımına yol açarak erken intraoperatif sıcaklık düşüşünü kolaylaştırır. Perioperatif istemsiz hipotermi çoğunlukla çekirdek vücut sıcaklığının 36°C'nin altına düşmesi olarak tanımlanır ve özellikle uzun süreli, büyük cerrahilerde, yaşlı veya düşük fizyolojik rezervli hastalarda daha sık görülür (Tian et al., 2023; Uçak et al., 2024).

Güncel yaklaşım hipotermi geliştikten sonra hastayı ısıtmaktan çok, sıcaklık kaybını önceden öngörerek aktif biçimde önlemeye yönelmiştir. Çekirdek vücut sıcaklığının perioperatif süreç boyunca izlenmesi, riskli hastalarda aktif ısıtmanın erken başlatılması ve özellikle uzun cerrahilerde ısı yönetiminin planın bir parçası haline getirilmesi gerekir (Tian et al., 2023; Uçak et al., 2024). 2024 tarihli randomize kontrollü çalışmaların sistematik derleme ve meta-analizi, ameliyat öncesi aktif ısıtmanın perioperatif hipotermi insidansını azalttığını ve intraoperatif sıcaklığın korunmasını kolaylaştırdığını göstermektedir (Uçak et al., 2024).

Prewarming özellikle anestezi indüksiyonundan sonraki erken "redistribution hypothermia" dönemini azaltmak açısından

yararlı olabilir. Preoperatif dönemde kısa süreli aktif ısıtma periferik dokuların sıcaklığını artırarak merkezi ve periferik kompartmanlar arasındaki sıcaklık farkını azaltır; böylece anestezi sonrası merkezden perifere ısı transferi daha sınırlı hale gelir. Güncel meta-analizlerde prewarming uygulamasının perioperatif hipotermi riskinde anlamlı azalma sağladığı bildirilmektedir (Uçak et al., 2024). Bununla birlikte her hastada sabit süreli tek bir protokol yerine hastanın riski, cerrahi süresi ve operasyon ortamı dikkate alınmalıdır.

Aktif ısıtma yöntemleri pasif örtünmeden daha etkilidir ve cerrahinin özelliklerine göre seçilmelidir. Forced-air warming, dirençli/iletken ısıtma sistemleri ve uygun durumlarda ısıtılmış intravenöz sıvılar birlikte veya ayrı ayrı kullanılabilir. 2023 yılında laparoskopik cerrahiyi değerlendiren network meta-analiz, aktif ısıtma sistemlerinin perioperatif sıcaklığın korunmasında etkili olduğunu; farklı sistemlerin performansının uygulama bölgesi ve cerrahi koşullara göre değişebileceğini göstermiştir (Tian et al., 2023). Güncel veriler forced-air warming sistemlerinin cerrahi alan enfeksiyonunu artırdığı yönündeki endişeyi de desteklememektedir (Liu & Mehigan, 2025).

Normotermi hedefi tek bir cihaz seçmekten çok, sıcaklığı ölçmek ve ısı kaybını erken önlemek üzerine kurulmalıdır. Uzun süren cerrahilerde, büyük vücut yüzeyinin açık kaldığı durumlarda, yüksek miktarda intravenöz sıvı veya kan ürünü kullanılan hastalarda ve yaşlı/frail bireylerde risk daha yüksektir. Bu nedenle aktif ısıtma, ısıtılmış sıvı ve kan ürünleri ve uygun ameliyathane koşulları hastanın risk profiline göre bir arada kullanılmalıdır (Liu & Mehigan, 2025; Tian et al., 2023; Uçak et al., 2024).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Perioperatif ısı yönetiminde yaklaşım "hipotermi gelişirse ısıt" anlayışından, hipotermiyi önceden öngören ve aktif olarak önleyen normotermi stratejisine kaymıştır. Çekirdek sıcaklık izlenmeli, riskli hastalarda aktif ısıtma erken başlanmalı ve gerektiğinde prewarming ile desteklenmelidir (Liu & Mehigan, 2025; Tian et al., 2023; Uçak et al., 2024).

Nöromüsküler blokaj ve reversiyon: klinik değerlendirmeden kantitatif monitorizasyona

Rezidüel nöromüsküler blokaj, ERAS açısından yalnızca bir anestezi komplikasyonu değil, erken postoperatif fonksiyonel iyileşmeyi doğrudan bozabilen önlenebilir bir sorundur. Rezidüel blok üst havayolu açıklığını, faringeal kas fonksiyonunu, ventilasyonu ve etkili öksürmeyi bozabilir; hipoksemi, havayolu obstrüksiyonu ve postoperatif pulmoner komplikasyonlara katkıda bulunabilir. Bu nedenle nöromüsküler blokajın güvenli biçimde yönetilmesi, hastanın erken mobilizasyon ve oral alıma hazır hale gelmesinin de bir parçasıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023).

Klinik değerlendirme veya yalnızca subjektif periferik sinir stimülasyonu rezidüel bloğu güvenilir biçimde dışlamak için yeterli değildir. Baş kaldırma, el sıkma veya solunum hacmi gibi klinik testler ile TOF fade'in elle ya da görsel olarak değerlendirilmesi önemli derecedeki rezidüel nöromüsküler blokajı gözden kaçırabilir. 2023 ASA kılavuzu, nöromüsküler bloker kullanılan hastalarda yalnızca klinik değerlendirmeye güvenilmemesini ve kantitatif nöromüsküler monitorizasyonun subjektif değerlendirmeye tercih edilmesini güçlü biçimde önermektedir (Thilen et al., 2023). ESAIC kılavuzu da aynı yönde kantitatif monitorizasyonu önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023).

Ekstübasyon kararı kantitatif olarak doğrulanmış TOF oranı ≥0,9 üzerine kurulmalıdır. ASA ve ESAIC kılavuzları, rezidüel nöromüsküler blokajın dışlanması için ulnar sinirin uyarıldığı ve adductor pollicis yanıtının kantitatif olarak değerlendirildiği monitorizasyonu önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023). Ekstübasyondan önce TOF oranının en az 0,9 olduğunun gösterilmesi güncel güvenli nöromüsküler blok yönetiminin temel hedefidir. Bu eşik, klinik olarak "iyi görünen" hastanın nöromüsküler açıdan tamamen iyileştiğini varsayma yaklaşımının yerini almalıdır.

Reversiyon ilacı blok derinliği ve kullanılan nöromüsküler bloker dikkate alınarak seçilmelidir. ESAIC, rokuronyum veya vekuronyumla oluşturulan derin, orta ve yüzeyel nöromüsküler blokta sugammadeks kullanımını güçlü biçimde önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023). Neostigmin ise yeterli spontan iyileşmenin başladığı daha yüzeyel bloklarda uygun bir seçenek olabilir; ESAIC, neostigmin uygulanmadan önce ileri spontan iyileşmenin bulunmasını ve reversiyon sonrasında kantitatif monitorizasyonun TOF >0,9 elde edilene kadar sürdürülmesini önermektedir (Fuchs-Buder et al., 2023). ASA kılavuzu da reversiyon yönteminin blok derinliğine göre seçilmesini ve kantitatif doğrulamanın sürdürülmesini vurgulamaktadır (Fuchs-Buder et al., 2023).

Sugammadeks kullanımı kantitatif nöromüsküler monitorizasyon gereksinimini ortadan kaldırmaz. Sugammadeks aminosteroid nöromüsküler blokerlerin hızlı ve öngörülebilir reversiyonunu sağlayabilse de yanlış dozlama, beklenenden daha derin blok veya yeniden kürarizasyon gibi durumlar tamamen dışlanamaz. Güncel ASA ve ESAIC yaklaşımının ortak noktası,

reversiyon ajanından bağımsız olarak ekstübasyon öncesinde yeterli nöromüsküler iyileşmenin objektif olarak doğrulanmasıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Thilen et al., 2023). 2026'da yayımlanan değerlendirmeler de 2023 kılavuzlarının uygulanmasına rağmen kantitatif monitorizasyon kullanımının klinik pratiğe tam olarak yerleşmediğini göstermektedir (Renew et al., 2026).

Derin nöromüsküler blokajın yalnızca ERAS protokolü uygulandığı için rutin olarak sürdürülmesi için yeterli kanıt yoktur. Derin blok bazı laparoskopik işlemlerde cerrahi çalışma koşullarını iyileştirebilir ve gerektiğinde blok derinleştirilebilir; ancak 2023 ESAIC kılavuzu postoperatif ağrıyı veya perioperatif komplikasyonları azaltmak amacıyla tüm hastalarda rutin derin nöromüsküler blok uygulanmasını destekleyecek yeterli kanıt bulunmadığını belirtmektedir (Fuchs-Buder et al., 2023). Bu nedenle blok derinliği cerrahi gereksinime göre ayarlanmalı, ancak güvenli reversiyon ve objektif iyileşme doğrulaması her hastada temel hedef olmalıdır.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Nöromüsküler blok yönetiminde yaklaşım "hasta klinik olarak güçlü görünüyor, ekstübe edilebilir" anlayışından; blok derinliğini kantitatif olarak izleyen, uygun reversiyon ajanını seçen ve ekstübasyon öncesinde TOF oranının ≥0,9 olduğunu objektif olarak doğrulayan bir stratejiye kaymıştır. Sugammadeks kullanılması bile kantitatif monitorizasyon gereksinimini ortadan kaldırmaz (Fuchs-Buder et al., 2023; Renew et al., 2026; Thilen et al., 2023).

Multimodal analjezi: “opioid-free” değil, fonksiyon koruyucu “opioid-sparing” yaklaşım

ERAS’ta başarılı analjezinin hedefi ağrı skorunu sıfıra indirmek değil, hastanın solunum, öksürme, mobilizasyon ve oral alım gibi temel fonksiyonlarını sürdürebileceği düzeyde ağrı kontrolü sağlamaktır. Yetersiz analjezi sempatik ve nöroendokrin stres yanıtını artırabilir, derin solunum ve öksürmeyi engelleyebilir ve mobilizasyonu geciktirebilir; aşırı opioid kullanımı ise sedasyon, solunum depresyonu, bulantı-kusma ve gastrointestinal motilitede azalma yoluyla aynı iyileşme hedeflerini bozabilir (Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024; Z. Zhang et al., 2025). Bu nedenle ERAS açısından doğru analjezi, “en düşük ağrı skoru” ile değil, ağrı kontrolü ile fonksiyonel iyileşme arasındaki dengeyle değerlendirilmelidir.

Multimodal analjezinin temel amacı farklı mekanizmalar üzerinden etkili analjezi sağlarken opioid gereksinimini ve opioide bağlı yan etkileri azaltmaktır. Asetaminofen, uygun hastalarda nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ), lokal ve rejyonal anestezi teknikleri ve seçilmiş diğer adjuvanlar cerrahinin özelliklerine göre birlikte kullanılabilir (Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024). 2025 ERAS Society kolorektal cerrahi kılavuzu hem açık hem de minimal invaziv cerrahide multimodal analjeziyi güçlü biçimde önermekte; asetaminofen ve transversus abdominis plane (TAP) bloklarını temel seçenekler arasında göstermektedir (Gustafsson et al., 2025).

Opioid-sparing analjezi ile opioid-free anestezi aynı kavram değildir ve güncel kanıtlar opioidi tüm hastalarda tamamen ortadan kaldırmanın zorunlu bir ERAS hedefi olduğunu göstermemektedir. Opioid-free anesthesia (OFA) postoperatif bulantı-kusma gibi bazı

opioid ilişkili yan etkileri azaltabilse de postoperatif ağrı kontrolünde opioid içeren dengeli anesteziye karşı tutarlı bir üstünlük gösterilmemiştir (Ao et al., 2025; Feenstra et al., 2023; Tripodi et al., 2025). 2025 tarihli 42 randomize kontrollü çalışma ve 4.666 hastayı kapsayan network meta-analizde hiçbir OFA rejimi postoperatif ilk 24 saatte ağrı açısından opioid bazlı anesteziye anlamlı üstünlük göstermemiştir (Tripodi et al., 2025). Benzer şekilde önceki sistematik değerlendirmelerde de OFA ile postoperatif ağrı veya opioid tüketiminde klinik açıdan tutarlı üstünlük gösterilememiştir (Feenstra et al., 2023).

Opioid-free yaklaşımın potansiyel yararı özellikle PONV'nin azaltılmasında görülmekle birlikte, opioidlerin yerine kullanılan ilaçların da klinik maliyeti olabilir. Örneğin laparoskopik bariatrik cerrahide 15 randomize kontrollü çalışmayı ve 1.310 hastayı kapsayan 2025 network meta-analizinde OFA, opioid-sparing anesteziye göre PONV'yi azaltmış; ancak bradikardi riskini artırmıştır (Ao et al., 2025). Dolayısıyla opioidlerden kaçınmak uğruna yüksek doz α□-agonistleri veya diğer adjuvanlarla yeni hemodinamik ya da sedatif sorunlar oluşturmak ERAS'ın temel amacıyla bağdaşmaz.

Güncel veriler analjezik stratejide "opioid var mı, yok mu?" sorusundan çok, etkili multimodal ve rejyonal analjezinin kurulmasının önemli olduğunu göstermektedir. 2026 yılında yayımlanan ve 885 randomize çalışmayı değerlendiren network meta-analizde rejyonal anestezi içeren stratejiler postoperatif ağrı kontrolünde en yüksek sıralarda yer almış; rejyonal analjezi sağlandığında opioid-free ve opioid içeren intraoperatif yaklaşımlar arasındaki ağrı farklarının küçük olduğu görülmüştür (de Carvalho et al., 2026). Bu bulgu, opioid eliminasyonundan çok uygun hastada

etkili rejyonal analjezinin ve toplam opioid maruziyetinin azaltılmasının klinik açıdan daha anlamlı hedefler olabileceğini düşündürmektedir.

Rejyonal analjezi tek bir teknik anlamına gelmez ve seçilecek yöntem cerrahi girişime göre belirlenmelidir. Abdominal cerrahide TAP blokları, abdominal duvar blokları, intratekal analjezi ve seçilmiş hastalarda diğer fasiyal plan blokları sistemik opioid gereksinimini azaltmak amacıyla kullanılabilir (de Carvalho et al., 2026; Gustafsson et al., 2025). 2025 ERAS kolorektal cerrahi kılavuzunda TAP bloklarının postoperatif ağrı ve opioid tüketimini azaltmasına ilişkin kanıt yüksek düzeyde değerlendirilmiş ve kullanımı güçlü biçimde önerilmiştir (Gustafsson et al., 2025). Bununla birlikte her yeni fasiyal plan bloğunun birbirine veya yerleşik tekniklere üstün olduğu varsayılmamalıdır; örneğin quadratus lumborum bloklarına ilişkin güncel kanıtlar cerrahi tipine ve kullanılan tekniğe göre heterojendir (Evans et al., 2025; Gustafsson et al., 2025).

Torasik epidural analjezinin ERAS içindeki rolü minimal invaziv cerrahinin yaygınlaşmasıyla önemli ölçüde değişmiştir. 2025 ERAS güncellemesine göre torasik epidural analjezi minimal invaziv kolorektal cerrahide diğer lokorejyonal tekniklere üstün değildir, hastanede kalış süresini uzatabilir ve bu nedenle rutin olarak kullanılmamalıdır (Gustafsson et al., 2025). Güncel kılavuz minimal invaziv cerrahide epiduralden kaçınılmasını güçlü biçimde önerirken, açık kolorektal cerrahide torasik epidural analjezinin seçilmiş hastalarda düşünülebileceğini daha zayıf bir öneriyle korumaktadır (Gustafsson et al., 2025). Bu değişiklik, epidural analjezinin "ERAS'ın vazgeçilmez bileşeni" olduğu şeklindeki eski yaklaşımın artık geçerli olmadığını göstermektedir.

Nonopioid analjeziklerin de “ERAS ilacı” oldukları için otomatik olarak güvenli kabul edilmemesi gerekir. Asetaminofen uygun hastalarda multimodal analjezinin temel bileşenlerinden biridir (Gustafsson et al., 2025). NSAİİ ve COX-2 inhibitörleri opioid tüketimini azaltabilir ve gastrointestinal iyileşmeye katkıda bulunabilir; ancak renal fonksiyon, kanama riski, kardiyovasküler risk ve cerrahi prosedür dikkate alınmalıdır. Özellikle kolorektal cerrahide anastomoz kaçağına ilişkin veriler kullanılan NSAİİ türü ve cerrahi bölgeye göre farklılık göstermektedir; 2025 ERAS kılavuzu NSAİİ’leri kolon cerrahisinde desteklerken rektal cerrahide daha ihtiyatlı davranmaktadır (Gustafsson et al., 2025).

Gabapentinoidlerin rutin perioperatif kullanımı da güncel ERAS yaklaşımında sorgulanmaktadır. Opioid tüketiminde sınırlı azalma sağlayabilmelerine karşın sedasyon, baş dönmesi ve özellikle solunumsal komplikasyonlar açısından potansiyel zararları vardır. 2025 ERAS kılavuzu bu nedenle gabapentinoidlerin rutin kullanımını önermemektedir (Gustafsson et al., 2025). Benzer biçimde intravenöz lidokain bazı cerrahi hastalarında yararlı olabilir; ancak etkisinin kullanılan diğer rejyonal/lokal analjezi teknikleri ve cerrahi tipe bağlı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Gustafsson et al., 2025).

Kurtarma opioidlerinin gerektiğinde kullanılabilmesi multimodal ERAS analjezisinin başarısız olduğu anlamına gelmez. Şiddetli akut postoperatif ağrının yetersiz tedavi edilmesi mobilizasyonu, ventilasyonu ve hasta konforunu bozabilir. Bu nedenle opioid gerektiğinde en düşük etkili dozda ve klinik gereksinime göre kullanılmalı; asıl hedef hastayı “opioidsiz” bırakmak değil, opioidin toplam maruziyetini ve yan etkilerini azaltırken yeterli fonksiyonel analjeziyi korumak olmalıdır (Ao et

al., 2025; de Carvalho et al., 2026; Feenstra et al., 2023; Gustafsson et al., 2025; Tripodi et al., 2025; Z. Zhang et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS analjezisinde hedef "opioidi tamamen ortadan kaldırmak" değil, fonksiyonel iyileşmeyi sağlayan multimodal ve opioid-sparing analjezidir. Asetaminofen ve uygun rejyonal teknikler temel bileşenlerdir; opioid gerektiğinde kurtarma analjezisi olarak kullanılabilir. Torasik epidural artık minimal invaziv kolorektal cerrahide rutin bir ERAS bileşeni değildir; açık cerrahide ise hastaya ve girişime göre seçici olarak değerlendirilebilir (Ao et al., 2025; de Carvalho et al., 2026; Evans et al., 2025; Feenstra et al., 2023; Gustafsson et al., 2025; Tripodi et al., 2025; Z. Zhang et al., 2025).

Postoperatif bulantı ve kusmanın önlenmesi: kurtarma tedavisinden multimodal profilaksiye

Postoperatif bulantı ve kusma (PONV), yalnızca hasta konforunu bozan bir yan etki değil, ERAS hedeflerinin birçoğunu aynı anda aksatabilen önemli bir perioperatif sorundur. Bulantı ve kusma oral sıvı ve besin alımını geciktirebilir, mobilizasyonu güçleştirebilir, kurtarma ilaçlarına ve intravenöz sıvı tedavisine gereksinimi artırabilir ve taburculuğu geciktirebilir. Bu nedenle PONV'nin önlenmesi, erken oral alım ve fonksiyonel iyileşmenin sağlanması açısından ERAS programlarının temel bileşenlerinden biridir (Gan et al., 2026; Gustafsson et al., 2025).

Güncel PONV yönetiminin temel değişimi, semptom ortaya çıktıktan sonra tedavi etmekten risk azaltma ve multimodal profilaksiye geçiştir. 2025 Fifth Consensus Guidelines, PONV yönetimini risk değerlendirmesi, değiştirilebilir risklerin azaltılması, profilaksi ve gerektiğinde uygun kurtarma tedavisinden oluşan

bütüncül bir algoritma olarak ele almaktadır (Gan et al., 2026). Çoğu erişkin cerrahi hastasının en az bir PONV risk faktörü taşıması nedeniyle güncel konsensüs, yalnızca yüksek riskli hastalara profilaksi verilmesi yerine erişkinlerde genel multimodal PONV profilaksisini desteklemektedir (Gan et al., 2026).

PONV riski değerlendirilirken hasta özellikleri kadar anestezi ve cerrahiye bağlı faktörler de dikkate alınmalıdır. Erişkinlerde kadın cinsiyet, PONV veya hareket hastalığı öyküsü, sigara içmeme ve postoperatif opioid kullanımı iyi tanımlanmış temel risk faktörleri olmaya devam etmektedir (Gan et al., 2026). Risk faktörlerinin sayısı arttıkça PONV olasılığı belirgin olarak yükselir. Bununla birlikte güncel yaklaşım risk skorunu profilaksi verilip verilmeyeceğini belirleyen katı bir eşik olarak değil, profilaksinin yoğunluğunu ve ek risk azaltıcı müdahaleleri yönlendiren bir araç olarak kullanmaktadır (Gan et al., 2026).

PONV profilaksisi yalnızca antiemetik ilaç vermekten ibaret değildir; başlangıç riskini azaltan anestezi stratejileri de tedavinin parçasıdır. Uygun hastalarda propofol bazlı total intravenöz anestezi, opioid gereksiniminin azaltılması, rejyonal analjezi tekniklerinin kullanılması ve yeterli hidrasyon PONV riskini azaltabilecek perioperatif stratejiler arasında yer almaktadır (Gan et al., 2026). Bu yaklaşım ERAS'ın diğer bileşenleriyle de doğrudan örtüşür: opioid-sparing analjezi yalnızca gastrointestinal motilite ve solunum fonksiyonları için değil, PONV'nin azaltılması açısından da yarar sağlayabilir (Gan et al., 2026; Gustafsson et al., 2025).

Multimodal profilakside farklı etki mekanizmalarına sahip antiemetiklerin birlikte kullanılması monoterapiden daha etkilidir. Güncel konsensüs erişkinlerde genel multimodal PONV profilaksisini sürdürmekte ve kombinasyon tedavisinin tek ajan

kullanımına göre daha etkili olduğuna ilişkin güçlü kanıt bulunduğunu belirtmektedir (Gan et al., 2026). Deksametazon ile bir 5-HT_3 reseptör antagonistinin kombinasyonu en iyi desteklenen seçeneklerden biridir; klinik duruma ve risk düzeyine göre NK_1 reseptör antagonistleri, dopamin antagonistleri veya diğer antiemetik sınıflar tedaviye eklenebilir (Gan et al., 2026). 2025 ERAS kolorektal cerrahi kılavuzu da deksametazon, ondansetron, granisetron, ramosetron ve aprepitant gibi ajanlarla PONV profilaksisini yüksek kanıt düzeyiyle güçlü biçimde önermektedir (Gustafsson et al., 2025).

Yüksek PONV riskinde yalnızca daha fazla antiemetik eklemek yerine değiştirilebilir temel risklerin de mümkün olduğunca azaltılması gerekir. Güncel konsensüs özellikle üç veya daha fazla risk faktörü bulunan hastalarda üç veya daha fazla profilaktik ilacın kullanımına ilişkin doğrudan klinik kanıtın sınırlı olduğuna dikkat çekmektedir (Gan et al., 2026). Bu nedenle yüksek riskli hastada yaklaşım yalnızca antiemetik sayısını artırmak değil; opioid maruziyetini azaltmak, uygun olduğunda propofol bazlı TIVA kullanmak, yeterli hidrasyonu sağlamak ve rejyonal analjezi gibi risk azaltıcı stratejileri de devreye sokmak olmalıdır (Gan et al., 2026).

Deksametazonun PONV profilaksisindeki yeri korunurken, perioperatif hiperglisemi olasılığı klinik bağlam içinde değerlendirilmelidir. Güncel konsensüs deksametazonun profilaktik etkinliğini desteklemekte; mevcut kanıtların tek doz perioperatif kullanım sonrası ortaya çıkabilecek geçici hipergliseminin yara iyileşmesinde bozulma ile ilişkili olduğunu göstermediğini belirtmektedir (Gan et al., 2026). Bununla birlikte özellikle diyabetli veya glisemik kontrolü bozuk hastalarda kan şekeri takibi bireyselleştirilmelidir.

Profilaksiye rağmen PONV gelişirse aynı ilacı refleks olarak tekrar etmek yerine farklı farmakolojik sınıftan bir kurtarma ajanı seçilmelidir. 2025 konsensüsü, profilakside kullanılan ajanlardan farklı bir sınıfla rescue tedavisi uygulanmasını önermektedir (Gan et al., 2026). Özellikle kısa süre içinde aynı 5-HT3 antagonistinin tekrar verilmesinin ek yararı sınırlıdır. Alternatif bulunmadığında ve ilk uygulamanın üzerinden altı saatten fazla süre geçtiğinde kısa etkili 5-HT_3 antagonistlerinin veya butirofenonların yeniden uygulanması düşünülebilir; aprepitant, fosaprepitant ve palonosetron gibi uzun etkili ajanların erken dönemde tekrar dozlanmasından kaçınılmalıdır (Gan et al., 2026).

Amisulprid güncel PONV algoritmalarında özellikle kurtarma tedavisi açısından daha görünür hale gelmiştir. Güncel konsensüs intravenöz amisulpridin 5 mg dozda profilaksi için etkili olduğunu, 10 mg dozun ise özellikle daha önce antidopaminerjik olmayan profilaksi uygulanmış hastalarda kurtarma tedavisinde kullanılabileceğini belirtmektedir (Gan et al., 2026). Bu örnek, modern PONV yönetiminde yalnızca ondansetron ve deksametazon ekseninden daha geniş, mekanizma temelli antiemetik seçeneklere doğru gelişen yaklaşımı göstermektedir.

PONV yönetimi ameliyathaneden veya derlenme ünitesinden çıkışla sona ermez. Özellikle günübirlik cerrahi hastalarında post-discharge nausea and vomiting (PDNV), hastanın evde oral alımını ve iyileşmesini önemli ölçüde etkileyebilir. Güncel konsensüs PDNV açısından yüksek riskli hastalarda taburculuk öncesinde uzun etkili antiemetik profilaksinin değerlendirilmesini önermektedir (Gan et al., 2026). Böylece ERAS'ın fonksiyonel iyileşme hedefi hastane dışındaki erken postoperatif döneme de taşınmış olur.

Güncellenmiş ERAS mesajı: PONV yönetiminde yaklaşım "bulantı-kusma gelişirse antiemetik ver" anlayışından; risk değerlendirmesi, başlangıç riskini azaltan anestezi stratejileri ve farklı mekanizmalardan multimodal profilaksi içeren proaktif bir modele kaymıştır. Çoğu erişkin cerrahi hastasında multimodal profilaksi düşünülmeli; profilaksi başarısız olduğunda kurtarma tedavisi mümkün olduğunca daha önce kullanılmamış farklı bir farmakolojik sınıftan seçilmelidir (Gan et al., 2026; Gustafsson et al., 2025).

İntraoperatif ERAS: ameliyathanede ne yapmalıyım?

İntraoperatif ERAS'ın pratik karşılığı, tek tek protokol maddelerini uygulamaktan çok hastanın fizyolojisini koruyarak postoperatif fonksiyonel iyileşmenin önündeki engelleri ameliyathanede azaltmaktır. Anestezi yönetimi boyunca hemodinami, sıvı dengesi, ventilasyon, sıcaklık, nöromüsküler blokaj, analjezi ve PONV birbirinden bağımsız hedefler olarak değil, aynı iyileşme sürecinin parçaları olarak değerlendirilmelidir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Ameliyathanede 7 adımlı ERAS yaklaşımı

1. Hipotansiyonu yalnızca düzeltmeyin, nedenini belirleyin.

Riskli hastalarda intraoperatif MAP'nin genel olarak ≥60–65 mmHg düzeyinde tutulması hedeflenmeli, ancak kan basıncı hedefi hastanın başlangıç basıncı, komorbiditeleri ve perfüzyon gereksinimine göre bireyselleştirilmelidir. Hipotansiyon geliştiğinde hipovolemi, vazodilatasyon, bradikardi ve düşük kardiyak debi ayrımı yapılmalı; tedavi buna göre sıvı, vazopresör, inotrop veya gerektiğinde kan ürünü olarak seçilmelidir (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

2. Sıvıyı kan basıncı için değil, volüm gereksinimi için verin.

Amaç “restriktif sıvı” değil, övoleminin korunmasıdır. Gereksiz pozitif sıvı dengesinden kaçınılmalı, ancak renal ve sistemik perfüzyonu bozabilecek aşırı sıvı kısıtlaması da yapılmamalıdır. Uygun hastalarda dengeli kristalloidler tercih edilmeli; oligüri veya hipotansiyon tek başına sıvı bolusu endikasyonu kabul edilmemelidir. Sıvı yanıtlılığı da tek başına “bu hastaya sıvı verilmelidir” anlamına gelmez (Gustafsson et al., 2025; Ostermann et al., 2024; Saugel et al., 2024; Vignarajah et al., 2023).

3. Ventilatörü hastanın akciğerini koruyacak şekilde ayarlayın.

Tidal volüm gerçek vücut ağırlığına değil predicted body weight’e göre yaklaşık 6–8 mL/kg olarak ayarlanmalı; PEEP için tüm hastalara uygulanacak sabit yüksek bir değer yerine solunum mekaniği, driving pressure, cerrahi pozisyon, pnömoperitoneum ve hemodinamik tolerans dikkate alınmalıdır. Recruitment manevraları rutin değil seçici uygulanmalı, hipoksemiyi önlemek için gerekli olandan daha yüksek FiO_2 kullanımından kaçınılmalıdır (Buonanno et al., 2023; Ferrando et al., 2025; Jivraj et al., 2025; Mo et al., 2024; Wang et al., 2024).

4. Hipotermiyi geliştikten sonra tedavi etmek yerine gelişmesini önleyin.

Özellikle uzun cerrahi, yaşlı/frail hasta, geniş cerrahi alan veya yüksek miktarda sıvı ve kan ürünü kullanımında çekirdek sıcaklık izlenmeli ve ≥36°C normotermi hedeflenmelidir. Riskli hastalarda aktif ısıtma erken başlanmalı; gerektiğinde prewarming

ve sıvı/kan ürünlerinin ısıtılması kullanılmalıdır (Liu & Mehigan, 2025; Tian et al., 2023; Uçak et al., 2024).

5. Ekstübasyon öncesinde nöromüsküler iyileşmeyi tahmin etmeyin, ölçün.

Baş kaldırma, el sıkma veya subjektif TOF değerlendirmesi rezidüel bloğu güvenilir biçimde dışlamaz. Nöromüsküler bloker kullanılan hastalarda mümkün olduğunda kantitatif nöromüsküler monitorizasyon kullanılmalı ve ekstübasyondan önce adductor pollicis düzeyinde TOF oranının ≥0,9 olduğu objektif olarak doğrulanmalıdır. Reversiyon ajanı blok derinliğine ve kullanılan nöromüsküler blokere göre seçilmeli; sugammadeks kullanılması monitorizasyon gereksinimini ortadan kaldırmamalıdır (Fuchs-Buder et al., 2023; Renew et al., 2026; Thilen et al., 2023).

6. Ağrı skorunu değil, fonksiyonel analjeziyi hedefleyin.

Analjezi planı multimodal ve opioid-sparing olmalıdır. Asetaminofen, uygun hastada NSAİİ/COX-2 inhibitörleri ve cerrahiye uygun rejyonal teknikler birlikte değerlendirilmeli; opioid gerektiğinde en düşük etkili dozda kurtarma analjezisi olarak kullanılmalıdır. "Opioid-free" olmak kendi başına ERAS hedefi değildir. Minimal invaziv kolorektal cerrahide torasik epidural rutin kullanılmamalı; açık cerrahide ise seçilmiş hastalarda düşünülebilir (Ao et al., 2025; de Carvalho et al., 2026; Evans et al., 2025; Feenstra et al., 2023; Gustafsson et al., 2025; Tripodi et al., 2025).

7. PONV gelişmesini beklemeyin, riskini ameliyathanede azaltın.

PONV riski preoperatif olarak değerlendirilerek multimodal profilaksi planlanmalı; uygun hastalarda opioid tüketiminin azaltılması, propofol bazlı TIVA ve yeterli hidrasyon gibi başlangıç

riskini azaltan stratejiler kullanılmalıdır. Antiemetik profilakside farklı mekanizmalara sahip ajanlar birlikte tercih edilmeli; profilaksiye rağmen PONV gelişirse kurtarma tedavisinde mümkün olduğunca daha önce kullanılmamış farklı bir farmakolojik sınıf seçilmelidir (Gan et al., 2026; Gustafsson et al., 2025;).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Modern intraoperatif ERAS "daha az sıvı, daha az opioid, daha hızlı ekstübasyon" gibi tekil hedeflerin toplamı değildir. Güncel yaklaşım; hipotansiyonun nedenini tedavi eden, övolemiyi koruyan, ventilasyonu bireyselleştiren, hipotermiyi önleyen, nöromüsküler iyileşmeyi objektif olarak doğrulayan, fonksiyon koruyucu multimodal analjezi sağlayan ve PONV'yi proaktif olarak önleyen fizyoloji temelli bir anestezi yönetimidir (Ao et al., 2025; Buonanno et al., 2023; de Carvalho et al., 2026; Evans et al., 2025; Feenstra et al., 2023; Ferrando et al., 2025; Fuchs-Buder et al., 2023; Gan et al., 2026; Gustafsson et al., 2025; Jivraj et al., 2025; Liu & Mehigan, 2025; Mo et al., 2024; Ostermann et al., 2024; Renew et al., 2026; Saugel et al., 2024; Thilen et al., 2023; Thompson et al., 2024; Tian et al., 2023; Tripodi et al., 2025; Uçak et al., 2024; Vignarajah et al., 2023; Wang et al., 2024; Z. Zhang et al., 2025).

Postoperatif Dönem: Fonksiyonel İyileşmeyi Hızlandırmak

Postoperatif ERAS'ın temel hedefi hastayı mümkün olan en kısa sürede hastaneden çıkarmak değil, normal fizyolojik ve fonksiyonel aktivitelerini güvenli biçimde yeniden kazanmasını sağlamaktır. Cerrahi sonrasında oral beslenme, mobilizasyon, ağrı kontrolü, gastrointestinal fonksiyon, sıvı dengesi ve bağımsız günlük yaşam aktiviteleri birbirinden ayrı sonlanımlar değildir; birlikte hastanın fonksiyonel iyileşmesini belirler (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021). Bu nedenle modern ERAS'ta postoperatif

bakım, komplikasyon gelişmesini bekleyen pasif bir izlem döneminden çok normal fizyolojiye dönüşü aktif olarak destekleyen bir süreç olarak ele alınmalıdır.

Fonksiyonel iyileşme, postoperatif bakım kararlarının ortak hedefi olmalıdır. Gereksiz intravenöz sıvılar, üriner kateterler, nazogastrik tüpler ve drenler hastayı yatağa bağlayabilir; aşırı opioid kullanımı mobilizasyonu ve gastrointestinal fonksiyonu bozabilir; bulantı-kusma oral alımı geciktirebilir ve yetersiz beslenme kas kaybını hızlandırabilir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021). ERAS'ın postoperatif bileşenleri bu nedenle tek tek uygulanacak görevlerden çok birbirini destekleyen bir iyileşme sistemi olarak düşünülmelidir.

Anestezistin ERAS içindeki sorumluluğu ekstübasyonla sona ermez; postanestezi bakım ünitesi (PACU), intraoperatif fizyolojik yönetim ile postoperatif fonksiyonel iyileşme arasındaki kritik geçiş dönemidir. PACU'da rezidüel nöromüsküler blok, yetersiz veya aşırı analjezi, postoperatif bulantı-kusma, hipotermi, hipoksemi, hemodinamik instabilite ve aşırı sedasyon sistematik olarak değerlendirilmelidir. Bu sorunların erken tanınması ve düzeltilmesi yalnızca güvenli PACU taburculuğunu sağlamak için değil; hastanın etkili solunum ve öksürmesini, oral alıma başlamasını, erken mobilizasyonunu ve sonraki ERAS hedeflerine ulaşmasını kolaylaştırmak açısından da önemlidir (Fuchs-Buder et al., 2023; Gan et al., 2026; Gustafsson et al., 2025; Thilen et al., 2023;).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Postoperatif ERAS'ın hedefi "komplikasyon gelişmeden taburcu etmek" değil, oral beslenme, mobilizasyon, ağrı kontrolü ve bağımsızlığın birlikte yeniden kazanıldığı fonksiyonel iyileşmeyi aktif olarak hızlandırmaktır (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Erken oral beslenme: bağırsak seslerini beklemekten beslenmeyi aktif olarak başlatmaya

Güncel ERAS yaklaşımında oral beslenmenin başlaması için bağırsak seslerinin duyulması, gaz çıkarılması veya dışkılama beklenmemelidir. Geleneksel postoperatif bakımda gastrointestinal cerrahi sonrasında oral alım çoğunlukla bağırsak fonksiyonlarının klinik olarak geri döndüğü düşünülene kadar ertelenirken, güncel yaklaşım bilinçli, hemodinamik olarak stabil ve oral alıma engel cerrahi bir durum bulunmayan hastalarda beslenmenin mümkün olduğunca erken yeniden başlatılmasını desteklemektedir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Erken oral veya enteral beslenme gastrointestinal iyileşmeyi geciktirmek yerine hızlandırabilir. 2024 yılında yayımlanan ve 34 randomize çalışmayı değerlendiren sistematik derleme ve meta-analizde erken oral beslenme ilk dışkılama zamanını yaklaşık 1 gün, ilk gaz çıkarma zamanını yaklaşık 0,7 gün kısaltmış; komplikasyon riskini azaltmış ve hastanede kalış süresini yaklaşık 1,3 gün kısaltmıştır (Canzan et al., 2024). Erken beslenme kusma riskinde anlamlı artışla ilişkili bulunmamıştır (Canzan et al., 2024). Bu bulgular, cerrahi sonrasında gastrointestinal sistemi "dinlendirmenin" iyileşme için gerekli olduğu şeklindeki geleneksel yaklaşımı desteklememektedir.

2025 ESPEN güncellemesi oral veya tüple beslenmenin uygun hastalarda ameliyattan sonraki ilk saatler içinde başlatılmasını güçlü biçimde önermektedir. Hasta bilinçli, hemodinamik olarak stabil ve oral alımı engelleyen klinik bir durum yoksa oral beslenme çoğu cerrahi girişim sonrasında erken dönemde yeniden başlanabilir (Weimann et al., 2021). Oral alımla gereksinimini karşılayamayan hastalarda enteral beslenmenin ilk 24 saat içinde başlanması

özellikle malnütrisyonu bulunan veya önümüzdeki günlerde enerji ve protein gereksiniminin %50'sinden azını karşılaması beklenen hastalarda önemlidir (Weimann et al., 2021).

Erken beslenme "her hastaya aynı hızda tam diyet" anlamına gelmez. Diyetin içeriği ve ilerleme hızı cerrahinin tipi, gastrointestinal fonksiyon ve hastanın toleransına göre bireyselleştirilmelidir (Weimann et al., 2021). Özellikle üst gastrointestinal cerrahi, gecikmiş gastrik boşalma riski, postoperatif ileus veya ileri yaş gibi durumlarda tolerans daha yakından değerlendirilmelidir. Bulantı, kusma veya intolerans gelişmesi erken beslenme ilkesini geçersiz kılmaz; hastanın nedeninin değerlendirilmesini ve beslenme stratejisinin yeniden düzenlenmesini gerektirir (Weimann et al., 2021).

Postoperatif nütrisyonun başarısı yalnızca "hasta yemek yiyor" şeklinde değerlendirilmemeli, gerçek enerji ve özellikle protein alımı izlenmelidir. 2025 ERAS kılavuzu oral alımın ameliyattan sonraki saatler içinde başlatılmasını, erken dönemde oral nütrisyonel desteklerin kullanılmasını ve yetersiz alım riski bulunan hastaların aktif olarak belirlenmesini önermektedir (Gustafsson et al., 2025). Malnütrisyonu bulunan hastalarda nütrisyonel destek taburculuk sonrasında da sürdürülmelidir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Postoperatif beslenmede yaklaşım "bağırsak sesleri veya gaz çıkışı başlayana kadar NPO" anlayışından, bilinçli ve hemodinamik olarak stabil hastada toleransa göre ilk saatlerden itibaren oral beslenmenin yeniden başlatılmasına kaymıştır. Erken beslenme bir komplikasyon nedeni olarak değil, fonksiyonel gastrointestinal iyileşmenin parçası olarak görülmelidir (Canzan et al., 2024; Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Erken mobilizasyon: genel bir öneriden ölçülebilir fonksiyonel hedefe

Erken mobilizasyon ERAS'ın temel ilkelerinden biri olmakla birlikte, "hastayı erken kaldırın" şeklindeki belirsiz öneri tek başına yeterli değildir. Yatak istirahati kas gücü kaybı, insülin direnci, pulmoner fonksiyonlarda bozulma ve tromboembolik risk gibi istenmeyen sonuçlara katkıda bulunabilir. Bu nedenle mobilizasyon mümkün olduğunca ameliyat günü başlamalı ve sonraki günlerde ölçülebilir fonksiyonel hedeflerle sürdürülmelidir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Erken mobilizasyonun fizyolojik gerekçesi güçlü olmakla birlikte, tek başına klinik sonlanımları iyileştirdiğine ilişkin kanıt sanıldığından daha sınırlıdır. Gastrointestinal cerrahi sonrasında erken mobilizasyonu değerlendiren 2023 sistematik derleme ve meta-analiz, erken mobilizasyonun bağımsız etkisine ilişkin çalışmaların heterojen olduğunu ve komplikasyonlar veya hastanede kalış süresi üzerindeki etkisinin kesin olarak gösterilemediğini ortaya koymuştur (Willner et al., 2023). Bu nedenle erken mobilizasyonun yararı konusunda kanıt ile klinik mantık birbirinden ayrılmalıdır.

2025 ERAS güncellemesi kanıtın sınırlılığını kabul etmekle birlikte erken mobilizasyonu güçlü biçimde önermeye devam etmektedir. Mobilizasyonun ideal olarak ameliyat günü başlaması; başlangıçta oturma ve ardından yatak dışına çıkma şeklinde ilerlemesi önerilmektedir (Gustafsson et al., 2025). Postoperatif birinci günden taburculuğa kadar toplam mobilizasyon süresinin günde en az yaklaşık 3 saat olması önerilmektedir; bununla birlikte bu hedefi destekleyen kanıtın fonksiyonel kapasite ve

komplikasyonlar açısından düşük veya çok düşük düzeyde olduğu açıkça belirtilmektedir (Gustafsson et al., 2025).

Mobilizasyonun önündeki engeller tek tek belirlenip düzeltilmelidir. Ağrı, ortostatik hipotansiyon, bulantı, sedasyon, gereksiz intravenöz hatlar, üriner kateterler ve hastanın hareket etme korkusu erken mobilizasyonu engelleyebilir. Bu nedenle "mobilize olsun" şeklindeki talimat yerine "Bu hastanın bugün yataktan çıkmasını ne engelliyor?" sorusu sorulmalıdır. Analjezi, PONV profilaksisi, sıvı yönetimi ve gereksiz kateterlerin kaldırılması bu açıdan mobilizasyon stratejisinin parçalarıdır (Gustafsson et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Erken mobilizasyon artık belirsiz bir "hastayı mümkün olduğunca erken kaldırın" önerisi olarak değil, ameliyat günü başlayan ve postoperatif dönemde ölçülebilir hedeflerle sürdürülen fonksiyonel bir müdahale olarak görülmelidir. Bununla birlikte spesifik mobilizasyon hedeflerini destekleyen kanıtın sınırlı olduğu unutulmamalıdır (Gustafsson et al., 2025; Willner et al., 2023).

İntravenöz sıvıların erken kesilmesi: serum takmaktan oral hidratasyona

Postoperatif intravenöz sıvı tedavisi rutin olarak devam ettirilmesi gereken bir uygulama değil, devam eden bir endikasyonu olup olmadığı düzenli olarak sorgulanması gereken bir tedavidir. Hemodinamik olarak stabil ve yeterli oral sıvı alabilen hastada intravenöz sıvıların gereksiz sürdürülmesi pozitif sıvı dengesi, interstisyel ödem ve gastrointestinal iyileşmede gecikmeye katkıda bulunabilir (Gustafsson et al., 2025; Irani et al., 2023). Buna karşılık

aşırı sıvı kısıtlaması da hipovolemi ve organ hipoperfüzyonuna yol açabilir; dolayısıyla amaç yine “az sıvı” değil, uygun sıvı dengesidir.

Oral alım yeterli hale geldiğinde bakım sıvılarının erken sonlandırılması ERAS’ın fonksiyonel iyileşme hedefiyle uyumludur. 2022 ASCRS/SAGES kılavuzu, cerrahi komplikasyon veya hemodinamik instabilite bulunmadığında intravenöz sıvıların erken postoperatif dönemde rutin olarak kesilmesini güçlü biçimde önermektedir (Irani et al., 2023). 2024 yılında 1.175 elektif kolorektal cerrahi hastasını değerlendiren güncel ERAS kohortunda bakım intravenöz sıvılarının erken kesilmesine uyum daha kısa hastanede kalış ve daha düşük komplikasyon oranlarıyla ilişkili bulunmuştur; ancak bu ilişkinin gözlemsel olduğu ve nedensellik göstermediği unutulmamalıdır (Jones et al., 2024).

Postoperatif oligüri tek başına sıvı bolusu için yeterli gerekçe değildir. İdrar çıkışı hemodinamik durum, renal fonksiyon, cerrahi stres yanıtı ve kullanılan ilaçlarla birlikte değerlendirilmelidir. Hastanın oral alımı, kan basıncı, periferik perfüzyonu, devam eden kayıpları ve gerektiğinde biyokimyasal/hemodinamik göstergeleri birlikte değerlendirilmeden yalnızca idrar miktarını artırmak amacıyla sıvı yüklemek güncel ERAS yaklaşımıyla uyumlu değildir (Irani et al., 2023; Saugel et al., 2024).

2025 ERAS güncellemesi postoperatif sıvı yönetiminde de aşırı restriksiyondan uzaklaşmıştır. Güncel yaklaşım ameliyat günü ve erken postoperatif dönemde aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınırken hafif pozitif sıvı dengesini kabul etmekte ve kilo artışının yaklaşık 1–2,5 kg ile sınırlandırılmasını önermektedir (Gustafsson et al., 2025). Böylece postoperatif sıvı yönetimi “serumu mümkün olduğunca erken kapatmak” ile “serumu rutin sürdürmek” arasında

değil, oral hidrasyona mümkün olduğunca erken geçerken övolemiyi korumak üzerine kurulmaktadır.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Postoperatif sıvı yönetiminde hedef "rutin bakım serumu" uygulamak veya sıvıyı agresif biçimde kısıtlamak değil; yeterli oral alım başladığında intravenöz sıvıyı sonlandırmak ve övolemiyi korumaktır. Hipotansiyon veya oligüri otomatik sıvı bolusu endikasyonu değildir (Gustafsson et al., 2025; Irani et al., 2023; Jones et al., 2024; Saugel et al., 2024).

Üriner kateter, nazogastrik tüp ve drenler: rutinden endikasyon temelli kullanıma

Postoperatif tüp ve kateterlerin her biri belirli bir klinik amaç için kullanılmalı ve bu amaç ortadan kalktığında mümkün olduğunca erken çıkarılmalıdır. Üriner kateterler, nazogastrik tüpler ve cerrahi drenler geleneksel postoperatif bakımın rutin bileşenleri olarak görülmüş olsa da gereksiz kullanımları enfeksiyon, rahatsızlık ve immobilizasyon gibi sorunlara katkıda bulunabilir. Güncel ERAS yaklaşımı "her hastaya tak ve sonra ne zaman çıkarılacağını düşün" yerine "gerçekten gerekli mi; gerekliyse ne zaman artık gerekli olmayacak?" sorusunu öne çıkarmaktadır (Gustafsson et al., 2025; Irani et al., 2023).

Üriner kateterler cerrahi ve üriner retansiyon riskine göre mümkün olan en erken güvenli zamanda çıkarılmalıdır. 2025 ERAS kılavuzu komplikasyonsuz minimal invaziv kolon cerrahisinde ve epidural kullanılmayan hastalarda üriner kateterin ilk 24 saat içinde çıkarılmasını güçlü biçimde önermektedir (Gustafsson et al., 2025). Komplikasyonsuz minimal invaziv rektal cerrahide retansiyon için ek risk faktörü yoksa çıkarma süresi 48 saate kadar uzatılabilir (Gustafsson et al., 2025). İnfraperitoneal kolorektal anastomozları

değerlendiren 2022 sistematik derleme ve meta-analiz de erken kateter çıkarılmasının üriner enfeksiyon maruziyetini azaltma potansiyelini desteklerken üriner retansiyon riskinin göz önünde bulundurulması gerektiğini göstermektedir (Mattevi et al., 2022).

Rektal cerrahide "erken" kateter çıkarılması bütün hastalarda aynı zamanı ifade etmez. Pelvik diseksiyon, erkek cinsiyet, benign prostat hiperplazisi, epidural analjezi ve diğer retansiyon riskleri karar sırasında dikkate alınmalıdır. 2024 prospektif randomize çalışmada rektal kanser cerrahisi sonrasında ilk 48 saatte ve 48 saatten sonra kateter çıkarılan hastalar arasında yeniden kateterizasyon açısından anlamlı fark bulunmamıştır (Kivilcim-Uprak et al., 2024). Dolayısıyla hedef kateteri mümkün olan en kısa sürede çıkarmak değil, gereksiz kateter günlerini azaltırken retansiyon riskini bireyselleştirmektir.

Rutin postoperatif nazogastrik dekompresyon modern ERAS bakımının bir parçası değildir. 2025 ERAS kılavuzu nazogastrik tüpün gerektiğinde intraoperatif olarak kullanılabileceğini ancak postoperatif profilaktik kullanımını önermemektedir (Gustafsson et al., 2025). Benzer şekilde 2022 ASCRS/SAGES kılavuzu rutin nazogastrik tüp kullanımından kaçınılmasını güçlü biçimde önermektedir (Irani et al., 2023). Bu yaklaşım yalnızca kolorektal cerrahiyle sınırlı değildir; pankreatikoduodenektomi sonrasında 1.301 hastayı içeren 2021 meta-analizinde rutin nazogastrik dekompresyon daha yüksek gecikmiş gastrik boşalma ve majör komplikasyon oranları ile daha uzun hastanede kalışla ilişkili bulunmuştur (Ammar et al., 2021).

Cerrahi drenler de yalnızca "kaçak olursa erken fark ederiz" düşüncesiyle rutin olarak kullanılmamalıdır. 2025 ERAS kılavuzu kolon rezeksiyonu sonrasında rutin abdominal dren kullanımını orta

kanıt düzeyiyle güçlü biçimde önermemekte; rektal cerrahide de rutin dren kullanımından kaçınılmasını, ancak kanıtın daha düşük olduğunu belirterek önermektedir (Gustafsson et al., 2025). 2024 Korean ERAS kolorektal kanser kılavuzu da profilaktik intraabdominal dren yerleştirilmemesi yönünde koşullu öneride bulunmaktadır (Lee et al., 2025). Cerrahinin özellikleri, kontaminasyon, kanama, anastomoz ve mevcut komplikasyon şüphesi elbette bireysel dren gereksinimini değiştirebilir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Üriner kateter, nazogastrik tüp ve abdominal drenler artık postoperatif bakımın rutin bileşenleri değil, açık bir endikasyonu bulunması gereken invaziv araçlardır. Kateterler mümkün olan en erken güvenli zamanda çıkarılmalı; rutin postoperatif nazogastrik dekompresyon ve rutin profilaktik abdominal dren kullanımından kaçınılmalıdır (Ammar et al., 2021; Gustafsson et al., 2025; Irani et al., 2023; Kivilcim-Uprak et al., 2024; Lee et al., 2025; Mattevi et al., 2022).

Postoperatif glisemik kontrol: "sıkı kontrol" değil, güvenli normoglisemi

Cerrahi stres hiperglisemiye yol açabilir ve postoperatif glisemik kontrol yalnızca diyabetli hastaların sorunu değildir. Katekolaminler, kortizol, glukagon ve inflamatuvar yanıt insülin direncini ve hepatik glukoz üretimini artırarak diyabet öyküsü olmayan hastalarda bile stres hiperglisemisine neden olabilir. Perioperatif hiperglisemi cerrahi alan enfeksiyonu ve diğer postoperatif komplikasyonlarla ilişkilidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026; Gustafsson et al., 2025).

Güncel yaklaşım hiperglisemiyi önlemeyi hedeflerken agresif "tight glucose control" stratejilerinden kaçınmaktadır. Çok düşük glukoz hedeflerinin klinik yararı kesin değildir ve hipoglisemi riskini artırabilir. 2026 American Diabetes Association Standards of Care, cerrahi öncesi, sırası ve sonrasında kan glukozunun genel olarak 100–180 mg/dL (5,6–10,0 mmol/L) aralığında tutulmasını önermektedir; hedef hastanın cerrahisi, hipoglisemi riski ve kullanılan tedaviye göre bireyselleştirilebilir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026). 2022 Endocrine Society kılavuzu da cerrahi hastalarda benzer biçimde 100–180 mg/dL aralığını desteklemektedir (Korytkowski et al., 2022).

Postoperatif glisemik yönetimde hipoglisemiden kaçınmak hiperglisemiyi önlemek kadar önemlidir. 2025 ERAS güncellemesi intraoperatif ve postoperatif dönemde hem hiper- hem de hipogliseminin önlenmesini önermekte; özellikle preoperatif HbA1c yüksek olan hastalarda daha yakın glukoz izlemini vurgulamaktadır (Gustafsson et al., 2025). Bu nedenle ERAS açısından "normoglisemi" çok düşük bir glukoz hedefi değil, metabolik stresin azaltıldığı ve hipoglisemi yaratılmadığı güvenli bir aralık anlamına gelmelidir.

Glisemik kontrol oral beslenme ve mobilizasyon planından bağımsız düşünülmemelidir. Erken oral beslenmeye geçiş, insülin ve diğer antihiperglisemik tedavilerin yeniden düzenlenmesini gerektirir. Özellikle diyabetli hastalarda glukoz izlemi, beslenme durumu, renal fonksiyon ve kullanılan tedaviler birlikte değerlendirilmelidir (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026; Korytkowski et al., 2022).

Böylece amaç yalnızca laboratuvar değerini düzeltmek değil, hastanın güvenli metabolik iyileşmesini sağlamaktır.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Postoperatif glisemik kontrolde yaklaşım "ne kadar düşük glukoz, o kadar iyi" şeklindeki sıkı kontrolden; hem hiperglisemi hem de hipoglisemiden kaçınan güvenli ve bireyselleştirilmiş glisemik yönetime kaymıştır. Çoğu perioperatif hasta için 100–180 mg/dL makul hedef aralıktır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026; Gustafsson et al., 2025; Korytkowski et al., 2022).

Taburculuk kriterleri: hastanede kalış süresinden fonksiyonel hazır oluşa

ERAS'ın başarısı hastanın kaçıncı postoperatif günde taburcu edildiğiyle değil, güvenli taburculuk için gerekli fizyolojik ve fonksiyonel kriterlere ne zaman ulaştığıyla değerlendirilmelidir. Kısa hastanede kalış ERAS'ın sonucu olabilir ancak tek başına hedef değildir. Hastayı önceden belirlenmiş bir postoperatif günde taburcu etmeye çalışmak yerine, taburculuk kararının objektif iyileşme kriterlerine dayanması gerekir (Gustafsson et al., 2025; Irani et al., 2023).

Taburculuk için hasta yeterli oral alımı sürdürebilmeli, ağrısı oral tedaviyle kontrol edilebilmeli ve güvenli biçimde mobilize olabilmelidir. Bunlara ek olarak hemodinamik stabilite, kontrolsüz bulantı-kusmanın bulunmaması, intravenöz tedavi gereksiniminin ortadan kalkması, idrar yapabilme ve hastanede tedavi gerektiren yeni bir komplikasyonun bulunmaması değerlendirilmelidir (Irani et al., 2023). Stoması bulunan hastada stoma bakımı eğitimi; ileri yaş,

frailty veya sosyal desteği sınırlı hastada ise evde bakım koşulları taburculuk kararının parçasıdır.

Bağırsak fonksiyonlarının tamamen geri dönmesini beklemek her hastada zorunlu taburculuk kriteri değildir. 2022 ASCRS/SAGES kılavuzu seçilmiş düşük riskli, minimal invaziv kolektomi hastalarında yakın ayaktan takip sağlanabiliyorsa bağırsak fonksiyonunun tam olarak geri dönmesi beklenmeden taburculuğun düşünülebileceğini belirtmektedir (Irani et al., 2023). Bu yaklaşım, gaz veya dışkılama gibi tek bir fizyolojik belirtecin diğer fonksiyonel iyileşme kriterlerinin önüne geçirilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Aynı gün veya çok erken taburculuk seçilmiş hastalarda güvenli olabilir ancak ERAS'ın yeni hedefi olarak görülmemelidir. 2023 sistematik derlemesinde majör kolorektal cerrahi geçiren 38.854 hasta değerlendirilmiş; aynı gün taburculuk protokolüne alınan 1.622 hastanın %98'i ilk 24 saat içinde başarıyla taburcu edilmiş ve standart ERAS ile karşılaştırıldığında 30 günlük yeniden başvuru oranında artış saptanmamıştır (Zheng et al., 2023). Bununla birlikte çalışmaların hasta seçimi, cerrahi ve taburculuk kriterleri açısından heterojen olması nedeniyle bu yaklaşım yalnızca dikkatle seçilmiş hastalara uygulanmalıdır.

Erken taburculuğun güvenliği hastane kapısından çıktıktan sonra devam eden bakım sistemine bağlıdır. Hastaya hangi belirtilerde sağlık ekibiyle iletişime geçmesi gerektiği açıkça anlatılmalı; ağrı ve bulantı tedavisi, beslenme ve mobilizasyon hedefleri, yara veya stoma bakımı ve gerekli tromboprofilaksi planı belirlenmelidir. Yüksek riskli hastalarda erken telefon görüşmesi, dijital takip veya planlanmış klinik kontrol taburculuk sonrası bakımın sürekliliğini destekleyebilir (Zheng et al., 2023).

Taburculuk tarihi ile biyolojik iyileşme aynı şey değildir. Özellikle yaşlı, frail, malnütrisyonu bulunan veya majör cerrahi geçiren hastalarda kas gücü, fiziksel aktivite ve nütrisyonel durum hastaneden çıktıktan sonra haftalar boyunca düzelmeye devam eder. 2025 ESPEN kılavuzu postoperatif iyileşme, komplikasyonlar, hastanede oral alım ve nütrisyonel durumun taburculuk sonrası nütrisyon tedavisi ve izlemini belirlemesi gerektiğini vurgulamaktadır (Weimann et al., 2021). ERAS bu nedenle taburculukla sona eren değil, hastanın fonksiyonel kapasitesini yeniden kazandığı döneme kadar devam eden bir iyileşme süreci olarak görülmelidir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Taburculukta hedef "hastanede kalış süresini mümkün olduğunca kısaltmak" değil, hastayı objektif fizyolojik ve fonksiyonel kriterler karşılandığında güvenli biçimde hastane dışındaki iyileşme dönemine geçirmektir. Seçilmiş hastalarda çok erken veya aynı gün taburculuk mümkün olabilir; ancak erken taburculuk ERAS'ın amacı değil, başarılı fonksiyonel iyileşmenin olası sonucudur (Irani et al., 2023; Weimann et al., 2021; Zheng et al., 2023).

Postoperatif ERAS'ın klinik özeti

Postoperatif dönemde her gün sorulması gereken temel soru "Hasta taburcu olabilir mi?" değil, "Bu hastanın bugün normal fonksiyonlarına dönmesini ne engelliyor?" olmalıdır. Oral alım yetersizse nedeni; mobilizasyon gerçekleşmiyorsa ağrı, hipotansiyon veya kateterler; intravenöz sıvı sürüyorsa gerçek gereksinimi; üriner kateter veya dren mevcutsa devam eden endikasyonu; glisemik kontrol bozuksa metabolik nedenleri sistematik olarak değerlendirilmelidir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Modern postoperatif ERAS; erken beslenme + erken mobilizasyon + gereksiz intravenöz tedavinin sonlandırılması + tüp ve kateterlerin endikasyon temelli kullanılması \+ güvenli metabolik kontrol + fonksiyon temelli taburculuk üzerine kuruludur. Amaç hastayı hastaneden hızla çıkarmak değil, hastanın kendi fizyolojisine ve bağımsız fonksiyonlarına güvenli biçimde dönmesini hızlandırmaktır (American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes, 2026; Ammar et al., 2021; Canzan et al., 2024; Gustafsson et al., 2025; Irani et al., 2023; Jones et al., 2024; Kivilcim-Uprak et al., 2024; Korytkowski et al., 2022; Lee et al., 2025; Mattevi et al., 2022; Weimann et al., 2021; Willner et al., 2023; Zheng et al., 2023).

Özel Hasta Gruplarında ERAS: Frailty, Yüksek Risk ve Acil Cerrahi

ERAS'ın temel ilkeleri yüksek riskli, frail veya acil cerrahi hastalarında geçerliliğini kaybetmez; ancak bu hastalarda protokolün yoğunluğu ve uygulama biçimi fizyolojik rezerve göre bireyselleştirilmelidir. Standart ERAS bileşenlerinin çoğu bu hasta gruplarında da yararlı olmakla birlikte, düşük rezerv nedeniyle küçük fizyolojik bozulmalar daha büyük klinik sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle erken beslenme, mobilizasyon, opioid-sparing analjezi veya gereksiz sıvı yükünden kaçınma gibi standart hedefler korunurken hemodinamik monitorizasyon, nütrisyonel destek, deliryum önleme, rehabilitasyon ve postoperatif gözetim daha yoğun hale getirilebilir (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Peden et al., 2023; Scott et al., 2023; Skořepa et al., 2024; Thompson et al., 2024; Weimann et al., 2021).

Aynı cerrahi işlem her hastada aynı fizyolojik yükü oluşturmaz. Cerrahinin oluşturduğu stresin klinik sonucu, travmanın

büyüklüğü kadar hastanın başlangıçtaki kardiyopulmoner, metabolik, nörolojik ve fonksiyonel rezervine bağlıdır. Bu nedenle ERAS'ın güncel formu "aynı ameliyata aynı protokol" yaklaşımından çok, aynı iyileşme hedeflerine hastanın risk ve rezerv düzeyine göre farklı yollarla ulaşmayı amaçlamaktadır (British Geriatrics Society, 2021; Thompson et al., 2024; Weimann et al., 2021).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Frailty, yüksek risk veya acil cerrahi ERAS uygulanmaması için gerekçe değildir. Güncel yaklaşım, ERAS'ın temel ilkelerini korurken bakımın hastanın fizyolojik rezervi, geri dönüş kapasitesi ve cerrahinin aciliyeti doğrultusunda risk-adapte biçimde yoğunlaştırılmasıdır (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Peden et al., 2023; Scott et al., 2023; Skořepa et al., 2024; Thompson et al., 2024; Weimann et al., 2021).

Frailty: kronolojik yaştan fizyolojik rezerve

Frailty kronolojik yaşın eş anlamlısı değil, stres karşısında homeostazı yeniden kurma kapasitesinin azaldığını gösteren bir fizyolojik rezerv kaybıdır. Aynı yaştaki iki hasta cerrahi strese çok farklı yanıt verebilir; bu nedenle yalnızca yaş veya komorbidite sayısı perioperatif kırılganlığı yeterince tanımlamaz. Frailty postoperatif komplikasyonlar, uzamış hastanede kalış, ev dışı bakım gereksinimi, fonksiyon kaybı ve mortalite ile bağımsız olarak ilişkilidir (British Geriatrics Society, 2021; Thompson et al., 2024). 2024 AHA/ACC perioperatif kılavuzunda aktarılan 56 çalışma ve yaklaşık 1,1 milyon yaşlı nonkardiyak cerrahi hastasını kapsayan meta-analizde frailty, 30 günlük mortalite riskinde yaklaşık 3,7 kat ve 30 günlük komplikasyon riskinde yaklaşık 2,4 kat artışla ilişkili bulunmuştur (Thompson et al., 2024).

Frailty ancak sistematik olarak arandığında klinik karar verme sürecine dahil edilebilir. Güncel perioperatif kılavuzlar özellikle 65 yaş ve üzerindeki hastalarda ve daha genç olmakla birlikte klinik olarak frailty düşünülen yüksek riskli bireylerde doğrulanmış bir araçla preoperatif frailty değerlendirmesini desteklemektedir (British Geriatrics Society, 2021; Thompson et al., 2024). Clinical Frailty Scale, FRAIL Scale, Edmonton Frail Scale ve diğer doğrulanmış araçlar kullanılabilir; önemli olan klinisyenin yalnızca "hasta yaşlı görünüyor" şeklindeki subjektif izlenimine dayanmamasıdır (British Geriatrics Society, 2021; Thompson et al., 2024).

Frailty saptanması otomatik olarak cerrahiden vazgeçilmesi gerektiği anlamına gelmez; ancak kararın içeriğini değiştirir. Frailty değerlendirmesi komplikasyon ve mortalite riskinin yanı sıra hastanın bağımsızlık kaybı, rehabilitasyon gereksinimi ve cerrahi sonrasındaki yaşam biçimi konusunda da bilgi verir. İleri frailty, düşük fonksiyonel kapasite veya sınırlı yaşam beklentisi bulunan hastalarda cerrahinin beklenen yararı, alternatif tedaviler ve hastanın hedefleri birlikte değerlendirilmelidir (British Geriatrics Society, 2021; Thompson et al., 2024). Dolayısıyla modern risk değerlendirmesinde yalnızca "Bu hasta ameliyatı sağ çıkar mı?" değil, "Ameliyat sonrasında hangi fonksiyonel duruma dönebilir ve bu sonuç hasta açısından kabul edilebilir mi?" sorusu da yer almalıdır.

Frailty saptandığında tek bir "frailty tedavisi" yerine çok bileşenli optimizasyon gerekir. Nütrisyon, fiziksel kapasite, anemi, polifarmasi, bilişsel bozukluk, duyusal sorunlar, düşme riski ve sosyal destek gibi alanlar birlikte değerlendirilmelidir (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Weimann et al., 2021).

2024 yılında frail ve yüksek riskli majör abdominal cerrahi hastalarını değerlendiren sistematik derleme ve meta-analizde prehabilitasyon hastanede kalış süresinde yaklaşık 1 günlük azalma, ciddi komplikasyonlarda azalma ve fonksiyonel kapasitede iyileşme ile ilişkili bulunmuştur (Skořepa et al., 2024). Bununla birlikte prehabilitasyonun içeriği ve optimum süresi halen heterojendir; bu nedenle frailty varlığında cerrahiyi gereksiz biçimde geciktiren sabit programlar yerine risk-adapte müdahaleler tercih edilmelidir (Skořepa et al., 2024; Weimann et al., 2021).

Frail hastada postoperatif iyileşmenin başarısı yalnızca komplikasyon gelişmemesiyle ölçülmemelidir. Bu hastalarda kas gücü ve mobilitede azalma, yeni günlük yaşam bağımlılığı, delirium ve bakım kurumuna taburculuk gibi hasta açısından son derece önemli sonuçlar ortaya çıkabilir (British Geriatrics Society, 2021; Peden et al., 2023). Bu nedenle erken mobilizasyon, yeterli protein ve enerji alımı, opioid ve sedatif yükünün azaltılması, gereksiz kateterlerin erken çıkarılması ve rehabilitasyon planının taburculuktan önce oluşturulması standart ERAS hastasına kıyasla daha da önem kazanır.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Yaşlı cerrahi hastasında yaklaşım “yaş yüksek = risk yüksek” şeklindeki kronolojik değerlendirmeden, frailty ve fonksiyonel rezervin objektif olarak değerlendirildiği fizyolojik risk modeline kaymıştır. Frailty ERAS’tan vazgeçme nedeni değil; prehabilitasyon, nütrisyon, geriatri desteği, deliryum önleme ve rehabilitasyonun daha erken ve daha yoğun uygulanmasını gerektiren bir risk belirtecidir (British Geriatrics Society, 2021; Skořepa et al., 2024; Thompson et al., 2024; Weimann et al., 2021).

Frailty ve deliryum: fonksiyonel iyileşmenin nörokognitif boyutu

Frail ve ileri yaştaki hastalarda deliryum, ERAS'ın fonksiyonel iyileşme hedefini ciddi biçimde bozabilecek sık ve kısmen önlenebilir bir komplikasyondur. Delirium mobilizasyonu ve oral alımı geciktirebilir, düşme ve aspirasyon riskini artırabilir, hastanede kalışı uzatabilir ve uzun dönem bilişsel ve fonksiyonel kayıpla ilişkili olabilir (Aldecoa et al., 2024; Peden et al., 2023). Frailty, preoperatif bilişsel bozukluk ve yüksek komorbidite yükü delirium riskini daha da artırır (Aldecoa et al., 2024).

Deliryumun önlenmesi tek bir ilaçtan çok, değiştirilebilir perioperatif tetikleyicilerin azaltılmasına dayanır. 2023 ESAIC güncellemesi ileri yaş, yüksek ASA sınıfı, komorbidite ve preoperatif bilişsel bozukluğun değerlendirilmesini; frailty, malnütrisyon, polifarmasi ve duyusal bozuklukların geriatri değerlendirmesine dahil edilmesini önermektedir (Aldecoa et al., 2024). Perioperatif dönemde yeterli ağrı kontrolü, uyku-uyanıklık döngüsünün korunması, erken mobilizasyon, gözlük ve işitme cihazlarının kullanımı, yeterli hidrasyon ve nütrisyon ile gereksiz sedatif ve antikolinerjik ilaçlardan kaçınma çok bileşenli önleme yaklaşımının temelidir (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021).

Frail hastada "sessiz" hipoaktif delirium özellikle kolay gözden kaçabilir. Ajitasyon olmaması hastanın kognitif olarak normal olduğu anlamına gelmez. Yüksek riskli hastalarda Confusion Assessment Method (CAM), 4AT veya uygun diğer doğrulanmış araçlarla düzenli tarama düşünülmelidir (Aldecoa et al., 2024; Peden et al., 2023). Delirium geliştiğinde yalnızca semptomları baskılamak yerine enfeksiyon, hipoksi, ağrı, idrar retansiyonu, metabolik

bozukluk, ilaç etkileri ve yetersiz sıvı/nütrisyon gibi düzeltilebilir nedenler sistematik olarak araştırılmalıdır.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Frail ve yaşlı hastada postoperatif nörokognitif bakım "ajite olursa tedavi et" yaklaşımından, riski önceden belirleyen, düzenli tarama yapan ve deliriumu çok bileşenli müdahalelerle önlemeye çalışan proaktif bir stratejiye dönüşmüştür (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021).

Yüksek riskli cerrahi hasta: daha fazla müdahale değil, daha fazla fizyolojik gözetim

Yüksek riskli hastada ERAS'ın amacı protokolden vazgeçmek değil, fizyolojik bozulmayı daha erken tanıyacak ve daha hızlı düzeltecek bir bakım sistemi kurmaktır. Kardiyak, renal veya pulmoner rezervi sınırlı hastalarda kısa hipotansiyon dönemleri, küçük volüm değişiklikleri, anemi veya solunum bozukluğu düşük riskli hastalara göre daha büyük klinik sonuçlar oluşturabilir (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024). Bu nedenle monitorizasyon ve postoperatif gözetim düzeyi cerrahi işlemin yanı sıra hastanın bireysel riskine göre planlanmalıdır.

Yüksek riskli hastada kan basıncı, sıvı ve perfüzyon hedefleri daha dikkatli bireyselleştirilmelidir. Hipotansiyonun şiddeti ve süresi azaltılmalı; ancak sırf daha yüksek risk taşıdığı için her hastada keyfi olarak çok yüksek MAP hedefleri uygulanmamalıdır (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024). Hipotansiyonun hipovolemi, vazodilatasyon, bradikardi veya düşük kardiyak debiden kaynaklanıp kaynaklanmadığı değerlendirilerek sıvı, vazopresör veya inotrop tedavisi buna göre seçilmelidir (Saugel et al., 2024). Benzer şekilde GDFT/GDHT gibi ileri hemodinamik yaklaşımlar düşük riskli tüm hastalara rutin uygulanmaktan çok,

fizyolojik bozulma ve komplikasyon riski yüksek hastalarda daha anlamlı olabilir (Gustafsson et al., 2025; Saugel et al., 2024).

Risk stratifikasyonunun amacı yalnızca komplikasyon olasılığını hesaplamak değil, bakımın nerede ve ne yoğunlukta sürdürüleceğini belirlemektir. Yüksek riskli hastalarda ameliyat sonrası PACU'da daha uzun izlem, yüksek bağımlılık ünitesi veya yoğun bakım gereksinimi elektif olarak planlanabilir. Bu karar "ameliyat büyük olduğu için herkes yoğun bakıma" şeklinde değil; cerrahi stres, komorbidite, frailty, intraoperatif olaylar ve beklenen organ desteği gereksinimi birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Peden et al., 2023; Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Yüksek riskli hastada postoperatif bakım yerinin belirlenmesi, ameliyat tamamlandıktan sonra verilen lojistik bir karar değil, preoperatif anestezi planının bir parçası olmalıdır. Hastanın cerrahi stres yükü, frailty düzeyi, kardiyopulmoner rezervi ve beklenen intraoperatif fizyolojik dalgalanmalar birlikte değerlendirilerek standart PACU izleminin yeterli olup olmayacağı veya uzamış PACU izlemi, yüksek bağımlılık ünitesi ya da yoğun bakım gerekip gerekmediği mümkün olduğunca ameliyattan önce öngörülmelidir. İntraoperatif dönemde gelişen kanama, vazopresör gereksinimi, uzamış hipotansiyon, ventilasyon güçlüğü veya diğer organ disfonksiyonu bulguları ise bu planın yeniden değerlendirilmesini gerektirmelidir. (Peden et al., 2023; Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Yüksek riskte standart ERAS bileşenlerini gereksiz yere yavaşlatmak iyileşmeyi korumaz. Hemodinamik olarak stabil ve gastrointestinal engeli olmayan yüksek riskli hastada erken oral beslenme; yeterli analjezi sağlanan frail hastada mobilizasyon; gereksiz üriner kateter veya intravenöz sıvının sonlandırılması yine

hedeflenmelidir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021). Fark, bu hedeflerin ortadan kaldırılmasında değil, uygulanırken daha yakın değerlendirme ve daha düşük müdahale eşiğinin kullanılmasındadır.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Yüksek riskli hastada ERAS "daha konservatif bakım" anlamına gelmez. Güncel yaklaşım, standart iyileşme hedeflerini korurken monitorizasyonu, fizyolojik değerlendirmeyi ve gerektiğinde organ desteğine geçişi hastanın risk düzeyine göre yoğunlaştırmaktır (Gustafsson et al., 2025; Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Acil cerrahide ERAS: zaman yokluğu protokol yokluğu anlamına gelmez

Acil cerrahi ERAS uygulanamayacak bir durum değil, preoperatif zaman penceresinin daraldığı ve müdahalelerin önceliklendirilmesi gereken farklı bir klinik bağlamdır. Elektif cerrahide günler veya haftalar sürebilen sigara bırakma, anemi tedavisi veya prehabilitasyon gibi girişimler acil laparotomide mümkün olmayabilir; ancak erken risk değerlendirmesi, sepsis kontrolü, uygun sıvı ve hemodinamik yönetim, multimodal analjezi, PONV profilaksisi, normotermi, erken beslenme ve mobilizasyon gibi pek çok ERAS bileşeni uygulanabilir (Peden et al., 2023; Scott et al., 2023).

Acil cerrahide "optimizasyon" ameliyatı geciktirmek anlamına gelmemelidir. Sepsis, gastrointestinal perforasyon, iskemi veya aktif kanama gibi zaman duyarlı durumlarda definitif cerrahi kaynak kontrolü ile resüsitasyon paralel yürütülmelidir (Scott et al., 2023). Hemodinamik bozukluklar düzeltilmeye çalışılırken gerekli cerrahi girişimin geciktirilmesi, ERAS'ın optimizasyon ilkesiyle

bağdaşmaz. Bu nedenle acil hastada preoperatif dönem uzun bir hazırlık aşaması değil, tanı + risk değerlendirmesi + resüsitasyon + cerrahiye hazırlığın eş zamanlı gerçekleştirildiği hızlandırılmış bir süreçtir.

Acil laparotomi hastasında sıvı tedavisi özellikle bireyselleştirilmelidir. Sepsis, kusma, gastrointestinal kayıplar veya kanama gerçek intravasküler volüm eksikliğine neden olabilir; ancak anestezi sonrası vazodilatasyon veya sepsise bağlı vazopleji geliştiğinde sınırsız kristalloid uygulaması uygun değildir (Saugel et al., 2024; Scott et al., 2023). Volüm gereksinimi, perfüzyon, kanama ve vazomotor tonus birlikte değerlendirilerek dengeli kristalloid, kan ürünleri ve vazopresör tedavisi birbirinin alternatifi değil, fizyolojik gereksinime göre kullanılan farklı araçlar olarak görülmelidir (Saugel et al., 2024; Scott et al., 2023).

Acil cerrahi sonrasında erken oral veya enteral beslenme, yalnızca "elektif ERAS hastalarına" özgü bir hedef değildir. Hemodinamik stabilite sağlanmış ve enteral beslenmeye anatomik veya klinik engeli bulunmayan hastalarda gastrointestinal sistem mümkün olduğunca erken kullanılmalıdır (Scott et al., 2023; Weimann et al., 2021). Bununla birlikte devam eden şok, yüksek doz vazopresör gereksinimi, bağırsak iskemi şüphesi veya kontrolsüz abdominal patoloji bulunan hastalarda enteral beslenme kararı klinik duruma göre ertelenebilir ve yeniden değerlendirilmelidir (Weimann et al., 2021).

Acil cerrahide yaşlı ve frail hastaların erken tanınması özellikle önemlidir. 2023 ERAS Emergency Laparotomy kılavuzu 65 yaş üzerindeki hastalarda frailty değerlendirmesini ve mümkün olduğunca erken geriatri katkısını desteklemektedir (Peden et al., 2023). Frail acil cerrahi hastasında delirium, fonksiyon kaybı ve ev

dışı bakıma ihtiyaç gibi sonuçların riski artar; bu nedenle postoperative plan yalnızca cerrahi komplikasyon izlemini değil, biliş, mobilizasyon, nütrisyon ve taburculuk sonrası destek gereksinimini de içermelidir (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Peden et al., 2023).

Postoperatif organ desteği gereksinimi yüksek olan acil laparotomi hastalarında ERAS yoğun bakımla çelişmez. Yoğun bakımda sedasyonun azaltılması, erken spontan solunum ve ekstübasyon değerlendirmesi, erken enteral beslenme, mobilizasyon, kateterlerin günlük sorgulanması, glisemik kontrol ve delirium önleme gibi uygulamalar ERAS'ın fizyolojik ve fonksiyonel iyileşme ilkelerinin devamıdır (Peden et al., 2023; Scott et al., 2023). Hastanın yoğun bakım gerektirmesi ERAS yolunun sona erdiği değil, iyileşme hedeflerinin farklı bir bakım ortamında sürdüğü anlamına gelir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: Acil cerrahide yaklaşım "ERAS için zaman yok" anlayışından, uygulanabilir ERAS bileşenlerinin tanı, resüsitasyon, cerrahi ve postoperatif bakım içine eş zamanlı olarak yerleştirildiği hızlandırılmış bir perioperatif modele kaymıştır. Kaynak kontrolü geciktirilmemeli; ancak hemodinamik optimizasyon, normotermi, opioid-sparing analjezi, erken beslenme ve mobilizasyon gibi temel iyileşme hedeflerinden de vazgeçilmemelidir (Peden et al., 2023; Scott et al., 2023).

Bu hastalarda ERAS nasıl bireyselleştirilmelidir?

Bireyselleştirme ERAS bileşenlerini rastgele çıkarmak değil, aynı hedefe ulaşmak için gereken destek düzeyini hastanın rezervine göre değiştirmektir. Non-frail, düşük riskli bir hastada standart monitorizasyonla erken mobilizasyon mümkünken; frail bir hastada

ortostatik intoleransın tedavisi, fizyoterapist desteği ve yakın gözetim gerekebilir. Benzer şekilde düşük riskli hastada standart sıvı yönetimi yeterliyken yüksek riskli hastada daha ayrıntılı hemodinamik değerlendirme gerekebilir (British Geriatrics Society, 2021; Gustafsson et al., 2025; Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

Standartlaştırma ile bireyselleştirme birbirinin karşıtı değildir. Standartlaştırılması gerekenler; frailty taraması, nütrisyon değerlendirmesi, hipotansiyonun erken tanınması, PONV profilaksisi, nöromüsküler iyileşmenin kantitatif doğrulanması, erken oral alım ve mobilizasyon gibi temel süreçlerdir. Bireyselleştirilmesi gerekenler ise bu hedeflere ulaşmak için kullanılan monitorizasyon düzeyi, ilaç dozu, sıvı stratejisi, rehabilitasyon yoğunluğu ve postoperatif bakım ortamıdır (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Gustafsson et al., 2025; Peden et al., 2023; Saugel et al., 2024; Scott et al., 2023; Weimann et al., 2021).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Modern ERAS'ta standartlaştırılan şey hastaya verilen tedavinin miktarı değil, iyileşmenin temel hedefleridir. Bu hedeflere ulaşmak için gereken müdahale, monitorizasyon ve multidisipliner destek frailty, fizyolojik rezerv, cerrahi risk ve aciliyet düzeyine göre bireyselleştirilmelidir (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Gustafsson et al., 2025; Peden et al., 2023; Saugel et al., 2024; Scott et al., 2023; Weimann et al., 2021).

Özel hasta gruplarında klinik ERAS özeti

Frail, yüksek riskli veya acil cerrahi hastasında klinisyenin temel sorusu "ERAS uygulanabilir mi?" değil, "Bu hastanın hangi

ERAS hedeflerine ulaşmak için daha fazla desteğe ihtiyacı var?" olmalıdır. Frailty varsa fonksiyonel rezerv ve biliş; yüksek risk varsa perfüzyon ve organ rezervi; acil cerrahide ise zaman duyarlı kaynak kontrolü ve resüsitasyon ön plana çıkar. Ancak tüm gruplarda ortak hedef hastanın fizyolojisini korumak ve bağımsız fonksiyona dönüşünü mümkün olduğunca desteklemektir (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Peden et al., 2023; Scott et al., 2023).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Aynı cerrahi ≠ aynı fizyolojik sonuç. ERAS'ın güncel modeli, hastaları protokole uydurmaya değil; kanıta dayalı ERAS ilkelerini hastanın frailty düzeyi, fizyolojik rezervi, cerrahi riski ve aciliyetine uyarlamaya dayanır (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Gustafsson et al., 2025; Peden et al., 2023; Saugel et al., 2024; Scott et al., 2023; Skořepa et al., 2024; Thompson et al., 2024; Weimann et al., 2021).

ERAS'ta Uyum, Denetim ve Sonuçların Ölçülmesi

ERAS protokolüne sahip olmak, ERAS uygulamak anlamına gelmez. ERAS'ın klinik yararı tek tek önerilerin bir dokümana yazılmasından değil, kanıta dayalı bileşenlerin perioperatif sürecin tamamında tutarlı biçimde uygulanmasından kaynaklanır (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024). Bu nedenle başarılı bir ERAS programının son basamağı yeni bir müdahale eklemek değil; uygulamanın gerçekten gerçekleşip gerçekleşmediğini ölçmek, sonuçları izlemek ve elde edilen veriler doğrultusunda bakım sürecini sürekli iyileştirmektir (Dyas et al., 2024; X. Zhang et al., 2025).

ERAS'ın etkinliği yalnızca hangi bileşenlerin protokolde bulunduğuna değil, bu bileşenlere ne ölçüde uyulduğuna da bağlıdır.

ERAS protokolleri çoğunlukla çok sayıda preoperatif, intraoperatif ve postoperatif bileşenden oluşur ve klinik uygulamada bunların tamamına aynı düzeyde uyum sağlanamayabilir. 2025 yılında yayımlanan sistematik derleme ve meta-analizde yüksek ERAS uyumu daha kısa hastanede kalış süresi ve daha düşük postoperatif komplikasyon oranlarıyla ilişkili bulunmuştur (X. Zhang et al., 2025). Otuz iki çalışma ve 16.044 hastanın komplikasyon verilerinde yüksek uyum grubunda komplikasyon olasılığı daha düşük bulunmuş; buna karşılık 30 günlük yeniden yatış ve mortalite açısından anlamlı fark gösterilememiştir (X. Zhang et al., 2025). Bu sonuçlar ERAS'ın klinik etkisinin yalnızca "protokol var/yok" şeklinde değerlendirilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Bununla birlikte yüksek uyum ile iyi sonuçlar arasındaki ilişki doğrudan nedensellik olarak yorumlanmamalıdır. ERAS uyumunu değerlendiren çalışmaların önemli bölümü gözlemseldir ve komplikasyon gelişen hastalarda erken mobilizasyon, oral beslenme veya kateter çıkarılması gibi ERAS hedeflerinin doğal olarak gerçekleştirilememesi ters nedensellik oluşturabilir (X. Zhang et al., 2025). Dolayısıyla düşük uyum bazen kötü sonucun nedeni olabileceği gibi, gelişmiş bir komplikasyonun sonucu da olabilir. ERAS denetiminde yalnızca toplam uyum yüzdesine değil, hangi bileşenin neden uygulanamadığına da bakılmalıdır.

Uyumun ölçülmesi: "yaptık" demek yerine göstermek

ERAS uyumu toplam bir skor kadar, tek tek protokol bileşenlerinin uygulanma oranları üzerinden de değerlendirilmelidir. Preoperatif hasta eğitimi, uygun açlık süresi, PONV profilaksisi, normotermi, multimodal analjezi, sıvı yönetimi, erken oral beslenme, mobilizasyon ve kateterlerin zamanında çıkarılması gibi ölçülebilir göstergeler düzenli olarak izlenebilir (Gustafsson et al.,

2025; X. Zhang et al., 2025). Böylece toplam uyum oranı düşük olduğunda sorunun hangi basamakta ortaya çıktığı belirlenebilir.

Bütün protokol sapmaları "uyumsuzluk" olarak değerlendirilmemelidir. Hastada ileus gelişmesi nedeniyle oral beslenmenin ertelenmesi, hemodinamik instabilite nedeniyle mobilizasyonun geciktirilmesi veya üriner retansiyon riski nedeniyle kateterin daha uzun tutulması klinik olarak doğru kararlar olabilir. Bu nedenle denetimde protokolden bilinçli ve gerekçelendirilmiş sapma ile unutma, alışkanlık veya sistem sorunu nedeniyle oluşan gerçek uyumsuzluk birbirinden ayrılmalıdır (Dyas et al., 2024). ERAS'ın bireyselleştirilmiş bakım ilkesi, klinisyenin gerektiğinde protokolden sapabilmesini; ancak bu sapmanın gerekçesinin açık olmasını gerektirir.

Uyum verileri mümkün olduğunca perioperatif dönemin farklı aşamalarını ayrı ayrı gösterebilmelidir. Bir merkez preoperatif danışmanlık ve intraoperatif normotermide yüksek başarı gösterirken erken mobilizasyon veya intravenöz sıvıların kesilmesinde düşük performans gösterebilir. Tek bir toplam ERAS skoru bu farklılığı gizleyebilir. Bu nedenle preoperatif, intraoperatif ve postoperatif uyumun ayrı değerlendirilmesi, düzeltilebilir sistem sorunlarının belirlenmesini kolaylaştırır (Dyas et al., 2024; X. Zhang et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS uyumu "protokol uygulandı/uygulanmadı" şeklinde ikili bir değişken olarak değil, hangi bileşenin hangi hastada, ne zaman ve neden uygulanabildiğini gösteren ölçülebilir bir süreç göstergesi olarak değerlendirilmelidir. Klinik olarak gerekçelendirilmiş bireysel sapmalar, gerçek protokol uyumsuzluğundan ayrılmalıdır (Dyas et al., 2024; X. Zhang et al., 2025).

Audit ve geri bildirim: ERAS bir kez kurulup bırakılan bir program değildir

ERAS programının sürdürülebilirliği düzenli audit ve geri bildirim gerektirir. Klinik ekipler günlük uygulamalarının protokolle uyumlu olduğunu düşünebilir; ancak objektif ölçüm yapılmadığında bazı bileşenlerde belirgin uygulama açıkları fark edilmeyebilir (Dyas et al., 2024; X. Zhang et al., 2025; Yoon et al., 2025). Bu nedenle ERAS programlarında süreç göstergeleri ve klinik sonuçlar belirli aralıklarla değerlendirilerek multidisipliner ekiple paylaşılmalıdır.

Audit'in amacı klinisyenleri denetlemek değil, iyileşmenin önündeki sistem sorunlarını görünür hale getirmektir. Örneğin erken mobilizasyonun gerçekleşmemesi yalnızca cerrah veya hemşirenin protokole uymamasıyla açıklanamaz; yetersiz analjezi, ortostatik intolerans, fizyoterapi desteğinin bulunmaması, gereksiz intravenöz hatlar veya hastanın mobilizasyon hedefleri hakkında bilgilendirilmemesi aynı sonuca yol açabilir. Benzer şekilde PONV profilaksisindeki düşük uyum ilaç erişimi, order set eksikliği veya perioperatif ekipler arasındaki iletişim sorunundan kaynaklanabilir.

Audit verisinin multidisipliner geri bildirimle birleştirilmesi protokol uyumunu anlamlı biçimde artırabilir. 2024 yılında beş hastaneli bir torasik ERAS programında yapılan kalite geliştirme çalışmasında multidisipliner kalite değerlendirme toplantısından sonra genel protokol uyumu %53'ten %84'e yükselmiştir (Dyas et al., 2024). Üriner kateter kullanımından göğüs tüpü yönetimine ve multimodal analjeziye kadar çeşitli bileşenlerde iyileşme sağlanmıştır. Çalışmanın gözlemsel ve tek merkez müdahalesine dayalı olması nedeniyle sonuçlar genellenirken dikkatli olunmalıdır; ancak bulgular ölçüm → geri bildirim → engelin belirlenmesi →

süreç değişikliği → yeniden ölçüm döngüsünün ERAS uygulamasındaki önemini göstermektedir.

ERAS denetimi tek seferlik kalite projesi değil, sürekli bir iyileştirme döngüsü olmalıdır. Yeni bilimsel kanıtlar ortaya çıktıkça protokolün kendisi de değişmelidir. Karbonhidrat yüklemesi, epidural analjezi, sıvı yönetimi veya gabapentinoidler gibi daha önce ERAS'ın yerleşik bileşenleri olarak görülen uygulamalara ilişkin önerilerin zaman içinde değişmesi bunun açık örnekleridir (Gustafsson et al., 2025). Dolayısıyla yüksek uyum, güncelliğini kaybetmiş bir protokole eksiksiz uymak anlamına gelmemelidir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS uygulaması "protokolü oluştur ve uygula" şeklindeki doğrusal bir süreçten; ölçüm, audit, multidisipliner geri bildirim, protokol güncellemesi ve yeniden ölçümden oluşan sürekli kalite iyileştirme döngüsüne dönüşmüştür (Dyas et al., 2024; Gustafsson et al., 2025; X. Zhang et al., 2025; Yoon et al., 2025).

Neyi ölçmeliyiz? Hastanede kalış süresinin ötesine geçmek

ERAS başarısını yalnızca hastanede kalış süresiyle değerlendirmek modern iyileşme kavramını yeterince yansıtmaz. Hastanede kalış süresi klinik iyileşmenin yanı sıra sağlık sistemi, taburculuk uygulamaları, sosyal destek, yatak yönetimi ve yerel sağlık politikalarından etkilenebilir. Bu nedenle LOS önemli bir sonuç olmakla birlikte tek başına ERAS kalitesinin göstergesi değildir (Sauro et al., 2024; X. Zhang et al., 2025).

ERAS sonuçları hem güvenliği hem de fonksiyonel iyileşmeyi kapsayan çok boyutlu göstergelerle değerlendirilmelidir. Postoperatif komplikasyonlar, yeniden ameliyat, mortalite, yeniden yatış ve acil servis başvuruları güvenlik göstergeleri olarak

izlenirken; oral alıma geçiş, mobilizasyon, intravenöz sıvı ve kateterlerden bağımsızlaşma, gastrointestinal fonksiyonların geri dönüşü ve taburculuğa fonksiyonel hazır oluş gibi iyileşme göstergeleri de kaydedilmelidir (Gustafsson et al., 2025; X. Zhang et al., 2025).

Hasta açısından önemli olan iyileşme, komplikasyon gelişmemesinden daha geniş bir kavramdır. Ağrı, bulantı, uyku, fiziksel bağımsızlık, günlük aktivitelere dönüş ve genel iyilik hali hastanın cerrahi deneyimini belirler. Bu nedenle uygun merkezlerde Quality of Recovery-15 (QoR-15) gibi valide patient-reported outcome measure'ların kullanılması klinisyen tarafından kaydedilen sonuçları tamamlayabilir (Sunter et al., 2026). Özellikle farklı ERAS uygulamalarının gerçek iyileşme kalitesini karşılaştırırken hasta tarafından bildirilen sonuçlar değerli olabilir.

Taburculuk ERAS sonuçlarının ölçümünün sona erdiği nokta olmamalıdır. Hastanın evde mobilitesi, beslenmesi, ağrı ve bulantı kontrolü, komplikasyon belirtileri, sağlık hizmetine plansız başvuruları ve normal aktivitelere dönüşü post-discharge recovery'nin parçalarıdır. Özellikle majör cerrahi, frailty veya düşük fizyolojik rezerv varlığında hastanede başarılı görünen erken iyileşme evde fonksiyonel kayıp ile devam edebilir. Bu nedenle uygun hastalarda 30 günlük sonuçların yanı sıra fonksiyonel iyileşmenin daha uzun süreli değerlendirilmesi düşünülmelidir (Sunter et al., 2026; Weimann et al., 2021).

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS başarısının ölçümü "kaç gün hastanede kaldı?" sorusundan; komplikasyon, yeniden yatış ve mortalitenin yanında oral alım, mobilizasyon, bağımsızlık ve hasta tarafından bildirilen iyileşme kalitesini de değerlendiren çok boyutlu

sonuç ölçümüne doğru genişlemektedir (Sauro et al., 2024; Sunter et al., 2026; X. Zhang et al., 2025).

ERAS bir ekip performansıdır

ERAS'ın başarısı tek bir cerrahın veya anestezistin performansından çok, perioperatif ekibin aynı iyileşme hedefleri etrafında çalışmasına bağlıdır. Cerrah, anestezist, hemşire, diyetisyen, fizyoterapist, eczacı ve gerektiğinde geriatri veya diğer uzmanlık ekiplerinin birbirinden bağımsız hedeflerle çalışması protokolün bütünlüğünü bozabilir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024). Örneğin anestezistin opioid-sparing analjezi uygulaması, serviste erken mobilizasyon desteklenmiyorsa tek başına fonksiyonel iyileşmeyi sağlayamaz.

ERAS uygulamasında ekip içindeki roller ve hedefler açık biçimde tanımlanmalıdır. Preoperatif eğitimin kim tarafından verileceği, nütrisyon riskini kimin değerlendireceği, mobilizasyon hedeflerinin nasıl kaydedileceği, üriner kateter veya intravenöz sıvıların hangi kriterlerle sonlandırılacağı ve taburculuk kriterlerinin kim tarafından değerlendirileceği önceden belirlenmelidir. Böylece ERAS, kişisel klinik tercihlere bağımlı bir uygulamadan standartlaştırılmış bir bakım sistemine dönüşebilir.

Hasta ve bakım verenler de ERAS ekibinin parçası olarak görülmelidir. Hasta mobilizasyon, oral beslenme, solunum egzersizleri, ağrı kontrolü ve taburculuk hedeflerini önceden biliyorsa iyileşme sürecine daha aktif katılabilir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025). Bu nedenle hasta eğitimi yalnızca preoperatif dönemin bir bileşeni değil, protokol uyumunu ve taburculuk sonrası iyileşmeyi destekleyen bir uygulama stratejisidir.

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS "cerrahın protokolü" veya "anestezistin protokolü" değildir. Başarılı ERAS, cerrahiden anesteziye, hemşirelikten nütrisyon ve rehabilitasyona kadar bütün perioperatif ekibin ve hastanın ortak fonksiyonel iyileşme hedefleri etrafında çalışmasını gerektirir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Dijital izlem ve ERAS'ın geleceği

Dijital teknolojiler ERAS'ın temel ilkelerini değiştirmekten çok, bu ilkelerin uygulanmasını ve ölçülmesini kolaylaştırma potansiyeline sahiptir. Mobil uygulamalar hastalara açlık, ilaç kullanımı, mobilizasyon, beslenme ve taburculuk sonrası hedefleri hatırlatabilir; klinik ekiplerin semptomları ve iyileşme göstergelerini hastane dışında izlemesine yardımcı olabilir (D'Ambrosio et al., 2026). Bununla birlikte dijital araçların yalnızca kullanılmış olması klinik yarar sağlayacağını garanti etmez.

Güncel kanıtlar mobil uygulamaların özellikle protokol uyumunu destekleyebileceğini, ancak klinik sonuçlar üzerindeki etkisinin henüz kesinleşmediğini göstermektedir. 2026 yılında yayımlanan ve sekiz çalışma ile 1.623 hastayı kapsayan sistematik derlemede mobil uygulamalar özellikle erken mobilizasyon ve oral alım gibi ERAS bileşenlerine uyumu artırma eğilimi göstermiş; bazı çalışmalarda QoR-15 ve hasta memnuniyetinde iyileşme bildirilmiştir (D'Ambrosio et al., 2026). Ancak çalışma tasarımları ve uygulamaların işlevleri arasındaki heterojenlik nedeniyle komplikasyon, hastanede kalış veya yeniden yatış açısından kesin sonuçlara ulaşılamamıştır (D'Ambrosio et al., 2026).

ERAS'ın geleceğinde veri toplamak kadar doğru veriyi klinik karara dönüştürmek önem kazanacaktır. Elektronik sağlık

kayıtları, hasta tarafından bildirilen sonuçlar, giyilebilir sensörlerden elde edilen fiziksel aktivite verileri ve uzaktan takip sistemleri fonksiyonel iyileşmenin daha ayrıntılı izlenmesini sağlayabilir. Ancak yapay zekâ veya dijital karar destek sistemleri, klinik değerlendirme ve multidisipliner karar vermenin yerine geçen araçlar olarak değil, riskin erken tanınmasını ve bireyselleştirilmiş bakımı destekleyen yardımcı sistemler olarak değerlendirilmelidir.

Yeni teknolojilerin ERAS'a eklenmesinde temel soru teknolojinin yeniliği değil, hastanın iyileşmesini gerçekten değiştirip değiştirmediği olmalıdır. Dijital bir uygulama veya algoritma protokol uyumunu artırmıyor, komplikasyonları daha erken saptamıyor veya hastanın fonksiyonel iyileşmesini desteklemiyorsa ERAS açısından kendi başına değer oluşturmaz. Bu nedenle gelecekteki çalışmalar yalnızca teknolojinin kullanılabilirliğini değil, hasta açısından anlamlı klinik ve fonksiyonel sonuçlara etkisini değerlendirmelidir (D'Ambrosio et al., 2026).

Güncellenmiş ERAS mesajı: Dijital takip, giyilebilir teknolojiler ve karar destek sistemleri ERAS'ın geleceğinde giderek daha fazla yer alacaktır; ancak amaç "daha fazla teknoloji kullanmak" değil, protokol uyumunu ölçmek, iyileşme sapmalarını erken fark etmek ve bireyselleştirilmiş perioperatif bakımı desteklemektir (D'Ambrosio et al., 2026).

ERAS programında pratik audit döngüsü

ERAS programının sürdürülebilir olması için ölçüm klinik pratiğin rutin bir parçası haline gelmelidir. Bunun için karmaşık bir araştırma altyapısından önce az sayıda, klinik olarak anlamlı ve düzenli olarak ölçülebilen göstergenin belirlenmesi daha

uygulanabilir olabilir (Dyas et al., 2024; X. Zhang et al., 2025; Yoon et al., 2025).

Pratik bir ERAS audit döngüsü şu şekilde yürütülebilir:

1. Ölç: Protokolün temel bileşenlerine uyumu ve klinik sonuçları kaydet. 2. Karşılaştır: Hedeflenen standart ile gerçek uygulama arasındaki farkı belirle. 3. Nedeni bul: Düşük uyumun hasta faktörü, klinik karar veya sistem problemi kaynaklı olup olmadığını değerlendir. 4. Müdahale et: Eğitim, order set, klinik algoritma, ekip organizasyonu veya protokol değişikliği yap. 5. Yeniden ölç: Müdahalenin uyum ve hasta sonuçlarını değiştirip değiştirmediğini değerlendir. 6. Güncelle: Yeni bilimsel kanıt ortaya çıktığında protokolü yeniden gözden geçir.

Audit'in nihai amacı yüzde yüz protokol uyumu değil, gerekçesiz varyasyonu azaltırken hasta için en iyi iyileşme sonucunu sağlamaktır. Klinik olarak doğru bireyselleştirme korunmalı; buna karşılık alışkanlık, unutma, iletişim eksikliği veya sistem yetersizliği nedeniyle kanıta dayalı uygulamaların atlanması azaltılmalıdır (Dyas et al., 2024; X. Zhang et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS'ta kalite "protokole yüzde yüz uyum" ile eş anlamlı değildir. Hedef, kanıta dayalı uygulamalardaki gerekçesiz varyasyonu azaltmak, klinik olarak gerekli bireyselleştirmeyi korumak ve hasta sonuçlarını sürekli ölçerek sistemi geliştirmektir (Dyas et al., 2024; X. Zhang et al., 2025; Yoon et al., 2025).

Bölümün klinik son mesajı

ERAS tamamlanmış bir protokol değil, ölçüldükçe ve yeni kanıtlarla güncellendikçe gelişen dinamik bir perioperatif bakım

sistemidir. Başarılı bir ERAS programı yalnızca doğru önerileri içermez; bu önerilerin uygulanmasını ölçer, gerekçesiz sapmaları belirler, klinik sonuçları ve hasta tarafından bildirilen iyileşmeyi izler ve elde edilen verileri yeniden klinik pratiğe aktarır (D'Ambrosio et al., 2026; Dyas et al., 2024; Gustafsson et al., 2025; Sauro et al., 2024; Sunter et al., 2026; X. Zhang et al., 2025; Yoon et al., 2025).

Güncellenmiş ERAS mesajı: ERAS protokolüne sahip olmak ≠ ERAS uygulamak. Modern ERAS'ın tamamlayıcı bileşeni ölçüm → audit → geri bildirim → iyileştirme → yeniden ölçüm döngüsüdür. Başarı yalnızca daha kısa hastanede kalışla değil, daha az komplikasyon, daha iyi fonksiyonel iyileşme ve hastanın normal yaşamına güvenli dönüşüyle değerlendirilmelidir (D'Ambrosio et al., 2026; Dyas et al., 2024; Sauro et al., 2024; Sunter et al., 2026; X. Zhang et al., 2025; Yoon et al., 2025).

2026'da ERAS: neleri artık farklı yapıyoruz?

ERAS'ın son yıllardaki en önemli değişimi yeni müdahalelerin eklenmesinden çok, perioperatif bakımın nasıl düşünüldüğünün değişmesidir. İlk dönemlerde standart bakım yolları, komplikasyonların azaltılması ve hastanede kalış süresinin kısaltılması ön plandayken, güncel ERAS yaklaşımında temel hedef hastanın fizyolojik rezervini korumak, değiştirilebilir perioperatif stresörleri azaltmak ve bağımsız fonksiyonlarına güvenli biçimde dönüşünü hızlandırmaktır (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

Bu dönüşüm klinik pratiğe şu şekilde yansımaktadır:

1. "Fast-track cerrahi" → Fonksiyonel iyileşme

ERAS'ın amacı hastayı mümkün olduğunca erken taburcu etmek değildir. Erken taburculuk, fizyolojik ve fonksiyonel iyileşmenin uygun biçimde gerçekleşmesinin sonucu olabilir. Başarı; oral alım, mobilizasyon, yeterli analjezi, bağımsızlık ve normal yaşama güvenli dönüş üzerinden değerlendirilmelidir (Grant & Engelman, 2025; Gustafsson et al., 2025; Powers et al., 2024).

2. "Standart protokol" → Standart hedefler + bireyselleştirilmiş bakım

ERAS standardizasyon ile bireyselleştirmeyi birbirinin alternatifi olarak görmez. Standartlaştırılması gereken temel iyileşme hedefleridir; bu hedeflere ulaşmak için gereken monitorizasyon, sıvı, analjezi, nütrisyon ve rehabilitasyon desteği hastanın fizyolojik rezervine ve cerrahi riskine göre değişebilir (Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

3. "Hasta ameliyat olabilir mi?" → "Hasta ameliyata daha iyi hazırlanabilir mi?"

Preoperatif değerlendirme yalnızca riskin tanımlandığı bir dönem olmaktan çıkmış; anemi, malnütrisyon, sigara kullanımı, frailty ve düşük fonksiyonel kapasite gibi değiştirilebilir veya yönetilebilir risklerin aktif olarak ele alındığı bir optimizasyon dönemine dönüşmüştür (Fiddes & McCaffrey, 2025; Gustafsson et al., 2025; Shander et al., 2023; Skořepa et al., 2024; Weimann et al., 2021).

4. "Gece yarısından sonra NPO" → En kısa güvenli açlık

Gereksiz uzun açlık artık perioperatif güvenliğin göstergesi değildir. Aspirasyon açısından özel risk bulunmayan hastalarda berrak sıvılar için yaklaşık 2 saat, katı gıdalar için yaklaşık 6 saatlik açlık temel yaklaşım olmaya devam etmektedir. Buna karşılık

preoperatif karbonhidrat yüklemesi artık her ERAS hastasına uygulanması gereken vazgeçilmez bir bileşen olarak görülmemektedir (Gustafsson et al., 2025; Joshi et al., 2023; Sebestyén et al., 2025; Weimann et al., 2021).

5. "Restriktif sıvı" → Övolemi ve fizyolojiye göre sıvı tedavisi

Amaç hastaya mümkün olduğunca az sıvı vermek değil, hem hipovolemiden hem de sıvı yüklenmesinden kaçınmaktır. Sıvı tedavisi hastanın volüm durumu, cerrahi kayıpları, perfüzyonu ve hemodinamik fenotipi dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir (Gustafsson et al., 2025; Ostermann et al., 2024; Saugel et al., 2024).

6. "Hipotansiyon = sıvı bolusu" → Hipotansiyonun nedenini tedavi et

Düşük kan basıncı tek başına tanı değildir. Hipovolemi, vazodilatasyon, bradikardi ve düşük kardiyak debi birbirinden ayrılmalı; sıvı, vazopresör, inotrop veya kan ürünü tedavisi altta yatan fizyolojiye göre seçilmelidir (Saugel et al., 2024; Thompson et al., 2024).

7. "Düşük tidal volüm + yüksek PEEP" → Bireyselleştirilmiş akciğer koruyucu ventilasyon

Tidal volüm predicted body weight üzerinden sınırlandırılmalı; ancak PEEP ve recruitment manevraları bütün hastalara aynı şekilde uygulanmamalıdır. Solunum mekaniği, driving pressure ve hemodinamik tolerans dikkate alınmalı, gereksiz yüksek FiO2 maruziyetinden kaçınılmalıdır (Buonanno et al., 2023; Ferrando et al., 2025; Jivraj et al., 2025; Mo et al., 2024; Wang et al., 2024).

8. “Klinik olarak güçlü görünüyor” → Nöromüsküler iyileşmeyi objektif olarak doğrula

Rezidüel nöromüsküler blok klinik bulgularla güvenilir biçimde dışlanamaz. Nöromüsküler bloker kullanılan hastada kantitatif monitorizasyon yapılmalı ve ekstübasyon öncesinde TOF oranının ≥0,9 olduğu doğrulanmalıdır. Sugammadeks kullanılması monitorizasyon gereksinimini ortadan kaldırmaz (Fuchs-Buder et al., 2023; Renew et al., 2026; Thilen et al., 2023).

9. “Opioid-free anestezi” → Fonksiyon koruyucu opioid-sparing analjezi

ERAS’ın hedefi opioidleri ne pahasına olursa olsun ortadan kaldırmak değildir. Amaç multimodal ve uygun rejyonal analjezi ile opioid gereksinimini azaltırken hastanın derin solunum, öksürme, mobilizasyon ve oral alımını sürdürebileceği fonksiyonel analjezi sağlamaktır (Ao et al., 2025; de Carvalho et al., 2026; Evans et al., 2025; Feenstra et al., 2023; Gustafsson et al., 2025; Tripodi et al., 2025; Z. Zhang et al., 2025).

10. “Epidural ERAS’ın vazgeçilmezidir” → Cerrahiye uygun rejyonal analjezi

Torasik epidural analjezi artık özellikle minimal invaziv kolorektal cerrahide rutin ERAS bileşeni değildir. Rejyonal teknik cerrahi girişime, beklenen ağrı yüküne, mobilizasyon hedeflerine ve hastanın özelliklerine göre seçilmelidir; açık cerrahide epidural halen uygun hastalarda değerli olabilir (Gustafsson et al., 2025).

11. “PONV gelişirse tedavi et” → PONV’yi gelişmeden önle

PONV yönetimi reaktif tedaviden risk temelli multimodal profilaksiye kaymıştır. Başlangıç riski azaltılmalı, farklı mekanizmalardan antiemetikler birlikte kullanılmalı ve profilaksiye rağmen PONV geliştiğinde mümkün olduğunca daha önce kullanılmamış farklı bir farmakolojik sınıfla kurtarma tedavisi uygulanmalıdır (Gan et al., 2026).

12. "Bağırsaklar çalışana kadar NPO" → Erken oral beslenme

Oral beslenmenin başlaması için bağırsak sesleri, gaz veya dışkılama rutin olarak beklenmemelidir. Bilinçli, hemodinamik olarak stabil ve oral alıma engel durumu olmayan hastalarda beslenme toleransa göre erken dönemde başlatılmalıdır (Canzan et al., 2024; Gustafsson et al., 2025; Weimann et al., 2021).

13. "Serum, sonda ve dren postoperatif bakımın parçasıdır" → Her invaziv aracın devam eden bir endikasyonu olmalıdır

İntravenöz sıvılar yeterli oral hidrasyon başladığında sonlandırılmalı; üriner kateter mümkün olan en erken güvenli zamanda çıkarılmalı; rutin nazogastrik dekompresyon ve endikasyonsuz profilaktik dren kullanımından kaçınılmalıdır (Ammar et al., 2021; Gustafsson et al., 2025; Irani et al., 2023; Jones et al., 2024; Kivilcim-Uprak et al., 2024; Lee et al., 2025; Mattevi et al., 2022).

14. "Yaşlı hasta = yüksek risk" → Frailty ve fizyolojik rezervi değerlendir

Kronolojik yaş tek başına cerrahi stres toleransını belirlemez. Frailty, nütrisyon, bilişsel durum, fonksiyonel kapasite ve sosyal destek perioperatif değerlendirmeye dahil edilmeli; düşük rezerv

ERAS'tan vazgeçme nedeni değil, desteğin yoğunlaştırılması için bir işaret olarak görülmelidir (Aldecoa et al., 2024; British Geriatrics Society, 2021; Skořepa et al., 2024; Thompson et al., 2024).

15. "Acil cerrahide ERAS uygulanamaz" → Uygulanabilir ERAS bileşenlerini hızlandırılmış bakım yoluna entegre et

Acil cerrahide uzun prehabilitasyon veya elektif optimizasyon için zaman bulunmayabilir; ancak resüsitasyon, normotermi, fizyolojiye dayalı hemodinamik yönetim, multimodal analjezi, erken beslenme, mobilizasyon ve geriatrik değerlendirme gibi temel ERAS ilkeleri uygulanmaya devam edilmelidir. Optimizasyon zaman duyarlı kaynak kontrolünü geciktirmemelidir (Peden et al., 2023; Scott et al., 2023).

16. "ERAS = checklist" → ERAS = ölçülen ve sürekli geliştirilen bakım sistemi

Bir protokolün hastane dosyasında bulunması uygulanmakta olduğu anlamına gelmez. Uyum ölçülmeli, gerekçesiz varyasyon belirlenmeli, sonuçlar ekiple paylaşılmalı ve yeni kanıtlar doğrultusunda protokol güncellenmelidir. Amaç yüzde yüz mekanik uyum değil, doğru hastaya doğru ERAS bileşeninin uygulanmasıdır (D'Ambrosio et al., 2026; Dyas et al., 2024; Sauro et al., 2024; Sunter et al., 2026; X. Zhang et al., 2025; Yoon et al., 2025).

Sonuç

2026'da ERAS, hastayı bir protokole uydurmaktan çok perioperatif bakımı hastanın iyileşme fizyolojisine uyarlamak anlamına gelmektedir. Güncel yaklaşım daha fazla veya daha az tedavi vermeyi değil; gereksiz müdahaleleri azaltırken fizyolojik rezervi koruyan, değiştirilebilir riskleri düzelten ve hastanın

fonksiyonel iyileşmesini destekleyen müdahaleleri doğru zamanda uygulamayı hedeflemektedir.

Bu nedenle ERAS'ın klinikteki temel sorusu artık "Protokolde ne yazıyor?" değildir.

"Bu hastanın iyileşmesini ne engelleyebilir ve bunu nasıl değiştirebilirim?"

Güncellenmiş ERAS'ın özü bu soruya preoperatif dönemden taburculuk sonrasına kadar sistematik, kanıta dayalı ve hastaya özgü yanıt verebilmektir.

Kaynakça

Aldecoa, C., Bettelli, G., Bilotta, F., Sanders, R. D., Aceto, P., Audisio, R., Cherubini, A., Cunningham, C., Dabrowski, W., Forookhi, A., Gitti, N., Immonen, K., Kehlet, H., Koch, S., Kotfis, K., Latronico, N., MacLullich, A. M. J., Mevorach, L., Mueller, A., Neuner, B., … Spies, C. D. (2024). Update of the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine evidence-based and consensus-based guideline on postoperative delirium in adult patients. *European Journal of Anaesthesiology, 41*(2), 81–108. doi: EJA.0000000000001876.

American Diabetes Association Professional Practice Committee for Diabetes* (2026). 16. Diabetes Care in the Hospital: Standards of Care in Diabetes-2026. *Diabetes Care, 49*(Supplement_1), S339–S355. doi: 10.2337/dc26-S016.

Ammar, K., Varghese, C., K, T., Prabakaran, V., Robinson, S., Pathak, S., Dasari, B. V. M., & Pandanaboyana, S. (2021). Impact of routine nasogastric decompression versus no nasogastric decompression after pancreaticoduodenectomy on perioperative outcomes: meta-analysis. *BJS Open, 5*(6), zrab111. doi: 10.1093/bjsopen/zrab111.

Ao, Y., Ma, J., Zheng, X., Zeng, J., & Wei, K. (2025). Opioid-Sparing Anesthesia Versus Opioid-Free Anesthesia for the Prevention of Postoperative Nausea and Vomiting after Laparoscopic Bariatric Surgery: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. Anesthesia and Analgesia, 140(2), 385–396. doi: 10.1213/ANE.0000000000006942.

British Geriatrics Society. (2021). Guideline for Perioperative Care for People Living with Frailty Undergoing Elective and Emergency

Surgery. London: Centre for Perioperative Care. https://www.rcseng.ac.uk/-/media/files/rcs/fds/guidelines/cpocbgsguideline-for-perioperative-care-for-people-living-with-frailty-undergoing-elective-and-emerg.pdf

Buonanno, P., Marra, A., Iacovazzo, C., Vargas, M., Coviello, A., Squillacioti, F., Nappi, S., de Siena, A. U., & Servillo, G. (2023). Impact of ventilation strategies on pulmonary and cardiovascular complications in patients undergoing general anaesthesia for elective surgery: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia, 131*(6), 1093–1101. doi: 10.1016/j.bja.2023.09.011.

Canzan, F., Longhini, J., Caliaro, A., Cavada, M. L., Mezzalira, E., Paiella, S., & Ambrosi, E. (2024). The effect of early oral postoperative feeding on the recovery of intestinal motility after gastrointestinal surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Frontiers in Nutrition, 11*, 1369141. doi: 10.3389/fnut.2024.1369141.

D'Ambrosio, P. D., Passos, F. S., da Nobrega Oliveira, R. E. N., Alvarenga-Bezerra, V., Hirayama, P., Kawano, A. H. A., Terra, R. M., & Moretti-Marques, R. (2026). Mobile applications in enhanced recovery after surgery: a systematic review of protocol adherence and outcomes. *mHealth, 12*, 9. doi: 10.21037/mhealth-25-37.

de Carvalho, C. C., El-Boghdadly, K., Guedes, I. H. L., Dantas, M. V. M., Tomé, D. P. B., Ramos, I. B., Gomes, C. S. H., Alves, G. K. P. A., Bezerra, A. P., Santos Neto, J. M., Pandit, J. J., & Braz, L. G. (2026). Opioid-free vs. opioid-inclusive anaesthesia with or without regional anaesthesia for postoperative pain: a systematic review with network meta-analysis of randomised controlled trials. *Anaesthesia, 81*(5), 702–712. doi: 10.1111/anae.70121.

Dyas, A. R., Kelleher, A. D., Cumbler, E. U., Barker, A. R., McCabe, K. O., Bata, K. E., Abrams, B. A., Randhawa, S. K., Mitchell, J. D., & Meguid, R. A. (2024). Quality Review Committee Audit Improves Thoracic Enhanced Recovery After Surgery Protocol Compliance. *The Journal of Surgical Research, 293*, 144–151. doi: 10.1016/j.jss.2023.08.022.

Evans, B. G. A., Ihnat, J. M. H., Zhao, K. L., Kim, L., Pierson, D., Yu, C. T., Lin, H. M., Li, J., Golshan, M., & Ayyala, H. S. (2025). Meta-analysis: The utility of the anterior quadratus lumborum block in abdominal surgery. *American Journal of Surgery, 239*, 116014. doi: 10.1016/j.amjsurg.2024.116014.

Feenstra, M. L., Jansen, S., Eshuis, W. J., van Berge Henegouwen, M. I., Hollmann, M. W., & Hermanides, J. (2023). Opioid-free anesthesia: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Anesthesia, 90*, 111215. doi: 10.1016/j.jclinane.2023.111215.

Ferrando, C., Vallverdú, J., Zattera, L., Tusman, G., & Suárez-Sipmann, F. (2025). Improving lung protective mechanical ventilation: the individualised intraoperative open-lung approach. *British Journal of Anaesthesia, 134*(2), 281–287. doi: 10.1016/j.bja.2024.10.007.

Fiddes, R. A., & McCaffrey, N. (2025). Preoperative Smoking-Cessation Interventions to Prevent Postoperative Complications: A Quality Assessment and Overview of Systematic Review Evidence. *Anesthesia and Analgesia, 140*(6), 1377–1387. doi: 10.1213/ANE.0000000000007187.

Fuchs-Buder, T., Romero, C. S., Lewald, H., Lamperti, M., Afshari, A., Hristovska, A. M., Schmartz, D., Hinkelbein, J., Longrois, D.,

Popp, M., de Boer, H. D., Sorbello, M., Jankovic, R., & Kranke, P. (2023). Peri-operative management of neuromuscular blockade: A guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *European Journal of Anaesthesiology, 40*(2), 82–94. doi: 10.1097/EJA.0000000000001769.

Gan, T. J., Jin, Z., Ayad, S., Belani, K. G., Habib, A. S., Meyer, T. A., Urman, R. D., Andrew, B. Y., Bergese, S. D., Chung, F., Diemunsch, P., Kovac, A. L., Candiotti, K., Englesakis, M., Grant, M. C., Hedrick, T. L., Huang, H., Kranke, P., Lloyd, S. J., Manahan, M. A., … Stever, J. (2026). Fifth Consensus Guidelines for the Management of Postoperative Nausea and Vomiting: Executive Summary. *Anesthesia and Analgesia, 143*(3), 497–513. doi: 10.1213/ANE.0000000000007816.

Grant, M. C., & Engelman, D. T. (2025). Enhanced recovery after surgery: overarching themes of the ERAS® Society Guidelines & Consensus Statements for Adult Specialty Surgery. *Perioperative Medicine (London, England), 14*(1), 120. doi: 10.1186/s13741-025-00590-0.

Gustafsson, U. O., Rockall, T. A., Wexner, S., How, K. Y., Emile, S., Marchuk, A., Fawcett, W. J., Sioson, M., Riedel, B., Chahal, R., Balfour, A., Baldini, G., de Groof, E. J., Romagnoli, S., Coca-Martinez, M., Grass, F., Brindle, M., & Hubner, M. (2025). Guidelines for perioperative care in elective colorectal surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Society recommendations 2025. *Surgery, 184*, 109397. doi: 10.1016/j.surg.2025.109397.

Irani, J. L., Hedrick, T. L., Miller, T. E., Lee, L., Steinhagen, E., Shogan, B. D., Goldberg, J. E., Feingold, D. L., Lightner, A. L., &

Paquette, I. M. (2023). Clinical practice guidelines for enhanced recovery after colon and rectal surgery from the American Society of Colon and Rectal Surgeons and the Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons. *Surgical Endoscopy, 37*(1), 5–30. doi: 10.1007/s00464-022-09758-x.

Ivascu, R., Torsin, L. I., Hostiuc, L., Nitipir, C., Corneci, D., & Dutu, M. (2024). The Surgical Stress Response and Anesthesia: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine, 13*(10), 3017. doi: 10.3390/jcm13103017.

Jivraj, N. K., Lakbar, I., Sadeghirad, B., Müller, M. M., Sohn, S. Y., Peel, J. K., Jaffer, A., Phoophiboon, V., Trivedi, V., Chaudhuri, D., Lu, C., Liu, Y., Giammarioli, B., Einav, S., & Burns, K. E. A. (2025). Intra-operative ventilation strategies and their impact on clinical outcomes: a systematic review and network meta-analysis of randomised trials. *Anaesthesia, 80*(8), 973–987. doi: 10.1111/anae.16600.

Jones, B. A., Brock, B., Richman, J., Wood, L., Harsono, A. A. H., Oslock, W. M., English, N. C., Rubyan, M., & Chu, D. I. (2024). Which individual components of a colorectal surgery enhanced recovery program are associated with improved surgical outcomes?. *Surgery, 176*(4), 1044–1051. doi: 10.1016/j.surg.2024.06.015.

Joshi, G. P., Abdelmalak, B. B., Weigel, W. A., Harbell, M. W., Kuo, C. I., Soriano, S. G., Stricker, P. A., Tipton, T., Grant, M. D., Marbella, A. M., Agarkar, M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting: Carbohydrate-containing Clear Liquids with or without Protein, Chewing Gum, and Pediatric Fasting Duration-A Modular Update of the 2017 American Society of Anesthesiologists

Practice Guidelines for Preoperative Fasting. *Anesthesiology, 138*(2), 132–151. doi: 10.1097/ALN.0000000000004381.

Kivilcim-Uprak, T., Ciciboğa, K., Eren-Kayaci, A., & Attaallah, W. (2024). Comparison of early and late removal of the urinary catheter after rectal cancer surgery. Comparación de la retirada precoz y tardía de la sonda urinaria tras la cirugía de cáncer rectal. *Cirugia y Cirujanos, 92*(2), 189–193. doi: 10.24875/CIRU.23000238.

Korytkowski, M. T., Muniyappa, R., Antinori-Lent, K., Donihi, A. C., Drincic, A. T., Hirsch, I. B., Luger, A., McDonnell, M. E., Murad, M. H., Nielsen, C., Pegg, C., Rushakoff, R. J., Santesso, N., & Umpierrez, G. E. (2022). Management of Hyperglycemia in Hospitalized Adult Patients in Non-Critical Care Settings: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 107*(8), 2101–2128. doi: 10.1210/clinem/dgac278.

Lee, K. Y., Lee, S. Y., Choi, M., Kim, M., Kim, J. H., Song, J. M., Yang, S. Y., Yang, I. J., Choi, M. S., Han, S. R., Han, E. C., Hong, S. H., Park, D. J., & Park, S. J. (2025). The 2024 Korean Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) guidelines for colorectal cancer: a secondary publication. *Annals of Coloproctology, 41*(1), 3–26. doi: 10.3393/ac.2024.00836.0119.

Liu, L. Q., & Mehigan, S. (2025). Surgical Site Infections and the Use of Forced-Air Warming Devices During Surgical Procedures: A Systematic Review and Meta-Analysis. *AORN Journal, 121*(6), 438–448. doi: 10.1002/aorn.14352.

Mattevi, C., van Coppenolle, C., Selvy, M., Pereira, B., & Slim, K. (2022). Systematic review and meta-analysis of early removal of urinary catheter after colorectal surgery with infraperitoneal

anastomosis. *Langenbeck's Archives of Surgery, 407*(1), 15–23. doi: 10.1007/s00423-021-02342-2.

McIsaac, D. I., Kidd, G., Gillis, C., Branje, K., Al-Bayati, M., Baxi, A., Grudzinski, A. L., Boland, L., Veroniki, A. A., Wolfe, D., & Hutton, B. (2025). Relative efficacy of prehabilitation interventions and their components: systematic review with network and component network meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ (Clinical Research Ed.), 388*, e081164. doi: 10.1136/bmj-2024-081164.

Mo, J., Wang, D., Xiao, J., Chen, Q., An, R., & Liu, H. L. (2024). Effects of lung protection ventilation strategies on postoperative pulmonary complications after noncardiac surgery: a network meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Anesthesiology, 24*(1), 346. doi: 10.1186/s12871-024-02737-w.

Ostermann, M., Auzinger, G., Grocott, M., Morton-Bailey, V., Raphael, J., Shaw, A. D., Zarbock, A., & POQI XI Investigators (2024). Perioperative fluid management: evidence-based consensus recommendations from the international multidisciplinary PeriOperative Quality Initiative. *British Journal of Anaesthesia, 133*(6), 1263–1275. doi: 10.1016/j.bja.2024.07.038.

Peden, C. J., Aggarwal, G., Aitken, R. J., Anderson, I. D., Balfour, A., Foss, N. B., Cooper, Z., Dhesi, J. K., French, W. B., Grant, M. C., Hammarqvist, F., Hare, S. P., Havens, J. M., Holena, D. N., Hübner, M., Johnston, C., Kim, J. S., Lees, N. P., Ljungqvist, O., Lobo, D. N., … Scott, M. J. (2023). Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society Consensus Guidelines for Emergency Laparotomy Part 3: Organizational Aspects and General Considerations for Management of the Emergency Laparotomy

Patient. *World Journal of Surgery, 47*(8), 1881–1898. doi: 10.1007/s00268-023-07039-9.

Powers, B. K., Ponder, H. L., Findley, R., Wolfe, R., Patel, G. P., Parrish, R. H., 2nd, & Enhanced Recovery Comparative Pharmacotherapy Collaborative (2024). Enhanced recovery after surgery (ERAS®) Society abdominal and thoracic surgery recommendations: A systematic review and comparison of guidelines for perioperative and pharmacotherapy core items. *World Journal of Surgery, 48*(3), 509–523. doi: 10.1002/wjs.12101.

Renew, J. R., Linn, D. D., Logvinov, I. I., Ma, Y., & Brull, S. J. (2026). The Impact of the "2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade" on Quantitative Neuromuscular Monitoring Two Years Later. *Anesthesia and Analgesia,* 10.1213/ANE.0000000000008190. Advance online publication. doi: 10.1213/ANE.0000000000008190.

Saugel, B., Fletcher, N., Gan, T. J., Grocott, M. P. W., Myles, P. S., Sessler, D. I., & PeriOperative Quality Initiative XI (POQI XI) Workgroup Members (2024). PeriOperative Quality Initiative (POQI) international consensus statement on perioperative arterial pressure management. *British Journal of Anaesthesia, 133*(2), 264–276. doi: 10.1016/j.bja.2024.04.046.

Sauro, K. M., Smith, C., Ibadin, S., Thomas, A., Ganshorn, H., Bakunda, L., Bajgain, B., Bisch, S. P., & Nelson, G. (2024). Enhanced Recovery After Surgery Guidelines and Hospital Length of Stay, Readmission, Complications, and Mortality: A Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *JAMA Network Open, 7*(6), e2417310. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2024.17310.

Scott, M. J., Aggarwal, G., Aitken, R. J., Anderson, I. D., Balfour, A., Foss, N. B., Cooper, Z., Dhesi, J. K., French, W. B., Grant, M. C., Hammarqvist, F., Hare, S. P., Havens, J. M., Holena, D. N., Hübner, M., Johnston, C., Kim, J. S., Lees, N. P., Ljungqvist, O., Lobo, D. N., … Peden, C. J. (2023). Consensus Guidelines for Perioperative Care for Emergency Laparotomy Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society Recommendations Part 2-Emergency Laparotomy: Intra- and Postoperative Care. *World Journal of Surgery, 47*(8), 1850–1880. doi: 10.1007/s00268-023-07020-6.

Sebestyén, A. R., Turan, C., Szemere, A., Virág, M., Ocskay, K., Dembrovszky, F., Szabó, L., Hegyi, P., Engh, M. A., & Molnár, Z. (2025). Preoperative carbohydrate loading reduces length of stay after major elective, non-cardiac surgery when compared to fasting: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports, 15*(1), 19119. doi: 10.1038/s41598-025-00767-z.

Shander, A., Corwin, H. L., Meier, J., Auerbach, M., Bisbe, E., Blitz, J., Erhard, J., Faraoni, D., Farmer, S. L., Frank, S. M., Girelli, D., Hall, T., Hardy, J. F., Hofmann, A., Lee, C. K., Leung, T. W., Ozawa, S., Sathar, J., Spahn, D. R., Torres, R., … Muñoz, M. (2023). Recommendations From the International Consensus Conference on Anemia Management in Surgical Patients (ICCAMS). *Annals of Surgery, 277*(4), 581–590. doi: 10.1097/SLA.0000000000005721.

Skořepa, P., Ford, K. L., Alsuwaylihi, A., O'Connor, D., Prado, C. M., Gomez, D., & Lobo, D. N. (2024). The impact of prehabilitation on outcomes in frail and high-risk patients undergoing major abdominal surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland), 43*(3), 629–648. doi: 10.1016/j.clnu.2024.01.020.

Sunter, K., Turker, K. Y., Ates, C., Koc, M. A., Sevim, Y., Ensari, C., Dincer, O. I., Eray, I. C., Yavuz, B., Erol, T., Ersoz, S., Kutlu, B., & Kuzu, M. A. (2026). Validation of the Turkish Version of the Quality of Recovery-15 Questionnaire. *Sisli Etfal Hastanesi Tip Bulteni, 60*(1), 93–102. doi: 10.14744/SEMB.2026.70933.

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379

Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., … Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM Guideline for Perioperative Cardiovascular Management for Noncardiac Surgery: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation, 150*(19), e351–e442. doi: 10.1161/CIR.0000000000001285.

Tian, Y. N., Gao, W. Y., Tian, X. R., & Wang, Z. W. (2023). Comparative Efficacy of Six Active Warming Systems for Intraoperative Warming in Adult Patients Undergoing Laparoscopic Surgery: A Systematic Review and Network Meta-Analysis.

Therapeutic Hypothermia and Temperature Management, 13(3), 92–101. doi: 10.1089/ther.2022.0032.

Tripodi, V. F., Sardo, S., Ippolito, M., & Cortegiani, A. (2025). Effectiveness and safety of opioid-free anesthesia compared to opioid-based anesthesia: a systematic review and network meta-analysis. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care, 5*(1), 53. doi: 10.1186/s44158-025-00272-9.

Uçak, A., Tat Çatal, A., Karadağ, E., & Cebeci, F. (2024). The Effect of Prewarming on Perioperative Hypothermia: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Studies. *Journal of Perianesthesia Nursing : Official Journal of the American Society of PeriAnesthesia Nurses, 39*(4), 611–623.e2. doi: 10.1016/j.jopan.2023.11.003.

Vignarajah, M., Berg, A., Abdallah, Z., Arora, N., Javidan, A., Pitre, T., Fernando, S. M., Spence, J., Centofanti, J., & Rochwerg, B. (2023). Intraoperative use of balanced crystalloids versus 0.9% saline: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies. *British Journal of Anaesthesia, 131*(3), 463–471. doi: 10.1016/j.bja.2023.05.029.

Wang, T., Zhao, W., Ma, L., Wu, J., Ma, X., Liu, L., Cao, J., Lou, J., Mi, W., & Zhang, C. (2024). Higher fraction of inspired oxygen during anesthesia increase the risk of postoperative pulmonary complications in patients undergoing non-cardiothoracic surgery: a retrospective cohort study. *Frontiers in Physiology, 15*, 1471454. doi: 10.3389/fphys.2024.1471454.

Weimann, A., Braga, M., Carli, F., Higashiguchi, T., Hübner, M., Klek, S., Laviano, A., Ljungqvist, O., Lobo, D. N., Martindale, R. G., Waitzberg, D., Bischoff, S. C., & Singer, P. (2021). ESPEN

practical guideline: Clinical nutrition in surgery. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland), 40*(7), 4745–4761. doi: 10.1016/j.clnu.2021.03.031.

Willner, A., Teske, C., Hackert, T., & Welsch, T. (2023). Effects of early postoperative mobilization following gastrointestinal surgery: systematic review and meta-analysis. *BJS Open, 7*(5), zrad102. doi: 10.1093/bjsopen/zrad102.

Yoon, S. H., Ju, J. W., Lee, H. J., Kim, J., Kim, M. J., Park, J. W., Park, D. J., & Jeong, S. Y. (2025). Development of the Korean enhanced recovery after surgery audit program. *Scientific Reports, 15*(1), 27409. doi: 10.1038/s41598-025-10622-w.

Zhang, X., Ruan, Y., Yuan, Y., & Li, K. (2025). Is it necessary to maintain high adherence to enhanced recovery after surgery (ERAS) protocols?-A systematic review and meta-analysis. *Current Problems in Surgery, 69*, 101814. doi: 10.1016/j.cpsurg.2025.101814.

Zhang, Z., Wang, J. J., Ping, Z. G., Jin, X. G., Yang, J. J., Wang, Y., Chu, Q. J., & Pain Group of the Chinese Society of Anesthesiology (2025). The Impact of Opioid-Sparing Analgesia on Postoperative Pain and Recovery: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Pain and Therapy, 14*(5), 1473–1497. doi: 10.1007/s40122-025-00762-2.

Zheng, V., Wee, I. J. Y., Abdullah, H. R., Tan, S., Tan, E. K. W., & Seow-En, I. (2023). Same-day discharge (SDD) vs standard enhanced recovery after surgery (ERAS) protocols for major colorectal surgery: a systematic review. *International Journal of Colorectal Disease, 38*(1), 110. doi: 10.1007/s00384-023-04408-7.

BÖLÜM 61

AMELİYATHANE DIŞI ANESTEZİ UYGULAMALARI
NORA: Ortam, Hasta ve İşlem Üçgeninde Güvenli Sedasyon ve Anestezi

FAHRİ ACAR[1]

Özet

Ameliyathane dışı anestezi (non-operating room anesthesia; NORA), anestezi hizmetinin radyoloji, endoskopi, kardiyoloji, girişimsel radyoloji, bronkoskopi, radyasyon onkolojisi ve diğer özel işlem alanlarına taşınmasını ifade eder. Bu ortamların temel özelliği, fiziksel ve ekip organizasyonunun ameliyathaneden farklı olmasıdır. Bu nedenle güvenli NORA; uygun hasta seçimi, işlem ve ortam riskinin önceden değerlendirilmesi, ameliyathaneye eşdeğer monitörizasyon, oksijen ve aspirasyon kapasitesi, hava yolu kurtarma ekipmanı, eğitimli ekip ve güvenli derlenme alanının birlikte planlanmasını gerektirir (American Society of

[1] Uzm. Dr., Özel Lokman Hekim Etlik Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-2960-8875

Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2023, 2025; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

NORA'da sedasyon derinliği beklenenden daha ileri bir düzeye ilerleyebileceğinden, anestezist ve sedasyon ekibi daha derin sedasyon veya genel anestezi geliştiğinde hava yolunu ve ventilasyonu güvenceye alabilecek yeterlilikte olmalıdır (Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018). Kapnografi, özellikle orta ve derin sedasyonda ventilasyonun erken bozulmasını pulse oksimetreden önce gösterebildiği için önemli bir güvenlik bileşenidir (Korean Society of Anesthesiologists, 2024; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

Öğrenme Hedefleri

- Ameliyathane dışı anestezinin ortam, hasta ve işlem kaynaklı risklerini sistematik değerlendirebilmek.
- NORA alanını anestezi açısından güvenli hale getirecek ekipman, personel ve organizasyonu planlayabilmek.
- Sedasyon düzeylerini ve sedasyondan genel anesteziye ilerleme riskini değerlendirebilmek.
- Radyoloji, MRI, endoskopi, bronkoskopi, girişimsel kardiyoloji ve EKT gibi işlemlerde anestezi planını bireyselleştirebilmek.
- Kapnografi ve diğer temel monitörizasyon yöntemlerini işlem riskine göre uygulayabilmek.

- Sedasyon ilişkili hava yolu obstrüksiyonu, hipoventilasyon, aspirasyon, hipotansiyon ve diğer acilleri erken tanıyabilmek.
- İşlem sonrası derlenme ve taburculuk kriterlerini güvenli biçimde uygulayabilmek.

NORA'da Güvenlik Felsefesi

NORA'nın temel yaklaşımı 'ameliyathaneden farklı yerde daha düşük standart' değil, işlem yapılan ortama uyarlanmış ancak güvenlik hedefleri ameliyathaneyle eşdeğer bir anestezi hizmetidir (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2023, 2025). Kaynak metindeki ortam–hasta–işlem üçgeni bu yaklaşımın pratik temelidir (Gropper et al., 2025).

Bileşen	Sorulması Gerekenler	Klinik Sonuç
Ortam	Oksijen, aspirasyon, elektrik, ışık, alan, monitör, acil ekipman, iletişim, radyasyon/manyetik alan var mı?	Anestezinin güvenli uygulanabilirliği
Hasta	ASA durumu, hava yolu, OSA, kardiyopulmoner hastalık, açlık, ilaçlar, kooperasyon, önceki sedasyon sorunu?	Sedasyon/GA riskinin belirlenmesi
İşlem	Süre, ağrı, pozisyon, hava yoluna erişim, kanama, perforasyon, emboli, kontrast, radyasyon?	Anestezi tekniği ve kurtarma planı

NORA Öncesi Alan Hazırlığı

İşlem başlamadan önce anestezi alanı fiziksel olarak incelenmelidir. Oksijen ve aspirasyon kaynaklarının hastaya erişilebilir olması, yeterli elektrik ve aydınlatma, uygun anestezi cihazı/ventilasyon desteği, hava yolu ekipmanı, acil ilaçlar, defibrilatör ve hızlı yardım çağırma sistemi bulunmalıdır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2023, 2025).

- Standart monitörizasyon için ECG, noninvaziv kan basıncı, pulse oksimetri ve solunum değerlendirmesi hazır olmalıdır.
- Sedasyon sırasında ventilasyonun sürekli değerlendirilmesi için uygun hastalarda ve özellikle orta/derin sedasyonda kapnografi kullanılmalıdır (Korean Society of Anesthesiologists, 2024; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).
- Anestezi cihazı veya sedasyon sisteminin pre-use kontrolü yapılmalı; oksijen kaynağı ve yedek oksijen erişilebilir olmalıdır.
- Ambu-balonu, uygun maskeler, oral/nazal airway, supraglottik hava yolu, laringoskop/video laringoskop, endotrakeal tüpler ve acil hava yolu ekipmanı hazır bulunmalıdır.
- Resüsitasyon arabası ve defibrilatör aynı alanda veya gecikmeden erişilebilecek konumda olmalıdır.
- İşlem sonrası hastanın derlenebileceği ayrı ve yeterli monitörizasyonu olan bir alan önceden belirlenmelidir.

NORA'da Personel ve İletişim

NORA'da güvenlik yalnız ekipmanla sağlanmaz. Anestezi ekibinin görevleri, işlem ekibinin sorumlulukları, acil yardım çağrısı ve gerekirse hastanın ameliyathaneye/yoğun bakıma transfer yolu işlem başlamadan belirlenmelidir American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2023, 2025).

- Sedasyon uygulayan kişi hastayı ve ventilasyonu sürekli değerlendirebilecek konumda olmalıdır.
- İşlem ekibinden en az bir kişi anestezi acilinde yardım edebilecek temel becerilere sahip olmalıdır.
- Radyasyon kullanılan alanlarda kurşun koruyucu ekipman, mesafe ve süre azaltma ilkeleri uygulanmalıdır.
- MRI alanında yalnızca MR-uyumlu/koşullu ekipman kullanılmalıdır; standart anestezi ekipmanının manyetik alana sokulması ciddi yaralanmaya neden olabilir (American College of Radiology, ACR Committee on MR Safety, 2024).

Hasta Değerlendirmesi

NORA öncesi değerlendirme, planlanan sedasyon düzeyi ve işlemin fizyolojik stresine göre yapılmalıdır. Anamnez; kardiyopulmoner hastalık, OSA/horlama, obezite, aspirasyon riski, önceki zor hava yolu veya sedasyon komplikasyonu, alerji, ilaçlar, antikoagülan tedavi ve önceki anestezi deneyimini kapsamalıdır (Gropper et al., 2025; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

- Hava yolu muayenesinde ağız açıklığı, mandibula, boyun hareketi, Mallampati, dişler, obstrüksiyon bulguları ve önceki zor hava yolu öyküsü değerlendirilmelidir.
- OSA ve obezite sedasyon sırasında üst hava yolu kollapsı ve hipoventilasyon riskini artırabilir.
- Kardiyak hastalık, pulmoner hipertansiyon, ciddi KOAH/astım, ileri kalp yetmezliği ve ciddi metabolik

bozukluklarda işlem ortamının ve kurtarma kapasitesinin yeterliliği ayrıca değerlendirilmelidir.

- Laboratuvar veya görüntüleme testleri rutin olarak herkese uygulanmamalı; klinik endikasyonla istenmelidir.
- Kooperasyon kurulamayan çocuk, gelişimsel engelli veya ciddi anksiyeteli erişkinlerde planlanan sedasyon düzeyi ve başarısızlık halinde genel anesteziye geçiş önceden düşünülmelidir.

Açlık ve Aspirasyon Riski

Sedasyon ve anestezide aspirasyon riski, işlemin aciliyeti, hastanın gastrointestinal durumu ve planlanan sedasyon derinliği ile birlikte değerlendirilir. Sağlıklı elektif hastalarda güncel ASA açlık önerileri berrak sıvılar için 2 saatlik süreyi temel alır; katı gıda ve süt ürünleri için daha uzun süreler gerekir (Joshi et al., 2023). Acil veya yüksek riskli hastalarda açlık süresi tek başına yeterli güvenlik göstergesi değildir; risk–yarar dengesi ve hava yolu planı belirleyicidir.

Kontrast madde uygulaması veya belirli bir işlemin ‘kontrast içmesi’ tek başına standart açlık süresini 1 saate indiren genel bir kural değildir. NORA protokolü, kullanılan kontrastın niteliği ve hastanın aspirasyon riski ile uyumlu olmalıdır.

Sedasyon Düzeyi ve Kurtarma Kapasitesi

Düzey	Beklenen Klinik Durum	Anestezi Açısından Kritik Nokta
Minimal sedasyon	Normal yanıt; hava yolu ve ventilasyon genellikle korunur	Yine de sedasyon derinleşebilir
Orta sedasyon	Amaçlı yanıt vardır; spontan ventilasyon genellikle yeterlidir	Hava yolu desteği gerekebilir; kapnografi önemlidir (Korean Society of Anesthesiologists, 2024; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018)
Derin sedasyon	Tekrarlayan veya ağrılı uyarıya yanıt; ventilasyon yetersiz olabilir	Hava yolu/pozitif basınç desteği ve kurtarma becerisi gerekir
Genel anestezi	Uyandırılamaz; hava yolu ve ventilasyon desteği gerekir	Tam anestezi ve hava yolu yönetimi kapasitesi gerekir

Sedasyon derinliği sabit değildir. İlaç dozu, yaş, komorbidite, ağrılı uyarı ve bireysel duyarlılık nedeniyle orta sedasyon planlanan hasta derin sedasyona ilerleyebilir. Bu nedenle sedasyon uygulayan ekip, planlanan düzeyin en az bir basamak daha derinleşmesi halinde hastayı güvenle yönetebilecek kapasitede olmalıdır (Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

Sedasyon İçin İlaç Seçimi

Sedatif ve analjezik ilaç seçimi işlemin süresi, ağrı düzeyi, hasta özellikleri ve hedef sedasyon derinliğine göre yapılmalıdır. Sabit mg/kg dozların her hastaya uygulanması yerine düşük başlangıç dozu ve klinik yanıta göre titrasyon tercih edilir (Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

Ajan	Öne Çıkan Özellik	Başlıca Risk
Propofol	Hızlı başlangıç/derlenme; hipnotik	Doza bağlı apne ve hipotansiyon
Ketamin	Dissosiyatif sedasyon ve analjezi; bronkodilatör özellik	Sekresyon artışı, kusma, nadiren laringospazm; uyanma reaksiyonları
Midazolam	Anksiyoliz, amnezi, sedasyon	Solunum depresyonu; özellikle opioidlerle
Fentanil/ remifentanil	Güçlü analjezi	Solunum depresyonu; hızlı fentanil bolusunda göğüs duvarı rijiditesi
Deksmedetomidin	Sedasyon ve analjezi; görece az solunum depresyonu	Bradikardi ve hipotansiyon
Etomidat	Hemodinamik etkisi görece sınırlı hipnotik	Myoklonus, bulantı, adrenal baskılanma

Propofol, ketamin, etomidat gibi genel anestezi amacıyla da kullanılan ajanlar sedasyon sırasında kullanılabilir; ancak bunların 'sedasyon ilacı' olması solunum ve dolaşım depresyonu riskini ortadan kaldırmaz (Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

Monitörizasyon

NORA'da monitörizasyon işlem sırasında hastanın klinik durumunu ve sedasyonun derinliğini sürekli değerlendirecek şekilde planlanmalıdır. Pulse oksimetri oksijenasyonu, kapnografi ise ventilasyonu doğrudan değerlendirmeye yardımcı olur. Oksijen verilmesi hipoventilasyonu maskeleyebileceğinden yalnız SpO_2'ye güvenilmemelidir (Korean Society of Anesthesiologists, 2024; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

- ECG, kan basıncı ve SpO_2 temel monitörizasyonun parçalarıdır.

- Kan basıncı klinik duruma göre belirli aralıklarla ölçülmeli; ciddi hemodinamik riskte daha sık veya invaziv izlem yapılmalıdır.
- Orta/derin sedasyonda kapnografi ile $EtCO_2$ ve solunum dalga formu izlenmesi önerilir (Korean Society of Anesthesiologists, 2024; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).
- Genel anestezi veya uzun/sedasyonun derin olduğu işlemlerde anestezi derinliği, sıcaklık ve nöromüsküler fonksiyon işlem gerektiriyorsa ayrıca izlenmelidir.

Klinik Karar Akışı – NORA Öncesi

İşlem ve ortamı değerlendir → hasta riskini belirle → sedasyon düzeyini öngör → açlık/aspirasyon riskini değerlendir → hava yolu planı + kurtarma planı → ekipman ve ilaç kontrolü → monitörizasyonu kur → acil yardım/transfer planını belirle → onam → sedasyon/anestezi → sürekli ventilasyon/oksijenasyon/dolaşım izlemi → kontrollü derlenme → taburculuk kriterleri.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI)

MRI anestezisi, güçlü statik manyetik alan, radyofrekans enerjisi ve hastaya erişimin sınırlı olması nedeniyle özel planlama gerektirir. Anestezi cihazı, monitör, oksijen/aspirasyon sistemi ve tüm yardımcı ekipman MRI ortamına uygun olmalıdır (American College of Radiology, ACR Committee on MR Safety, 2024).

- Ferromanyetik ekipman ve oksijen tüpleri MRI alanına sokulmamalıdır.
- İmplantlar, cihazlar ve yabancı cisimler MRI güvenlik kriterleri açısından işlem öncesi sorgulanmalıdır.

- Sedasyon sırasında hava yoluna erişim kısıtlı olduğundan, özellikle çocuk ve zor hava yolu riski olan hastalarda güvenli hava yolu stratejisi önceden belirlenmelidir.
- Uzun süren işlemlerde ısı, basınç yaralanmaları ve monitörizasyon kablolarının güvenliği ayrıca değerlendirilmelidir.
- İşlem sırasında hastanın görsel/işitsel izlenmesi ve iletişim sistemi hazır olmalıdır.

Bilgisayarlı Tomografi ve Radyoloji

BT anestezisinde özellikle çocuklar, klostrofobisi olan erişkinler ve hareketsizlik gerektiren girişimler ön plandadır. Kontrast madde uygulanacaksa önceki reaksiyon öyküsü ve böbrek fonksiyonu klinik gerekliliğe göre değerlendirilir. Radyasyon güvenliğinde süreyi azaltma, mesafeyi artırma ve uygun koruyucu ekipman kullanma temel ilkelerdir (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2025; Gropper et al., 2025).

Girişimsel Nöroradyoloji

Serebral embolizasyon, trombektomi, anevrizma tedavisi ve diğer nörovasküler girişimlerde anestezi hedefleri serebral perfüzyon, oksijenasyon, ventilasyon, hemodinamik stabilite ve gerektiğinde hızlı nörolojik değerlendirme üzerine kuruludur. İşlemin süresi, kontrast yükü, kanama, tromboemboli ve damar perforasyonu riski dikkate alınmalıdır.

- Uzun ve kompleks işlemlerde arteriyel kan basıncı monitorizasyonu uygun hastalarda değerlendirilebilir.

- $EtCO_2$ ve oksijenasyonun stabil tutulması serebral fizyoloji açısından önemlidir.
- İşlem sırasında akut kanama veya damar perforasyonu gelişirse hızlı hava yolu, dolaşım ve kanama yönetimi için plan hazır olmalıdır.

Endoskopik İşlemler

Üst gastrointestinal endoskopi ve kolonoskopi sedasyon için sık başvurulan NORA işlemleridir. Endoskopi sırasında hava yoluna erişim kısmen kısıtlanabilir ve derin sedasyonda hipoventilasyon hızla gelişebilir. Bu nedenle işlem başlamadan hava yolu kurtarma planı oluşturulmalı ve uygun hastalarda kapnografi kullanılmalıdır (Korean Society of Anesthesiologists, 2024; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

- ERCP genellikle prone/semi-prone pozisyonda yapılabildiği için hava yolu erişimi ve aspirasyon riski ayrıca planlanmalıdır.
- ERCP'de perforasyon, kanama, pankreatit ve kolanjit gibi işlem ilişkili komplikasyonlar anestezi yönetimini değiştirebilir.
- Uzun ve karmaşık endoskopik işlemlerde genel anestezi veya kontrollü hava yolu seçeneği erken düşünülmelidir.

Bronkoskopi ve EBUS

Bronkoskopide hava yolu doğrudan işlem alanıdır. Hava yolu obstrüksiyonu, bronkospazm, laringospazm, kanama, hipoksemi ve pnömotoraks gibi komplikasyonlar gelişebilir. EBUS sırasında mediastinal lenf nodu örneklemesi yapılırken desatürasyon ve kanama riski göz önünde bulundurulmalıdır.

Bronkoskopinin türü, hava yolu patolojisi, hastanın solunum rezervi ve işlemin süresi ventilasyon yöntemini belirler. Spontan ventilasyon, supraglottik hava yolu, endotrakeal tüp veya rijid bronkoskop ile ventilasyon seçimi prosedüre özgü yapılmalıdır.

Girişimsel Kardiyoloji ve TAVI

Girişimsel kardiyoloji alanlarında hasta profili sıklıkla ileri yaş ve çoklu komorbiditelerden oluşur. Koroner girişimler, elektrofizyoloji işlemleri ve TAVI sırasında hemodinamik değişiklikler, aritmi, kanama ve damar komplikasyonları gelişebilir.

- Koroner girişimlerde sedasyon veya genel anestezi seçimi hastanın stabilitesi ve işlem karmaşıklığına göre yapılmalıdır.
- Elektrofizyoloji işlemlerinde hareketin önlenmesi ve gerektiğinde derin sedasyon/genel anestezi ile birlikte ritim ve hemodinamik yönetim önemlidir.
- TAVI'de sedasyon ile genel anestezi seçimi merkez deneyimi, hasta özellikleri ve işlem stratejisine göre bireyselleştirilmelidir.
- Vasküler erişim komplikasyonları ve hızlı hemodinamik bozulma için kan ürünü ve resüsitasyon olanakları hazır olmalıdır.

Elektrokonvülsif Tedavi (EKT)

EKT kısa süreli genel anestezi altında kontrollü nöbet oluşturulan bir işlemdir. Anestezi hedefi yeterli nöbet oluşumunu sağlarken hızlı ve güvenli derlenmeyi sürdürmektir. İşlem sırasında otonomik yanıtlar nedeniyle kısa süreli bradikardi/asistoli veya taşikardi/hipertansiyon gelişebilir.

- Preoksijenasyon ve işlem sonrası oksijenasyon önemlidir.
- Propofol, metoheksital veya seçilmiş olgularda diğer indüksiyon ajanları kullanılabilir; ajan seçimi nöbet süresi ve kardiyovasküler yanıtla ilişkilidir.
- Kas gevşetici ile motor nöbet şiddeti azaltılır; nöbet süresi EEG veya klinik olarak izlenir.
- Şiddetli bradikardi, hipertansiyon ve aritmi riski olan hastalarda kardiyovasküler optimizasyon gerekir.

Ameliyathane Dışı Aciller

Komplikasyon	İlk Yaklaşım
Hipoksemi/ hipoventilasyon	Uyarıyı kes → hava yolunu aç → O_2 → jaw thrust/airway → pozitif basınç ventilasyonu → gerekirse ileri hava yolu
Hipotansiyon	İşlemi durdur → neden değerlendir → uygun sıvı/vazopresör → kanama veya anafilaksi gibi nedenleri dışla
Laringospazm	Uyaranı kaldır → %100 O_2 ve pozitif basınç → derinleştirme/uygun kas gevşetici gerekebilir
Bronkospazm	O_2 → anestezi derinliği ve hava yolu basıncını değerlendir → bronkodilatör → neden araştır
Aspirasyon	Hava yolunu koru → oksijenasyon/ventilasyon → aspirasyon materyalini uzaklaştır → klinik ve görüntüleme ile değerlendir
Anafilaksi	Tetikleyiciyi kes → %100 O_2 → adrenalin ve sıvı resüsitasyonu → ileri yaşam desteği
Kardiyak arrest	CPR + defibrilatör/monitör → ritme göre algoritma → ileri hava yolu/kapnografi → geri döndürülebilir nedenler

Derlenme ve Taburculuk

NORA sonrası hasta, sedasyon veya anesteziye bağlı hava yolu, solunum, dolaşım ve bilinç değişikliklerinin izlenebileceği uygun bir derlenme alanına alınmalıdır. Taburculuk yalnız belirli bir skorun sayısal olarak tamamlanmasına değil, hastanın başlangıç

durumuna dönmesine, vital bulgularının stabil olmasına, ağrı ve bulantının kontrol edilmesine ve işlem sonrası bakım gereksinimlerinin karşılanmasına dayanmalıdır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2023; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).

- Bilinci, hava yolu ve solunumu yeterli olmalıdır.
- SpO_2 ve hemodinamik parametreler kabul edilebilir ve stabil olmalıdır.
- Ağrı ve PONV kontrol altında olmalıdır.
- Motor veya nörolojik durum başlangıç düzeyine dönmüş olmalıdır.
- Flumazenil veya nalokson gibi antagonistler kullanıldıysa yeniden sedasyon/solunum depresyonu açısından yeterli gözlem yapılmalıdır.
- Günübirlik hastalarda sorumlu erişkin eşliği ve yazılı taburculuk talimatları sağlanmalıdır.

Klinik Karar Akışı – Sedasyon Sonrası

İşlem tamamlandı → sedatif/analjezik uygulamasını ve son doz zamanını kaydet → hava yolu/solunum/dolaşım değerlendirmesi → bilinç ve nöromüsküler durum → ağrı/PONV → komplikasyon var mı? → varsa tedavi ve gözlem süresini uzat → stabil ve başlangıç durumuna yakın mı? → taburculuk kriterleri + yazılı öneriler + sorumlu erişkin → güvenli taburculuk.

Klinik Anahtar Noktalar

- NORA'da güvenlik standardı ameliyathaneden daha düşük olmamalıdır; ortam farklı olsa da monitörizasyon ve kurtarma kapasitesi eşdeğer olmalıdır (American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters, 2023, 2025; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).
- Ortam–hasta–işlem üçlüsü NORA planlamasının temelidir (Gropper et al., 2025).
- Sedasyon derinliği ilerleyebilir; planlanan düzeyden daha derin sedasyonu kurtarabilecek ekip ve ekipman hazır olmalıdır (Korean Society of Anesthesiologists, 2024; Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).
- Orta ve derin sedasyonda kapnografi ventilasyonun erken bozulmasını saptamada önemlidir (Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia, 2018).
- Pulse oksimetri normal olsa bile oksijen verilmesi hipoventilasyonu maskeleyebilir.
- MRI ortamında yalnızca uygun MR güvenlik sınıfındaki cihaz ve ekipman kullanılmalıdır (American College of Radiology, ACR Committee on MR Safety, 2024).
- ERCP, bronkoskopi, girişimsel nöroradyoloji ve kompleks kardiyoloji işlemlerinde hava yolu erişimi ve acil kurtarma planı işlem başlamadan belirlenmelidir.
- Derlenme alanı işlem alanı kadar önceden planlanmalıdır.

- Taburculuk yalnız skorla değil, klinik stabilite ve başlangıç durumuna dönüş ile değerlendirilmelidir.

Kaynakça

American College of Radiology, ACR Committee on MR Safety (2024). *ACR Manual on MR Safety*. https://files.nyit.edu/files/medicine/Manual_on_MR_Safety.pdf

American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters (2023). *Statement on Nonoperating Room Anesthesia Services*. https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-nonoperating-room-anesthesia-services

American Society of Anesthesiologists, Committee on Practice Parameters (2025). *Standards for Basic Anesthetic Monitoring*. https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/standards-for-basic-anesthetic-monitoring

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Joshi, G. P., Abdelmalak, B. B., Weigel, W. A., Harbell, M. W., Kuo, C. I., Soriano, S. G., Stricker, P. A., Tipton, T., Grant, M. D., Marbella, A. M., Agarkar, M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting: Carbohydrate-containing Clear Liquids with or without Protein, Chewing Gum, and Pediatric Fasting Duration-A Modular Update of the 2017 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Preoperative Fasting. Anesthesiology, 138(2), 132–151. doi: 10.1097/ALN.0000000000004381.

Korean Society of Anesthesiologists (2024). *Clinical Practice Guidelines for Diagnostic and Procedural Sedation. Capnography recommendations for procedural sedation.*

Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia 2018: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Moderate Procedural Sedation and Analgesia, the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, American College of Radiology, American Dental Association, American Society of Dentist Anesthesiologists, and Society of Interventional Radiology. (2018). *Anesthesiology, 128*(3), 437–479. doi: 10.1097/ALN.0000000000002043.

BÖLÜM 62

PERİOPERATİF ANAFİLAKSİ

SUZAN ÖZTÜRK SELÇUK[1]

Özet

Perioperatif anafilaksi nadir fakat yaşamı tehdit eden bir acildir. Anestezi sırasında deri bulguları örtülü olabilir ve ilk bulgu ani hipotansiyon, bronkospazm, ventilasyon güçlüğü veya kardiyovasküler kollaps olabilir. Bu nedenle tanı tek bir laboratuvar testine değil, klinik tabloya, zamanlamaya ve olası tetikleyicilere dayanır (Golden et al., 2024; Harper et al., 2018; Ma et al., 2025; Takazawa et al., 2023).

Tedavinin temelini şüpheli tetikleyicinin mümkün olduğunca uzaklaştırılması, yardım çağrılması, %100 oksijen, hava yolu ve ventilasyon desteği, uygun pozisyon, hızlı damar yolu/sıvı resüsitasyonu ve gecikmeden adrenalin oluşturur. Refrakter şokta sürekli IV adrenalin infüzyonu ve ileri hemodinamik destek gerekebilir (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

[1] Uzm. Dr., Sağlık Bakanlığı Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0009-0004-1859-8028

Akut olay kontrol altına alındıktan sonra ayrıntılı anestezi kaydı, seri akut triptaz örneklemesi ve bazal triptaz ölçümü ile uygun alerji değerlendirmesi yapılmalıdır. Amaç yalnız reaksiyonu doğrulamak değil, sorumlu ajanı belirlemek ve gelecekte güvenli anestezi planı oluşturmaktır (Tran et al., 2024).

Giriş

Perioperatif anafilaksi, hızlı tanı ve tedavi gerektiren yaşamı tehdit edici bir acildir. Anestezi altında klinik bulguların maskelenebilmesi ve çok sayıda ajanın kısa sürede uygulanması, hem tanıyı hem de sorumlu tetikleyicinin belirlenmesini güçleştirir. Bu bölümde perioperatif anafilaksinin tanısı, akut yönetimi, ayırıcı tanısı ve gelecekte güvenli anestezi planlamasına yönelik yaklaşım ele alınmaktadır (Ma et al., 2025; Michel et al., 2026).

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümde okuyucunun;

- Perioperatif anafilaksiyi klinik bulgular ve reaksiyonun zamanlaması temelinde erken tanıyabilmesi,
- Başlıca perioperatif tetikleyicileri ve risk faktörlerini tanımlayabilmesi,
- Anestezi sırasında gelişen ani hipotansiyon, bronkospazm veya kardiyovasküler kollapsta ayırıcı tanı yapabilmesi,
- Adrenalini birinci basamak tedavi olarak uygun uygulama yolu ve dozda kullanabilmesi,

- Refrakter anafilaktik şokta sıvı resüsitasyonu, adrenalin infüzyonu ve gerektiğinde ek vazopresör tedavisini planlayabilmesi,
- Akut ve bazal triptaz örneklemesini uygun zamanda planlayabilmesi ve olay sonrası alerji değerlendirmesinin temel basamaklarını açıklayabilmesi,
- Olası tetikleyicileri ve güvenli alternatifleri gelecekteki anestezi uygulamaları için uygun biçimde belgeleyebilmesi amaçlanmaktadır.

Tanım ve Klinik Önemi

Anafilaksi, ani başlayan ve yaşamı tehdit edebilen sistemik bir aşırı duyarlılık reaksiyonudur. Perioperatif dönemde tanı, günlük klinik ortamdan daha güç olabilir. Hastanın anestezi altında olması ve cerrahi örtüler; ürtiker, eritem ve anjiyoödem gibi deri bulgularının fark edilmesini geciktirebilir. Bu nedenle açıklanamayan ani hipotansiyon, bronkospazm, ventilasyon güçlüğü veya kardiyovasküler kollaps, belirgin deri bulguları bulunmasa da perioperatif anafilaksiyi düşündürmelidir (Ma et al., 2025; Takazawa et al., 2023).

Anestezi sırasında gelişen her hipotansiyon anafilaksi olarak değerlendirilmemelidir. Anesteziklere bağlı vazodilatasyon ve miyokardiyal depresyon, akut kan kaybı, yüksek spinal veya epidural blok, miyokard iskemisi ve aritmiler benzer bir hemodinamik tabloya yol açabilir. Pulmoner emboli, tansiyon pnömotoraks ve hava ya da venöz emboli de özellikle ani dolaşım bozukluğunda göz önünde bulundurulmalıdır. Ayırıcı tanıda olayın başlangıç zamanı, uygulanan ilaç ve ürünlerle zamansal ilişkisi, eşlik

eden solunumsal ve kutanöz bulgular ile tedaviye verilen yanıt birlikte değerlendirilmelidir (Harper et al., 2018).

Fizyopatoloji

Perioperatif anafilakside temel mekanizma, çoğunlukla spesifik IgE aracılığıyla mast hücreleri ve bazofillerin aktivasyonudur. Bu hücrelerden histamin, triptaz ve diğer mediyatörlerin salınması vazodilatasyona, kapiller geçirgenlik artışına ve bronkokonstriksiyona neden olur. Dolaşan efektif hacim hızla azalabilir. Bunun sonucunda hipotansiyon, hava yolu ödemi, bronkospazm ve ağır olgularda kardiyovasküler kollaps gelişebilir (Dewachter & Savic, 2019; Ma et al., 2025). Her perioperatif reaksiyon IgE aracılı değildir. Kompleman aktivasyonu ve doğrudan mast hücresi aktivasyonu da benzer klinik bulgulara yol açabilir. Akut dönemde altta yatan mekanizmayı kesin olarak belirlemek çoğu zaman mümkün değildir. Bu nedenle öncelik, mekanizmayı açıklamaktan çok anafilaksiyi erken tanımak ve tedaviyi gecikmeden başlatmaktır (Harper et al., 2018).

Perioperatif Tetikleyiciler

Perioperatif dönemde çok sayıda ilaç ve tıbbi ürünün kısa aralıklarla kullanılması, sorumlu ajanın belirlenmesini güçleştirebilir. Nöromüsküler blokerler, antibiyotikler ve klorheksidin önemli tetikleyiciler arasındadır. Lateks ve diğer perioperatif ilaç ve ürünler de reaksiyondan sorumlu olabilir. Olası tetikleyicinin belirlenmesinde, ajanın uygulanması ile reaksiyonun başlangıcı arasındaki zamansal ilişki özellikle önemlidir. Perioperatif anafilakside başlıca tetikleyiciler ve değerlendirme yaklaşımı Tablo 1'de özetlenmiştir (Ma et al., 2025; Takazawa et al., 2023).

Tablo 1 Perioperatif anafilakside başlıca tetikleyiciler ve değerlendirme yaklaşımı

Tetikleyici Grubu	Klinik Örnekler	Pratik Yaklaşım
Nöromüsküler blokerler	Rokuronyum, vekuronyum, süksinilkolin	Uygulama zamanı kaydedilmeli; olası çapraz reaktivite alerji değerlendirmesinde araştırılmalıdır.
Antibiyotikler	Beta-laktamlar ve diğer perioperatif antibiyotikler	İlaç adı, dozu ve uygulama zamanı kaydedilmelidir.
Antiseptikler	Özellikle klorheksidin	Cilt hazırlığı, jel, kateter ve mukozal ürünler dahil tüm olası maruziyetler sorgulanmalıdır.
Lateks	Eldiven ve lateks içeren tıbbi ürünler	Doğrulanmış lateks alerjisinde latekssiz perioperatif ortam hazırlanmalıdır.
Diğer perioperatif ilaçlar	İndüksiyon ve analjezi amacıyla kullanılan ajanlar	Reaksiyon tek bir ilaca doğrudan bağlanmamalı; zamanlama ve tüm eş zamanlı maruziyetler birlikte değerlendirilmelidir.

Kaynak: Ma et al. (2025) ve Takazawa et al. (2023) temel alınarak hazırlanmıştır.

Risk Faktörleri

Perioperatif anafilaksi açısından en önemli risk, daha önce benzer bir reaksiyon geçirilmiş olmasıdır. Özellikle nedeni açıklanamayan perioperatif hipotansiyon veya kardiyovasküler kollaps öyküsü dikkatle sorgulanmalıdır. Doğrulanmış ilaç alerjileri ve mast hücresi hastalıkları da anestezi öncesi değerlendirmede önem taşır. Buna karşılık, atopi tek başına perioperatif anafilaksi gelişeceğini göstermez ve gereksiz ilaç kısıtlamalarına neden olmamalıdır (Ma et al., 2025).

Klinik değerlendirmede öne çıkan durumlar şunlardır:

- Daha önce geçirilmiş perioperatif anafilaksi veya nedeni açıklanamayan perioperatif kollaps.

- Doğrulanmış ciddi ilaç alerjisi veya bilinen perioperatif tetikleyici.
- Mastositoz ve bazal triptaz yüksekliğiyle ilişkili mast hücresi bozuklukları.
- Tekrarlayan cerrahi girişimler nedeniyle belirli perioperatif ajanlara tekrarlayan maruziyet.
- Beta-bloker veya ACE inhibitörü kullanımı.

Beta-bloker ve ACE inhibitörü kullanımı, reaksiyonun seyri ve tedaviye yanıt açısından ayrıca değerlendirilmelidir. Ancak bu ilaçların yalnızca anafilaksi kaygısıyla rutin olarak kesilmesi yerine, hastaya özgü risk–yarar değerlendirmesi yapılmalıdır (Ma et al., 2025; Michel et al., 2026; Tran et al., 2024).

Klinik Bulgular

Perioperatif anafilaksinin klinik görünümü reaksiyonun şiddetine göre değişebilir. Anestezi altında ani hipotansiyon, bronkospazm ve ventilasyon güçlüğü en önemli uyarıcı bulgular arasındadır. Ağır reaksiyonlarda kardiyovasküler kollaps gelişebilir. Ürtiker, eritem ve anjiyoödem gibi deri bulguları ise cerrahi örtüler nedeniyle fark edilmeyebilir veya dolaşım düzeldikten sonra belirginleşebilir. Bu nedenle deri bulgularının olmaması anafilaksiyi dışlamaz. Perioperatif anafilaksinin başlıca kardiyovasküler, solunumsal, deri ve mukoza bulguları Tablo 2'de özetlenmiştir (Harper et al., 2018; Ma et al., 2025).

Tablo 2 Perioperatif anafilaksinin klinik bulguları

Sistem	Klinik Bulgular
Kardiyovasküler	Ani hipotansiyon, taşikardi veya bradikardi, aritmi, vazopleji, kardiyovasküler kollaps
Solunum	Bronkospazm, hırıltı, artmış hava yolu basıncı, ventilasyon güçlüğü, hipoksemi, stridor
Deri ve mukoza	Eritem, ürtiker, yaygın kızarıklık (flushing), anjiyoödem; cerrahi örtüler nedeniyle gözden kaçabilir
Gastrointestinal	Bulantı, kusma, abdominal kramplar; anestezi altında fark edilmesi güç olabilir
Ağır sistemik bulgular	Ciddi dolaşım bozukluğu, bilinç kaybı ve kardiyak arrest

Kaynak: Harper et al. (2018), Ma et al. (2025), Takazawa et al. (2023) referans alınarak hazırlandı.

Zamanlama ve Tetikleyici İlişkisi

Reaksiyonun başlangıç zamanı, sorumlu ajanın belirlenmesinde önemli bir ipucudur. Ancak zamanlama tek başına tanı koydurmaz. İntravenöz uygulanan ilaçlara bağlı reaksiyonlar genellikle uygulamadan sonraki ilk dakikalarda ortaya çıkar. Lateks, klorheksidin, kan ürünleri ve cerrahi boyalar gibi ajanlarda ise reaksiyon daha geç başlayabilir (Ma et al., 2025). Bu nedenle olay öncesindeki tüm perioperatif maruziyetler kronolojik olarak değerlendirilmelidir. Anestezi kaydında ilaç veya ürünün adı, dozu, uygulama yolu ve uygulama zamanı yer almalıdır. Turnikenin açılması veya cerrahi alanda bulunan bir ajanın sistemik dolaşıma geçmesine neden olabilecek girişimlerin zamanı da kaydedilmelidir. Bu kayıtlar, olay sonrası alerji incelemesinde olası tetikleyicinin belirlenmesini kolaylaştırır (Ma et al., 2025; Takazawa et al., 2023; Tran et al., 2024).

Klinik Tanı

Perioperatif anafilaksi öncelikle klinik bir tanıdır. Anestezi sırasında gelişen ani ve başka bir nedenle açıklanamayan hipotansiyon, bronkospazm veya ventilasyon güçlüğü anafilaksiyi düşündürmelidir. Kardiyovasküler kollaps bazı hastalarda ilk bulgu olabilir. Deri bulgularının olmaması tanıyı dışlamaz. Yakın zamanda uygulanan bir ilaç veya başka bir perioperatif ajanla zamansal ilişki bulunması klinik şüpheyi güçlendirir (Ma et al., 2025).

Tanı için laboratuvar sonucunun beklenmesi uygun değildir. Serum triptaz ölçümü tanıyı destekler, ancak akut tedaviyi geciktirmemelidir. Normal triptaz düzeyi de anafilaksiyi tek başına dışlamaz. Tanı; klinik bulgular, maruziyetlerin zamanlaması, triptaz değişimi ve olay sonrası alerji değerlendirmesi birlikte ele alınarak doğrulanmalıdır (Ma et al., 2025; Michel et al., 2026; Takazawa et al., 2023).

Akut Triptaz Ölçümü

Serum triptaz, perioperatif anafilakside mast hücresi aktivasyonunu gösteren önemli bir biyobelirteçtir. Ancak anafilaksi öncelikle klinik bir tanıdır. Triptaz örneğinin alınması veya laboratuvar sonucunun beklenmesi acil tedaviyi geciktirmemelidir. İlk örnek, hasta stabilize edildikten sonra mümkün olan en kısa sürede alınmalıdır. Ek örnek semptomların başlangıcından sonraki 1–4 saat içinde, tercihen 1–2. saatte alınmalıdır. Bazal triptaz düzeyi ise hasta tamamen iyileştikten ve akut olayın üzerinden en az 24 saat geçtikten sonra ölçülmelidir (Dodd et al., 2024; Ma et al., 2025)

Triptaz sonucu yalnızca laboratuvarın normal referans aralığına göre yorumlanmamalıdır. Akut ve bazal değerler birlikte değerlendirilmelidir. Akut triptaz düzeyinin bazal triptaz × 1,2 + 2

ng/mL eşiğini aşması, sistemik mast hücresi aktivasyonunu destekler. Bununla birlikte normal akut triptaz düzeyi anafilaksiyi dışlamaz. Özellikle güçlü klinik şüphe varlığında değerlendirme sürdürülmelidir. Triptaz sonuçları; klinik bulgular, reaksiyonun zamanlaması ve olay sonrası alerji incelemesiyle birlikte yorumlanmalıdır (Golden et al., 2024; Ma et al., 2025; Michel et al., 2026).

Ayırıcı Tanı

Perioperatif dönemde gelişen ani hipotansiyon veya bronkospazm her zaman anafilaksiye bağlı değildir. Kanama, yüksek nöroaksiyel blok, aspirasyon, tansiyon pnömotoraks, pulmoner emboli ve kardiyak olaylar benzer bir klinik tablo oluşturabilir. Anestezik ilaçlara bağlı vazodilatasyon ve miyokardiyal depresyon da ayırıcı tanıda düşünülmelidir.

Tanıda tek bir bulgudan çok olayın zamanlaması ve klinik seyri önemlidir. Yakın zamanda uygulanan ilaçlar ve diğer perioperatif maruziyetler gözden geçirilmelidir. Hemodinamik değişikliklere eşlik eden bronkospazm, hava yolu ödemi veya deri bulguları anafilaksi şüphesini güçlendirir. Perioperatif anafilaksi ile benzer klinik tabloya yol açabilecek başlıca durumlar ve ayırıcı tanıda yardımcı bulgular Tablo 3'te özetlenmiştir (Harper et al., 2018; Ma et al., 2025).

Tablo 3 Perioperatif anafilakside ayırıcı tanı

Olası Durum	**Ayırıcı Tanıda Yardımcı Bulgular**
Kanama/hipovolemi	Cerrahi kanama, azalmış dolaşan hacim, kan kaybıyla uyumlu zamanlama
Yüksek spinal/epidural blok	Yüksek duyusal blok, sempatik blok, bradikardi ve hipotansiyon
Anafilaksi dışı bronkospazm	Astım öyküsü, hava yolu manipülasyonu, endotrakeal tüp obstrüksiyonu
Aspirasyon	Gastrik içerik, hipoksemi, bronkospazm ve aspirasyon riski
Tansiyon pnömotoraks	Ani hava yolu basıncı artışı, tek taraflı solunum seslerinde azalma, dolaşım bozukluğu
Pulmoner emboli	Ani hipoksemi, hemodinamik bozulma ve sağ ventrikül yüklenmesi
Kardiyak olay/aritmi	EKG değişiklikleri, iskemi veya ritim bozukluğu
Anesteziye bağlı hipotansiyon	Anestezik dozuyla zamansal ilişki, eşlik eden alerjik bulguların olmaması

Kaynak: Harper et al. (2018), Ma et al. (2025) referans alınarak hazırlandı.

Perioperatif Anafilaksinin Acil Tedavisi

Perioperatif anafilaksi yaşamı tehdit eden bir acildir. Klinik şüphe oluştuğunda tedavi geciktirilmemelidir. Şüpheli tetikleyicinin uygulanması durdurulmalı ve yardım çağrılmalıdır. Hastaya %100 oksijen verilmeli, hava yolu ve ventilasyon güvence altına alınmalıdır. Dolaşım hızla değerlendirilmeli ve uygun damar yolu sağlanmalıdır. Adrenalin ve intravenöz kristalloid sıvı tedavisi erken dönemde başlanmalıdır (Ma et al., 2025).

İlk yaklaşım şu basamakları içermelidir:

- Şüpheli tetikleyicinin uygulanmasını durdurun ve mümkünse maruziyeti sonlandırın.
- Yardım çağırın. Anestezi ve cerrahi ekibini olası anafilaksi konusunda bilgilendirin.

- %100 oksijen verin. Hava yolu açıklığını ve ventilasyonu değerlendirin.
- Ciddi hipotansiyonda, klinik koşullar uygunsa hastayı supin pozisyona alın ve bacakları yükseltin.
- Adrenalini gecikmeden uygulayın.
- Hızlı intravenöz kristalloid boluslarıyla dolaşımı destekleyin.
- Hemodinamik ve solunumsal yanıtı sürekli yeniden değerlendirin.
- Devam eden bronkospazmda inhale β_2-agonist tedavisi ekleyin.
- Refrakter şokta intravenöz adrenalin infüzyonuna geçin. Gerektiğinde ek vazopresör ve ileri hemodinamik destek kullanın.
- Kardiyak arrest gelişirse ileri yaşam desteğine hemen başlayın (Dodd et al., 2024; Ma et al., 2025)

Adrenalin: Temel İlaç

Adrenalin, perioperatif anafilaksinin birinci basamak tedavisidir. α_1-adrenerjik etkisi vazokonstriksiyon sağlayarak hipotansiyonu düzeltir ve mukozal ödemi azaltır. β_1-adrenerjik etkisi kalp hızını ve miyokard kontraktilitesini artırır. β_2-adrenerjik etkisi ise bronkodilatasyon sağlar ve mediyatör salınımını azaltır. Bu çok yönlü etkileri nedeniyle adrenalin, anafilakside gelişen dolaşım ve solunum bozukluğunun tedavisinde temel ajandır (Dodd et al., 2024; Ma et al., 2025).

Uygulama yolu hastanın klinik durumuna göre belirlenir. Damar yolu bulunmayan hastada intramüsküler uygulama tercih

edilir. Perioperatif ortamda ise damar yolu ve sürekli monitörizasyon genellikle hazırdır. Ciddi hipotansiyon veya kardiyovasküler kollaps varlığında intravenöz adrenalin, deneyimli anestezi ekibi tarafından küçük boluslar hâlinde titre edilerek uygulanabilir. Tekrarlayan bolus gereksinimi veya devam eden şok durumunda intravenöz infüzyona geçilmelidir (Dodd et al., 2024; Ma et al., 2025).

İntravenöz adrenalin uygulamasında doz ve konsantrasyon hataları ciddi hipertansiyon, taşiaritmi ve miyokard iskemisine yol açabilir. Bu nedenle konsantrasyon, doz ve uygulama yolu her uygulama öncesinde doğrulanmalıdır. Antihistaminikler ve kortikosteroidler adrenalinin yerine geçmez ve adrenalin uygulamasını geciktirmemelidir. Perioperatif anafilakside adrenalinin uygulama yolları, önerilen dozları ve klinik kullanım alanları Tablo 4'te özetlenmiştir (Dodd et al., 2024; Ma et al., 2025).

Tablo 4 Perioperatif anafilakside adrenalin uygulama yolları, dozları ve klinik kullanım alanları

Uygulama	**Önerilen Doz**	**Klinik Kullanım**
İM adrenalin	Erişkin: 500 µg (0,5 mg); çocuk: 10 µg/kg, maksimum 500 µg	İV erişimin olmadığı veya İV uygulamanın güvenli olmadığı durumlarda. Gerektiğinde yaklaşık 5 dakikada bir tekrarlanabilir.
İV adrenalin bolusu	Erişkin ve >12 yaş: başlangıç 50 µg	Perioperatif ciddi hipotansiyon veya şokta, deneyimli anestezi ekibi tarafından sürekli monitörizasyon altında titre edilerek uygulanır.
İV adrenalin – daha düşük titre edilmiş bolus	10–50 µg	Hemodinamik bozulmanın derecesine ve yanıta göre küçük boluslar kullanılabilir.
İV adrenalin infüzyonu	Yanıta göre titre edilir	Tekrarlayan bolus gereksiniminde veya adrenalin ve sıvı tedavisine rağmen devam eden şokta başlanır.

Kaynak: Dodd et al. (2024), Ma et al. (2025), Michel et al. (2026) temel alınarak hazırlanmıştır.

Güvenlik notu: İntravenöz adrenalin, deneyimli anestezi ekibi tarafından sürekli hemodinamik monitörizasyon altında uygulanmalıdır. Doz ve konsantrasyon hataları ciddi kardiyovasküler komplikasyonlara yol açabilir. Kullanılan konsantrasyon açıkça etiketlenmeli, hazırlanan doz ve uygulama yolu işlem öncesinde çift kontrol edilmelidir (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

Sıvı Resüsitasyonu

Anafilakside yaygın vazodilatasyon ve artmış kapiller geçirgenlik, dolaşan efektif hacmin hızla azalmasına neden olabilir. Bu nedenle adrenalin tedavisine erken intravenöz kristalloid resüsitasyonu eşlik etmelidir (Dodd et al., 2024).

- İzotonik kristalloidler başlangıç sıvı tedavisinde tercih edilir. Sıvı bolusları hastanın hemodinamik yanıtına göre tekrarlanmalıdır. Kan basıncı, kalp hızı, periferik perfüzyon ve mümkünse ileri hemodinamik göstergeler birlikte değerlendirilmelidir. Sabit bir toplam sıvı hacmine ulaşmak yerine **tedavinin klinik yanıta göre titre edilmesi** daha uygundur.
- Yeterli sıvı tedavisine rağmen hipotansiyon devam ediyorsa tekrarlayan boluslarla zaman kaybedilmemelidir. Adrenalin infüzyonu erken dönemde düşünülmelidir. Kalp veya böbrek hastalığı bulunan kişilerde ise sıvı tedavisi daha dikkatli titre edilmeli ve sıvı yüklenmesi açısından yakın izlem yapılmalıdır (Dodd et al., 2024; Michel et al., 2026).

Refrakter Anafilaktik Şok

Yeterli adrenalin ve sıvı tedavisine rağmen hipotansiyon ve doku hipoperfüzyonunun sürmesi refrakter anafilaktik şoku düşündürür. Bu durumda tekrarlayan boluslar yerine intravenöz adrenalin infüzyonuna erken geçilmelidir. İnfüzyon, kan basıncı ve doku perfüzyonuna göre titre edilmelidir. Ağır olgularda invaziv arter basıncı izlemi ve ileri hemodinamik monitörizasyon yararlı olabilir (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

Adrenalin ve yeterli sıvı tedavisine rağmen belirgin vazopleji sürüyorsa ikinci bir vazopresör düşünülebilir. Noradrenalin bu amaçla kullanılabilecek seçeneklerden biridir. β-bloker kullanan ve adrenaline yanıtı yetersiz olan seçilmiş hastalarda glukagon düşünülebilir. Bu hastalarda bulantı, kusma ve hiperglisemi gibi yan etkiler açısından yakın izlem gerekir (Tran et al., 2024).

Tedaviye dirençli kardiyovasküler kollaps veya kardiyak arrestte ileri dolaşım desteği gerekebilir. Uygun hastalarda ve deneyimli merkezlerde ekstrakorporeal yaşam desteği kurtarıcı bir seçenek olarak değerlendirilebilir (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

Bronkospazm ve Hava Yolu Ödemi

Anafilaksiye bağlı bronkospazmda temel tedavi adrenalindir. Devam eden bronkospazmda inhale β_2-agonistler eklenebilir. Ventilasyon yeterliliği, hava yolu basınçları ve oksijenasyon yakından izlenmelidir (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

Laringeal veya üst hava yolu ödemi hızla ilerleyebilir. Hava yolu güvenliği bozulmadan erken entübasyon düşünülmelidir. İlerleyen ödem entübasyonu güçleştirebilir. Zor hava yolu olasılığı

öngörülmeli; alternatif hava yolu araçları ve acil cerrahi hava yolu planı hazır bulundurulmalıdır (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

Antihistaminikler ve Kortikosteroidler

H1 antihistaminikler ürtiker ve kaşıntı gibi kutanöz belirtileri azaltabilir. Ancak hipotansiyon, bronkospazm veya kardiyovasküler kollapsı düzeltmez. Bu nedenle adrenalinin yerine kullanılmamalı ve adrenalin uygulamasını geciktirmemelidir (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

Kortikosteroidlerin akut anafilakside hızlı ve hayat kurtarıcı bir etkisi gösterilmemiştir. Bu nedenle rutin ilk basamak tedavide yerleri yoktur. Bununla birlikte dirençli bronkospazm veya eşlik eden astım gibi seçilmiş durumlarda yardımcı tedavi olarak değerlendirilebilirler (Dodd et al., 2024; Tran et al., 2024).

Özel Klinik Durumlar

Bazı klinik durumlar anafilaksinin şiddetini ve tedaviye yanıtı etkileyebilir. β-bloker kullanan hastalarda adrenaline yanıt azalabilir. Yeterli adrenalin ve sıvı tedavisine rağmen ciddi hipotansiyon sürüyorsa, seçilmiş refrakter olgularda glukagon düşünülebilir. ACE inhibitörü kullanan hastalarda ise hemodinamik yanıt yakından izlenmeli ve tedavi klinik yanıta göre titre edilmelidir (Ma et al., 2025; Tran et al., 2024).

Gebelikte temel hedef maternal oksijenasyon ve dolaşımın hızla düzeltilmesidir. Maternal hemodinamik stabilitenin sağlanması uteroplasental perfüzyon açısından da önemlidir. Gebelik, adrenalin uygulanmasını veya diğer acil tedavileri geciktirmemelidir (Ma et al., 2025).

Kardiyak arrest gelişirse yüksek kaliteli kardiyopulmoner resüsitasyon ve ileri yaşam desteğine derhal başlanmalıdır. Olası tetikleyicinin araştırılması resüsitasyonu geciktirmemelidir (Ma et al., 2025; Tran et al., 2024).

Cerrahiye Devam mı, Erteleme mi?

Anafilaksi kontrol altına alındıktan sonra cerrahiye devam kararı bireyselleştirilmelidir. Reaksiyonun şiddeti, hastanın hemodinamik durumu, cerrahinin aciliyeti ve işlemin kalan kısmının riski birlikte değerlendirilmelidir.

Acil veya yaşam kurtarıcı cerrahide, yeterli stabilizasyon sağlandıktan sonra işleme devam edilebilir. Elektif cerrahide ise ciddi anafilaksi sonrası işlemin ertelenmesi genellikle daha güvenli bir yaklaşımdır. Karar anestezi ve cerrahi ekipleri tarafından birlikte verilmelidir. Gerektiğinde yoğun bakım ve alerji uzmanlarının görüşü alınmalıdır.

Kararın gerekçesi açık biçimde belgelenmelidir. Reaksiyonun başlangıç zamanı, klinik seyri, uygulanan tedaviler ve kullanılan tüm perioperatif ajanlar anestezi kaydında yer almalıdır (Tran et al., 2024).

Olay Sonrası Değerlendirme

Perioperatif anafilaksinin yönetimi akut tedaviyle sona ermez. Olası tetikleyicinin belirlenmesi, gereksiz ilaç kısıtlamalarının önlenmesi ve gelecekte güvenli anestezi sağlanması olay sonrası değerlendirmenin temel amaçlarıdır (Ma et al., 2025; Tran et al., 2024).

Olayın başlangıç zamanı ve klinik bulguları ayrıntılı olarak kaydedilmelidir. İşlem sırasında kullanılan tüm ilaçlar, antiseptikler,

kan ürünleri ve diğer tıbbi ürünler uygulama zamanlarıyla birlikte belgelenmelidir. Akut ve bazal triptaz sonuçları kayda eklenmelidir. Hasta uygun zamanda alerji uzmanına yönlendirilmelidir. Değerlendirme; klinik öykü, maruziyetlerin zamanlaması ve uygun alerji testlerini birlikte içermelidir. Cilt testleri ve seçilmiş ajanlar için spesifik IgE ölçümleri kullanılabilir. Negatif bir test sonucu tek başına sorumlu ajanı dışlamaz. Sonuçlar klinik öyküyle birlikte yorumlanmalıdır (Ma et al., 2025; Tran et al., 2024). Değerlendirme sonunda sorumlu veya olası ajanlar ile güvenli alternatifler açık biçimde belirtilmelidir. Hastaya gelecekteki sağlık başvurularında kullanabileceği yazılı bir rapor verilmelidir.

Gelecekteki Anestezi Planı

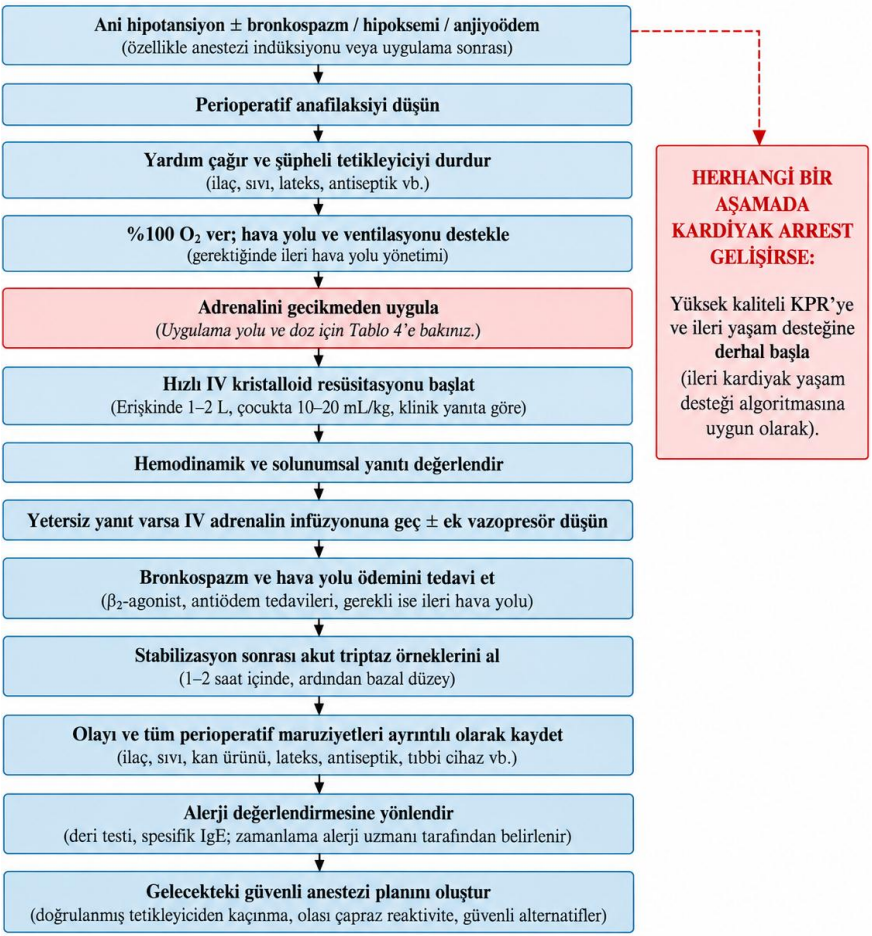
Gelecekteki anestezi planı yalnızca şüpheli ilacın çıkarılmasına dayanmamalıdır. Doğrulanmış tetikleyici, olası çapraz reaktivite ve güvenli alternatifler birlikte değerlendirilmelidir (Tran et al., 2024).

Nöromüsküler bloker reaksiyonu saptanan hastada başka bir nöromüsküler blokere otomatik olarak geçilmemelidir. Çapraz reaktivite açısından alerji değerlendirmesi dikkate alınmalıdır. Klorheksidin sorumluysa kateter, jel ve cilt antiseptikleri dahil klorheksidin içeren tüm ürünler gözden geçirilmelidir. Doğrulanmış lateks alerjisinde latekssiz perioperatif ortam hazırlanmalıdır.

Önceki reaksiyonun özeti, kaçınılması gereken ajanlar ve güvenli alternatifler yeni işlemden önce anestezi ekibine iletilmelidir. Bu bilgiler elektronik ve yazılı hasta kayıtlarında açık biçimde yer almalıdır (Dodd et al., 2024; Golden et al., 2024; Tran et al., 2024).

Perioperatif anaflakside klinik yönetim algoritması Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1 Perioperatif anafilakside klinik yönetim algoritması



Klinik Anahtar Noktalar

- Perioperatif anafilaksi deri bulguları olmadan ortaya çıkabilir. Ani hipotansiyon veya bronkospazm önemli bir uyarıdır.
- Anafilaksi klinik bir tanıdır. Triptaz sonucu beklenerek tedavi geciktirilmemelidir.
- Adrenalin birinci basamak tedavidir.
- Erken kristalloid resüsitasyonu dolaşım desteğinin önemli bir parçasıdır.
- Ciddi veya refrakter şokta İV adrenalin, deneyimli ekip tarafından sürekli monitörizasyon altında titre edilmelidir.
- Antihistaminikler ve kortikosteroidler adrenalinin yerine geçmez.
- Normal akut triptaz düzeyi anafilaksiyi dışlamaz. Akut ve bazal değerler birlikte değerlendirilmelidir.
- Olay sırasında kullanılan bütün ilaç ve ürünlerin adı ve uygulama zamanı kaydedilmelidir.
- Şüpheli ajanlar doğrulanmadan kalıcı bir "alerji" etiketi oluşturulmamalıdır.

Olay sonrası temel hedef, sorumlu tetikleyiciyi belirlemek ve gelecekte güvenli anestezi planı oluşturmaktır (Dodd et al., 2024; Ma et al., 2025; Michel et al., 2026; Tran et al., 2024).

Kaynakça

Dewachter, P., & Savic, L. (2019). Perioperative anaphylaxis: pathophysiology, clinical presentation and management. *BJA Education*, *19*(10), 313–320. doi: 10.1016/j.bjae.2019.06.002.

Dodd, A., Turner, P. J., Soar, J., Savic, L., & representing the UK Perioperative Allergy Network (2024). Emergency treatment of perioperative anaphylaxis: Resuscitation Council UK algorithm for anaesthetists. *Anaesthesia*, *79*(5), 535–541. doi: 10.1111/anae.16206.

Golden, D. B. K., Wang, J., Waserman, S., Akin, C., Campbell, R. L., Ellis, A. K., Greenhawt, M., Lang, D. M., Ledford, D. K., Lieberman, J., Oppenheimer, J., Shaker, M. S., Wallace, D. V., Abrams, E. M., Bernstein, J. A., Chu, D. K., Horner, C. C., Rank, M. A., Stukus, D. R., Collaborators, … Wang, J. (2024). Anaphylaxis: A 2023 practice parameter update. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology : Official Publication of the American College of Allergy, Asthma, & Immunology*, *132*(2), 124–176. doi: 10.1016/j.anai.2023.09.015.

Harper, N. J. N., Cook, T. M., Garcez, T., Farmer, L., Floss, K., Marinho, S., Torevell, H., Warner, A., Ferguson, K., Hitchman, J., Egner, W., Kemp, H., Thomas, M., Lucas, D. N., Nasser, S., Karanam, S., Kong, K. L., Farooque, S., Bellamy, M., & McGuire, N. (2018). Anaesthesia, surgery, and life-threatening allergic reactions: epidemiology and clinical features of perioperative anaphylaxis in the 6th National Audit Project (NAP6). *British Journal of Anaesthesia*, *121*(1), 159–171. doi: 10.1016/j.bja.2018.04.014.

Ma, M., Duncan, D., & Bartoszko, J. (2025). Perioperative anaphylaxis: an update on pathophysiology, diagnosis, and management. Anaphylaxie périopératoire : mise à jour sur la physiopathologie, le diagnostic et la prise en charge. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien d'Anesthesie*, *72*(4), 649–674. doi: 10.1007/s12630-025-02915-5.

Michel, M. P., Anca, C., Charles, T., Alain, F., Sébastien, F., Aurélie, G. C., Caroline, K., Corinne, L. B., Diane, L. Q., Nidhal, L. T., Dan, L., Mailhol, C., Malinosvsky, J. M., Isabelle, M., Moise, M., Martine, M., Catherine, N., de Chambure Diane, P., Christelle, P., Mélanie, P., … Pascal, D. (2026). Guidelines: Diagnosis and management of perioperative immediate hypersensitivity reactions 2025. *Anaesthesia, Critical Care & Pain Medicine*, *45*(6), 101867. Advance online publication. doi: 10.1016/j.accpm.2026.101867.

Takazawa, T., Horiuchi, T., Nagumo, K., Sugiyama, Y., Akune, T., Amano, Y., Fukuda, M., Haraguchi, T., Ishibashi, C., Kanemaru, E., Kato, T., Katoh, K., Kawano, T., Kochiyama, T., Kuri, M., Kurita, A., Matsuoka, Y., Muramatsu, T., Orihara, M., Saito, Y., … Saito, S. (2023). The Japanese Epidemiologic Study for Perioperative Anaphylaxis, a prospective nationwide study: allergen exposure, epidemiology, and diagnosis of anaphylaxis during general anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, *131*(1), 159–169. doi: 10.1016/j.bja.2023.02.018.

Tran, R., Pedersen, K., Kolawole, H., Roessler, P., & Scolaro, R. (2024). Australian and New Zealand Anaesthetic Allergy Group/Australian and New Zealand College of Anaesthetists perioperative anaphylaxis management guideline 2022. *Anaesthesia and Intensive Care*, *52*(3), 147–158. doi: 10.1177/0310057X231215823.

BÖLÜM 63

ANESTEZİDE FARKINDALIK

EDA UYSAL AYDIN[1], HANDAN GÜLEÇ[2]

Özet

Genel anestezi sırasında istemsiz farkındalık (accidental awareness during general anaesthesia, AAGA), genel anestezi uygulanması amaçlanan bir hastanın anestezi sırasında beklenmedik biçimde bilinçli deneyim yaşaması ve bu deneyimi daha sonra açık biçimde hatırlaması ile karakterize, nadir ancak klinik ve psikolojik sonuçları önemli olabilen bir anestezi komplikasyonudur. Hastalar işitsel veya dokunsal algılardan ağrı, cerrahi manipülasyon ve nöromüsküler blok nedeniyle hareket edememe hissine kadar değişen deneyimler tarif edebilir. Özellikle paralizi ve/veya ağrı ile birlikte yaşanan farkındalık, hasta açısından ciddi sıkıntıya ve uzun süreli psikolojik etkilere yol açabilir.

[1] Uzm. Dr., Ankara Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-1309-1648

[2] Prof. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-3547-9336

AAGA'nın önlenmesi tek bir monitöre veya sayısal eşik değerine dayandırılmamalıdır. Güvenli yaklaşım; hastaya özgü risk faktörlerinin preoperatif olarak belirlenmesini, anestezik ilaçların güvenilir ve kesintisiz biçimde uygulanmasını, volatil anestezide end-tidal anestezik konsantrasyonun (ETAC) ve yaşa göre düzeltilmiş minimum alveolar konsantrasyonun (MAC) izlenmesini, nöromüsküler blok kullanımının dikkatle yönetilmesini ve uygun hastalarda işlenmiş elektroensefalografi (processed EEG, pEEG) monitörizasyonunun klinik bağlam içinde değerlendirilmesini gerektirir.

Bu bölümde AAGA'nın tanımı, klinik önemi ve risk faktörlerinin yanı sıra preoperatif risk değerlendirmesi, volatil ve intravenöz anestezide risk azaltıcı yaklaşımlar, BIS/pEEG monitörizasyonunun klinik yeri ve sınırlılıkları, intraoperatif farkındalık şüphesinde uygulanacak yaklaşım ve postoperatif hasta yönetimi klinik karar verme perspektifiyle ele alınacaktır.

Öğrenme Hedefleri

Bu bölümün sonunda okuyucunun;

- Anestezide farkındalığı ve klinik spektrumunu tanımlayabilmesi,
- AAGA açısından hasta, cerrahi ve anesteziyle ilişkili risk faktörlerini belirleyebilmesi,
- Preoperatif değerlendirmede yüksek riskli hastayı tanıyabilmesi,
- Volatil anestezide ETAC ve yaşa göre düzeltilmiş MAC izleminin klinik önemini açıklayabilmesi,

- TIVA sırasında anestezik ilaç teslimat güvenliğini değerlendirebilmesi,
- Nöromüsküler blok kullanılan hastalarda farkındalık riskini azaltmaya yönelik önlemleri uygulayabilmesi,
- BIS ve diğer pEEG sistemlerinin klinik yerini ve sınırlılıklarını yorumlayabilmesi,
- İntraoperatif farkındalık şüphesinde sistematik yaklaşım uygulayabilmesi,
- Farkındalık bildiren hastanın postoperatif değerlendirme, iletişim ve takip sürecini yönetebilmesi

amaçlanmaktadır.

Tanım ve Terminoloji

Genel anestezi; bilinç kaybı, amnezi, cerrahi uyarana yanıtın baskılanması ve cerrahi girişime uygun koşulların sağlanmasını amaçlayan, farklı farmakolojik ve nörofizyolojik bileşenlerden oluşan bir durumdur. Bu bileşenlerin tümü aynı mekanizmalarla ortaya çıkmaz ve anestezik gereksinim hastalar arasında farklılık gösterebilir. Bu nedenle hastanın hareketsiz veya hemodinamik olarak stabil olması tek başına bilinçsizlik için güvenilir bir gösterge değildir.

Accidental awareness during general anaesthesia (AAGA), genel anestezi uygulanması amaçlanan bir hastanın anestezi sırasında beklenmedik biçimde bilinçli deneyim yaşaması ve bu deneyimi daha sonra açık (explicit) olarak hatırlamasıdır (Pandit et al., 2014a). Klinik spektrum oldukça geniştir. Hasta yalnızca ameliyathanedeki konuşmaları veya sesleri hatırlayabileceği gibi dokunma, basınç, cerrahi manipülasyon,

endotrakeal tüp varlığı, ağrı, solunum güçlüğü veya hareket edememe/paralizi hissi de tarif edebilir.

AAGA'nın doğru değerlendirilmesinde bazı kavramların birbirinden ayrılması önemlidir. Genel anesteziyle ilişkili **rüyalar**, tek başına AAGA olarak kabul edilmez (Pandit et al., 2014a). Benzer şekilde anestezi indüksiyonundan önce gerçekleşen olayların hatırlanması farkındalık değildir. Bununla birlikte uyanma döneminde hastanın genel anestezinin sürmesi amaçlanırken planlanandan önce bilinç kazanması AAGA kapsamında değerlendirilebilir (Pandit et al., 2014a). Bu nedenle hastanın hatırladığı olayın yalnızca içeriği değil, anestezinin hangi aşamasında gerçekleştiği de belirlenmelidir.

Sedasyon altında gerçekleştirilen girişimlerde hastanın bazı olayları hatırlaması da AAGA ile aynı anlamda değildir (Pandit et al., 2014a). Sedasyonun amacı ve hedeflenen bilinç düzeyi genel anesteziden farklıdır. Bu nedenle sedasyon sırasında bildirilen hatırlamalar, uygulanan sedasyon düzeyi ve hastaya işlem öncesinde verilen bilgiler çerçevesinde ayrıca değerlendirilmelidir.

AAGA açısından temel kavramlardan biri açık hatırlama (explicit recall), yani hastanın anestezi sırasında yaşadığı deneyimi daha sonra bilinçli olarak hatırlayabilmesidir. Buna karşılık bilinçli hatırlama olmaksızın önceki bir deneyimin daha sonraki davranış veya performansı etkileyebilmesi örtük bellek (implicit memory) olarak tanımlanır. Örtük bellek ile klinik olarak tanımlanan AAGA aynı kavram değildir (Kurata & Hemmings, 2015; Linassi et al., 2021).

Klinik kararı destekleyen nörofizyolojik çerçeve

Genel anestezi altında bilinç kaybı tek bir beyin bölgesinin "kapanması" ile açıklanamaz. Hipnotik anestezikler, talamokortikal ve kortikokortikal ağlarda iletişimi ve geniş ölçekli bilgi bütünleştirmesini değiştirerek bilinçli deneyimin oluşmasını baskılar (Brown et al., 2011). Bununla birlikte hipnoz, amnezi, analjezi ve motor yanıt aynı farmakolojik sonlanım noktaları değildir (Brown et al., 2011). Bu nedenle hastanın hareketsiz olması, hemodinamik olarak stabil seyretmesi veya tek bir monitör değerinin hedef aralıkta bulunması bilinçsizlik için tek başına kesin kanıt oluşturmaz. Klinik değerlendirme, anestezik ilaç maruziyeti ve gerektiğinde nörofizyolojik monitörizasyon birlikte yorumlanmalıdır.

Bu ayrımlar klinik açıdan önemlidir. Hasta "ameliyat sırasında uyandım" dediğinde ilk yaklaşım hastanın deneyimini reddetmek veya olayı doğrudan kesin AAGA olarak sınıflandırmak olmamalıdır. Hatırlanan olayın zamanlaması, işitsel veya dokunsal algılar, ağrı, paralizi ya da solunum güçlüğü hissi, indüksiyon ve uyanma dönemleriyle ilişkisi ve anestezi kayıtları sistematik biçimde değerlendirilmelidir.

Klinik uyarı

"Hasta hareket etmedi, dolayısıyla anestezisi yeterliydi" yaklaşımı yanlıştır.

Nöromüsküler blok, hastanın motor yanıtını ortadan kaldırarak yetersiz anestezinin en belirgin klinik bulgularından birini maskeleyebilir. Bu nedenle nöromüsküler blok uygulanmış bir hastada hareket olmaması yeterli hipnozun kanıtı olarak kabul edilmemelidir.

Görülme Sıklığı ve Klinik Önemi

AAGA nadir görülmesine rağmen hasta güvenliği açısından önemli bir komplikasyondur. Bildirilen insidans; kullanılan AAGA tanımına, olguların nasıl araştırıldığına, postoperatif sorgulamanın yapılıp yapılmadığına ve zamanlamasına, cerrahi ve anestezi türüne ve incelenen hasta popülasyonuna göre belirgin farklılık göstermektedir.

NAP5 çalışmasında hastaların kendiliğinden bildirdiği kesin/olası ve mümkün AAGA olaylarının yaklaşık insidansı **1/19.600 genel anestezi** olarak bildirilmiştir (Pandit et al., 2014b). Buna karşılık yapılandırılmış postoperatif görüşmeler kullanan prospektif araştırmalarda daha yüksek insidanslar saptanabilmektedir. Bu nedenle spontan hasta bildirimlerine dayanan çalışmalarla aktif ve yapılandırılmış sorgulama yapılan çalışmaların sonuçları doğrudan karşılaştırılmamalıdır.

Risk bütün hastalarda eşit değildir. NAP5 verilerinde nöromüsküler blok kullanılan genel anestezilerde bildirilen AAGA insidansı yaklaşık **1/8.200**, nöromüsküler blok kullanılmayanlarda ise yaklaşık **1/135.900** olarak hesaplanmıştır (Pandit et al., 2014b). Bu sonuçlar nöromüsküler blok ile AAGA arasındaki ilişkinin klinik önemini ortaya koymakla birlikte, nöromüsküler bloğun tek başına nedensel faktör olduğu şeklinde yorumlanmamalıdır. Nöromüsküler blok, hastanın hareket yoluyla yetersiz anesteziyi göstermesini engelleyen önemli bir risk belirleyicisidir.

AAGA özellikle anestezinin dinamik dönemlerinde görülebilir. NAP5 olgularının yaklaşık üçte ikisi indüksiyon ve uyanma dönemleriyle ilişkili bulunmuştur (Pandit et al., 2014b). İndüksiyon sırasında zor hava yolu yönetimi, hızlı seri indüksiyon, nöromüsküler blok kullanımı veya anestezik ilaç teslimatının

kesintiye uğraması gibi durumlar riski artırabilir. Obstetrik genel anestezi ve bazı acil veya yüksek riskli klinik durumlarda da AAGA riskinin arttığı bildirilmiştir (Pandit et al., 2014b).

AAGA'nın klinik önemini yalnızca görülme sıklığı belirlemez. Hastanın yaşadığı deneyimin niteliği ve daha sonraki psikolojik etkileri çok daha önemlidir. NAP5 kapsamında bildirilen deneyimlerin çoğu kısa süreli olmasına rağmen hastaların yaklaşık yarısında olay sırasında belirgin sıkıntı, önemli bir bölümünde ise daha uzun süreli olumsuz psikolojik etkiler bildirilmiştir. Deneyimler yalnızca ses veya dokunma algısından tam farkındalığa kadar geniş bir spektrum göstermektedir. Özellikle hareket edememe/paralizi hissi ve bunun ağrı ile birlikteliği daha ağır hasta deneyimleriyle ilişkilidir (Cook et al., 2014).

AAGA sonrasında anksiyete, uyku bozuklukları, olayın yeniden yaşanması, ameliyathane veya sağlık hizmetlerinden kaçınma, gelecekteki anesteziye ilişkin yoğun korku ve posttravmatik stres belirtileri gelişebilir. Her hastada kalıcı psikolojik bozukluk ortaya çıkmasa da olayın hasta açısından oluşturduğu sıkıntı erken dönemde ciddiye alınmalıdır.

Dolayısıyla AAGA yalnızca "anestezinin yüzeyel kalması" biçiminde değerlendirilebilecek teknik bir komplikasyon değildir. **Önlenmesi, erken tanınması, hasta ile uygun iletişim kurulması, olayın nedenlerinin araştırılması ve gerektiğinde psikolojik takip sağlanması gereken önemli bir hasta güvenliği problemidir.**

Risk Faktörleri

AAGA gelişimi genellikle tek bir nedene bağlı değildir. Hasta özellikleri, cerrahi koşullar, anestezi tekniği, nöromüsküler

blok kullanımı ve anestezik ilaçların uygulanmasına ilişkin teknik veya insan kaynaklı sorunlar birlikte rol oynayabilir. Bu nedenle risk değerlendirmesi yalnızca "yüksek riskli hasta" kavramına indirgenmemeli; tüm perioperatif süreç değerlendirilmelidir.

Hastaya ilişkin risk faktörleri

Önceki farkındalık öyküsü, preoperatif değerlendirmede özellikle sorgulanması gereken faktörlerden biridir. Daha önce genel anestezi sırasında farkındalık yaşamış hastalarda sonraki anesteziler sırasında AAGA riskinin arttığı gösterilmiştir (Aranake et al., 2013). Bu nedenle hastanın önceki deneyiminin ayrıntıları, olayın hangi aşamada gerçekleştiği, kullanılan anestezi tekniği ve mümkünse önceki anestezi kayıtları değerlendirilmelidir.

NAP5 verilerinde kadın cinsiyet, genç erişkin yaş ve obezite bildirilen AAGA olgularıyla ilişkili faktörler arasında yer almıştır (Pandit et al., 2014b). Bununla birlikte bu özellikler tek başına bir hastada AAGA gelişeceğini öngörmek için yeterli değildir ve bireysel risk değerlendirmesi klinik bağlam içinde yapılmalıdır.

Özellikle önceki AAGA öyküsü bulunan hastalarda preoperatif görüşme yalnızca risk belirleme amacı taşımaz. Hastanın önceki deneyime bağlı korku ve kaygıları bulunabilir. Hastanın endişeleri dinlenmeli, önceki olay küçümsenmemeli ve yeni anestezide uygulanacak risk azaltıcı önlemler açık biçimde anlatılmalıdır.

Cerrahi ve klinik duruma ilişkin risk faktörleri

AAGA riski bütün cerrahi gruplarında aynı değildir. NAP5'te obstetrik, kardiyak ve torasik cerrahi ile acil cerrahi AAGA açısından artmış riskle ilişkili durumlar arasında bildirilmiştir (Pandit et al., 2014b). Bununla birlikte bu ilişkinin bir kısmı cerrahinin

kendisinden çok bu hastalarda kullanılan anestezi teknikleri, nöromüsküler blok uygulaması, hemodinamik kısıtlamalar ve acil koşullar gibi eşlik eden faktörlerle ilişkili olabilir.

Obstetrik genel anestezi özellikle dikkat gerektirir. Sezaryen sırasında genel anestezi uygulanan hastalarda AAGA insidansının genel cerrahi popülasyonuna göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Odor et al., 2021). Hızlı seri indüksiyon, nöromüsküler blok kullanımı, indüksiyon ile cerrahi uyarı arasındaki kısa süre ve bazı durumlarda maternal ve fetal etkiler nedeniyle anestezik uygulamanın sınırlandırılması bu riske katkıda bulunabilir.

Travma, acil cerrahi ve ciddi hemodinamik instabilitenin bulunduğu hastalarda da anestezik dozun dolaşım depresyonunu önlemek amacıyla azaltılması gerekebilir. Bu durumda klinisyenin hemodinamik stabilite ile yeterli hipnoz arasında dikkatli bir denge kurması gerekir.

Anestezi tekniğine ilişkin risk faktörleri

AAGA açısından en önemli perioperatif konulardan biri **anestezik ilaç teslimatının güvenilirliğidir**. Volatil anestezide vaporizatörün yanlış ayarlanması, ajan konsantrasyonunun beklenmedik biçimde düşmesi, solunum devresiyle ilgili sorunlar veya anestezik uygulamasının transfer sırasında kesintiye uğraması yetersiz anestezik maruziyete yol açabilir.

TIVA sırasında ise volatil anestezideki gibi end-tidal anestezik konsantrasyonun doğrudan ölçülebileceği bir gösterge bulunmaz. Damar yolunun infiltrasyonu veya ayrılması, infüzyon hattının bağlantısının kesilmesi, pompanın durması, yanlış ilaç veya konsantrasyon kullanılması ve infüzyon sistemindeki diğer teknik sorunlar hipnotik ilacın hastaya planlanan miktarda ulaşmamasına

neden olabilir. Bu nedenle TIVA'da ilaç teslimat sisteminin güvenilirliği farkındalığın önlenmesinde kritik öneme sahiptir (Nimmo et al., 2019).

Nöromüsküler blok

Nöromüsküler blok AAGA açısından özel önem taşır. Nöromüsküler bloker verilen hasta, yetersiz anestezi altında bilinç kazanmış olsa bile hareket ederek bunu gösteremeyebilir. Böylece anestezistin fark edebileceği önemli bir klinik uyarı ortadan kalkar.

NAP5'te bildirilen AAGA olgularının büyük bölümü nöromüsküler blok kullanılan anesteziler sırasında meydana gelmiş ve bildirilen insidans nöromüsküler blok kullanılmayan anestezilere göre belirgin olarak daha yüksek bulunmuştur (Pandit et al., 2014b). Ayrıca farkındalık sırasında paralizi hissinin bulunması hastalar açısından daha fazla sıkıntı ve uzun dönem psikolojik zarar ile ilişkilidir (Cook et al., 2014).

Bu nedenle nöromüsküler blok yalnızca cerrahi koşullar açısından değerlendirilmemelidir. Endikasyonu, uygulanacak doz, nöromüsküler fonksiyonun objektif monitörizasyonu ve anestezi sonunda yeterli nöromüsküler iyileşmenin sağlanması birlikte ele alınmalıdır.

Anestezinin dinamik dönemleri

AAGA yalnızca cerrahinin devam ettiği idame döneminde ortaya çıkmaz. İndüksiyon ve uyanma dönemleri özellikle dikkat gerektirir.

İndüksiyon sırasında zor hava yolu yönetimi, hızlı seri indüksiyon, nöromüsküler blok uygulanması ve hava yolu güvence altına alınırken anestezik uygulamanın yetersiz kalması veya

kesintiye uğraması farkındalığa katkıda bulunabilir. Hava yolu yönetimi uzadığında "entübasyonla ilgilenirken hipnozu sürdürmeyi unutma" ilkesi önemlidir.

Uyanma döneminde ise anestezik etkinin azalması ile nöromüsküler fonksiyonun geri dönüşü arasında uyumsuzluk gelişebilir. Hasta bilincini kazanırken hâlâ yeterli motor fonksiyona sahip değilse hareket edememe veya paralizi deneyimi yaşayabilir. Bu nedenle anestezinin sonlandırılması, nöromüsküler blok geri dönüşü ve ekstübasyon zamanlaması koordineli biçimde yönetilmelidir.

AAGA açısından başlıca klinik risk alanları ve pratik yaklaşım Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1 AAGA Açısından Klinik Risk Değerlendirmesi

Risk alanı
Dikkat edilmesi gereken durum
Klinikte ne yapmalıyım?
Önceki anestezi
Önceki AAGA öyküsü
Olayı ayrıntılı sorgula, mümkünse eski anestezi kayıtlarını incele ve yeni planı hastayla paylaş.
Hasta özellikleri
Obezite, genç erişkin yaş ve NAP5'te tanımlanan diğer ilişkili özellikler
Tek başına belirleyici kabul etme; diğer risklerle birlikte değerlendir.
Acil durum
Acil veya mesai dışı cerrahi
İlaç ve cihaz kontrolünü acele nedeniyle atlama; anestezik uygulamanın sürekliliğini doğrula.
Obstetri
Genel anestezi altında sezaryen/obstetrik cerrahi
İndüksiyon-idame geçişinde yeterli hipnozu sürdür; NMB ve ilaç uygulamasını dikkatle izle.
Hemodinamik instabilite
Anestezik dozun dolaşım nedeniyle sınırlandırılması

Hipnozu yalnızca kan basıncına göre değerlendirme; anestezik maruziyet ve uygun monitörizasyonu birlikte değerlendir.
TIVA
İnfüzyon veya damar yolu sorunu
Pompa, damar yolu, bağlantılar, ilaç ve konsantrasyonu sistematik olarak kontrol et.
Volatil anestezi
Yetersiz anestezik konsantrasyon veya teknik sorun
ETAC ve yaşa göre düzeltilmiş MAC değerlerini izle; düşük ajan konsantrasyonu alarmlarını uygun biçimde kullan.
Nöromüsküler blok
Hastanın hareketle yanıt verememesi
Hareket yokluğunu yeterli hipnoz olarak kabul etme; objektif NMB monitörizasyonu kullan.
Zor hava yolu
İndüksiyon ile hava yolunun güvence altına alınması arasındaki sürenin uzaması
Hava yolu yönetimi devam ederken hipnozun sürekliliğini sağla.
Uyanma
Bilincin motor iyileşmeden önce geri dönmesi
Yeterli nöromüsküler iyileşmeyi doğrula ve anestezi sonlandırmasını buna göre koordine et.

Klinik uyarı

AAGA riskini yalnızca kan basıncı ve kalp hızından değerlendirmeyin.

Normal hemodinamik değerler hastanın kesin olarak bilinçsiz olduğunu göstermez. Özellikle beta-bloker veya diğer kardiyovasküler ilaçları kullanan hastalarda ve nöromüsküler blok altında klinik belirtiler sınırlı olabilir. Anestezik ilaç teslimatı, anestezik konsantrasyon, klinik durum ve gerektiğinde nörofizyolojik monitörizasyon birlikte değerlendirilmelidir.

Preoperatif Değerlendirme: Bu Hastada Farkındalık Riskini Nasıl Belirlerim?

AAGA'nın önlenmesi ameliyathanede değil, **preoperatif değerlendirmede başlar**. Amaç bütün hastaları "yüksek riskli" olarak etiketlemek değil; kişiye özgü risk faktörlerini belirleyerek anestezi planını buna göre oluşturmaktır.

Preoperatif değerlendirmede öncelikle hastanın **daha önce genel anestezi sırasında farkındalık yaşayıp yaşamadığı** açık biçimde sorgulanmalıdır. Hasta böyle bir öykü bildiriyorsa yalnızca "evet/hayır" yanıtıyla yetinilmemelidir. Hatırladığı olayın içeriği, ağrı veya paralizi hissi olup olmadığı, olayın indüksiyon, cerrahi veya uyanma döneminde gerçekleşip gerçekleşmediği ve sonrasında psikolojik etkilenme yaşayıp yaşamadığı öğrenilmelidir.

Daha sonra planlanan cerrahi ve anestezi tekniği değerlendirilmelidir. Acil cerrahi, obstetrik genel anestezi, ciddi hemodinamik instabilite, zor hava yolu olasılığı, TIVA planlanması ve nöromüsküler blok gereksinimi gibi faktörler risk yönetimini etkileyebilir.

Yüksek risk düşünülen hastada uygulanacak önlemler anestezi başlamadan önce belirlenmelidir. Kullanılacak anestezi tekniği, ilaç teslimatının nasıl izleneceği, volatil anestezide ETAC/MAC takibi, TIVA'da infüzyon güvenliği, nöromüsküler monitörizasyon ve pEEG kullanımının gerekli olup olmadığı hasta özelinde planlanmalıdır.

Önceki AAGA deneyimi olan hastalarda iletişim ayrıca önemlidir. Hastaya riskin tamamen sıfırlanamayacağı söylenebilir; ancak önceki deneyimin dikkate alındığı ve yeni anestezide riski azaltmaya yönelik özel önlemlerin uygulanacağı açıklanmalıdır. Bu

yaklaşım hem güvenli anestezi planlamasını destekler hem de hastanın önceki deneyimine bağlı kaygısının azaltılmasına yardımcı olabilir.

Preoperatif AAGA kontrolü - 5 soru

Anestezi öncesinde şu beş soru klinik olarak yararlı bir kontrol çerçevesi sağlar:

1. **Daha önce anestezi sırasında farkındalık yaşadı mı?**
2. **Planlanan cerrahi veya hastanın klinik durumu AAGA açısından ek risk oluşturuyor mu?**
3. **Nöromüsküler blok kullanacak mıyım ve bunu nasıl monitörize edeceğim?**
4. **Volatil anestezi mi, TIVA mı kullanacağım ve anestezik ilaç teslimatının sürekliliğini nasıl doğrulayacağım?**
5. **Bu hastada pEEG/BIS monitörizasyonu klinik karar vermeye ek yarar sağlayacak mı?**

Bu beş sorudan herhangi biri belirgin bir risk alanına işaret ediyorsa anestezi planı farkındalık riskini azaltacak biçimde yeniden gözden geçirilmelidir.

Farkındalığın Önlenmesi ve Anestezi Yönetimi

AAGA'nın önlenmesinde en güvenli yaklaşım tek bir monitör değerine odaklanmak yerine, anestezi sürecini bir bütün olarak değerlendirmektir. Preoperatif risklerin belirlenmesi, anestezik ilaçların hastaya kesintisiz ulaştığının doğrulanması, kullanılan tekniğe uygun monitörizasyon, nöromüsküler blok

yönetimi ve özellikle indüksiyon ile uyanma gibi geçiş dönemlerinin dikkatle yönetilmesi birlikte ele alınmalıdır.

Temel ilke şudur:

Önce anesteziğin hastaya ulaştığından emin ol, sonra anestezik etkinin yeterliliğini değerlendir.

Bir hastada beklenmeyen taşikardi, hipertansiyon, terleme veya hareket görülmesi yetersiz anesteziyi düşündürebilir; ancak bu bulguların yokluğu yeterli hipnozu garanti etmez. Benzer biçimde BIS/pEEG değerinin hedef aralıkta olması veya yeterli ETAC ölçülmesi de klinik değerlendirmeden bağımsız biçimde yorumlanmamalıdır.

Anestezi başlamadan önce: ilaç ve ekipman kontrolü

Farkındalık riskinin azaltılmasındaki ilk basamak anestezi cihazı ve ilaç uygulama sisteminin güvenilirliğidir.

Volatil anestezi planlanıyorsa;

- kullanılacak volatil ajanın mevcut olduğu,
- vaporizatörün doğru ajanla doldurulduğu ve uygun biçimde yerleştirildiği,
- gaz analiz sisteminin çalıştığı,
- inspiryum ve ekspiryum anestezik konsantrasyonlarının izlenebildiği,
- uygun alarm sınırlarının aktif olduğu

kontrol edilmelidir.

TIVA uygulanacaksa;

- doğru ilaç ve doğru konsantrasyon,
- doğru enjektör ve infüzyon pompası,
- doğru pompa programlaması,
- intravenöz kanülün açıklığı,
- infüzyon hattı ve bağlantılarının bütünlüğü,
- anti-reflü ve anti-sifon sistemlerinin uygunluğu,
- infüzyon hattındaki ölü boşluk

değerlendirilmelidir.

Mümkün olduğunda TIVA'nın uygulandığı intravenöz kanül ve bağlantılar işlem boyunca görülebilir durumda tutulmalıdır (Nimmo et al., 2019).

Klinik uyarı

TIVA'da pompanın çalışıyor olması ilacın hastaya ulaştığını garanti etmez.

Pompa doğru hızda çalışırken damar yolu ayrılmış, ekstravaze olmuş veya infüzyon hattında bağlantı problemi gelişmiş olabilir (Nimmo et al., 2019). Bu nedenle pompa ekranı kadar damar yolu ve infüzyon hattının kendisi de izlenmelidir.

Volatil Anestezide ETAC ve Yaşa Göre Düzeltilmiş MAC

Volatil anestezinin AAGA açısından önemli avantajlarından biri, hastaya ulaşan anestezik ajanın ekspirasyon havasındaki konsantrasyonunun ölçülebilmesidir. **End-tidal anesthetic concentration (ETAC)**, volatil anestezik maruziyetinin sürekliliğini değerlendirmek için önemli bir güvenlik göstergesidir.

Minimum alveolar konsantrasyon (MAC), belirli bir cerrahi uyarana hastaların %50'sinde motor yanıtı engelleyen alveolar anestezik konsantrasyonu ifade eder. Bununla birlikte MAC yaşla değiştiği için monitördeki değerlendirmelerde mümkün olduğunda **yaşa göre düzeltilmiş MAC** kullanılmalıdır.

ETAC/MAC klinik olarak nasıl kullanılmalı?

Volatil anestezinin idame döneminde ETAC sürekli izlenmeli ve düşük anestezik konsantrasyon alarmı aktif tutulmalıdır. Özellikle nöromüsküler blok kullanılan olgularda, idame döneminde yaklaşık **0,7 yaşa göre düzeltilmiş MAC** civarında bir düşük ajan alarm sınırı pratik bir güvenlik eşiği olarak kullanılabilir (Klein et al., 2021). Bu değer hastaya özgü anestezik gereksinimin yerini tutmaz ve kesin bir bilinç eşiği olarak yorumlanmamalıdır (Klein et al., 2021).

Ancak burada çok önemli bir ayrım vardır:

0,7 MAC bir "bilinç eşiği" değildir.

Bu değer bütün hastalarda farkındalığın altında veya üzerinde kesin bir sınır oluşturmaz. Yaş, eşlik eden ilaçlar, hipotermi, ciddi sistemik hastalık, hemodinamik durum ve bireysel farmakodinamik farklılıklar anestezik gereksinimi değiştirebilir.

Ayrıca ETAC yalnızca volatil ajanın hastaya ulaştığını ve alveolar konsantrasyonunu gösterir; bilinci doğrudan ölçmez (Klein et al., 2021).

Bu nedenle ETAC/MAC;

- klinik değerlendirme,
- hemodinamik veriler,
- eşlik eden hipnotik ve opioidlerin etkileri,

- nöromüsküler blok düzeyi
- ve gerektiğinde pEEG

ile birlikte değerlendirilmelidir.

ETAC'nin önemli bir sınırlılığı

ETAC esas olarak volatil anestezinin **idame dönemindeki** ilaç maruziyetini değerlendirmede yararlıdır.

AAGA ise yalnızca cerrahinin idame döneminde meydana gelmez. Önemli sayıda olay;

- indüksiyon sırasında,
- hava yolu yönetimi sırasında,
- ameliyathaneye transfer sırasında,
- cerrahinin bitiminde
- veya uyanma döneminde

ortaya çıkabilir.

Dolayısıyla operasyon boyunca yeterli ETAC değerlerinin kaydedilmiş olması, bu geçiş dönemlerinde AAGA meydana gelmediğini tek başına kanıtlamaz.

Klinik uyarı

"ETAC yeterliydi, farkındalık olamaz" demeyin.

Özellikle indüksiyon ve uyanma dönemlerinin kayıtlarını ayrıca değerlendirin. AAGA'nın önemli bir bölümü volatil anestezik konsantrasyonunun henüz yeterli düzeye ulaşmadığı veya artık azalmakta olduğu geçiş dönemlerinde ortaya çıkabilir.

TIVA'da Farkındalığın Önlenmesi

TIVA ile genel anestezide hipnotik ilaç intravenöz infüzyon yoluyla uygulanır. Volatil anesteziden farklı olarak, propofolün hastaya ulaştığını doğrudan doğrulayabilecek rutin bir "end-tidal propofol konsantrasyonu" ölçümü bulunmamaktadır. Bu nedenle TIVA sırasında farkındalık riskinin azaltılmasında **ilaç teslimat sisteminin güvenilirliği** özel önem taşır.

TIVA'da meydana gelen AAGA olaylarının bir bölümü farmakolojik yetersizlikten çok, ilacın hastaya planlandığı biçimde ulaşmamasına neden olan teknik problemlere bağlı olabilir.

Bunlar arasında;

- damar yolunun ayrılması,
- kanülün ekstravazasyonu,
- infüzyon hattının bağlantısının kesilmesi,
- pompanın durması veya yanlış programlanması,
- yanlış ilaç veya yanlış ilaç konsantrasyonu,
- hatların yanlış bağlanması,
- infüzyon hattındaki ölü boşluğa bağlı gecikme

yer alabilir.

TIVA güvenlik kontrolü

TIVA başlatıldıktan sonra klinisyen şu soruları sistematik olarak yanıtlayabilmelidir:

Doğru ilaç mı?

Doğru konsantrasyon mu?

Doğru pompa programı mı?

İnfüzyon gerçekten hastaya ulaşıyor mu?

Damar yolu güvenilir mi?

İnfüzyonda beklenmeyen bir kesinti oldu mu?

Hastanın hipnotik etkisi klinik ve nörofizyolojik verilerle uyumlu mu?

Target-controlled infusion (TCI) kullanılıyorsa monitörde gösterilen hedef veya tahmini plazma/etki bölgesi konsantrasyonlarının **ölçülen gerçek hasta konsantrasyonları değil, farmakokinetik model tahminleri** olduğu unutulmamalıdır (Nimmo et al., 2019). TCI sistemi ilacın doğru biçimde hazırlanması, infüzyon hattının açık olması ve ilacın gerçekten hastaya ulaşması gerekliliğini ortadan kaldırmaz.

TIVA + nöromüsküler blok

TIVA ile nöromüsküler blok birlikte kullanıldığında AAGA açısından özel dikkat gerekir. Hastanın motor yanıtı ortadan kalktığı için yetersiz hipnozun önemli klinik belirtilerinden biri kaybolur; buna karşılık volatil anestezide bulunan ETAC gibi doğrudan bir ilaç maruziyeti göstergesi de yoktur.

Bu nedenle güncel monitörizasyon önerileri **TIVA ile nöromüsküler blok birlikte uygulandığında pEEG monitörizasyonunun kullanılmasını** önermektedir (Klein et al., 2021).

pEEG monitörizasyonu mümkünse indüksiyon öncesinde veya indüksiyon sırasında başlatılmalı ve nöromüsküler blok

etkisinin yeterli biçimde sonlandığı doğrulanana kadar sürdürülmelidir.

Nöromüsküler Blok Yönetimi

Nöromüsküler blok, AAGA açısından hem olayın fark edilmesini zorlaştırması hem de bilinçli hastada paralizi deneyiminin psikolojik etkisini ağırlaştırabilmesi nedeniyle kritik öneme sahiptir.

Nöromüsküler blok uygulanmasına ilişkin temel prensip:

Gerektiği kadar kullan, objektif olarak monitörize et ve tam iyileşmeyi doğrulamadan anesteziyi sonlandırma.

Nicel nöromüsküler monitörizasyon

Nöromüsküler bloker uygulanan hastalarda nicel nöromüsküler monitörizasyon kullanılmalıdır (Thilen et al., 2023). Monitörizasyon mümkünse nöromüsküler bloker verilmeden önce başlatılmalı ve anestezinin tüm dönemlerinde sürdürülmelidir.

Anestezi sonunda yeterli nöromüsküler iyileşme yalnızca;

- spontan solunum,
- baş kaldırabilme,
- el sıkabilme,
- ekstremite hareketi
- veya klinisyenin görsel değerlendirmesi

ile güvenilir biçimde doğrulanamaz.

Ekstübasyon öncesinde nicel monitörizasyonla **train-of-four (TOF) oranının ≥0,9** olduğunun gösterilmesi hedeflenmelidir (Thilen et al., 2023).

Bu konu AAGA açısından özellikle önemlidir. Anestezik ilaçların etkisi azalırken nöromüsküler blok devam ediyorsa hasta bilincini kazanabilir ancak hareket edemeyebilir. Bu durum uyanma dönemindeki en ciddi farkındalık senaryolarından biridir.

Klinik uyarı

Anestezik ajanı kapatmak ile hastanın ekstübasyona hazır olması aynı şey değildir.

Hipnotik etkinin sonlanması, nöromüsküler fonksiyonun geri dönmesinden daha hızlı gerçekleşebilir. Özellikle nöromüsküler blok kullanılan hastalarda anestezinin sonlandırılması ile blok antagonizması ve ekstübasyon zamanlaması birlikte planlanmalıdır.

pEEG ve BIS: Ne Zaman Kullanmalıyım?

Processed EEG sistemleri frontal elektroensefalografik sinyalleri analiz ederek klinisyene anesteziklerin serebral etkileri hakkında bilgi sağlar. BIS (Bispectral Index), pEEG sistemlerinin en yaygın bilinen örneklerinden biridir.

Bu sistemler anestezik etkinin değerlendirilmesine yardımcı olabilir; ancak önemli bir kavramın baştan belirtilmesi gerekir:

BIS veya başka bir pEEG indeksi "bilinç monitörü" olarak yorumlanmamalıdır (Klein et al., 2021).

pEEG değerleri anestezik ilaçların kortikal elektriksel aktivite üzerindeki etkilerinden türetilen göstergelerdir. Tek bir sayısal indeks, hastanın bilinçli olup olmadığını kesin biçimde belirleyemez (Klein et al., 2021).

pEEG kullanımının özellikle düşünülmesi gereken durumlar

pEEG özellikle;

- TIVA ile nöromüsküler blok birlikte kullanılıyorsa,
- anestezik dozun klinik nedenlerle sınırlandırılması gerekiyorsa,
- AAGA açısından yüksek risk düşünülen hastalarda,
- anestezik gereksinimin belirlenmesinin güç olduğu durumlarda

yararlı olabilir.

Volatil anestezide ise ETAC/MAC anestezik maruziyet hakkında güçlü bir ek bilgi sağladığından pEEG'nin rolü hastaya ve klinik bağlama göre belirlenmelidir.

BIS/pEEG değerini tek başına okumayın

pEEG kullanılırken yalnızca monitörde görünen indeks değerine odaklanmak önemli bir hatadır.

Mümkün olduğunda;

- ham EEG dalga formu,
- sinyal kalite göstergesi,
- elektromiyografik aktivite,
- burst suppression,
- spektral görünüm veya trendler,
- eş zamanlı anestezik konsantrasyon ve klinik veriler

birlikte değerlendirilmelidir.

Elektrokoter, EMG aktivitesi, kötü elektrot teması ve diğer artefaktlar pEEG indekslerini etkileyebilir (Beg et al., 2026; Klein et

al., 2021). Ayrıca farklı anestezik ilaçlar EEG üzerinde farklı paternler oluşturabilir.

Klinik uyarı

"BIS 40-60 ise hasta kesinlikle farkında değildir" şeklinde bir yorum yapılamaz.

Benzer biçimde hedef aralığın dışındaki tek bir BIS değeri de tek başına AAGA tanısı koydurmaz. Beklenmeyen bir pEEG değişikliği görüldüğünde önce sinyal kalitesi ve artefaktlar değerlendirilmeli, ardından anestezik ilaç teslimatı ve hastanın klinik durumu kontrol edilmelidir.

BIS mi, ETAC/MAC mı?

BIS/pEEG ve ETAC/MAC birbirlerinin doğrudan alternatifi olarak düşünülmemelidir; iki yaklaşım farklı bilgileri ölçer.

ETAC/MAC, volatil anestezik ajanın hastaya ulaştığına ve alveolar anestezik konsantrasyonuna ilişkin bilgi verir.

pEEG/BIS ise anesteziklerin beynin elektriksel aktivitesi üzerindeki etkisi hakkında bilgi sağlar.

Yüksek AAGA riski taşıyan cerrahi hastalarda yürütülen BAG-RECALL çalışmasında, BIS-temelli protokolün ETAC-temelli protokole AAGA'nın önlenmesinde üstünlüğü gösterilememiş; kesin farkındalık olayları ETAC grubunda sayısal olarak daha az görülmüştür (Avidan et al., 2011). Bu nedenle rutin volatil anestezide yalnızca AAGA'yı önlemek amacıyla bütün hastalara BIS uygulanmasının ETAC-temelli güvenli anestezi uygulamasından üstün olduğu söylenemez (Avidan et al., 2011).

Bununla birlikte iki yöntem farklı klinik sorulara yanıt verdiği için belirli hastalarda birlikte kullanımları yararlı olabilir.

Klinik karar şu şekilde özetlenebilir:

Volatil anestezi kullanıyorsam:

ETAC ve yaşa göre düzeltilmiş MAC'ı mutlaka izle; düşük konsantrasyon alarmını aktif tut; pEEG'yi klinik gereksinime göre ekle.

TIVA kullanıyorsam:

İlaç teslimat sistemini sistematik olarak kontrol et; nöromüsküler blok da kullanılıyorsa pEEG monitörizasyonunu kullan.

Nöromüsküler blok kullanıyorsam:

Hareket yokluğunu hipnoz göstergesi kabul etme ve nicel nöromüsküler monitörizasyonu blok tamamen sonlanana kadar sürdür.

Yüksek AAGA riski varsa:

Tek bir monitöre güvenmek yerine ilaç teslimatı, anestezik maruziyet, pEEG, nöromüsküler blok ve klinik verileri birlikte değerlendir.

İntraoperatif Farkındalık Şüphesinde Ne Yapmalıyım?

İntraoperatif farkındalık çoğu zaman olay gerçekleştiği sırada kesin olarak tanınamaz. Bununla birlikte beklenmeyen hasta hareketi, taşikardi, hipertansiyon, terleme, gözyaşı, pupiller değişiklikler, pEEG'de beklenmeyen değişiklikler veya anestezik ilaç teslimatındaki bir sorun yetersiz anestezi olasılığını düşündürebilir.

Bu bulguların hiçbiri AAGA için özgül değildir. Benzer şekilde bu bulguların bulunmaması da yeterli hipnozu garanti etmez. Bu nedenle farkındalık şüphesinde amaç yalnızca monitör değerlerini düzeltmek değil, **anestezik ilaç teslimatından hastanın klinik durumuna kadar tüm sistemi hızla yeniden değerlendirmektir** (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

Birinci adım: anestezik ilaç hastaya ulaşıyor mu?

İlk soru her zaman şu olmalıdır:

"Anestezik ilaç gerçekten hastaya ulaşıyor mu?"

Volatil anestezi kullanılıyorsa;

- vaporizatör ayarı,
- inspiryum ve ekspiryum anestezik konsantrasyonları,
- ETAC,
- yaşa göre düzeltilmiş MAC,
- taze gaz akımı,
- solunum devresi,
- gaz analiz sistemi ve alarm sınırları

kontrol edilmelidir.

TIVA uygulanıyorsa;

- infüzyon pompasının çalışması ve programlanması,
- kullanılan ilaç ve konsantrasyon,
- enjektör,

- infüzyon hızı,
- damar yolunun açıklığı,
- ekstravazasyon olasılığı,
- bağlantılar ve infüzyon hattının bütünlüğü

hızla değerlendirilmelidir.

Bir teknik problem saptanırsa mümkün olan en kısa sürede düzeltilmeli ve hipnotik etkinin yeniden sağlanması hedeflenmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

İkinci adım: anestezi düzeyini yeniden değerlendir

İlaç teslimatında belirgin bir sorun saptanmasa bile anestezik gereksinimin hastaya veya cerrahi uyarana göre yetersiz kalmış olabileceği düşünülmelidir.

Hemodinamik durum izin veriyorsa hipnotik/anestezik uygulama güvenli biçimde optimize edilmelidir. Bu sırada hastanın dolaşım durumunun anestezik doz artışına izin verip vermediği değerlendirilmelidir.

Ciddi hipotansiyon veya dolaşım instabilitesi nedeniyle anestezik dozun azaltılmış olması durumunda yalnızca anestezik konsantrasyonu artırmaya odaklanmak uygun olmayabilir. Hemodinamik bozukluğun nedeni araştırılmalı ve gerektiğinde uygun sıvı, vazopressör veya diğer destek tedavileriyle yeterli anestezinin sürdürülebileceği fizyolojik koşullar sağlanmalıdır.

Üçüncü adım: nöromüsküler bloğu değerlendir

Nöromüsküler blok kullanılmışsa hastanın hareket edememesi yetersiz hipnozu maskeleyebilir.

Bu nedenle;

- nöromüsküler blokerin son uygulanma zamanı,
- kullanılan doz,
- nicel nöromüsküler monitörizasyon bulguları,
- cerrahinin kalan süresi
- ve ek nöromüsküler blok gereksinimi

yeniden değerlendirilmelidir.

AAGA şüphesi bulunan bir hastada yalnızca hareketi önlemek amacıyla ek nöromüsküler bloker uygulanması sorunu çözmez. Öncelik yeterli hipnotik/anestezik etkinin sağlanmasıdır.

Klinik uyarı

Farkındalık şüphesinde hastanın hareketini ortadan kaldırmak, farkındalığı tedavi etmek değildir.

Ek nöromüsküler blok uygulamadan önce hipnozun yeterliliğini ve anestezik ilaç teslimatını mutlaka yeniden değerlendirin.

Dördüncü adım: pEEG kullanılıyorsa sadece sayıya bakma

pEEG/BIS kullanılıyorsa indeks değeri, trend, sinyal kalitesi, EMG aktivitesi ve mümkün olduğunda ham EEG birlikte değerlendirilmelidir.

Beklenmeyen yüksek bir indeks değerinde önce;

- elektrot teması,
- sinyal kalitesi,
- EMG,
- elektrokoter ve diğer artefaktlar

kontrol edilmelidir.

Gerçek bir değişiklik düşünülüyorsa anestezik ilaç teslimatı ve klinik durum yeniden değerlendirilmelidir.

Beşinci adım: olayın zamanını kaydet

AAGA şüphesi oluştuğunda olay mümkün olduğunca zaman çizelgesiyle kaydedilmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

Kaydedilmesi yararlı bilgiler şunlardır:

- olayın yaklaşık zamanı,
- cerrahinin hangi aşamasında olduğu,
- kullanılan anestezikler ve dozları,
- ETAC/MAC değerleri,
- TIVA kullanılıyorsa infüzyon bilgileri,
- pEEG/BIS verileri,
- nöromüsküler blok düzeyi,
- hemodinamik değerler,
- saptanan teknik sorunlar
- ve yapılan müdahaleler.

Bu kayıtlar postoperatif değerlendirmede hastanın hatırladığı olayın zamanlamasıyla anestezi kayıtlarının karşılaştırılmasını kolaylaştırır.

Postoperatif Değerlendirme: Hasta "Ameliyat Sırasında Uyandım" Derse Ne Yapmalıyım?

Hasta postoperatif dönemde farkındalık düşündüren bir deneyim bildirdiğinde ilk ve en önemli yaklaşım hastayı ciddiye almaktır (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006; Tasbihgou et al., 2018).

Hastanın deneyimi tartışılmamalı, küçümsenmemeli veya henüz ayrıntılı değerlendirme yapılmadan "bu mümkün değil" şeklinde reddedilmemelidir.

İlk görüşmenin amacı hastaya AAGA tanısı koymak değil; **ne yaşadığını anlamak, olayın zamanlamasını belirlemek, hastanın sıkıntısını değerlendirmek ve daha ayrıntılı inceleme için gerekli bilgileri toplamaktır.**

Görüşme nasıl yapılmalı?

Mümkün olduğunca açık uçlu sorular tercih edilmelidir (Brice et al., 1970; Mashour et al., 2013).

Hastaya doğrudan;

"Ameliyat sırasında uyandınız mı?" şeklinde yönlendirici bir soru sormak yerine önce serbest hatırlamaya olanak veren sorular kullanılabilir.

Örneğin:

- Ameliyattan önce hatırladığınız son şey nedir?
- Uyandıktan sonra hatırladığınız ilk şey nedir?

- Bu ikisi arasında hatırladığınız herhangi bir şey var mı?
- Anestezi sırasında rüya gördünüz mü?
- Deneyiminizde sizi özellikle rahatsız eden bir şey oldu mu?

Hasta bir deneyim tarif ediyorsa daha sonra ayrıntılar sorgulanabilir.

Modified Brice görüşmesi

AAGA araştırmalarında en yaygın kullanılan yaklaşımlardan biri Brice görüşmesi ve bunun modifiye edilmiş biçimleridir (Brice et al., 1970; Mashour et al., 2013).

Modified Brice yaklaşımının temel amacı hastanın spontan hatırlamasını ortaya çıkarmaktır (Brice et al., 1970; Mashour et al., 2013). Görüşmede genel olarak;

1. Anesteziden önce hatırlanan son olay,
2. Uyandıktan sonra hatırlanan ilk olay,
3. Bu iki dönem arasında hatırlanan herhangi bir deneyim,
4. Anestezi sırasında görülen rüyalar,
5. Deneyimin hasta açısından en rahatsız edici yönü

sorgulanır.

Bu yaklaşım yalnızca "farkındalık var/yok" şeklinde ikili bir değerlendirme sağlamaz; olayın içeriğinin ve hasta üzerindeki etkisinin anlaşılmasına da yardımcı olur.

Tek görüşme her zaman yeterli olmayabilir

AAGA deneyimi her zaman derlenme odasında hemen ifade edilmeyebilir (Brice et al., 1970; Mashour et al., 2013). Bazı hastalar yaşadıkları deneyimin anlamını daha sonra fark edebilir veya hatırlama zaman içinde belirginleşebilir.

Bu nedenle güçlü AAGA şüphesi bulunan veya farkındalık bildiren hastalarda yalnızca tek bir erken postoperatif değerlendirmeyle yetinilmemesi düşünülebilir. Klinik duruma göre daha sonraki dönemde yeniden görüşme planlanabilir (Brice et al., 1970; Mashour et al., 2013).

AAGA Bildiren Hastayla İletişim

AAGA sonrası hasta iletişimi yalnızca etik açıdan değil, hastanın psikolojik iyilik hali açısından da önemlidir.

Görüşme mümkünse sakin ve mahrem bir ortamda yapılmalı ve hasta deneyimini kendi sözcükleriyle anlatmaya teşvik edilmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

Yapılması gerekenler

Dinleyin.

Hastanın sözünü kesmeden deneyimini anlatmasına izin verin.

Deneyimi ciddiye alın.

Kesin neden henüz bilinmese bile hastanın yaşadığı sıkıntının gerçek olduğunu kabul edin.

Açıklama için acele etmeyin.

Anestezi kaydı ve teknik bilgiler incelenmeden kesin bir neden ileri sürmeyin.

Olayı araştıracağınızı açıklayın.

Hastaya anestezi kayıtlarının ve ilgili cihaz/ilaç bilgilerinin değerlendirileceğini söyleyin.

Takip planını anlatın.

Hastanın tekrar değerlendirileceğini ve gerektiğinde psikolojik destek sağlanacağını belirtin.

Kaçınılması gereken ifadeler

Aşağıdaki türde ifadelerden kaçınılmalıdır:

“Böyle bir şey olmuş olamaz.”

“Sadece rüya görmüşsünüzdür.”

“Monitörler normaldi, dolayısıyla uyanmış olamazsınız.”

“Hiç hareket etmediniz.”

Bu ifadeler bilimsel açıdan da sorunludur. Özellikle nöromüsküler blok kullanılan hastada hareket olmaması bilinçsizlik kanıtı değildir.

Klinik uyarı

Hasta AAGA bildirdiğinde ilk göreviniz kendinizi veya anestezi tekniğini savunmak değil, hastanın deneyimini anlamaktır.

Neden analizi daha sonra yapılabilir; ilk görüşmede güvenli ve destekleyici iletişim önceliklidir.

Olay Sonrası Klinik İnceleme

Farkındalık şüphesi bulunan bir olayda postoperatif inceleme sistematik yapılmalıdır (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

Anestezi kaydı

Aşağıdaki bilgiler gözden geçirilmelidir:

- indüksiyon ilaçları ve zamanları,
- nöromüsküler bloker uygulamaları,
- volatil ajan konsantrasyonları ve ETAC/MAC,
- TIVA infüzyon hızları ve pompa kayıtları,
- pEEG/BIS trendleri mevcutsa bunlar,
- hemodinamik kayıtlar,
- zor hava yolu veya diğer kritik olaylar,
- anestezik dozun azaltılmasını gerektiren hipotansiyon veya instabilite,
- anestezinin sonlandırılma zamanı,
- nöromüsküler blok antagonizması
- ve ekstübasyon zamanı.

Hastanın tarif ettiği olayın zamanlaması bu kayıtlarla karşılaştırılmalıdır.

Teknik sistemler

Olası bir ilaç teslimat problemi düşünülüyorsa;

- vaporizatör,
- anestezi cihazı,
- infüzyon pompası,
- intravenöz kanül,
- infüzyon hatları
- ve kullanılan ilaçların hazırlanması

gözden geçirilmelidir.

Amaç yalnızca olayın nedenini açıklamak değil, **aynı problemin başka bir hastada tekrarlanmasını önlemektir.**

Psikolojik Sonuçlar ve Takip

AAGA deneyiminin psikolojik etkisi hastadan hastaya değişir (Leslie et al., 2010). Bazı hastalar olaydan kısa süreli etkilenirken bazı hastalarda daha uzun süreli belirtiler ortaya çıkabilir.

Bunlar arasında;

- anksiyete,
- uyku bozukluğu,
- kabuslar,
- olayın istemsiz biçimde yeniden yaşanması,
- ameliyathane veya hastaneden kaçınma,
- gelecekteki anesteziden yoğun korku,
- irritabilite

- ve posttravmatik stres belirtileri

yer alabilir (Leslie et al., 2010).

Özellikle ağrı ve hareket edememe/paralizi deneyimi bildiren hastalarda psikolojik etkilenme açısından dikkatli olunmalıdır (Cook et al., 2014; Leslie et al., 2010).

Belirgin psikolojik sıkıntısı bulunan hastalar uygun psikolojik veya psikiyatrik değerlendirmeye yönlendirilmelidir (Leslie et al., 2010; Tasbihgou et al., 2018).

Takip yalnızca "AAGA oldu mu?" sorusuna yanıt aramak için değil, **hastanın olaydan sonra nasıl olduğunu değerlendirmek için** yapılmalıdır.

Gelecekteki Anesteziler Nasıl Planlanmalı?

Doğrulanmış veya güçlü biçimde şüphelenilen AAGA öyküsü gelecekteki anesteziler açısından önemli bir bilgidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

Olay;

- hastanın tıbbi kayıtlarında görünür biçimde belirtilmeli,
- mümkünse olayın özellikleri ve olası nedeni kaydedilmeli,
- gelecekteki anestezi ekiplerinin erişebileceği biçimde belgelenmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

Yeni bir ameliyat planlandığında hasta önceki deneyimi açısından yeniden değerlendirilmelidir (American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness, 2006).

Gelecekteki anestezi planında

- önceki olayın olası nedeni gözden geçirilmeli,
- kullanılacak anestezi tekniği önceden planlanmalı,
- ilaç teslimat güvenliği özellikle değerlendirilmelidir,
- nöromüsküler blok gereksinimi ve monitörizasyonu planlanmalıdır,
- volatil anestezide ETAC/MAC izlemi kullanılmalıdır,
- TIVA + nöromüsküler blok uygulanacaksa pEEG kullanılmalıdır,
- indüksiyon ve uyanma dönemlerine özel dikkat gösterilmelidir.

Hastaya önceki deneyiminin bilindiği ve yeni anestezi planında bu durumun dikkate alındığı açıklanmalıdır.

AAGA Şüphesinde Klinik Karar Algoritması

AAGA şüphesinde intraoperatif ve postoperatif yaklaşım Şekil 1'de özetlenmiştir.

Şekil 1 İntraoperatif ve postoperatif AAGA yönetim algoritması



Temel yaklaşım: Anestezik teslimatını doğrula → hipnozu değerlendir → nöromüsküler bloğu kontrol et → olayı belgele → hastayı yapılandırılmış biçimde değerlendir ve takip et.

Özel Klinik Durumlar

Obstetrik genel anestezi

Obstetrik genel anestezi AAGA açısından özel dikkat gerektiren klinik durumlardan biridir. NAP5 verilerinde sezaryen sırasında genel anestezi uygulanan hastalarda farkındalık insidansı genel cerrahi popülasyonundan daha yüksek bulunmuştur (Odor et al., 2021).

Bu riskin oluşmasında hızlı seri indüksiyon, nöromüsküler blok kullanımı, indüksiyon ile cerrahi uyarı arasındaki kısa zaman aralığı, maternal hemodinaminin korunması gereksinimi ve bazı durumlarda anestezik dozların sınırlanması gibi birden fazla faktör rol oynayabilir.

Obstetrik genel anestezide özellikle;

- indüksiyon ile idame anestezisi arasındaki geçişin kesintisiz olması,
- anestezik ilaç uygulamasının cerrahi uyarı başlamadan önce yeterli düzeye ulaşması,
- nöromüsküler blok altında hareket yokluğunun hipnoz göstergesi olarak kabul edilmemesi,
- volatil anestezi kullanılıyorsa ETAC'nin izlenmesi,
- TIVA ve nöromüsküler blok birlikte kullanılıyorsa pEEG monitörizasyonunun uygulanması önemlidir.

Acil cerrahi ve hemodinamik olarak instabil hasta

Acil cerrahi ve ciddi hemodinamik instabilite AAGA risk yönetimini zorlaştırabilir. Bu hastalarda hipotansiyonu veya dolaşım kollapsını önlemek amacıyla hipnotik ve volatil anestezik dozlarının azaltılması gerekebilir.

Bununla birlikte düşük kan basıncını yalnızca anestezik dozu azaltarak yönetmek, bazı hastalarda yetersiz hipnoz riskini artırabilir.

Bu nedenle hemodinamik instabilite varlığında;

- hipotansiyonun nedeni araştırılmalı,
- uygun sıvı ve vazopressör tedavisi uygulanmalı,
- anestezik gereksinim hastaya özgü değerlendirilerek mümkün olan yeterli hipnoz sürdürülmeli,
- anestezik ilaç teslimatı kesintisiz izlenmeli
- ve klinik olarak uygunsa ek nörofizyolojik monitörizasyon düşünülmelidir.

Klinik uyarı

"Kan basıncı düşük, o halde daha az anestezi vermeliyim" yaklaşımı tek başına güvenli değildir.

Amaç hemodinamik stabiliteyi yeterli hipnozdan vazgeçerek sağlamak değil, dolaşım desteği ile anestezik gereksinim arasında güvenli bir denge kurmaktır.

Zor hava yolu ve uzamış indüksiyon

NAP5 verilerinde AAGA olgularının önemli bir bölümü anestezinin indüksiyon ve uyanma gibi dinamik dönemlerinde

ortaya çıkmıştır (Pandit et al., 2014b). Zor hava yolu yönetimi indüksiyon sırasında farkındalık gelişmesine katkıda bulunabilecek durumlardan biridir.

Hava yolu yönetimi beklenenden uzun sürdüğünde klinisyenin dikkati doğal olarak ventilasyon ve entübasyona yoğunlaşır. Bu sırada başlangıçta uygulanan hipnotik ilacın etkisi azalabilir.

Bu nedenle zor hava yolu yönetiminde temel prensip:

Hava yolunu yönetirken hipnozu sürdürmeyi unutma.

Hava yolu henüz güvence altına alınmamış olsa bile hastanın anestezik gereksinimi devam eder. Hipnotik etkinin devamlılığı, hastanın hemodinamik ve ventilatuvar durumu göz önünde bulundurularak güvenli biçimde sürdürülmelidir.

Kardiyak ve torasik cerrahi

NAP5 verilerinde kardiyak ve torasik cerrahi AAGA ile ilişkili cerrahi grupları arasında yer almıştır (Pandit et al., 2014b).

Bu hasta gruplarında ciddi kardiyovasküler hastalık, hemodinamik rezervin sınırlı olması, cerrahi uyarının yoğunluğu, nöromüsküler blok kullanımı ve anestezik dozların dolaşım nedeniyle sınırlandırılması gibi birden fazla faktör birlikte bulunabilir.

Dolayısıyla risk yalnızca cerrahi türüne bağlanmamalı; hastanın fizyolojik rezervi, anestezi tekniği, anestezik ilaç maruziyeti ve nöromüsküler blok yönetimi birlikte değerlendirilmelidir.

Sık Yapılan Hatalar

Hata 1: Hareket etmeyen hastanın yeterince anestezi altında olduğunu düşünmek

Nöromüsküler blok hastanın motor yanıtını ortadan kaldırabilir.

Doğru yaklaşım: Hareket yokluğunu hipnoz göstergesi olarak kullanma.

Hata 2: Normal kan basıncı ve kalp hızını yeterli hipnoz kanıtı kabul etmek

Hemodinamik yanıtlar özgül değildir ve kullanılan ilaçlardan etkilenebilir.

Doğru yaklaşım: Klinik verileri anestezik maruziyet ve gerektiğinde pEEG ile birlikte değerlendir.

Hata 3: BIS değerini doğrudan bilinç düzeyi olarak yorumlamak

BIS/pEEG indeksleri kortikal EEG'den türetilmiş göstergelerdir.

Doğru yaklaşım: İndeks, trend, sinyal kalitesi, artefaktlar ve klinik durumu birlikte değerlendir.

Hata 4: ETAC yeterliyse AAGA'nın mümkün olmadığını düşünmek

AAGA'nın önemli bir bölümü indüksiyon ve uyanma dönemlerinde ortaya çıkar.

Doğru yaklaşım: ETAC'yi özellikle idame döneminin güvenlik göstergesi olarak kullan; geçiş dönemlerini ayrıca değerlendir.

Hata 5: TIVA'da yalnızca pompa ekranını kontrol etmek

Pompa çalışsa bile ilaç hastaya ulaşmayabilir.

Doğru yaklaşım: Pompa + ilaç + hat + damar yolu birlikte kontrol edilmelidir.

Hata 6: Farkındalık şüphesinde yalnızca nöromüsküler bloker eklemek

Hareketin engellenmesi hipnozun sağlandığı anlamına gelmez.

Doğru yaklaşım: Öncelikle anestezik ilaç teslimatını ve hipnozu değerlendir.

Hata 7: Hastanın bildirimini hemen "rüya" olarak değerlendirmek

AAGA deneyimleri hastadan hastaya değişebilir.

Doğru yaklaşım: Açık uçlu ve yapılandırılmış görüşme yap, anestezi kayıtlarını incele.

Hata 8: Anestezi sonlandırılırken nöromüsküler iyileşmeyi dikkate almamak

Hasta bilincini kazanırken hâlâ paralize olabilir.

Doğru yaklaşım: Nicel nöromüsküler monitörizasyonla TOF oranının ≥0,9 olduğunu doğrula.

Klinikte Hatırlanması Gereken Temel Yaklaşım

AAGA risk yönetimi üç temel soruya indirgenebilir:

1. Anestezik ilaç hastaya ulaşıyor mu?

Volatil anestezi → ETAC/MAC

TIVA → ilaç + pompa + infüzyon hattı + damar yolu

2. Hastanın anestezik etkisi yeterli mi?

Klinik durum + anestezik maruziyet + gerektiğinde pEEG

3. Hastanın yetersiz anesteziyi gösterebilmesini engelleyen bir durum var mı?

Özellikle nöromüsküler blok varlığı değerlendirilmelidir.

Bu üç sorunun birlikte yanıtlanması, tek bir monitör değerine odaklanmaktan daha güvenli bir klinik yaklaşım sağlar.

Bilinmesi Gerekenler

- AAGA nadir fakat klinik ve psikolojik sonuçları önemli bir hasta güvenliği problemidir.
- Önceki AAGA öyküsü, nöromüsküler blok kullanımı, anestezik ilaç teslimatındaki aksaklıklar ve indüksiyon/uyanma gibi dinamik dönemler risk değerlendirmesinde özellikle dikkate alınmalıdır.
- Hareket olmaması, normal kan basıncı veya tek bir BIS/pEEG değeri yeterli hipnozun kesin kanıtı değildir.
- Volatil anestezide ETAC ve yaşa göre düzeltilmiş MAC, anestezik maruziyetin izlenmesinde önemli güvenlik göstergeleridir; bilinç düzeyini doğrudan ölçmez.
- TIVA'da ilaç, pompa, infüzyon hattı ve damar yolunun bütünlüğü sistematik olarak kontrol edilmelidir.
- TIVA ile nöromüsküler blok birlikte kullanıldığında pEEG monitörizasyonu önerilir.

- Nöromüsküler bloker kullanılan hastalarda nicel nöromüsküler monitörizasyon yapılmalı ve ekstübasyon öncesinde TOF oranının **≥0,9** olduğu doğrulanmalıdır.
- Farkındalık bildiren hasta ciddiye alınmalı, açık uçlu ve yapılandırılmış görüşmeyle değerlendirilmelidir.
- Olay sonrası anestezi kayıtları ve ilaç teslimat sistemi incelenmeli; psikolojik etkilenme değerlendirilerek gerektiğinde profesyonel destek sağlanmalı ve olay gelecekteki anesteziler için görünür biçimde belgelenmelidir.

Kısa Klinik Soru-Cevaplar

Soru 1

Nöromüsküler blok uygulanmış bir hastada kalp hızı ve kan basıncı normal, BIS 45. Farkındalık olmadığından emin olabilir miyim?

Yanıt: Hayır. Hemodinamik değerler ve tek bir BIS değeri bilinçsizliği kesin olarak göstermez. Anestezik ilaç teslimatı, kullanılan anestezik konsantrasyon, pEEG sinyal kalitesi ve trendi, nöromüsküler blok düzeyi ve klinik durum birlikte değerlendirilmelidir.

Soru 2

Volatil anestezide ETAC 0,8 yaşa göre düzeltilmiş MAC ise hastanın farkındalık yaşamayacağının garantisi var mıdır?

Yanıt: Hayır. ETAC anestezik maruziyet hakkında önemli bilgi sağlar ancak bilinç durumunu doğrudan ölçmez. Ayrıca AAGA

indüksiyon veya uyanma dönemlerinde de gelişebilir. ETAC klinik bağlamla birlikte değerlendirilmelidir.

Soru 3

TIVA sırasında BIS kullanıyorsam damar yolu ve infüzyon hattını ayrıca kontrol etmeme gerek var mı?

Yanıt: Evet. pEEG ilaç teslimat sisteminin yerini tutmaz. Pompa çalışırken bile damar yolu ayrılmış veya ekstravaze olmuş olabilir. TIVA güvenliği ilaç, pompa, hat, damar yolu ve pEEG/klinik verilerin birlikte değerlendirilmesini gerektirir.

Soru 4

Hasta ameliyattan sonra "her şeyi duydum" derse ilk yapmam gereken nedir?

Yanıt: Hastanın deneyimini ciddiye almak ve açık uçlu sorularla ne hatırladığını belirlemektir. Deneyim hemen reddedilmemeli veya rüya olarak yorumlanmamalıdır. Daha sonra anestezi kayıtları ve teknik sistemler değerlendirilmelidir.

Soru 5

AAGA'yı önlemek için tüm genel anestezi hastalarında BIS kullanmalı mıyım?

Yanıt: Hayır. pEEG'nin klinik yeri kullanılan anestezi tekniğine ve hastanın riskine göre belirlenmelidir. Özellikle TIVA ile nöromüsküler blok birlikte kullanıldığında pEEG önerilir. Volatil anestezide ETAC/MAC takibi anestezik maruziyet hakkında önemli bilgi sağlar ve pEEG gerektiğinde ek bir monitör olarak kullanılabilir.

Kaynakça

American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness (2006). Practice advisory for intraoperative awareness and brain function monitoring: a report by the american society of anesthesiologists task force on intraoperative awareness. *Anesthesiology, 104*(4), 847–864. doi: 10.1097/00000542-200604000-00031.

Aranake, A., Gradwohl, S., Ben-Abdallah, A., Lin, N., Shanks, A., Helsten, D. L., Glick, D. B., Jacobsohn, E., Villafranca, A. J., Evers, A. S., Avidan, M. S., & Mashour, G. A. (2013). Increased risk of intraoperative awareness in patients with a history of awareness. *Anesthesiology, 119*(6), 1275–1283. doi: 10.1097/ALN.0000000000000023.

Avidan, M. S., Jacobsohn, E., Glick, D., Burnside, B. A., Zhang, L., Villafranca, A., Karl, L., Kamal, S., Torres, B., O'Connor, M., Evers, A. S., Gradwohl, S., Lin, N., Palanca, B. J., Mashour, G. A., & BAG-RECALL Research Group (2011). Prevention of intraoperative awareness in a high-risk surgical population. *The New England Journal of Medicine, 365*(7), 591–600. doi: 10.1056/NEJMoa1100403.

Beg, A., Kim, C. N., & Tung, A. (2026). Sources, impacts, and mechanisms of non-pharmacological artifacts in processed electroencephalography monitoring during anaesthesia and intensive care: A scoping review. *BJA Open, 19*, 100573. doi: 10.1016/j.bjao.2026.100573.

Brice, D. D., Hetherington, R. R., & Utting, J. E. (1970). A simple study of awareness and dreaming during anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia, 42*(6), 535–542. doi: 10.1093/bja/42.6.535.

Brown, E. N., Purdon, P. L., & Van Dort, C. J. (2011). General anesthesia and altered states of arousal: a systems neuroscience analysis. *Annual Review of Neuroscience, 34*, 601–628. doi: 10.1146/annurev-neuro-060909-153200.

Cook, T. M., Andrade, J., Bogod, D. G., Hitchman, J. M., Jonker, W. R., Lucas, N., Mackay, J. H., Nimmo, A. F., O'Connor, K., O'Sullivan, E. P., Paul, R. G., Palmer, J. H., Plaat, F., Radcliffe, J. J., Sury, M. R., Torevell, H. E., Wang, M., Hainsworth, J., Pandit, J. J., Royal College of Anaesthetists, … Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland (2014). 5th National Audit Project (NAP5) on accidental awareness during general anaesthesia: patient experiences, human factors, sedation, consent, and medicolegal issues. *British Journal of Anaesthesia, 113*(4), 560–574. doi: 10.1093/bja/aeu314.

Klein, A. A., Meek, T., Allcock, E., Cook, T. M., Mincher, N., Morris, C., Nimmo, A. F., Pandit, J. J., Pawa, A., Rodney, G., Sheraton, T., & Young, P. (2021). Recommendations for standards of monitoring during anaesthesia and recovery 2021: Guideline from the Association of Anaesthetists. *Anaesthesia, 76*(9), 1212–1223. doi: 10.1111/anae.15501.

Kurata, J., & Hemmings, H. C., Jr (2015). Memory and awareness in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia, 115* (Suppl 1), i1–i3. doi: 10.1093/bja/aev224.

Leslie, K., Chan, M. T., Myles, P. S., Forbes, A., & McCulloch, T. J. (2010). Posttraumatic stress disorder in aware patients from the B-aware trial. *Anesthesia and Analgesia, 110*(3), 823–828. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181b8b6ca.

Linassi, F., Obert, D. P., Maran, E., Tellaroli, P., Kreuzer, M., Sanders, R. D., & Carron, M. (2021). Implicit Memory and Anesthesia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Life (Basel, Switzerland), 11*(8), 850. doi: 10.3390/life11080850.

Mashour, G. A., Kent, C., Picton, P., Ramachandran, S. K., Tremper, K. K., Turner, C. R., Shanks, A., & Avidan, M. S. (2013). Assessment of intraoperative awareness with explicit recall: a comparison of 2 methods. *Anesthesia and Analgesia, 116*(4), 889–891. doi: 10.1213/ANE.0b013e318281e9ad.

Nimmo, A. F., Absalom, A. R., Bagshaw, O., Biswas, A., Cook, T. M., Costello, A., Grimes, S., Mulvey, D., Shinde, S., Whitehouse, T., & Wiles, M. D. (2019). Guidelines for the safe practice of total intravenous anaesthesia (TIVA): Joint Guidelines from the Association of Anaesthetists and the Society for Intravenous Anaesthesia. *Anaesthesia, 74*(2), 211–224. doi: 10.1111/anae.14428.

Odor, P. M., Bampoe, S., Lucas, D. N., Moonesinghe, S. R., Andrade, J., Pandit, J. J., & Pan-London Peri-operative Audit and Research Network (PLAN), for the DREAMY Investigators Group (2021). Incidence of accidental awareness during general anaesthesia in obstetrics: a multicentre, prospective cohort study. *Anaesthesia, 76*(6), 759–776. doi: 10.1111/anae.15385.

Pandit, J. J., Andrade, J., Bogod, D. G., Hitchman, J. M., Jonker, W. R., Lucas, N., Mackay, J. H., Nimmo, A. F., O'Connor, K., O'Sullivan, E. P., Paul, R. G., Palmer, J. H., Plaat, F., Radcliffe, J. J., Sury, M. R., Torevell, H. E., Wang, M., Cook, T. M., Royal College of Anaesthetists, & Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland (2014a). 5th National Audit Project (NAP5) on accidental

awareness during general anaesthesia: protocol, methods, and analysis of data. *British Journal of Anaesthesia, 113*(4), 540–548. doi: 10.1093/bja/aeu312.

Pandit, J. J., Andrade, J., Bogod, D. G., Hitchman, J. M., Jonker, W. R., Lucas, N., Mackay, J. H., Nimmo, A. F., O'Connor, K., O'Sullivan, E. P., Paul, R. G., Palmer, J. H., Plaat, F., Radcliffe, J. J., Sury, M. R., Torevell, H. E., Wang, M., Hainsworth, J., Cook, T. M., Royal College of Anaesthetists, … Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland (2014b). 5th National Audit Project (NAP5) on accidental awareness during general anaesthesia: summary of main findings and risk factors. *British Journal of Anaesthesia, 113*(4), 549–559. doi: 10.1093/bja/aeu313.

Tasbihgou, S. R., Vogels, M. F., & Absalom, A. R. (2018). Accidental awareness during general anaesthesia - a narrative review. *Anaesthesia, 73*(1), 112–122. doi: 10.1111/anae.14124.

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology, 138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

BÖLÜM 64

POSTOPERATİF KOGNİTİF BOZUKLUKLAR

Perioperatif nörokognitif bozukluklar: deliryum, gecikmiş nörokognitif iyileşme ve postoperatif nörokognitif bozukluk

MERT YÜCESU[1], DİLŞEN HATİCE ÖRNEK[2]

Özet

Postoperatif bilişsel değişiklikler özellikle ileri yaş, kırılganlık, önceden var olan bilişsel bozukluk, çoklu hastalık ve büyük cerrahi geçiren hastalarda önemli bir perioperatif sorundur. Güncel terminolojide eski 'postoperatif kognitif disfonksiyon (POCD)' ifadesi yerine 'perioperatif nörokognitif bozukluklar' (perioperative neurocognitive disorders, PND) şemsiye terimi kullanılmaktadır. Bu kavram; preoperatif nörokognitif bozukluk, postoperatif deliryum (POD), gecikmiş nörokognitif iyileşme ve postoperatif nörokognitif bozukluğu kapsar (Evered et al., 2018a, 2018b).

[1] Uzm. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0009-0007-2476-3706

[2] Prof. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-3300-4839

Postoperatif deliryum akut başlayan ve dalgalanan dikkat/farkındalık bozukluğudur. Buna karşılık gecikmiş nörokognitif iyileşme ve postoperatif nörokognitif bozukluk, objektif bilişsel testlerdeki değişiklikler üzerinden değerlendirilir ve tanı için preoperatif temel performansın bilinmesi önemlidir (Evered et al., 2018a, 2018b). Bu ayrım, eski kaynaklarda POD ve POCD'nin birbirinin yerine kullanılmasından kaçınmak açısından kritiktir.

Önleme yaklaşımının temelini tek bir anestezik ajan veya teknik değil; riskin önceden belirlenmesi, multikomponent nonfarmakolojik müdahaleler, uygun analjezi, hemodinamik ve oksijenasyonun korunması, uygun anestezi derinliği, gereksiz sedatif/antikolinerjik ilaçlardan kaçınma, erken mobilizasyon, uyku-sirkadiyen düzenin desteklenmesi ve deliryumun sistematik taranması oluşturur (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

Öğrenme Hedefleri

- Perioperatif nörokognitif bozuklukların güncel terminolojisini ve zamanlamaya dayalı sınıflamasını açıklayabilmek.
- Postoperatif deliryumu erken tanıyabilmek ve doğrulanmış tarama araçlarını kullanabilmek.
- Preoperatif, intraoperatif ve postoperatif değiştirilebilir risk faktörlerini belirleyebilmek.
- Multikomponent deliryum önleme yaklaşımını klinik pratiğe aktarabilmek.

- Anestezi tekniğinin, anestezi derinliğinin, hemodinamik yönetimin ve analjezinin bilişsel sonuçlarla ilişkisini değerlendirebilmek.
- Benzodiazepinler, antikolinerjikler, opioidler ve diğer ilaçların deliryum riskindeki rolünü bilmek.
- Deksmedetomidinin seçilmiş hastalardaki olası yararını ve sınırlılıklarını değerlendirebilmek.
- Postoperatif deliryum geliştiğinde altta yatan nedenleri sistematik olarak araştırmak ve tedavi etmek.
- Postoperatif nörokognitif bozukluklarda değerlendirme ve takip ilkelerini açıklayabilmek.

Terminoloji: POCD'den Perioperatif Nörokognitif Bozukluklara

2018'de yayımlanan uluslararası nomenklatür konsensusu, anestezi ve cerrahi ile ilişkili bilişsel değişiklikler için 'perioperatif nörokognitif bozukluklar' terimini şemsiye kavram olarak önermiştir (Evered et al., 2018b). Bu yaklaşım DSM-5 nörobilişsel bozukluk terminolojisiyle uyumludur.

Tablo 1 Perioperatif nörokognitif bozuklukların zamanlamaya dayalı sınıflaması

Dönem	**Güncel Terim**	**Temel Özellik**
Preoperatif	Preoperatif nörokognitif bozukluk	Cerrahi öncesinde mevcut bilişsel bozukluk.
Akut postoperatif dönem	Postoperatif deliryum (POD)	Akut başlangıç, dalgalanma, dikkat/farkındalık bozukluğu.
≤30 gün	Gecikmiş nörokognitif iyileşme (DNR)	Bilişsel performansta objektif düşüş; çoğunlukla araştırma/ayrıntılı değerlendirme bağlamında.
30 gün–12 ay	Postoperatif nörokognitif bozukluk (PND)	Objektif bilişsel gerilemenin belirli kriterleri karşılaması.

Bu terminoloji, 'POCD' ifadesinin klinik tanı gibi kullanılmasının yarattığı belirsizliği azaltır. Özellikle postoperatif bilişsel yakınmaların değerlendirilmesinde deliryum ile daha uzun süreli nörokognitif değişikliklerin birbirinden ayrılması gerekir (Evered et al., 2018a, 2018b).

Geçmişte postoperatif bilişsel gerilemeyi tanımlamak için postoperatif kognitif disfonksiyon (POCD) terimi kullanılmaktaydı. Ancak POCD standart bir tanıma sahip değildi ve tanı kılavuzlarında yer almamaktaydı (Needham et al., 2017).

POCD, objektif kriterlere dayanan tarihsel bir araştırma tanısıdır. POCD tanısı hastanın klinik durumuna bakılmaksızın ameliyat sonrası nöropsikolojik test sonuçlarının ameliyat öncesine göre istatistiksel olarak -2 standart sapma altına düşmesi olarak tanımlanır (Evered et al., 2017). PND ise DSM-5 kılavuzundaki nörokognitif bozukluk kriterleriyle teşhis edilen bir klinik tanıdır (Evered et al., 2018a).

Postoperatif Nörokognitif Bozuklukların Tanısı ve Değerlendirilmesi

Deliryumdan farklı olarak uzun süreli bilişsel değişikliklerin tanısı, objektif nöropsikolojik performansın başlangıç düzeyiyle karşılaştırılmasını gerektirir. Bir hastaya nörokognitif bozukluk teşhisi konması için dört kriteri karşılaması gerekir: Objektif bilişsel düşüş, günlük yaşam aktivitesini etkilemesi, deliryum tanısının dışlanması ve bu durumu açıklayacak başka bir tanının olmaması (Needham et al., 2017). Klinik olarak 'hafıza bozuldu' şeklindeki tek bir yakınma POCD/PND tanısı koydurmaz (Evered et al., 2018a, 2018b).

- Preoperatif bilişsel durum mümkünse belgelenmelidir. Bilişsel durum, Mini-Cog, Montreal Cognitive Assessment (MoCA), Mini-Mental Test, Addenbrooke's Cognitive Exam-III (ACE-III) gibi testlerle taranabilir.
- Postoperatif bilişsel yakınma varsa dikkat, bellek, yürütücü işlev ve işlem hızını değerlendiren uygun nöropsikolojik testler kullanılabilir.
- Deliryum dışlandıktan sonra kalıcı veya uzayan bilişsel belirtiler için nöroloji/geriatri/psikiyatri desteği düşünülebilir.
- Depresyon, uyku bozukluğu, ağrı, ilaç etkisi ve enfeksiyon gibi bilişsel performansı etkileyen alternatif nedenler değerlendirilmelidir.
- Uzun dönem takipte hastanın fonksiyonel durumu ve yaşam kalitesi de değerlendirilmelidir.

Risk Faktörleri

Risk faktörleri predispozan ve presipitan (değiştirilemeyen ve değiştirilebilir) olarak ele alınabilir. En önemli yaklaşım, değiştirilebilir faktörleri ameliyat öncesinden itibaren hedeflemektir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b; Needham et al., 2017; Safavynia & Goldstein, 2019).

Tablo 2 Perioperatif nörokognitif bozukluklar için risk faktörleri

Predispozan Faktörler	**Presipitan/Değiştirilebilir Faktörler**
İleri yaş	Yetersiz analjezi veya aşırı opioid kullanımı
Önceden bilişsel bozukluk/demans	Hipoksi, hiperkapni
Kırılganlık ve fonksiyonel bağımlılık	Hipotansiyon ve yetersiz organ perfüzyonu
Çoklu hastalık ve polifarmasi	Elektrolit/metabolik bozukluklar
Görme veya işitme bozukluğu	Enfeksiyon, sepsis, ateş
Önceden geçirilmiş deliryum	Uyku yoksunluğu ve çevresel düzensizlik
Depresyon ve düşük bilişsel rezerv	Uzamış immobilizasyon
Büyük/uzun cerrahi	Gereksiz benzodiazepin ve antikolinerjik kullanımı
Genetik yatkınlık	Postoperatif komplikasyonlar

Patofizyoloji

Postoperatif nörokognitif bozuklukların tek bir mekanizması yoktur. Son yıllarda perioperatif kognitif disfonksiyonun, cerrahi travma sonucunda gelişen sistemik inflamasyonun kan-beyin bariyerini geçerek bir "nöroinflamasyon" oluşturması yönünde güçlenen bir görüş mevcuttur. Cerrahi sırasında meydana gelen periferik travma, hasar gören hücrelerden DAMP'ler (Hasar İlişkili Moleküler Kalıp) ve HMGB1 proteininin salınmasına yol açar. Bu proteinler monositlerin hücre içlerindeki proinflamatuar sitokinlerin (IL-1, IL-6, TNF-α) salınımını tetikler. Bu sitokinlerin salınımı kan-

beyin bariyerini bozar ve kan-beyin bariyerinin bozulması mikroglial inflamasyonu da tetikler. Mikroglial inflamasyonun uyarılması, beyinde NADPH oksidaz enzim sistemini uyararak reaktif oksijen metabolitlerinin (ROS) oluşmasına yol açar (Safavynia & Goldstein, 2019). Cerrahi stres yanıtı, sistemik inflamasyon, nöroinflamasyon, kan-beyin bariyeri değişiklikleri, mikrogliyal aktivasyon, nörotransmitter dengesizlikleri, uyku-sirkadiyen bozulma, ağrı, ilaç etkileri ve serebral oksijen sunumundaki değişiklikler birbirleriyle etkileşerek bilişsel kırılganlığı artırabilir (Aldecoa et al., 2024; Korkmaz Dilmen et al., 2024).

Yaşlı hastalarda daha düşük bilişsel rezerv ve daha yüksek kırılganlık nedeniyle aynı fizyolojik stres daha belirgin bilişsel sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle amaç yalnızca tek bir risk faktörünü ortadan kaldırmak değil, perioperatif stres yükünün mümkün olduğunca azaltılmasıdır (Aldecoa et al., 2024; Korkmaz Dilmen et al., 2024).

Preoperatif Değerlendirme

Bilişsel güvenlik ameliyathanede değil, preoperatif değerlendirmeden başlar.

- Önceden var olan bilişsel bozukluk veya demans öyküsü sorgulanmalıdır.
- Önceki deliryum atakları kaydedilmelidir.
- Hastanın günlük yaşam aktiviteleri, bağımsızlığı ve fonksiyonel kapasitesi değerlendirilmelidir.
- Görme ve işitme bozuklukları belirlenmeli ve yardımcı cihazların hastayla birlikte bulunması planlanmalıdır.

- Polifarmasi ve deliryumla ilişkili ilaçlar gözden geçirilmelidir.
- Alkol veya sedatif madde kullanımı ve yoksunluk riski değerlendirilmelidir.
- Depresyon, uyku bozukluğu ve sosyal destek durumu göz önüne alınmalıdır.
- Aileden veya bakım verenden hastanın ameliyat öncesi bilişsel ve fonksiyonel durumu hakkında bilgi alınmalıdır.
- Kronik hastalıklar kontrol altına alınmalı, hastaların durumu optimize edilmelidir.
- Alkol ve sigara bırakılmalı ve uygun olan hastalarda prehabilitasyon programı başlatılmalıdır.

İntraoperatif Yönetim

Anestezistin kontrolündeki değiştirilebilir faktörler önemlidir: aşırı anestezi derinliğinden kaçınma, hemodinamik stabilitenin korunması, yeterli analjezi, hipokseminin önlenmesi, normotermi ve deliryumla ilişkili ilaçların azaltılması (Aldecoa et al., 2024; Korkmaz Dilmen et al., 2024).

İşlenmiş EEG ile anestezi derinliğinin izlenmesi, özellikle yüksek riskli yaşlı hastalarda aşırı anestezi derinliğini ve burst-suppression dönemlerini azaltmak amacıyla düşünülebilir. Ancak EEG rehberliğinin deliryum üzerindeki etkisi çalışmalar arasında tam olarak tutarlı değildir; bu nedenle tek başına zorunlu bir deliryum önleme yöntemi olarak sunulmamalıdır (Aldecoa et al., 2024; Korkmaz Dilmen et al., 2024). Pratik hedef, tek bir BIS sayısını bütün hastalara uygulamak değil, klinik bağlamla birlikte

gereksiz derin anesteziden ve uzun burst-suppression dönemlerinden kaçınmaktır.

Kan basıncının sürekli izlemi, hipotansiyondan kaçınma perioperatif kognitif bozukluklardan korunma açısından önemlidir. İntraoperatif hipotansiyon, özellikle yaşlı ve vasküler rezervi sınırlı hastalarda serebral ve sistemik organ perfüzyonunu olumsuz etkileyebilir. 2024 ESAIC kılavuzu hemodinamik stabilitenin deliryum riskini azaltmaya yönelik değiştirilebilir perioperatif faktörlerden biri olduğunu vurgular (Aldecoa et al., 2024).

- Hipotansiyonun süresi ve şiddeti mümkün olduğunca azaltılmalıdır.
- Hastanın bazal kan basıncı ve kronik hipertansiyon öyküsü dikkate alınmalıdır.
- Hipovolemi ve aşırı sıvı yüklenmesinden kaçınılmalıdır.
- Hipoksemi ve ciddi hiperkapni hızlı şekilde tanınmalı ve düzeltilmelidir.

Normoterminin sağlanması, beyin oksijenasyonunun korunması ve near infrared spectroscopy (NIRS) ile serebral oksijen satürasyonunun takibi perioperatif kognitif bozukluklardan kaçınma açısından faydalı olabilir (Anand et al., 2024; Needham et al., 2017).

Anestezi tekniğinin ise tek başına POD'u belirlediği gösterilmemiştir. Özellikle yaşlı kalça kırığı hastalarında RAGA randomize çalışmasında rejyonel anestezi ile genel anestezi arasında postoperatif deliryum insidansı açısından anlamlı fark bulunmamıştır (Li et al., 2022). Bu nedenle 'rejyonel anestezi deliryumu önler' şeklindeki kesin ifade bilimsel olarak uygun değildir.

Postoperatif Yönetim

Postoperatif kognitif bozuklukların önlenmesinde postoperatif yönetim, ağrı yönetimi, kronik ilaçların sürdürülmesi, riskli ilaçlardan uzak durulması ve nonfarmakolojik multidisipliner müdahaleleri içerir.

Yetersiz ağrı kontrolü deliryum için önemli bir presipitan faktördür; ancak aşırı opioid kullanımı da sedasyon, solunum depresyonu ve bilişsel bozulmaya katkıda bulunabilir. Bu nedenle hedef 'opioidsiz' değil, hastanın gereksinimine göre opioid-sparing multimodal analjezidir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

- Parasetamol ve uygun hastada NSAİİ/COX-2 inhibitörü gibi nonopioid analjezikler.
- Cerrahiye uygun periferik sinir blokları veya lokal infiltrasyon.
- Nöraksiyel tekniklerin uygun endikasyonda kullanılması.
- Opioidlerin titrasyonla ve mümkün olan en düşük etkili dozda kullanılması.
- Aşırı sedasyona neden olan ilaç kombinasyonlarından kaçınılması.

Hastanın bilişsel sağlığı için önemli psikoaktif ilaçları mevcutsa kronik ilaçlara devam edilmelidir. Yaşlılarda bilişsel bozuklukları ve deliryumu tetiklediği bilinen benzodiazepinler, antikolinerjikler, antihistaminikler ve meperidin gibi yüksek riskli ilaçlardan kaçınılmalıdır (American Geriatrics Society Expert Panel

on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015a; Needham et al., 2017).

Sağlık profesyonelleri klinik sonucun iyileşmesini sağlamak için çoklu bileşenli multidisipliner müdahaleleri düşünmelidir. Bu müdahaleler, zaman ve mekana yeniden oryantasyon, görme ve duyma adaptasyonu, mobilite/egzersiz/fizik tedavi, kognitif stimülasyon, beslenme ve hidrasyonun devamı, uyku hijyeninin korunmasından oluşur (American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015a).

Anestezi Türü

PND/POCD gelişimi konusunda genel anestezi veya rejyonel anestezinin birbirine üstünlüğü bulunmamaktadır. Her ne kadar rejyonel anestezinin genel anestezinin potansiyel nörotoksisitesine karşı koruyucu bir etkisi olabileceği düşünülse de rejyonel anestezinin genel anesteziye kıyasla PND/POCD riskini azalttığına yönelik yeterli kanıt mevcut değildir (Berger et al., 2018). Rejyonel anestezi; opioid tüketimini azaltma, etkin analjezi sağlama ve erken mobilizasyon gibi yollarla nörobilişsel güvenliğe dolaylı katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, yalnızca rejyonel teknik seçilmesinin deliryumu önlediği de gösterilmemiştir (Li et al., 2022; Zhou et al., 2023). Özellikle derin sedasyonun eşlik ettiği rejyonel anestezi, bilişsel açıdan ‘tamamen rejyonel’ bir strateji gibi değerlendirilmemelidir. Benzer şekilde, total intravenöz anestezinin (TIVA) inflamatuar sitokin salınımını azalttığı gösterilse de POCD/PND gelişimi konusunda inhalasyon anestezisine göre üstünlüğü tam olarak gösterilememiştir (Anand et al., 2024).

Farmakolojik Önleme Araştırmaları

PND/POCD'nin nöroinflamasyon hipoteziyle açıklanmasıyla birlikte bu süreci farklı yollarla hedefleyen bazı olası tedavilerin var olup olmadığı sorusunu da beraberinde getirmiştir. Bu olası tedaviler antiinflamatuar, antioksidan veya pronöronal olarak sınıflandırılabilir (Safavynia & Goldstein, 2019).

Kortikosteroidler, statinler, lidokain, antioksidanlar, kolinerjik ilaçlar, amantadin ve çeşitli antiinflamatuvar yaklaşımlar postoperatif nörokognitif bozuklukların önlenmesi amacıyla araştırılmıştır. Ancak bu ajanların hiçbiri rutin POD/PND profilaksisi için standart tedavi olarak önerilmemektedir (Aldecoa et al., 2024; Hsiao et al., 2025; Sánchez et al., 2026).

Bu nedenle COX-2 inhibitörleri, minosiklin, deksametazon, statin, N-asetilsistein, edaravon veya amantadin gibi ajanların 'önerilen tedaviler' şeklinde sunulması yerine, bunların araştırma alanında olduğu ve kanıtın standart klinik kullanımı desteklemediği belirtilmelidir.

Deksmedetomidin

Bir α-2 adrenerjik agonist olan deksmedetomidinin bazı çalışmalarda antiinflamatuar ve nöroprotektif özelliği nedeniyle DNR ve PND'yi azaltabildiği gösterilse de ileri çalışmalara ihtiyaç vardır (Alhamdah et al., 2025; Anand et al., 2024). Yine bazı çalışmalarda deksmedetomidin kullanımı postoperatif deliryum insidansında azalma ile ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte hipotansiyon ve bradikardi oluşturabilir; dolayısıyla rutin olarak tüm hastalara verilmesi yerine seçilmiş yüksek riskli hastalarda klinik bağlamda değerlendirilmelidir (Aldecoa et al., 2024; Sánchez et al., 2026).

2025 yılında yayımlanan geniş sistematik derlemelerde deksmedetomidin için yarar sinyali devam etmekle birlikte kanıtın kesinliği müdahale ve hasta grubuna göre değişmektedir. Bu nedenle deksmedetomidin, multikomponent nonfarmakolojik yaklaşımın yerine konulmamalıdır (Hsiao et al., 2025; Sánchez et al., 2026).

Ketamin

Ketamin sedasyon, anestezi ve analjezi amacıyla kullanılan bir NMDA reseptör antagonistidir. Ketaminin NMDA reseptör antagonizması vasıtasıyla beyinde glutamat salınımını düşürdüğü ve bununla beraber nöroinflamasyonu azalttığı düşünülmektedir. Yine bazı çalışmalarda düşük doz ketamin infüzyonunun PND insidansını azalttığı gösterilse de ketaminin PND'ye etkisi hala belirsizliğini korumaktadır (Safavynia & Goldstein, 2019).

Postoperatif Deliryum

Postoperatif deliryum, cerrahi sonrasında gelişen akut nöropsikiyatrik sendromdur ve dikkat, farkındalık ve bilişsel işlevlerde akut ve dalgalanan bozulma ile karakterizedir. Hiperaktif, hipoaktif ve karma fenotipleri bulunur. Hipoaktif deliryum özellikle sessiz seyredebildiği için aktif tarama yapılmadan gözden kaçabilir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

Deliryum ameliyatın hemen ardından başlayabileceği gibi ilk birkaç postoperatif gün içinde de ortaya çıkabilir. 2024 ESAIC kılavuzu, riskli erişkinlerde deliryum taramasının PACU'dan veya en geç postoperatif 1. günden başlayarak doğrulanmış bir araçla düzenli yapılmasını önermektedir (Aldecoa et al., 2024).

Deliryum Fenotipleri

Tablo 3 Postoperatif deliryum fenotipleri

Fenotip	Klinik Özellikler	Neden Gözden Kaçabilir?
Hiperaktif	Ajitasyon, huzursuzluk, çekiştirme, halüsinasyon, uyku-uyanıklık bozukluğu.	Genellikle kolay fark edilir.
Hipoaktif	Psikomotor yavaşlama, apati, azalmış yanıt, sessizlik, uykuya eğilim.	Sedasyon veya depresyonla karıştırılabilir.
Karma	Hiperaktif ve hipoaktif dönemlerin dönüşümlü görülmesi.	Dalgalanma nedeniyle tek bir muayenede yakalanmayabilir.

Deliryum Tarama Araçları

Kısa bilişsel tarama araçları, özellikle yüksek riskli hastalarda başlangıç bilişsel durumunu belgelemek için yararlı olabilir. Ancak tek bir tarama testi deliryum tanısı koydurmaz; deliryum akut değişim ve dalgalanma ile birlikte değerlendirilmelidir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

Tablo 4 Deliryum tarama ve sedasyon değerlendirme araçları

Araç	Kullanım	Önemli Nokta
4AT	Hızlı yatak başı deliryum taraması.	Yoğun bakım dışı servislerde pratik; eğitimle uygulanabilir.
CAM	Deliryumun temel tanısal özelliklerini değerlendirir.	Akut değişim + dikkatsizlik + düşünce bozukluğu/bilinç değişikliği kombinasyonu.
CAM-ICU	Entübe veya yoğun bakım hastalarında.	Sözel iletişim kısıtlı hastalarda kullanılabilir.
ICDSC	Yoğun bakım deliryum taraması.	Seri değerlendirmeye uygundur.
RASS	Sedasyon/ajitasyon düzeyinin belirlenmesi.	Deliryum tanısı için tek başına yeterli değildir.

RASS gibi sedasyon düzeyi araçları, deliryum taramasının ön koşullarından birini değerlendirmeye yardımcı olur; CAM veya CAM-ICU gibi doğrulanmış araçlar ise deliryum açısından kullanılmalıdır (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

Deliryum Tanısında Klinik Yaklaşım

Deliryumdan şüphelenildiğinde şu sıra izlenmelidir:

1. Akut veya dalgalanan mental durum değişikliği var mı?
2. Dikkat bozukluğu var mı?
3. Düşünce/algı bozukluğu veya bilinç düzeyinde değişiklik var mı?
4. Bulgular doğrulanmış bir araçla sistematik olarak değerlendirilmiş mi?
5. Deliryumu tetikleyebilecek yeni tıbbi nedenler araştırılmış mı?

Deliryum tanısı konduğunda yalnız davranış kontrolüne odaklanmak doğru değildir. Hipoksi, enfeksiyon, ağrı, idrar retansiyonu, konstipasyon, metabolik bozukluklar, ilaç etkileri, yoksunluk ve hemodinamik bozukluklar eş zamanlı araştırılmalıdır (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

Deliryumun Önlenmesi: Multikomponent Yaklaşım

Güncel kılavuzların en güçlü ve tutarlı mesajlarından biri, deliryum önlemede multikomponent nonfarmakolojik yaklaşımın temel strateji olduğudur. 2024 ESAIC kılavuzu, perioperatif ekibin tamamını bu yaklaşımın parçası olarak görmektedir (Aldecoa et al.,

2024). 2025 yılında yayımlanan sistematik derlemeler de çok bileşenli müdahalelerin deliryum insidansını azaltabileceğini desteklemektedir (Hsiao et al., 2025; Sánchez et al., 2026).

Tablo 5 Deliryumun multikomponent önlenmesinde temel bileşenler

Bileşen	**Klinik Uygulama**
Oryantasyon	Saat, tarih, yer ve durumun hatırlatılması; tanıdık kişilerle iletişim.
Görme/işitme	Gözlük ve işitme cihazlarının kullanılması.
Uyku	Gece gereksiz gürültü/ışığın azaltılması ve gündüz aktivitesinin artırılması.
Mobilizasyon	Erken oturma, ayağa kalkma ve uygun hastada yürüme.
Hidrasyon/nutrisyon	Dehidratasyon ve yetersiz beslenmenin önlenmesi.
Ağrı	Etkin ve opioid-sparing multimodal analjezi.
Oksijenasyon	Hipoksemi ve ventilasyon bozukluklarının hızlı düzeltilmesi.
İlaç güvenliği	Benzodiazepin, antikolinerjik ve gereksiz sedatiflerin azaltılması.
Çevresel düzen	Gereksiz oda/servis değişikliklerinin ve gece kesintilerinin azaltılması.

Benzodiazepinler ve Antikolinerjikler

Benzodiazepinler, özellikle yaşlı hastalarda deliryum riskini artırabilen ilaçlar arasında kabul edilir ve rutin perioperatif sedasyon için mümkün olduğunca azaltılmalıdır (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b). Bunun önemli istisnalarından biri alkol veya benzodiazepin yoksunluğunun tedavisidir.

Antikolinerjik yük de bilişsel bozulmayı artırabilir. Bu nedenle antikolinerjik özellik taşıyan ilaçların gerekliliği gözden geçirilmeli ve mümkün olduğunca azaltılmalıdır (American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

Rejyonel ve Genel Anestezi: Kanıt Ne Diyor?

Rejyonel anestezinin genel anesteziye göre deliryumu belirgin biçimde azalttığı uzun yıllardır tartışılmaktadır. Ancak RAGA çalışmasında 65 yaş ve üzeri kalça kırığı hastalarında deliryum insidansı rejyonel anestezide %6,2, genel anestezide %5,1 bulunmuş ve fark anlamlı olmamıştır (Li et al., 2022). Randomize çalışmaların sistematik derlemelerinde de deliryum açısından belirgin ve tutarlı bir üstünlük gösterilmemiştir (Zhou et al., 2023).

Dolayısıyla anestezi tekniği; cerrahi, hastanın fizyolojisi, antikoagülasyon durumu, hava yolu, analjezi gereksinimi ve ekip deneyimi gibi faktörlere göre seçilmelidir. Deliryumun önlenmesinde teknikten daha geniş bir perioperatif paket yaklaşımı gereklidir (Aldecoa et al., 2024; Zhou et al., 2023).

Postoperatif Deliryum Geliştiğinde Tedavi

Tedavinin ilk basamağı farmakolojik sedasyon değil, nedenin bulunması ve çevresel/nonfarmakolojik desteğin sağlanmasıdır (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

1. Hipoksi, hiperkapni, hipotansiyon ve diğer fizyolojik bozuklukları düzeltin.
2. Enfeksiyon/sepsis, kanama, elektrolit ve metabolik bozuklukları araştırın.
3. Ağrıyı değerlendirin ve uygun multimodal analjezi sağlayın.
4. İlaç listesini gözden geçirin; deliryumu artırabilecek ilaçları mümkünse azaltın.
5. Hidrasyon ve beslenmeyi optimize edin.

6. Erken mobilizasyonu ve gündüz aktivitesini destekleyin.
7. Aile ve bakım verenleri uygun şekilde sürece dahil edin.
8. Görme ve işitme yardımcılarını sağlayın.
9. Ajitasyon hastanın veya çevresinin güvenliğini ciddi biçimde tehdit ediyorsa, kısa süreli farmakolojik tedavi ancak seçilmiş durumda ve risk–yarar değerlendirmesi ile düşünülmelidir.

Antipsikotiklerin Postoperatif Deliryumdaki Yeri

Antipsikotikler deliryumu önlemek amacıyla rutin olarak kullanılmamalıdır. Şiddetli ajitasyon veya psikoz nedeniyle hastanın kendisine ya da çevresine zarar verme riski varsa, nonfarmakolojik yöntemler yetersiz kaldığında kısa süreli ve düşük doz tedavi düşünülebilir. Parkinson hastalığı veya Lewy cisimcikli demans gibi özel durumlarda ilaç seçimi ayrıca dikkat gerektirir (American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).

Uzun Dönem Klinik Sonuçlar

Perioperatif nörokognitif bozukluklar (PND) yalnız kısa süreli bir hastane sorunu değildir. PND cerrahi sonrası başlayıp aylarca sürebilir. PND uzamış hastane yatışı ve mortalite artışı ile ilişkilidir ve bu durum gelişme zamanından bağımsızdır (Suraarunsumrit et al., 2024; Yang et al., 2022).

Postoperatif deliryum da uzamış hastanede kalış, fonksiyonel gerileme ve olumsuz klinik sonuçlarla ilişkilidir (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b). Postoperatif nörokognitif değişiklikler ise bazı hastalarda uzun süre devam edebilir ve

bağımsızlık ile yaşam kalitesini etkileyebilir (Evered et al., 2018a, 2018b).

Bu nedenle bilişsel güvenlik, erken taburculuk veya PACU süresinden bağımsız olarak hastanın uzun dönem fonksiyonel iyileşmesinin bir parçası olarak ele alınmalıdır.

ERAS ve Beyin Sağlığı

Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) yaklaşımının erken mobilizasyon, erken oral beslenme, opioid-sparing analjezi, uyku düzeninin korunması ve hastanın aktif katılımı gibi bileşenleri nörokognitif güvenlikle örtüşmektedir. Bu nedenle deliryum önleme stratejileri ERAS protokollerine entegre edilebilir (Aldecoa et al., 2024; Korkmaz Dilmen et al., 2024).

Klinik Karar Akışı

Yüksek riskli hasta → preoperatif bilişsel/fonksiyonel durumun belgelenmesi → deliryum risk faktörlerinin belirlenmesi → multikomponent önleme planı → uygun anestezi derinliği + hemodinamik/oksijenasyon kontrolü + etkin analjezi + benzodiazepin/antikolinerjik yükünün azaltılması → PACU'dan itibaren düzenli deliryum taraması → deliryum varsa altta yatan nedenlerin araştırılması ve tedavisi → nonfarmakolojik yaklaşım → yalnız güvenlik gerektiriyorsa seçilmiş farmakolojik tedavi → uzayan bilişsel yakınmalarda nörokognitif değerlendirme ve takip.

Klinik Anahtar Noktalar

- Güncel terminolojide 'perioperatif nörokognitif bozukluklar' şemsiye terimi kullanılmalı; eski POCD kavramı tek başına klinik tanı gibi sunulmamalıdır (Evered et al., 2018a, 2018b).

- Postoperatif deliryum akut, dalgalanan dikkat ve farkındalık bozukluğudur.
- Hipoaktif deliryum kolayca gözden kaçabileceği için sistematik tarama gereklidir.
- 4AT, CAM, CAM-ICU ve ICDSC gibi doğrulanmış araçlar uygun klinik bağlamda kullanılmalıdır (Aldecoa et al., 2024; American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults, 2015b).
- Deliryum önlemede en güçlü yaklaşım multikomponent nonfarmakolojik müdahalelerdir.
- Erken mobilizasyon, oryantasyon, uyku düzeni, görme/işitme desteği, hidrasyon-beslenme ve uygun analjezi temel bileşenlerdir.
- Benzodiazepinler ve antikolinerjik ilaçlar mümkün olduğunca azaltılmalıdır; yoksunluk tedavisi özel bir istisnadır.
- Aşırı anestezi derinliğinden, burst-suppression dönemlerinden, hipotansiyondan ve hipoksemiden kaçınılmalıdır (Aldecoa et al., 2024; Korkmaz Dilmen et al., 2024).
- Rejyonel anestezi genel anesteziye göre deliryumu kesin olarak azaltan bir yöntem değildir; RAGA çalışması bu konuda anlamlı fark göstermemiştir (Li et al., 2022).
- Deksmedetomidin seçilmiş hastalarda yararlı olabilir ancak bradikardi/hipotansiyon riski nedeniyle rutin profilaksi olarak görülmemelidir.

- Antipsikotikler rutin profilaksi için kullanılmamalı; yalnızca ciddi ajitasyon/güvenlik sorunu gibi seçilmiş durumlarda düşünülmelidir.
- Uzun dönem bilişsel değişiklikler için başlangıç bilişsel durumun bilinmesi ve objektif değerlendirme önemlidir.
- Nörokognitif güvenlik, anestezistin tek başına uyguladığı bir ilaç stratejisi değil; tüm perioperatif ekibin yürüttüğü bir bakım sürecidir.

Kaynakça

Alhamdah, Y., Li, W. Y., Nagappa, M., Yan, E., He, D., Sarieplla, A., et al. (2025). Perioperative approaches to prevent delayed neurocognitive recovery and postoperative neurocognitive disorder in older surgical patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology, 41*, 3–14. doi: 10.4103/joacp.joacp_396_23.

Aldecoa, C., Bettelli, G., Bilotta, F., Sanders, R. D., Aceto, P., Audisio, R., Cherubini, A., Cunningham, C., Dabrowski, W., Forookhi, A., Gitti, N., Immonen, K., Kehlet, H., Koch, S., Kotfis, K., Latronico, N., MacLullich, A. M. J., Mevorach, L., Mueller, A., Neuner, B., Piva, S., Radtke, F., Reintam Blaser, A., Renzi, S., Romagnoli, S., Schubert, M., Slooter, A. J. C., Tommasino, C., Vasiljewa, L., Weiss, B., Yuerek, F., & Spies, C. D. (2024). Update of the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine evidence-based and consensus-based guideline on postoperative delirium in adult patients. *European Journal of Anaesthesiology, 41*(2), 81–108. doi: 10.1097/EJA.0000000000001876.

American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults. (2015a). American Geriatrics Society abstracted clinical practice guideline for postoperative delirium in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society, 63*(1), 142–150. doi: 10.1111/jgs.13281.

American Geriatrics Society Expert Panel on Postoperative Delirium in Older Adults. (2015b). Postoperative delirium in older adults: Best practice statement from the American Geriatrics Society. *Journal of*

the American College of Surgeons, 220(2), 136–148.e1. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2014.10.019.

Anand, N., Gupta, R., Mishra, S. P., & Mishra, M. (2024). Postoperative cognitive dysfunction: A review. *Asian Journal of Anesthesiology, 62*(1), 1–11. doi: 10.6859/aja.202403_62(1).0001.

Berger, M., Schenning, K. J., Brown, C. H., 4th, Deiner, S. G., Whittington, R. A., Eckenhoff, R. G., Angst, M. S., Avramescu, S., Bekker, A., Brzezinski, M., Crosby, G., Culley, D. J., Eckenhoff, M., Eriksson, L. I., Evered, L., Ibinson, J., Kline, R. P., Kofke, W. A., Ma, D., Mathew, J. P., et al. (2018). Best practices for postoperative brain health: Recommendations from the Fifth International Perioperative Neurotoxicity Working Group. *Anesthesia & Analgesia, 127*(6), 1406–1413. doi: 10.1213/ANE.0000000000003841.

Evered, L., Scott, D. A., & Silbert, B. (2017). Cognitive decline associated with anesthesia and surgery in the elderly: Does this contribute to dementia prevalence? *Current Opinion in Psychiatry, 30*(3), 220–226. doi: 10.1097/YCO.0000000000000321.

Evered, L., Silbert, B., Knopman, D. S., Scott, D. A., DeKosky, S. T., Rasmussen, L. S., Oh, E. S., Crosby, G., Berger, M., & Eckenhoff, R. G. (2018a). Recommendations for the nomenclature of cognitive change associated with anaesthesia and surgery—2018. *Anesthesiology, 129*(5), 872–879. doi: 10.1097/ALN.0000000000002334.

Evered, L., Silbert, B., Knopman, D. S., Scott, D. A., DeKosky, S. T., Rasmussen, L. S., Oh, E. S., Crosby, G., Berger, M., & Eckenhoff, R. G. (2018b). Recommendations for the nomenclature of cognitive change associated with anaesthesia and surgery—2018. *British*

Journal of Anaesthesia, 121(5), 1005–1012. doi: 10.1016/j.bja.2017.11.087.

Hsiao, C.-C., Lin, C.-J., Hasan, F., Romadlon, D. S., Traynor, V., Hulu, S. R. K., & Chiu, H.-Y. (2025). Comparative efficacy of nonpharmacological interventions for preventing postoperative delirium in hospitalized older adults: A systematic review and network meta-analysis. *Age and Ageing, 54*(9), afaf264. doi: 10.1093/ageing/afaf264.

Korkmaz Dilmen, O., Meco, B. C., Evered, L. A., & Radtke, F. M. (2024). Postoperative neurocognitive disorders: A clinical guide. *Journal of Clinical Anesthesia, 92*, 111320. doi: 10.1016/j.jclinane.2023.111320.

Li, T., Li, J., Yuan, L., Wu, J., Jiang, C., Dan, Y., Wang, L., Li, X., & the RAGA investigators. (2022). Effect of regional vs general anesthesia on incidence of postoperative delirium in older patients undergoing hip fracture surgery: The RAGA randomized trial. *JAMA, 327*(1), 50–58. doi: 10.1001/jama.2021.22647.

Needham, M. J., Webb, C. E., & Bryden, D. C. (2017). Postoperative cognitive dysfunction and dementia: What we need to know and do. *British Journal of Anaesthesia, 119*(Suppl. 1), i115–i125. doi: 10.1093/bja/aex354.

Sánchez, A., Sawant-Uttekar, P., Heinen, D., Pribadi, A. N., Thomas, C., von Arnim, C., Kühnle, J., Kreisel, S. H., Hewer, W., Fath, B., Sadlonova, M., Rapp, M., & Deeken, F. (2026). Effectiveness of non-pharmacological and pharmacological interventions in preventing delirium in older adults: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Age and Ageing, 55*(3), afag068. doi: 10.1093/ageing/afag068.

Safavynia, S. A., & Goldstein, P. A. (2019). The role of neuroinflammation in postoperative cognitive dysfunction: Moving from hypothesis to treatment. *Frontiers in Psychiatry, 9*, 752. doi: 10.3389/fpsyt.2018.00752.

Suraarunsumrit, P., Srinonprasert, V., Kongmalai, T., Suratewat, S., Chaikledkaew, U., Rattanasiri, S., McKay, G., Attia, J., & Thakkinstian, A. (2024). Outcomes associated with postoperative cognitive dysfunction: A systematic review and meta-analysis. *Age and Ageing, 53*(7), afae160. doi: 10.1093/ageing/afae160.

Yang, X., Huang, X., Li, M., Jiang, Y., & Zhang, H. (2022). Identification of individuals at risk for postoperative cognitive dysfunction (POCD). *Therapeutic Advances in Neurological Disorders, 15*, 17562864221114356. doi: 10.1177/17562864221114356.

Zhou, S.-L., Zhang, S.-Y., Si, H.-B., & Shen, B. (2023). Regional versus general anesthesia in older patients for hip fracture surgery: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research, 18*(1), 428. doi: 10.1186/s13018-023-03903-5.

BÖLÜM 65

OKSİJEN METABOLİZMASI VE OKSİMETRİ

YUSUF YILMAZ[1]

Giriş

Oksijenasyon değerlendirmesi, satürasyon ölçümünün yanı sıra oksijenin dokulara taşınmasını ve kullanımını da kapsar. Hücrenin enerji üretimi; akciğerde gaz değişimine, hemoglobinin oksijen taşıma kapasitesine, kalp debisine, mikrodolaşıma ve mitokondriyal kullanıma bağlıdır. Bu zincirin herhangi bir basamağındaki bozukluk, periferik oksijen satürasyonu normal görünürken de doku hipoksisine yol açabilir. Anestezist, aksayan basamağı belirler ve tedavinin doku perfüzyonuna etkisini izler (Meier et al., 2026).

Bu bölümde oksijen metabolizmasının klinik temelleri, pulse oksimetri ve ko-oksimetri, venöz oksijen satürasyonları ve yakın kızılötesi spektroskopi ele alınmaktadır. Amaç, perioperatif dönemde ve erişkin yoğun bakım pratiğinde ölçümleri doğru yorumlayarak hipoksemi, anemi, düşük kan akımı ve oksijen kullanım bozukluğunu ayırt etmektir. Çocuklara, yenidoğanlara ve

[1] Uzm. Dr., Kayseri Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-1192-3340

özel hastalık gruplarına ait oksijen hedefleri ayrıca değerlendirilmelidir.

Oksijenin Atmosferden Hücreye Taşınması

Oksijen, alveole ventilasyonla ulaşır; alveol-kapiller membranı geçerek kana, dolaşımla dokulara ve son olarak difüzyonla mitokondriye taşınır. Alveoler oksijen basıncı, solunan oksijen fraksiyonu (FiO_2), barometrik basınç ve alveoler ventilasyondan etkilenir. Arteriyel oksijen basıncını (PaO_2) ayrıca ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu, şant ve difüzyon bozukluğu belirler. Şantın belirgin olduğu hastada FiO_2 artışına yanıt sınırlı kalabilir; bu durumda altta yatan akciğer patolojisi ve uygun ventilasyon stratejisi değerlendirilir (Larvin et al., 2024).

PaO_2, plazmada çözünmüş oksijenin parsiyel basıncıdır; kandaki toplam oksijen miktarını göstermez. Oksijenin büyük bölümü hemoglobine bağlı taşınır. Arteriyel oksijen içeriği (CaO_2), hemoglobin konsantrasyonu (Hb) ve satürasyon birlikte bilinmeden güvenilir biçimde yorumlanamaz. Bu nedenle ağır anemili bir hastada normal PaO_2 ve normal satürasyon, normal oksijen taşıma kapasitesi anlamına gelmez (Collins et al., 2015).

Hemoglobin-oksijen ayrışma eğrisi sigmoid biçimlidir. Eğrinin üst bölümünde PaO_2 önemli ölçüde yükselirken satürasyon çok az değişir; alt bölümünde ise PaO_2'deki küçük düşüşler hızlı desatürasyona neden olabilir. Asidoz, hiperkapni, sıcaklık ve 2,3-difosfogliserat artışı eğriyi sağa kaydırarak dokulara oksijen bırakılmasını kolaylaştırır; karşıt değişiklikler sola kaymaya yol açar. P_{50}, hemoglobinin %50 satüre olduğu oksijen basıncıdır; normal erişkinde standart koşullarda yaklaşık 26–27 mmHg'dır. Eğrinin konumu, tek bir PaO_2 değerinden sabit bir satürasyon çıkarılamayacağını gösterir (Collins et al., 2015).

Oksijen İçeriği Sunumu ve Tüketimi

Klinik hesaplamalarda oksijen içeriği, sunumu (DO_2), tüketimi (VO_2) ve ekstraksiyon oranı (O_2ER) birlikte değerlendirilir. Tablo 1'de denklemler ve birimler verilmiştir. Satürasyonun yüzde yerine kesir olarak kullanılması ve litre-desilitre dönüşümü, hesaplama hatalarını önlemek açısından zorunludur.

Tablo 1 Oksijen taşınmasının temel denklemleri

Değişken	Denklem	Birim ve Yorum
CaO_2	$(1{,}34 \times Hb \times SaO_2) + (0{,}003 \times PaO_2)$	mL O_2/dL. Hb: g/dL; PaO_2: mmHg; SaO_2: kesir (ör. 0,98).
DO_2	Kalp debisi × CaO_2 × 10	mL O_2/dakika. Kalp debisi L/dakika olarak kullanılır.
VO_2	Kalp debisi × $(CaO_2 - CvO_2)$ × 10	mL O_2/dakika. CvO_2: karışık venöz oksijen içeriği.
O_2ER	VO_2 / DO_2	Kesir; yüzde için 100 ile çarpılır.

Kaynak: Collins et al., 2015; Delsoglio et al., 2019; Kane et al., 2020; Meier et al., 2026. Denklemler, belirtilen kaynaklar temel alınarak özetlenmiştir. Dishemoglobinlerin önemsiz olduğu koşullar içindir; belirgin dishemoglobinemide toplam Hb ile fraksiyonel oksihemoglobin kullanılmalıdır.

Örneğin Hb 14 g/dL, SaO_2 0,98, PaO_2 100 mmHg ve kalp debisi 5 L/dakika olduğunda CaO_2 yaklaşık 18,7 mL O_2/dL, DO_2 ise 934 mL O_2/dakikadır. Diğer değişkenler aynı kalırken Hb 8 g/dL'ye düşerse CaO_2 yaklaşık 10,8 mL O_2/dL ve DO_2 540 mL O_2/dakika olur. Satürasyon monitörü her iki durumda da yaklaşık %98 gösterebilir. Bu hesap, aneminin oksijen sunumuna etkisini ortaya koyar; tek başına transfüzyon endikasyonu oluşturmaz (Carson et al., 2023; Collins et al., 2015).

Hemoglobin zaten büyük ölçüde satüre olduğunda, çözünmüş oksijenin katkısı görece küçüktür. SaO_2'nin sabit tutulduğu kuramsal bir örnekte PaO_2'nin 100'den 300 mmHg'ya yükseltilmesi, CaO_2'yi yalnızca 0,6 mL O_2/dL artırır. Kalp debisi 5

L/dakika ise bunun DO_2'ye katkısı 30 mL O_2/dakikadır. Bu nedenle yüksek FiO_2, düşük hemoglobin konsantrasyonunu veya yetersiz kan akımını tek başına telafi edemez.

İstirahatte erişkinlerde DO_2 yaklaşık 1000, VO_2 yaklaşık 250 mL O_2/dakika ve O_2ER yaklaşık %25 olabilir; bunlar değişken fizyolojik örneklerdir, her hasta için ulaşılması gereken tedavi hedefleri değildir (Kane et al., 2020). Sunum azaldığında dokular ekstraksiyonu artırarak tüketimi bir süre koruyabilir. Bu telafi kapasitesi sınırlıdır; oksijen sunumu ve tüketimi arasındaki denge metabolik gereksinim, kan akımı ve hücresel kullanım birlikte değerlendirilerek yorumlanmalıdır (Collins et al., 2015; Meier et al., 2026).

Fick ilişkisiyle VO_2 hesaplanacaksa kalp debisinin ve arteriyel-karışık venöz oksijen içeriklerinin güvenilir, birbirine yakın zamanlarda ölçülmesi gerekir. Bu, hücresel tüketimin doğrudan ölçümü değildir. Tersine, ölçülen VO_2 ve arteriyovenöz içerik farkından kalp debisi hesaplanabilir; VO_2'nin ölçülmeyip tahmin edilmesi ek hata oluşturur. İndirekt kalorimetri ise solunum gazı değişiminden tüm vücut VO_2'sini tahmin eder; bölgesel iskemi hakkında doğrudan bilgi vermez (Delsoglio et al., 2019; Kane et al., 2020; Opotowsky et al., 2017).

Hücresel Metabolizma ve Hipoksinin Biçimleri

Mitokondriyal elektron taşıma zincirinde oksijen, kompleks IV'te son elektron alıcısıdır ve suya indirgenir. Kompleks I, III ve IV'ün oluşturduğu proton gradyanı ATP sentaz aracılığıyla enerji üretimini sağlar; kompleks II elektron aktarımına katılır, ancak proton pompalamaz. Oksijenin hücreye ulaşması ile hücrenin onu kullanabilmesi farklı basamaklardır. Mitokondriyal işlev bozukluğu, yeterli görünen makrodolaşım ölçümlerine rağmen enerji üretimini sınırlayabilir (Mailloux, 2015; Meier et al., 2026; Murphy, 2009).

Elektronların oksijene erken aktarılması süperoksit ve diğer reaktif oksijen türlerinin oluşumuna katkıda bulunur. Düşük düzeydeki redoks sinyalleri fizyolojik işlev taşırken aşırı üretim protein, lipid ve DNA hasarıyla ilişkilidir. İskemi-reperfüzyon ve aşırı oksijen maruziyeti bu dengeyi bozabilir. Bununla birlikte biyolojik mekanizmanın varlığı, her hiperoksemi atağının aynı klinik zararı oluşturduğunu veya belirli bir antioksidan tedavinin yararlı olduğunu kanıtlamaz (Larvin et al., 2024; Murphy, 2009).

Hipoksemi arteriyel oksijenlenmenin, hipoksi ise dokunun oksijen gereksiniminin karşılanmasının bozulmasıdır. Bu kavramların ayrılması, normal SpO_2'ye rağmen kötü perfüzyonu olan hastanın değerlendirilmesini yönlendirir. Tablo 2'deki mekanizmalar aynı hastada birlikte bulunabilir; örneğin kanamalı şokta hem anemik hem dolaşımsal bileşen vardır.

Tablo 2 Doku hipoksisine yol açan başlıca mekanizmalar

Mekanizma	**Örnek**	**Oksimetrinin Sınırı**
Hipoksemik	Hipoventilasyon, şant, ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğu	SpO_2 genellikle düşer; $PaCO_2$ ve neden ayrıca değerlendirilir.
Anemik / taşıma kapasitesinde azalma	Anemi veya işlevsel hemoglobin kaybı	Anemide SpO_2 normal olabilir; dishemoglobinlerde yanıltıcı olabilir.
Dolaşımsal	Düşük kalp debisi, şok veya bölgesel damar tıkanıklığı	Normal SpO_2, yeterli doku kan akımını göstermez.
Kullanım bozukluğu	Hücresel solunumun inhibisyonu veya mitokondriyal işlev bozukluğu	Arteriyel, hatta venöz satürasyon yüksek kalabilir.

Kaynak: Larvin et al., 2024; Meier et al., 2026. Kaynaklar temel alınarak hazırlanan tabloda yer alan mekanizmalar aynı hastada birlikte görülebilir.

Pulse Oksimetri

Pulse oksimetre, genellikle yaklaşık 660 nm kırmızı ve 940 nm kızılötesi ışığın oksihemoglobin ile deoksihemoglobin tarafından farklı soğurulmasından yararlanır. Fotopletismografik sinyalin pulsatif bileşeni üzerinden arteriyel satürasyonu tahmin eder; sonucu SpO_2 olarak bildirir. Cihazın kalibrasyonu, gönüllülerde ölçülen arteriyel kan satürasyonlarıyla karşılaştırmaya dayanır. SpO_2, doğrudan kan örneğinde ölçülmüş SaO_2 ile aynı ölçüm değildir (Jubran, 2015; Nitzan et al., 2014).

Ölçüm okunurken sayısal değerle birlikte pletismografi dalgası, nabız sinyalinin klinik nabızla uyumu ve zaman içindeki değişim incelenmelidir. Probun uygun yerleştirilmesi, yeterli periferik perfüzyon, hareketin azaltılması ve cihazın uygun ortalama süresinin seçilmesi önemlidir. Sinyal işleme ve dolaşım süresi nedeniyle ani klinik değişiklik ile ekrandaki değer arasında gecikme olabilir. Güvenilir olmayan bir dalgayla birlikte görülen normal değer, güvenilir bir dışlama testi değildir (Jubran, 2015).

Üreticinin belirttiği doğruluk değeri her ölçümün aynı hata sınırı içinde kalacağını garanti etmez. Hata dağılımı, cihaz, prob, ölçüm koşulları ve satürasyon düzeyiyle değişir. Özellikle derin hipoksemi ve düşük perfüzyonda belirsizlik artabilir. Çok düşük satürasyonlarda sayının mutlak doğruluğuna aşırı güvenmek yerine klinik destek ve kan gazıyla doğrulama öncelenir (Nitzan et al., 2014).

SpO_2, hemoglobin konsantrasyonunu, kalp debisini, $PaCO_2$'yi veya hücresel oksijen kullanımını ölçmez. Satürasyonun %100 olması da hiperokseminin derecesini göstermez; üst plato nedeniyle PaO_2 geniş bir aralıkta olabilir (Larvin et al., 2024; Nitzan et al., 2014). Ek oksijen, hipoventilasyon sırasında desatürasyonun ortaya çıkmasını geciktirebilir (Fu et al., 2004). Bu nedenle

sedasyon, opioid kullanımı ve erken postoperatif dönemde SpO_2 izlemi, solunum sayısı, bilinç ve havayolu değerlendirmesiyle tamamlanmalı; hastanın riskine göre kapnografi veya kan gazı kullanılmalıdır (O'Driscoll et al., 2017; Piraino et al., 2022).

Deri pigmentasyonu ölçüm güvenilirliğini etkileyebilir. 2024 tarihli sistematik derlemede birçok çalışmada daha koyu deri tonlarında SaO_2'nin olduğundan yüksek tahmin edildiği, ancak çalışmaların yöntem ve yanlılık açısından önemli farklılıklar taşıdığı bildirilmiştir. Deri tonu ile kişinin bildirdiği etnik köken birbirinin yerine kullanılmamalıdır (Martin et al., 2024).

Kontrollü hipoksemi oluşturulan 146 sağlıklı gönüllüde yürütülen prospektif çalışma, koyu pigmentasyonla düşük periferik perfüzyonun birlikte bulunmasının yüksek okuma hatasını ve gözden kaçan hipoksemiyi artırabildiğini göstermiştir. Bulgular iki cihazın belirli deneysel koşullarına aittir; tüm cihazlar için tek bir düzeltme katsayısı üretmez. Klinik bulgularla SpO_2 uyumsuzsa veya kritik karar sınırında ise eş zamanlı arteriyel örnek ve ko-oksimetriyle doğrulama yapılmalıdır (Gudelunas et al., 2024).

Tablo 3 Pulse oksimetrede yanıltıcı ölçüm ve yaklaşım

Durum	**Olası Sorun**	**Klinik Yaklaşım**
Düşük perfüzyon / hipotermi	Zayıf sinyal, gecikme veya hata	Dalgayı ve dolaşımı kontrol et; uygun alternatif bölge ve kan gazını değerlendir.
Hareket / prob sorunu	Artefakt, yanlış nabız veya satürasyon	Hareketi azalt; prob boyutu, yerleşimi ve nabız uyumunu kontrol et.
Koyu deri tonu	Bazı koşullarda gerçek satürasyonu yüksek tahmin	Klinik uyumsuzlukta veya kritik karar sınırında arteriyel ko-oksimetriyle doğrula.
COHb / MetHb	İki dalga boyuyla ayrıştırma yetersizliği	Maruziyet ve siyanozu değerlendir; kan örneğinde dishemoglobin ölçümü iste.
Dış ışık / optik girişim	Çevre ışığı, oje veya intravenöz boyayla etkilenme	Prob bölgesini ve yakın zamandaki uygulamaları kontrol et.
Ek oksijen altında hipoventilasyon	SpO_2 normal görünürken $PaCO_2$ artışı	Havayolu, solunum, kapnografi ve gerektiğinde kan gazını değerlendir.

Kaynak: Fu et al., 2004; Gudelunas et al., 2024; Jubran, 2015; Martin et al., 2024; Nitzan et al., 2014; O'Driscoll et al., 2017. COHb: karboksihemoglobin; MetHb: methemoglobin. Tablo, belirtilen kaynaklar temel alınarak hazırlanmıştır.

Kan Gazı Ko-Oksimetri ve Dishemoglobinler

Kan gazındaki PaO_2, elektrotla ölçülen çözünmüş oksijen basıncıdır. Bazı cihazlarda satürasyon PaO_2, pH ve varsayılan ayrışma eğrisinden hesaplanır; bu değer, çok dalga boylu ko-oksimetriyle ölçülen hemoglobin fraksiyonlarıyla aynı değildir. Sonuç yorumlanırken satürasyonun hesaplanmış mı, ölçülmüş mü olduğu kontrol edilmelidir. Klinik şüphe varsa yalnızca "kan gazı normal" ifadesiyle dishemoglobinemi dışlanamaz (Collins et al., 2015; Jubran, 2015).

Fonksiyonel satürasyon, $O_2Hb/(O_2Hb + HHb)$ oranını; fraksiyonel oksihemoglobin ise O_2Hb'nin COHb ve MetHb dahil toplam hemoglobine oranını ifade eder. Burada O_2Hb oksihemoglobini, HHb deoksihemoglobini gösterir.

Dishemoglobinlerin belirgin olduğu hastada toplam Hb ile oksijen içeriği hesaplanırken fraksiyonel oksihemoglobin kullanılmalıdır. Fonksiyonel satürasyonun toplam hemoglobinle çarpılması, kullanılabilir oksijen içeriğini olduğundan yüksek gösterebilir (Nitzan et al., 2014).

Karbonmonoksit hemoglobine bağlanarak oksijen taşıma kapasitesini ve dokulara bırakılmasını bozar. İki dalga boylu pulse oksimetre COHb'yi güvenilir biçimde ayırt edemediğinden SpO_2 yanıltıcı derecede yüksek olabilir; PaO_2 de normal kalabilir. Methemoglobinemide de SpO_2 ile gerçek oksijenlenme arasında uyumsuzluk oluşur. Açıklanamayan siyanoz, maruziyet öyküsü veya beklenmeyen satürasyon uyumsuzluğunda kan örneğinde COHb ve MetHb ölçümü istenir. Çok dalga boylu noninvaziv pulse ko-oksimetri, laboratuvar ko-oksimetrisinin koşulsuz yerine geçmez (Jubran, 2015).

Venöz Oksimetri ve Perfüzyon Göstergeleri

Karışık venöz oksijen satürasyonu (SvO_2), pulmoner arterden alınan kanda; santral venöz oksijen satürasyonu ($ScvO_2$) ise santral venöz kateterin örneklediği bölgede ölçülür. $ScvO_2$ tüm venöz dönüşü eşit biçimde temsil etmez. Değerler arasındaki fark örnekleme yeri, dolaşımın dağılımı ve hastalık durumuyla değişir. 2024 meta-analizi $ScvO_2$'nin SvO_2'yi öngörmede orta düzey güvenilirlik taşıdığını, tek başına kalp indeksinin göstergesi olarak kullanımına ilişkin kanıtın sınırlı olduğunu göstermiştir. İki ölçüm sabit bir fark eklenerek birbirine dönüştürülmemelidir (Motazedian et al., 2024).

Venöz satürasyon düşüklüğü; arteriyel hipoksemi, anemi, düşük kalp debisi veya artmış metabolik gereksinimle ilişkili olabilir. Ateş, titreme ve ajitasyon gibi tüketimi artıran durumlar bu nedenle araştırılır. Yüksek değer ise her zaman yeterli doku

oksijenasyonu anlamına gelmez; ekstraksiyon bozukluğu veya mikrodolaşımsal şantla birlikte görülebilir. Örnekleme koşulları ve seri değişimler, kan basıncı ve organ perfüzyonuyla birlikte yorumlanmalıdır (Meier et al., 2026).

Laktat artışı doku hipoperfüzyonunu düşündürebilir, ancak yalnızca anaerobik metabolizmanın özgül göstergesi değildir. Adrenerjik uyarı, nöbet, bazı ilaçlar, karaciğer işlev bozukluğu ve azalmış eliminasyon katkıda bulunabilir. Seri laktat değişimi izlemde değerlidir; tek bir yüksek sonuç otomatik sıvı, inotrop veya transfüzyon kararı doğurmamalıdır. Normal laktat da erken veya bölgesel iskemiyi dışlamaz (Andersen et al., 2013).

Kapiller geri dolum, cilt sıcaklığı ve beneklenmesi, bilinç, idrar çıkışı, asit-baz durumu ve gerektiğinde ekokardiyografi tamamlayıcı bilgi sağlar. Makrodolaşımın düzelmesi mikrodolaşımın her bölgede normale döndüğünü göstermez. Bu nedenle tedavi yanıtı tek bir satürasyon veya basınç hedefiyle tanımlanmamalıdır (Meier et al., 2026; Monnet et al., 2025).

Yakın Kızılötesi Spektroskopi

Yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS), yüzeyel dokulardan geçen ışığın soğurulmasını kullanarak bölgesel doku oksijenlenmesi hakkında bilgi verir. Serebral uygulamada alın bölgesine yerleştirilen sensörler çoğunlukla yüzeyel kortikal bölgeyi örnekler. Ölçüm arteriyel, kapiller ve ağırlıklı olarak venöz bileşenlerden etkilenir; pulse oksimetrideki gibi yalnızca pulsatif arteriyel sinyali temsil etmez. Bölgesel serebral satürasyon (rSO_2) bütün beynin oksijenlenmesi veya doğrudan serebral oksijen tüketimi değildir (Barud et al., 2021).

Başlangıç değeri, sağ-sol farkı ve hastanın kendi başlangıcına göre değişim birlikte değerlendirilir. Sensör teması,

kafa derisi dolaşımı, ekstrakraniyal dokular, pigmentasyon ve cihaz algoritması sonucu etkileyebilir. Farklı cihazların mutlak değerleri birbirinin yerine geçirilmemelidir (Barud et al., 2021). Düşük bir değer saptandığında, transfüzyon veya vazopresör kararı vermeden önce olası nedenler ve diğer perfüzyon bulguları incelenmelidir (Meier et al., 2026).

Kalıcı düşüşte önce sensörün teması ve ölçüm güvenilirliği kontrol edilir (Barud et al., 2021). Denault ve arkadaşlarının önerdiği intraoperatif algoritma; arteriyel oksijen içeriği, $PaCO_2$, hemoglobin, perfüzyon basıncı, kalp debisi, serebral metabolik gereksinim ve uygun bağlamda vasküler kanül konumunun değerlendirilmesine dayanır. Müdahale saptanan olası nedene yöneltilir. Algoritmadaki eşikler ve müdahale sırası tüm hasta grupları için doğrulanmış değildir (Denault et al., 2007).

NIRS fizyolojik değişiklikleri gösterebilir; hasta sonuçlarına etkisi ise klinik çalışmalarla değerlendirilir. Kardiyopulmoner baypaslı kalp cerrahisine ilişkin 2024 meta-analizinde NIRS eşliğinde yönetimle postoperatif deliryum daha az bulunmuştur (olasılık oranı 0,657; %95 güven aralığı 0,447–0,965). Bununla birlikte yoğun bakım süresi, renal ve kardiyak sonuçlarda anlamlı fark gösterilmemiştir. Bu bulgular, her ameliyatta rutin NIRS kullanımının yararını göstermek için yeterli değildir (Sun & Wu, 2024).

Tablo 4 Oksijenlenme ölçümleri hangi soruya yanıt verir

Ölçüm	Temel Bilgi	Tek Başına Göstermez
SpO_2	Periferden tahmin edilen arteriyel satürasyon	Hb, kalp debisi, $PaCO_2$, doku kullanımı veya hiperokseminin derecesi
PaO_2	Arter kanında çözünmüş oksijen basıncı	Toplam oksijen içeriği veya COHb / MetHb düzeyi
Ko-oksimetri	Kan örneğinde hemoglobin fraksiyonları	Doku kan akımı veya hücresel kullanım
SvO_2 / $ScvO_2$	Örneklenen venöz dolaşımda sunum-tüketim ilişkisi	Her organın yeterli perfüzyonu; iki ölçümün eşdeğerliği
NIRS	Örneklenen bölgenin doku oksijenlenme eğilimi	Bütün beynin oksijenlenmesi veya tek başına tedavi endikasyonu

Kaynak: Barud et al., 2021; Collins et al., 2015; Jubran, 2015; Motazedian et al., 2024. Tablo, belirtilen kaynaklar temel alınarak hazırlanmıştır. Ölçümler birbirini tamamlar.

Perioperatif Oksijen Yönetimi

Anestezi öncesinde solunum hastalığı, hiperkapni riski, hemoglobin düzeyi, kardiyak rezerv ve beklenen kan kaybı değerlendirilir. Başlangıç SpO_2'si ve oksijen desteği kaydedilir; hastanın riskiyle uyumlu hedef ve izlem planı oluşturulur. İndüksiyon öncesi preoksijenasyonun amacı apne sırasında oksijen rezervini artırmaktır. Preoksijenasyon gereksinimi, anestezi idamesinde gerekçesiz yüksek FiO_2 kullanımını haklı çıkarmaz (Larvin et al., 2024).

Genel anestezi fonksiyonel rezidüel kapasiteyi azaltabilir, atelektazı ve ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğunu artırabilir. Desatürasyon geliştiğinde oksijen desteği sağlanırken havayolu, devre, tüp konumu, sekresyon, bronkospazm ve akciğer patolojisi araştırılır. Pozitif ekspirasyon sonu basınç ve diğer ventilasyon ayarları oksijenlenmeyi destekleyebilir; ancak intratorasik basınç artışı venöz dönüşü ve kalp debisini azaltabilir. Böylece SpO_2 yükselirken DO_2 beklenen ölçüde artmayabilir. Solunumsal ve

dolaşımsal yanıt birlikte izlenir (Larvin et al., 2024; Meier et al., 2026).

AARC 2022 kılavuzu, hastanede yatan erişkinlerin çoğunda SpO_2 %94–98, KOAH'lı hastalarda %88–92 aralığını önermiştir. Hiperkapnik solunum yetmezliği riski bulunan hastada kan gazı, önceki değerler ve klinik durumla hedef bireyselleştirilir. Yaşamı tehdit eden hipoksemide gerekli oksijen desteği, hiperkapni korkusuyla geciktirilmez; ventilasyon eş zamanlı değerlendirilir. Perioperatif dönemde ve yoğun bakımda bu aralıkların uygunluğu hastanın özelliklerine göre değerlendirilir (O'Driscoll et al., 2017; Piraino et al., 2022).

UK-ROX çalışmasında mekanik ventilasyon uygulanan 16.500 erişkinde, SpO_2 %90 hedefiyle (%88–92 aralığı) yürütülen konservatif oksijen stratejisi olağan bakımla karşılaştırılmıştır. Doksan günlük mortalite %35,4 ve %34,9 bulunmuş; düzeltilmiş mutlak risk farkı 0,7 yüzde puanı olmuştur (%95 güven aralığı −0,7 ile 2,0). Konservatif strateji mortaliteyi anlamlı biçimde azaltmamıştır. Çalışma, bu düşük hedefin tüm yoğun bakım hastaları için üstün olduğunu desteklemez; ameliyathane hastalarına doğrudan aktarılmamalıdır (Martin et al., 2025).

Perioperatif yüksek FiO_2 için de sonuçlar kesin değildir. 2025 tarihli kapsamlı kanıt sentezinde, %80 FiO_2'nin %30–35 ile karşılaştırılmasında cerrahi alan enfeksiyonu için risk oranı 0,87 bulunmuş, güven aralığı etkisizliği de içermiştir (%95 güven aralığı 0,76–1,01; kanıt çok belirsiz). Atelektaz artışı bildirilmiş olmakla birlikte bu sonucun kanıt kesinliği de düşüktür. Bulgular, yalnızca enfeksiyonu önleme amacıyla rutin yüksek FiO_2 kullanımını desteklememektedir (Elfeky et al., 2025).

Oksijen sunumu yetersizse tedavi bozuk basamağa yönelir: hipoksemide gaz değişimi, kanamada hemostaz ve dolaşan hacim,

pompa yetersizliğinde kalp işlevi değerlendirilir. Sıvı, vazopresör ve inotrop seçimi hemodinamik soruna göre yapılır. Ateş, titreme, ağrı ve ajitasyonun kontrolü tüketimi azaltabilir. Tedavi, DO_2'yi normalin üzerine çıkarmayı değil, oksijen sunumundaki yetersizliği gidermeyi hedefler (Delsoglio et al., 2019; Meier et al., 2026; Monnet et al., 2025).

Eritrosit transfüzyonu kararı Hb yanında kanama, iskemi, hemodinamik durum ve alternatif tedavilere dayanır. AABB 2023 kılavuzu hemodinamik olarak stabil erişkinlerde çoğunlukla Hb <7 g/dL olduğunda transfüzyonun değerlendirilmesini; kalp cerrahisinde 7,5 g/dL, ortopedik cerrahi veya önceden kardiyovasküler hastalığı olanlarda 8 g/dL eşiklerinin seçilebilmesini belirtir (Carson et al., 2023). Bu eşikler aktif hemorajik şoka veya devam eden iskemiye otomatik uygulanmaz. Fizyolojik açıdan normal SpO_2, gerekli transfüzyonu dışlamadığı gibi düşük NIRS ya da venöz satürasyon da tek başına transfüzyon gerektirmez (Meier et al., 2026).

Klinik Değerlendirme Algoritması

1. Hastayı ve sinyali birlikte değerlendir. Havayolu, solunum ve dolaşımı kontrol ederken prob yerleşimini, pletismografi dalgasını ve nabız uyumunu gözden geçir. Ciddi bozulmada destek ve doğrulama eş zamanlı yürütülür.
2. Oksijenlenme bozukluğunu tanımla. SpO_2 eğilimini verilen FiO_2 ile birlikte yorumla; gerekli olduğunda arteriyel kan gazı al. Dishemoglobin şüphesinde ölçülmüş ko-oksimetri iste.
3. Taşınan oksijenin miktarını ve kan akımını değerlendir. Hb, kanama, perfüzyon bulguları ve kalp

işlevini incele. Normal satürasyonla birlikte hipoperfüzyon varsa yalnızca oksijeni artırmakla yetinme.

4. Tüketim ve bölgesel sorunu araştır. Ateş, titreme, ajitasyon, nöbet veya organ iskemisini gözden geçir. Seçilmiş hastada venöz oksimetri ve NIRS'yi kendi sınırlamaları içinde kullan.

5. Nedene yönelik müdahalenin yanıtını yeniden değerlendir. Klinik perfüzyon, solunum, kan gazı ve gerekiyorsa seri laktat ile izlemi sürdür. Hedefe ulaşıldığında oksijen desteğini yeniden titre et.

Algoritma, bölümde açıklanan fizyolojik ilkelerden hareketle hazırlanmıştır. Tedavi kararı, cihaz alarmları ve laboratuvar sonuçlarının klinik bulgularla değerlendirilmesine dayanır (Jubran, 2015; Meier et al., 2026).

Tablo 5 Sık yorum hataları ve düzeltici yaklaşım

Hata	**Düzeltici Yaklaşım**
SpO_2 normal olduğu için hipoksiyi dışlamak	Hb, kan akımı, metabolik gereksinim ve organ perfüzyonunu değerlendir.
SpO_2 %100 olduğunda oksijeni artırmak	Hedefi, FiO_2 gereksinimini ve gerekiyorsa PaO_2'yi yeniden değerlendir.
Hesaplanmış satürasyonla dishemoglobinemiyi dışlamak	Ko-oksimetriyle ölçülen O_2Hb, COHb ve MetHb sonuçlarını kontrol et.
$ScvO_2$'yi SvO_2 veya kalp debisi yerine kullanmak	Örnekleme bölgesini ve klinik durumu dikkate al; gerektiğinde debiyi ayrıca değerlendir.
Tek laktat veya NIRS sonucuna otomatik tedavi bağlamak	Nedeni, diğer perfüzyon bulgularını ve seri değişimi birlikte yorumla.

Kaynak: Andersen et al., 2013; Barud et al., 2021; Jubran, 2015; Motazedian et al., 2024. Tablo, belirtilen kaynaklardaki bulguların klinik yorumunu özetler.

Klinik Örnek

Kuramsal bir olguda, büyük abdominal cerrahi geçiren 68 yaşındaki hastanın SpO_2'si %99, Hb'si 7,8 g/dL ve ortalama arter basıncı 62 mmHg'dır; laktatı yükselmektedir. Normal satürasyon, oksijen içeriğinin veya doku kan akımının yeterli olduğunu göstermez. Öncelikle ölçüm güvenilirliği, kanama ve ventilasyon gözden geçirilir; arteriyel kan gazı, seri Hb ve hemodinamik değerlendirme ile sorun tanımlanır.

Bu hastada yalnızca FiO_2 artışı anemiyi veya düşük debiyi düzeltmez. Aktif kanama varsa kontrolü ve dolaşım desteği önceliklidir; transfüzyon kararı devam eden kayıp, iskemi ve klinik yanıtla verilir. Kanama yoksa düşük basıncın vazodilatasyon, göreceli hipovolemi veya pompa yetersizliğiyle ilişkisi araştırılır. SpO_2 değişmese de tedavi yanıtını değerlendirmek için perfüzyon ve metabolik göstergelerdeki değişim izlenir (Andersen et al., 2013; Carson et al., 2023; Meier et al., 2026; Monnet et al., 2025).

Bilinmesi Gerekenler

- Normal SpO_2; normal hemoglobin, yeterli kalp debisi veya yeterli doku oksijenasyonu anlamına gelmez.
- CaO_2 hesabında satürasyon kesir olarak kullanılır; DO_2 hesabında L/dakika ile mL O_2/dL arasındaki dönüşüm için 10 çarpanı gerekir.
- Pulse oksimetri ventilasyonu ölçmez. Ek oksijen, hipoventilasyon sırasında desatürasyonun ortaya çıkmasını geciktirebilir.
- Düşük perfüzyon, hareket, pigmentasyon ve dishemoglobinler ölçümü etkileyebilir; klinik uyumsuzlukta kan gazı ve uygun ko-oksimetriyle doğrulama gerekir.

- SvO_2, $ScvO_2$ ve NIRS farklı bölgeleri ve fizyolojik ilişkileri yansıtır; birbirlerinin yerine kullanılmaz.
- Laktat artışı özgül değildir. Tek değer yerine neden, seri değişim ve organ perfüzyonu birlikte değerlendirilir.
- Oksijen bir tedavidir; hedefi ve dozu hastaya göre belirlenir. Daha yüksek satürasyon veya FiO_2 her zaman daha iyi doku oksijenasyonu sağlamaz.
- Müdahale hipoksemi, anemi, kan akımı yetersizliği veya artmış tüketime yöneltilir; klinik yanıt yeniden değerlendirilir.

Kaynakça

Andersen, L. W., Mackenhauer, J., Roberts, J. C., Berg, K. M., Cocchi, M. N., & Donnino, M. W. (2013). Etiology and therapeutic approach to elevated lactate levels. *Mayo Clinic Proceedings, 88*(10), 1127–1140. doi: 10.1016/j.mayocp.2013.06.012.

Barud, M., Dabrowski, W., Siwicka-Gieroba, D., Robba, C., Bielacz, M., & Badenes, R. (2021). Usefulness of cerebral oximetry in TBI by NIRS. *Journal of Clinical Medicine, 10*(13), 2938. doi: 10.3390/jcm10132938.

Carson, J. L., Stanworth, S. J., Guyatt, G., Valentine, S., Dennis, J., Bakhtary, S., Cohn, C. S., Dubon, A., Grossman, B. J., Gupta, G. K., Hess, A. S., Jacobson, J. L., Kaplan, L. J., Lin, Y., Metcalf, R. A., Murphy, C. H., Pavenski, K., Prochaska, M. T., Raval, J. S., … Pagano, M. B. (2023). Red blood cell transfusion: 2023 AABB international guidelines. *JAMA, 330*(19), 1892–1902. doi: 10.1001/jama.2023.12914.

Collins, J.-A., Rudenski, A., Gibson, J., Howard, L., & O'Driscoll, R. (2015). Relating oxygen partial pressure, saturation and content: The haemoglobin-oxygen dissociation curve. *Breathe, 11*(3), 194–201. doi: 10.1183/20734735.001415.

Delsoglio, M., Achamrah, N., Berger, M. M., & Pichard, C. (2019). Indirect calorimetry in clinical practice. *Journal of Clinical Medicine, 8*(9), 1387. doi: 10.3390/jcm8091387.

Denault, A., Deschamps, A., & Murkin, J. M. (2007). A proposed algorithm for the intraoperative use of cerebral near-infrared spectroscopy. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 11*(4), 274–281. doi: 10.1177/1089253207311685.

Elfeky, A., Chen, Y.-F., Grove, A., Couper, K., Court, R., Tomassini, S., Wilson, A., Hooper, A., Buckle, A., Vadeyar, S., Thompson, M., Uthman, O., & Yeung, J. (2025). Perioperative oxygen therapy: An overview of systematic reviews and meta-analyses. *British Journal of Anaesthesia, 135*(5), 1456–1476. doi: 10.1016/j.bja.2025.04.020.

Fu, E. S., Downs, J. B., Schweiger, J. W., Miguel, R. V., & Smith, R. A. (2004). Supplemental oxygen impairs detection of hypoventilation by pulse oximetry. *Chest, 126*(5), 1552–1558. doi: 10.1378/chest.126.5.1552.

Gudelunas, M. K., Lipnick, M., Hendrickson, C., Vanderburg, S., Okunlola, B., Auchus, I., Feiner, J. R., & Bickler, P. E. (2024). Low perfusion and missed diagnosis of hypoxemia by pulse oximetry in darkly pigmented skin: A prospective study. *Anesthesia & Analgesia, 138*(3), 552–561. doi: 10.1213/ANE.0000000000006755.

Jubran, A. (2015). Pulse oximetry. *Critical Care, 19*(1), 272. doi: 10.1186/s13054-015-0984-8.

Kane, A. D., Kothmann, E., & Giussani, D. A. (2020). Detection and response to acute systemic hypoxia. *BJA Education, 20*(2), 58–64. doi: 10.1016/j.bjae.2019.10.004.

Larvin, J., Edwards, M., Martin, D. S., Feelisch, M., Grocott, M. P. W., & Cumpstey, A. F. (2024). Perioperative oxygenation-what's the stress? *BJA Open, 10*, 100277. doi: 10.1016/j.bjao.2024.100277.

Mailloux, R. J. (2015). Teaching the fundamentals of electron transfer reactions in mitochondria and the production and detection of reactive oxygen species. *Redox Biology, 4*, 381–398. doi: 10.1016/j.redox.2015.02.001.

Martin, D., Johns, C., Sorrell, L., Healy, E., Phull, M., Olusanya, S., Peters, M., & Fabes, J. (2024). Effect of skin tone on the accuracy of the estimation of arterial oxygen saturation by pulse oximetry: A systematic review. *British Journal of Anaesthesia, 132*(5), 945–956. doi: 10.1016/j.bja.2024.01.023.

Martin, D. S., Gould, D. W., Shahid, T., Doidge, J. C., Cowden, A., Sadique, Z., Camsooksai, J., Charles, W. N., Davey, M., Francis-Johnson, A., Garrett, R. M., Grocott, M. P. W., Jones, J., Lampro, L., Mackle, D. M., O'Driscoll, B. R., Richards-Belle, A., Rostron, A. J., Szakmány, T., … UK-ROX Investigators. (2025). Conservative oxygen therapy in mechanically ventilated critically ill adult patients: The UK-ROX randomized clinical trial. *JAMA, 334*(5), 398–408. doi: 10.1001/jama.2025.9663.

Meier, J., Lasocki, S., Meybohm, P., Filipescu, D., Haas, T., Pottecher, J., Rineau, E., Romagnoli, S., Bergholz, A., & Saugel, B. (2026). Physiology, monitoring, and optimisation of perioperative tissue oxygenation: A narrative review. *British Journal of Anaesthesia, 136*(6), 1761–1775. doi: 10.1016/j.bja.2026.01.047.

Monnet, X., Messina, A., Greco, M., Bakker, J., Aissaoui, N., Cecconi, M., Coppalini, G., De Backer, D., Edul, V. K., Evans, L., Hernández, G., Hunsicker, O., Ince, C., Kaufmann, T., Levy, B., Malbrain, M. L. N. G., Mebazaa, A., Myatra, S. N., Ostermann, M., … Chew, M. S. (2025). ESICM guidelines on circulatory shock and hemodynamic monitoring 2025. *Intensive Care Medicine, 51*(11), 1971–2012. doi: 10.1007/s00134-025-08137-z.

Motazedian, P., Beauregard, N., Letourneau, I., Olaye, I., Syed, S., Lam, E., Di Santo, P., Mathew, R., Clark, E. G., Sood, M. M., Lalu, M. M., Hibbert, B., & Bugeja, A. (2024). Central venous oxygen

saturation for estimating mixed venous oxygen saturation and cardiac index in the ICU: A systematic review and meta-analysis. *Critical Care Medicine, 52*(11), e568–e577. doi: 10.1097/CCM.0000000000006398.

Murphy, M. P. (2009). How mitochondria produce reactive oxygen species. *Biochemical Journal, 417*(1), 1–13. doi: 10.1042/BJ20081386.

Nitzan, M., Romem, A., & Koppel, R. (2014). Pulse oximetry: Fundamentals and technology update. *Medical Devices: Evidence and Research, 7*, 231–239. doi: 10.2147/MDER.S47319.

O'Driscoll, B. R., Howard, L. S., Earis, J., & Mak, V. (2017). British Thoracic Society guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *BMJ Open Respiratory Research, 4*(1), e000170. doi: 10.1136/bmjresp-2016-000170.

Opotowsky, A. R., Hess, E., Maron, B. A., Brittain, E. L., Barón, A. E., Maddox, T. M., Alshawabkeh, L. I., Wertheim, B. M., Xu, M., Assad, T. R., Rich, J. D., Choudhary, G., & Tedford, R. J. (2017). Thermodilution vs estimated Fick cardiac output measurement in clinical practice: An analysis of mortality from the Veterans Affairs Clinical Assessment, Reporting, and Tracking (VA CART) program and Vanderbilt University. *JAMA Cardiology, 2*(10), 1090–1099. doi: 10.1001/jamacardio.2017.2945.

Piraino, T., Madden, M., Roberts, K. J., Lamberti, J., Ginier, E., & Strickland, S. L. (2022). AARC clinical practice guideline: Management of adult patients with oxygen in the acute care setting. *Respiratory Care, 67*(1), 115–128. doi: 10.4187/respcare.09294.

Sun, Q., & Wu, W. (2024). Effect of near-infrared spectroscopy on postoperative delirium in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine, 11*, 1404210. doi: 10.3389/fcvm.2024.1404210.

BÖLÜM 66

HİPERBARİK OKSİJEN TEDAVİSİ

SEDA KERİMOĞLU BOZ[1]

Özet

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT), hastanın tek veya çok kişilik bir basınç odasında, normal atmosfer basıncının üzerindeki basınçlarda tıbbi oksijen solumasına dayanan bir tedavi yöntemidir. Tedavinin etkisi yalnızca daha fazla oksijen verilmesine bağlı değildir. Artmış ortam basıncı gaz kabarcıklarının hacmini azaltırken, yüksek oksijen parsiyel basıncı plazmada fiziksel olarak çözünmüş oksijen miktarını belirgin biçimde artırır. Oluşan hiperoksi; doku oksijenasyonunun artırılması, ödemin azaltılması, yara iyileşmesinin desteklenmesi ve bazı antimikrobiyal etkilerin ortaya çıkmasına katkıda bulunur.

HBOT; hava veya gaz embolisi, dekompresyon hastalığı ve karbonmonoksit zehirlenmesi gibi bazı akut durumlarda temel tedavinin önemli bir parçası olabilirken, seçilmiş problem yaraları, nekrotizan enfeksiyonlar, refrakter osteomiyelit ve radyasyon hasarı

[1] Dr., Boğazlıyan Devlet Hastanesi, Yozgat, Türkiye, Orcid: 0009-0003-1849-1442

gibi durumlarda çoğunlukla yardımcı tedavi olarak kullanılır. Tedavi basıncı, oksijen maruziyet süresi, seans sıklığı ve toplam seans sayısı endikasyona ve hastanın klinik durumuna göre belirlenir. HBOT, cerrahi debridman, antibiyotik tedavisi, revaskülarizasyon veya uygun yara bakımı gibi temel tedavilerin yerine geçmemeli ve bu tedavileri geciktirmemelidir.

Hiperbarik ortam, basınç değişiklikleri ve yüksek oksijen konsantrasyonu nedeniyle özel hasta değerlendirmesi ve güvenlik önlemleri gerektirir. Kulak ve sinüs barotravması, pulmoner barotravma ve oksijen toksisitesi gibi komplikasyonların yanı sıra yangın güvenliği ve kullanılan tıbbi cihazların hiperbarik ortama uygunluğu dikkate alınmalıdır. Anestezi veya yoğun bakım desteği gereken hastalarda ise ventilasyon, endotrakeal tüp kafı, infüzyon sistemleri, monitörizasyon ve acil hava yolu yönetimi tedavi öncesinde planlanmalı; gerekli destek tedavi boyunca kesintisiz sürdürülebilmelidir.

Öğrenme Hedefleri

- Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT)'nin temel fiziksel ve fizyolojik mekanizmalarını açıklamak.
- HBOT için kanıtı güçlü veya kabul edilmiş endikasyonları ayırt etmek.
- HBOT öncesi hasta değerlendirmesini ve basınç odası güvenliğini planlamak.
- Karbonmonoksit zehirlenmesinde HBOT'nin yerini değerlendirmek.
- Dekompresyon hastalığı ve arteriyel gaz embolisinde acil yaklaşımı bilmek.

- HBOT’nin barotravma ve oksijen toksisitesi gibi komplikasyonlarını önlemek ve yönetmek.
- Anestezi gerektiren hastalarda basınç odası, ventilasyon, ilaç ve monitörizasyon sorunlarını yönetmek.

Tanım ve Temel Kavramlar

Hiperbarik oksijen tedavisi (HBOT), hastanın bir basınç odası içinde normal atmosfer basıncının üzerindeki basınçlarda tıbbi oksijen solumasına dayanan bir tedavi yöntemidir. Hiperbarik tıpta basınç genellikle atmosfer mutlak (ATA) olarak ifade edilir; deniz seviyesindeki normal atmosfer basıncı 1 ATA’dır. Klinik uygulamada terapötik HBOT, basınca dayanıklı bir hiperbarik oda içinde çoğunlukla 2,0–3,0 ATA basınçlarda uygulanır ve oksijen maruziyeti genellikle 90–120 dakika sürer (Huang, 2024; Samson et al., 2025).

Oksijenin hastaya verilme biçimi kullanılan basınç odasına göre değişir. Tek kişilik odalarda hasta oksijeni doğrudan oda atmosferinden soluyabilirken, çok kişilik odalar genellikle hava ile basınçlandırılır ve oksijen maske, başlık veya entübe hastalarda endotrakeal tüp aracılığıyla uygulanabilir (Gropper et al., 2025; Samson et al., 2025).

HBOT’nin klinik etkisi yalnızca daha fazla oksijen verilmesinden ibaret değildir. Artmış ortam basıncı, intravasküler veya dokulardaki gaz kabarcıklarının hacmini azaltırken; yüksek oksijen parsiyel basıncı plazmada fiziksel olarak çözünmüş oksijen miktarını belirgin biçimde artırır. Böylece dokulara taşınan oksijen miktarı ve oksijenin doku içindeki yayılımı artar. Basıncın gaz kabarcıkları üzerindeki etkisi özellikle arteriyel gaz embolisi ve dekompresyon hastalığında, artmış çözünmüş oksijen ise hipoksik

ve iskemik dokuların oksijenlenmesinde önem taşır (Gropper et al., 2025; Samson et al., 2025).

Fiziksel Temel ve Etki Mekanizmaları

Hiperbarik oksijen tedavisinin terapötik etkileri, artmış çevresel basıncın oluşturduğu fiziksel etkiler ile yüksek oksijen parsiyel basıncının oluşturduğu fizyolojik ve hücresel yanıtların birlikteliğine dayanır. Artan basınç, bir yandan gaz içeren boşlukların ve kabarcıkların hacmini daraltırken, öte yandan solunan oksijenin parsiyel basıncını belirgin ölçüde yükselterek plazmada fiziksel yolla çözünen oksijen miktarının da artmasına neden olur. Hiperoksinin etkileri bununla da sınırlı kalmaz; reaktif oksijen ve nitrojen türleri (ROS/RNS) üzerinden hücresel sinyal yolaklarını etkileyerek inflamasyon, anjiyogenez, doku onarımı ve konak savunması üzerinde daha kalıcı biyolojik sonuçlar doğurabilir (De Wolde et al., 2021; Lindenmann et al., 2022; Thom, 2011).

ROS ve RNS, yalnızca oksidatif hasarla ilişkilendirilen ürünler olmayıp; uygun düzeylerde hücresel sinyal iletiminde de rol alırlar (Bosco et al., 2025; Thom, 2011).

Boyle yasası ve gaz kabarcıkları

Boyle yasasına göre sabit sıcaklıkta bir gazın basıncı ile hacmi ters orantılıdır. Bu nedenle çevresel basıncın artırılması, intravasküler veya dokularda bulunan gaz kabarcıklarının hacmini azaltır. HBOT'nin ortaya koyduğu bu doğrudan fiziksel etki, başta arteriyel gaz embolisi ve dekompresyon hastalığı olmak üzere bazı klinik tablolarda büyük önem taşır. Kabarcık hacmindeki küçülme mekanik obstrüksiyonun hafiflemesine katkıda bulunurken, yükselen oksijen basıncı da inert gazların vücuttan atılmasını kolaylaştırır. Böylece basıncın fiziksel etkisi ile hiperoksinin

fizyolojik etkisi bir araya gelerek tedaviye ortak bir katkı sunar (Thom, 2011).

Henry yasası ve plazmada çözünmüş oksijen

Henry yasasına göre bir sıvıda çözünen gaz miktarı, sabit sıcaklıkta o gazın parsiyel basıncı ile doğru orantılıdır. Normalde oksijenin büyük bölümü hemoglobine bağlı taşınır ve hemoglobin satürasyonu zaten yüksektir. HBOT sırasında ise alveoler ve arteriyel oksijen basıncındaki artış, hemoglobinden bağımsız olarak plazmada çözünen oksijen miktarını belirgin şekilde yükseltir (Capó et al., 2023).

Plazmada çözünen bu oksijen, mikrosirkülasyondan interstisyel alana ve özellikle hipoksik dokulara doğru difüzyonu kolaylaştırarak, dokulara ulaşan oksijen miktarında belirgin bir artışa katkıda bulunur. Mitokondriye ulaşan bu artmış oksijen miktarı, elektron transport zincirini ve aerobik enerji üretimini destekleyerek hücresel metabolizmaya doğrudan katkı sağlayabilir; bu nedenle HBOT'nin etkisini yalnızca arteriyel oksijen içeriğindeki artışla sınırlamak doğru olmaz (Cannellotto et al., 2024; Lindenmann et al., 2022).

Vazokonstriksiyon ve antiödem etki

Hiperoksi bazı vasküler yataklarda vazokonstriksiyona yol açsa da, plazmada çözünen oksijenin artması doku oksijenasyonunun korunmasına yardımcı olur. Vazokonstriksiyon ve inflamatuvar yanıtın baskılanması, mikrovasküler sıvı kaçağını ve ödemi azaltabilir. Bu durum, ödemin perfüzyonu daha da bozduğu akut travmatik iskemi ve iskemi reperfüzyon hasarında önemlidir (Cannellotto et al., 2024).

HBOT'nin nötrofil-endotel adezyonunu ve bazı proinflamatuvar mekanizmaları etkileyerek mikrosirkülatuvar hasarı azaltabileceği de bildirilmiştir (Lindenmann et al., 2022; Thom, 2011).

Yara iyileşmesi

Oksijen; fibroblast proliferasyonu ve fonksiyonu, kollajen sentezi ve çapraz bağlanması, ekstrasellüler matriks oluşumu ve anjiyogenez için gereklidir. HBOT'nin fibroblast büyüme faktörleri, TGF-β, PDGF ve VEGF gibi yara iyileşmesiyle ilişkili mediyatörler üzerinde etkili olduğu ve kollajen sentezi ile neovaskülarizasyonu destekleyebileceği gösterilmiştir (Lindenmann et al., 2022; Thom, 2011).

Hiperoksi sırasında oluşan kontrollü ROS/RNS artışı da bu süreçte hücresel sinyal görevi görerek Nrf2, NF-κB ve HIF-1α gibi redoksa duyarlı yolakları etkileyebilir. Bu yanıtların büyüklüğü ve yönü dokuya, hastalığa ve tedavinin zamanlamasına göre değişebilmektedir; özellikle HIF-1α için farklı deneysel ve klinik sonuçlar bildirilmiştir (De Wolde et al., 2021; Lindenmann et al., 2022).

Kronik diyabetik yaralı hastalarda tekrarlanan HBOT seansları sırasında TNF-α ve IL-1β düzeylerinde azalma; PDGF, TGF-β ve HIF-1α gibi iyileşme ve anjiyogenezle ilişkili faktörlerde ise değişiklikler gösterilmesi, bu mekanizmaların insanlarda da karşılığının bulunduğunu düşündürmektedir (Capó et al., 2023).

Antimikrobiyal etki

Hipoksik enfekte dokularda nötrofillerin oksijene bağımlı oksidatif öldürme kapasitesi azalabilir. HBOT ile doku oksijen basıncının yükselmesi, fagositlerin oksidatif antimikrobiyal

mekanizmalarını desteklerken bazı anaerob mikroorganizmalar üzerinde yüksek oksijen ve ROS düzeylerinin doğrudan bakterisidal etkileri de söz konusu olabilir (Bosco et al., 2025). HBOT, nötrofillerin fagositoz ve oksidatif patlama gibi temel antimikrobiyal fonksiyonlarını bozmaksızın, nötrofil-endotel adezyonunu azaltarak inflamatuvar yanıtın sınırlandırılmasına katkıda bulunabilir (Thom, 2011). Ayrıca hiperoksinin bazı bakterilerde antimikrobiyal tedavilerin etkinliğini artırabileceğine ilişkin veriler bulunmaktadır (Cannellotto et al., 2024). Bununla birlikte bu etkiler HBOT'yi enfeksiyonun temel tedavisi haline getirmez; özellikle nekrotizan enfeksiyonlarda cerrahi debridman ve uygun antimikrobiyal tedavi geciktirilmemelidir.

Tedavinin Uygulanması

Hiperbarik oksijen tedavisi, uygun tıbbi endikasyon belirlendikten sonra hiperbarik tıp konusunda eğitimli bir hekim tarafından planlanmalı ve gözetim altında uygulanmalıdır. Tedavi protokolü; hastalığın türü ve şiddeti, hastanın klinik durumu ve beklenen yarara göre belirlenir. Uygulanacak basınç, oksijen maruziyet süresi, seans sıklığı ve toplam seans sayısı endikasyona göre değişir; bu nedenle tüm hastalıklar için geçerli tek bir HBOT protokolü yoktur. Avrupa İyi Uygulama Kodu da hastanın tedaviye uygunluğunun değerlendirilmesi ve klinik izleminin hiperbarik hekimin sorumluluğunda olduğunu belirtmektedir (Huang, 2024; Kot et al., 2023; Miszewska et al., 2025).

Bir HBOT seansı kompresyon, hedef basınçta oksijen solunması ve dekompresyon aşamalarından oluşur. Tedavide uygulanacak basınç, oksijen maruziyet süresi, seans sıklığı ve toplam seans sayısı endikasyona ve hastanın klinik durumuna göre belirlenir (Kot et al., 2023). Klinik uygulamalarda tedavi çoğunlukla

2,0–3,0 ATA basınç aralığında gerçekleştirilmekte ve oksijen maruziyeti genellikle 90–120 dakika sürmektedir (Huang, 2024). Bununla birlikte tedavi protokolleri hastalığa göre değişiklik gösterebilir (Miszewska et al., 2025).

Seansların sıklığı ve toplam sayısı endikasyona göre değişir. Elektif hastalıklarda tedavi çoğunlukla günlük seanslar halinde birkaç hafta sürerken, bazı acil durumlarda aynı gün içinde birden fazla seans gerekebilir (Huang, 2024). Güncel klinik verilerde standart bir seansın yaklaşık 90 dakika sürdüğü, ancak süre, basınç ve toplam seans sayısının hastalığa ve merkezin protokolüne göre değişebileceği bildirilmektedir (Miszewska et al., 2025).

Tedavi sırasında basınç, süre ve oksijen maruziyeti izlenmeli ve seans kayıt altına alınmalıdır (Kot et al., 2023). Kompresyon ve dekompresyon kontrollü biçimde uygulanmalı; özellikle orta kulak barotravması açısından hasta izlenmelidir. Sistematik derleme ve meta-analiz verileri, kulak rahatsızlığının HBOT'nin en sık görülen yan etkilerinden biri olduğunu ve uygun basınç eşitleme eğitimi ile kontrollü kompresyonun bu riski azaltabileceğini göstermektedir (Zhang et al., 2023).Terapötik HBOT; uygun basınç, medikal oksijen, eğitimli sağlık personeli ve standardize edilmiş tıbbi protokollerle uygulanmalıdır. Bu nedenle düşük basınçlı ve "wellness" amaçlı hiperbarik uygulamalar, tıbbi HBOT ile eşdeğer kabul edilmemelidir (Huang, 2024).

Basınç Odası Tipleri

Tıbbi hiperbarik odalar, aynı anda tedavi edilebilen kişi sayısına göre temel olarak tek kişilik (monoplace) ve çok kişilik (multiplace) odalar olarak sınıflandırılır. İki sistemde de tedavinin temel prensibi aynı olmakla birlikte hasta erişimi, oksijenin

uygulanma biçimi, personel gereksinimi ve kritik hasta yönetimi açısından önemli farklılıklar vardır (Kot et al., 2023).

Tek kişilik (monoplace) odalar

Monoplace odalar, tek bir hastanın tedavisi için tasarlanmış tek bölmeli basınç odalarıdır. Hasta tedavi süresince odada tek başına bulunur ve sağlık personelinin basınç altındayken hastaya doğrudan fiziksel erişimi yoktur (Kot et al., 2023).

Bu odalar, özellikle genel durumu stabil olan ve tedavi sırasında yoğun tıbbi girişim gerektirmeyen hastaların tedavisinde kullanılabilir. Buna karşılık tedavi sırasında acil müdahale gerektiren bir durum geliştiğinde hastaya ulaşabilmek için odanın dekomprese edilmesi gerekebilir. Bu özellik, kritik veya klinik olarak stabil olmayan hastalarda monoplace odaların kullanımını daha güç hale getirebilir (Schmitz et al., 2023).

Monoplace odalarda basınç değişikliklerinin kontrollü gerçekleştirilmesi önemlidir. Özellikle orta kulakta basınç eşitleyemeyen, bilinç durumu bozulmuş veya iletişim kurmakta güçlük çeken hastalarda barotravma riski artabilir. Bu nedenle hastanın tedavi öncesinde basınç eşitleme açısından değerlendirilmesi ve uygun kompresyon hızının seçilmesi gerekir (Lee et al., 2025). Ayrıca oksijen konsantrasyonunun yüksek olduğu hiperbarik ortamlarda yangın güvenliği ile ilgili önlemler titizlikle uygulanmalıdır (Schmitz et al., 2023).

Çok kişilik (multiplace) odalar

Multiplace odalar, aynı anda iki veya daha fazla kişinin tedavi edilebildiği, genellikle birden fazla bölmeden oluşan daha geniş basınç odalarıdır. Bu odaların önemli bir özelliği, ana bölümdeki basınç korunurken personel, hasta veya gerekli

ekipmanın ara bölmeler aracılığıyla odaya alınabilmesidir (Kot et al., 2023).

Multiplace odalarda hastalar oksijeni genellikle yüz maskesi, başlık veya gerektiğinde endotrakeal tüp gibi bireysel solunum sistemleri aracılığıyla alırlar (Schmitz et al., 2023). Sağlık personelinin oda içinde bulunabilmesi sayesinde hastaların doğrudan gözlenmesi, tıbbi bakımın sürdürülmesi ve gerektiğinde acil müdahale yapılması mümkündür. Kritik hastalara hekim ve/veya hemşirenin tedavi boyunca eşlik edebilmesi multiplace odaların önemli avantajlarından biridir (Kot et al., 2023).

Bu özellikleri nedeniyle multiplace odalar; mekanik ventilasyon, sürekli monitörizasyon, intravenöz tedavi veya yakın tıbbi gözetim gerektiren hastalarda özellikle avantajlıdır. Uygun şekilde düzenlenmiş multiplace odalarda, hiperbarik ortama uyumlu ekipman ve eğitimli personel ile yoğun bakım hastalarının tedavisi de gerçekleştirilebilir (Miszewska et al., 2025).

HBOT İçin Hasta Hazırlığı ve Güvenlik

HBOT öncesinde tedavi endikasyonu doğrulanmalı ve beklenen yarar olası risklerle birlikte değerlendirilmelidir. Hastanın tıbbi öyküsü, mevcut hastalıkları, kullandığı ilaçlar ve tedavi sırasında özel izlem gerektirebilecek durumlar gözden geçirilmelidir. Avrupa İyi Uygulama Kodu, her hastanın tedavi öncesinde hiperbarik hekim tarafından değerlendirilmesini; kontrendikasyonların, olası yan etkilerin ve tedaviye özgü risklerin önceden belirlenmesini önermektedir (Kot et al., 2023).

Basınç değişikliklerine uyum açısından özellikle orta kulak ve sinüsler değerlendirilmelidir. Hastaya yutkunma, valsalva veya toynbee gibi basınç eşitleme manevraları öğretilmeli, eşitleme

güçlüğü bulunan hastalar kompresyon sırasında yakından izlenmelidir. Üst solunum yolu hastalığı, östaki tüpü disfonksiyonu, bilinç bozukluğu veya yeterli iletişim kurulamaması basınç eşitlemesini zorlaştırabilir ve barotravma riskini artırabilir (Lee et al., 2025).

Tedavi öncesi solunum sistemi değerlendirmesinde pnömotoraks öyküsü, mevcut pnömotoraks olasılığı ve akciğerlerde hava hapsine yol açabilecek hastalıklar sorgulanmalıdır. Özellikle kritik hastalarda plevral drenajların durumu ve solunum desteğinin güvenli biçimde sürdürülebilirliği önceden kontrol edilmelidir (Miszewska et al., 2025; Schmitz et al., 2023). Nörolojik değerlendirmede nöbet öyküsü ve oksijen toksisitesine yatkınlığı artırabilecek durumlar dikkate alınmalıdır. Hipoglisemi, ateş ve bazı intrakraniyal hastalıkların hiperbarik oksijen maruziyeti sırasında konvülsiyon riskini artırabileceği bildirilmektedir (Kot et al., 2023).

Kardiyovasküler hastalığı olanlarda kan basıncı, volüm durumu ve kalp yetersizliği bulguları değerlendirilmelidir. Kalp yetersizliği bulunan hastalarda HBOT çoğu zaman uygulanabilmekle birlikte, tedavi öncesinde medikal tedavinin ve sıvı dengesinin uygun şekilde düzenlenmesi ve seanslar sırasında yakın klinik izlem önem taşır (Schiavo et al., 2024). Tedavi öncesinde temel vital bulgular kaydedilmeli; diyabeti olan veya hipoglisemi riski taşıyan hastalarda kan glukozu kontrol edilmelidir. Sürekli glukoz monitörlerinin hiperbarik ortamda güvenliği ve doğruluğu her cihaz için yeterince doğrulanmış değildir; bu nedenle özellikle elektronik ve giyilebilir cihazların hiperbarik ortama uygunluğu ayrıca değerlendirilmelidir (Katsnelson et al., 2025).

Basınç odasında yangın güvenliği hasta hazırlığının temel bileşenlerinden biridir. Artmış oksijen konsantrasyonu yanıcı

materyallerin tutuşmasını ve yanmanın hızlanmasını kolaylaştırır. Bu nedenle çakmak, kibrit, uygun olmayan elektronik cihazlar, piller, yanıcı veya yağ bazlı ürünler ve hiperbarik ortama uygun olmayan materyaller odaya alınmamalıdır. Hastaların giysileri de hiperbarik ortama uygun olmalı; sentetik veya statik elektrik oluşturabilecek materyallerden kaçınılmalıdır (Kot et al., 2023). FDA'nın 2025 güvenlik bildiriminde de yüksek oksijen konsantrasyonuna bağlı yangın riskine dikkat çekilmiş; üretici talimatlarına uyulması, uygun topraklama yapılması, yasaklı elektriksel veya statik cihazların odaya alınmaması, personelin düzenli eğitilmesi ve cihazların bakım ve güvenlik kontrollerinin aksatılmaması önerilmiştir (U.S. Food and Drug Administration, 2025).

Entübe veya yoğun bakım hastalarında hazırlık daha ayrıntılı olmalıdır. Hasta basınç odasına alınmadan önce yeterince stabilize edilmeli; ventilatör, monitör, infüzyon pompaları ve diğer tıbbi cihazların hiperbarik ortamla uyumluluğu doğrulanmalıdır. Damar yollarında ve infüzyon sistemlerinde hava bulunmamasına dikkat edilmeli, basınç değişikliklerinden etkilenebilecek sistemler kontrol edilmelidir. Endotrakeal tüp kafında bulunan hava basınç değişiklikleri sırasında hacim değiştirerek trakeal hasara veya kaçağa yol açabileceğinden, kaf yönetimi merkezin hiperbarik protokolüne uygun şekilde yapılmalıdır; sıvı ile doldurulması bu amaçla kullanılan yöntemlerden biridir (Miszewska et al., 2025; Schmitz et al., 2023).

Kabul Edilmiş Başlıca Endikasyonlar

UHMS'nin 15. baskıya ait güncel endikasyon listesine göre, aşağıdaki durumlar HBOT için kabul edilmiş endikasyonlar arasında yer almaktadır (Huang, 2024).

Endikasyon	Temel Amaç	Klinik Not
Hava veya gaz embolisi	Gaz kabarcıklarının hacmini azaltmak ve doku oksijenasyonunu artırmak	Acil HBOT endikasyonudur; tedavi mümkün olduğunca erken başlanmalıdır.
Karbonmonoksit zehirlenmesi	Doku hipoksisini düzeltmek ve CO'ya bağlı hücresel hasarı azaltmak	Ağır veya seçilmiş olgularda değerlendirilir.
Klostridyal miyozit ve miyonekroz (gazlı gangren)	Hipoksik/enfekte dokuda oksijenasyonu artırmak ve anaerobik enfeksiyon kontrolünü desteklemek	Cerrahi debridman ve uygun antibiyotik tedavisine yardımcıdır; bunların yerine geçmez.
Crush yaralanması, kompartman sendromu ve diğer akut travmatik iskemiler	Doku hipoksisini ve ödemi azaltarak canlı dokunun korunmasına katkıda bulunmak	Cerrahi değerlendirme ve gerekli dekompresyon geciktirilmemelidir.
Dekompresyon hastalığı	İnert gaz kabarcıklarının küçülmesini ve uzaklaştırılmasını hızlandırmak	Acil rekompresyon tedavisi temel yaklaşımdır.
Santral retinal arter oklüzyonu	İskemik retinaya oksijen sunumunu artırmak	Zaman bağımlı bir durumdur; erken hiperbarik değerlendirme önemlidir.
Seçilmiş problem yaraları	Hipoksik yara yatağında oksijenasyonu, anjiyogenezi ve yara iyileşmesini desteklemek	Özellikle uygun diyabetik ayak yaralarında standart yara bakımı ve vasküler değerlendirmeye ek olarak kullanılır.
Ağır anemi	Hemoglobinle oksijen taşımanın yetersiz olduğu durumda plazmada çözünmüş oksijen aracılığıyla doku oksijenasyonunu desteklemek	Özellikle kan transfüzyonunun mümkün olmadığı veya geciktiği seçilmiş ağır olgularda düşünülebilir.
İntrakranial apse	Hipoksik enfeksiyon odağında konak savunmasını ve antimikrobiyal tedaviyi desteklemek	Seçilmiş kompleks veya tedaviye dirençli olgularda cerrahi ve antimikrobiyal tedaviye yardımcı olarak kullanılır.

Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonları	Doku hipoksisini azaltmak ve enfeksiyon kontrolünü desteklemek	Acil ve tekrarlayan cerrahi debridman ile antibiyotik tedavisini geciktirmemelidir.
Refrakter osteomiyelit	Hipoksik kemik dokusunun oksijenasyonunu ve enfeksiyon kontrolünü desteklemek	Cerrahi ve uzun süreli uygun antimikrobiyal tedaviye ek olarak kullanılır.
Gecikmiş radyasyon hasarı	Hipovasküler ve hipoksik dokuda neovaskülarizasyon ve iyileşmeyi desteklemek	Yumuşak doku radyonekrozu ve osteoradyonekrozu bu grupta değerlendirilir.
Kompromize greft ve flepler	İskemik greft veya flepte oksijenasyonun artırılması ve doku kaybının sınırlandırılması	Normal greft/flep iyileşmesini hızlandırmak için rutin kullanılmaz; canlılığı tehdit altında olan dokularda yardımcı tedavidir.
Akut termal yanık	Ödem ve doku hipoksisini azaltarak yanık dokusunun korunmasını desteklemek	Seçilmiş olgularda standart yanık tedavisine yardımcı olarak uygulanır.
İdiyopatik ani sensörinöral işitme kaybı	Koklear oksijenasyonu artırarak işitme iyileşmesini desteklemek	Uygun hastalarda, özellikle erken dönemde standart tedaviye ek olarak değerlendirilir.
Avasküler nekroz (aseptik osteonekroz)	İskemik kemik dokusunda oksijenasyonu ve doku iyileşmesini desteklemek	Özellikle erken evre hastalıkta değerlendirilir.

Karbonmonoksit (CO) Zehirlenmesi

Karbonmonoksit (CO), karbon içeren maddelerin tam olmayan yanması sonucu oluşan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Hemoglobine oksijenden çok daha yüksek afiniteyle bağlanarak karboksihemoglobin (COHb) oluşturur ve dokulara oksijen taşınmasını bozar. Bununla birlikte CO toksisitesi yalnızca hipoksiye bağlı değildir; miyoglobin ve sitokrom oksidaz gibi hem içeren proteinlerin etkilenmesi, mitokondriyal disfonksiyon, oksidatif stres

ve inflamatuar süreçler de hücresel hasara katkıda bulunur. Beyin ve kalp, yüksek oksijen gereksinimleri nedeniyle CO toksisitesinden en fazla etkilenen organlardır (Freytag et al., 2023; Huang, 2024; Savioli et al., 2024).

Klinik tablo maruziyetin süresi ve şiddetine göre değişir. Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı-kusma ve halsizlik gibi özgül olmayan belirtilerden; konfüzyon, senkop, nöbet, bilinç kaybı ve komaya kadar uzanan nörolojik bulgular görülebilir. Kardiyak etkilenme ise taşikardi, hipotansiyon, miyokardiyal iskemi ve aritmi şeklinde ortaya çıkabilir. Akut dönem düzeldikten sonra bellek ve konsantrasyon bozukluğu, kişilik değişiklikleri, psikiyatrik belirtiler ve hareket bozukluklarıyla seyreden gecikmiş nörolojik sekeller gelişebilir (Savioli et al., 2024; Shih et al., 2025).

Tanı; maruziyet öyküsü, klinik bulgular ve COHb ölçümüne dayanır. COHb düzeyi maruziyeti doğrulamada yararlı olmakla birlikte zehirlenmenin şiddetini tek başına göstermez ve HBOT kararında tek belirleyici olarak kullanılmamalıdır. Özellikle daha önce oksijen tedavisi başlanmış hastalarda COHb düzeyi düşük ölçülebilir. Standart pulse oksimetre karboksihemoglobini oksihemoglobinden ayıramadığı için normal SpO_2 değeri CO zehirlenmesini dışlamaz. Nörolojik muayenenin yanı sıra elektrokardiyografi, kardiyak belirteçler, kan gazı ve laktat değerlendirmesi organ etkilenmesinin belirlenmesine yardımcı olur (Samson et al., 2025; Savioli et al., 2024).

Tedavide ilk basamak, hastanın maruziyet ortamından uzaklaştırılması ve %100 normobarik oksijenin gecikmeden başlanmasıdır. Spontan soluyan hastalarda rezervuarlı maske ile yüksek akımlı oksijen, solunum desteği gereken hastalarda ise %100 oksijenle mekanik ventilasyon uygulanır. HBOT gereksinimi,

normobarik oksijen ve gerekli destek tedavileri sürdürülürken değerlendirilmelidir (Anand et al., 2025; Samson et al., 2025).

CO zehirlenmesinde HBOT için klinik değerlendirme

HBOT; persistan veya ağır nörolojik bulgular, bilinç kaybı veya senkop, nöbet, miyokardiyal iskemi, ciddi aritmi, belirgin metabolik asidoz ve diğer ağır organ disfonksiyonu bulguları bulunan hastalarda erken dönemde değerlendirilmelidir. Yüksek COHb düzeyi, özellikle klinik tabloyla birlikte olduğunda HBOT kararını destekleyebilir; ancak tek başına yeterli değildir. Gebelikte fetal hemoglobinin CO'ya yüksek afinitesi ve fetal CO eliminasyonunun daha yavaş olması nedeniyle hiperbarik değerlendirme için eşik daha düşüktür ((Anand et al., 2025; Huang, 2024; Samson et al., 2025).

UHMS 15. baskıda akut semptomatik CO zehirlenmesi kabul edilmiş HBOT endikasyonları arasında yer almakta ve tedavinin mümkün olduğunca erken değerlendirilmesi önerilmektedir. Bununla birlikte HBOT'nin normobarik oksijene göre uzun dönem nörokognitif sonuçlar üzerindeki üstünlüğü konusunda kanıtlar tam olarak tutarlı değildir. Bu nedenle karar; COHb değerinden çok hastanın klinik şiddeti, nörolojik ve kardiyak etkilenmesi, gebelik durumu, maruziyetten geçen süre ve hiperbarik merkeze güvenli ulaşım olanağı birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Shih et al., 2025).

Dekompresyon Hastalığı ve Arteriyel Gaz Embolisi

Dekompresyon hastalığı, çevre basıncının azalması sırasında dokularda çözünmüş inert gazların aşırı doygunluğa ulaşarak doku ve damarlarda kabarcık oluşturması sonucu gelişir. En sık dalış sonrası görülmekle birlikte, basınçlı ortamlardan çıkış veya yüksek

irtifaya hızlı yükselme gibi çevre basıncının azaldığı durumlarda da ortaya çıkabilir. Oluşan kabarcıklar damarları ve dokuları doğrudan etkileyebildiği gibi endotel hasarı, inflamasyon ve koagülasyon aktivasyonu üzerinden de doku hasarına yol açabilir. Klinik tablo değişkendir; kas-eklem ağrıları ve deri bulgularından parestezi, güçsüzlük, vertigo, mesane disfonksiyonu, bilinç değişikliği ve kardiyopulmoner bozukluğa kadar uzanabilir. Özellikle spinal kord, beyin ve iç kulak tutulumu ciddi dekompresyon hastalığı bulguları arasında yer alır (Mitchell, 2024).

Arteriyel gaz embolisi, gaz kabarcıklarının arteriyel dolaşıma girmesiyle gelişir. Dalış sırasında en önemli mekanizma, yükselme sırasında akciğerlerde hapsolan gazın genişlemesine bağlı pulmoner barotravmadır. Bununla birlikte arteriyel gaz embolisi; santral venöz kateterizasyon, kardiyopulmoner bypass, mekanik ventilasyon ve çeşitli cerrahi veya invaziv girişimler sırasında iyatrojenik olarak da ortaya çıkabilir. Arteriyel kabarcıkların özellikle serebral dolaşımı etkilemesi nedeniyle bilinç değişikliği, nöbet ve fokal nörolojik defisitler ön plandadır. Anestezi altındaki hastalarda olay fark edilmeyebilir ve işlem sonrasında açıklanamayan uyanmada gecikme veya yeni gelişen nörolojik bulgular ilk belirti olabilir.

Dekompresyon hastalığı ve arteriyel gaz embolisinde ilk yaklaşım hava yolu, solunum ve dolaşımın stabilizasyonu ile yüksek konsantrasyonda oksijen uygulanmasını içerir. Erken dönemde sıvı desteği de tedavinin bir parçasıdır. Her iki tabloda da ciddi klinik bulguların varlığında temel tedavi rekompresyon ve hiperbarik oksijen tedavisidir. Görüntüleme yöntemleri tanıyı destekleyebilmekle birlikte normal sonuçlar dekompresyon hastalığı veya arteriyel gaz embolisini dışlamaz ve klinik olarak güçlü şüphe varlığında HBOT'nin geciktirilmesine neden olmamalıdır. Pulmoner

barotravma düşünülen hastalarda rekompresyon öncesinde pnömotoraks dışlanmalıdır. Hem dekompresyon hastalığı hem de hava veya gaz embolisi HBOT için kabul edilmiş endikasyonlar arasında yer almaktadır (Huang, 2024; Mitchell, 2024).

Diyabetik ve Diğer Problem Yaraları

Diyabetik ayak ülserlerinin gelişiminde periferik nöropati, tekrarlayan basınç ve travma, periferik arter hastalığı ve bozulmuş doku oksijenasyonu önemli rol oynar. Bu yaralarda hipoksi; fibroblast aktivitesi, kollajen sentezi, anjiyogenez ve lökositlerin bakterisidal fonksiyonlarını olumsuz etkileyerek yara iyileşmesini geciktirir. HBOT, hipoksik dokuda oksijen düzeyini artırarak hücresel onarım mekanizmalarını ve anjiyogenezi destekler, konak savunmasını güçlendirir ve yara iyileşmesine katkı sağlar. Bununla birlikte HBOT, standart yara bakımının yerine geçen bir tedavi değildir; debridman, enfeksiyon kontrolü, yara üzerindeki basıncın azaltılması (off-loading), glisemik kontrol ve gerekli hastalarda revaskülarizasyon temel tedavinin parçalarıdır (Chen et al., 2024; Huang, 2024).

HBOT, standart tedaviye rağmen yeterli iyileşme göstermeyen seçilmiş diyabetik ayak ülserlerinde adjuvan tedavi olarak uygulanır. Güncel Uluslararası Diyabetik Ayak Çalışma Grubu (IWGDF) kılavuzu özellikle iskemik veya nöroiskemik diyabetik ayak ülserlerinde, standart bakımın tek başına yetersiz kaldığı durumlarda HBOT'nin değerlendirilmesini önermektedir (Chen et al., 2024). En güçlü kanıt özellikle Wagner derece III ve üzerindeki iskemik ve enfekte diyabetik ayak yaraları için bulunmaktadır. Güncel veriler, uygun seçilmiş hastalarda HBOT'nin yara iyileşmesini artırabileceğini ve özellikle ileri Wagner derecelerinde amputasyon gereksinimini azaltabileceğini

desteklemektedir (Oley et al., 2024). Diyabetik olmayan kronik iskemik, venöz veya bası yaralarında ise HBOT'nin rutin kullanımını destekleyen kanıtlar daha sınırlıdır; bu nedenle tedavi, yara hipoksisi ve altta yatan patoloji dikkate alınarak hasta bazında değerlendirilmelidir (Huang, 2024).

Nekrotizan Yumuşak Doku Enfeksiyonları

Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonları, deri altı dokular ve fasyal planlar boyunca hızla ilerleyerek yaygın doku nekrozu, sepsis ve çoklu organ yetmezliğine yol açabilen yaşamı tehdit eden enfeksiyonlardır. Tedavinin temelini gecikmeden uygulanan agresif cerrahi debridman, uygun geniş spektrumlu antibiyotik tedavisi ve yoğun destek tedavisi oluşturur. HBOT bu temel yaklaşımlara ek olarak uygulanan adjuvan bir tedavidir ve cerrahi debridmanı hiçbir şekilde geciktirmemelidir. HBOT ile doku oksijenasyonunun artırılması; anaerobik mikroorganizmaların çoğalmasının ve toksin üretiminin baskılanmasına, lökositlerin bakterisidal aktivitesinin güçlendirilmesine ve yara iyileşmesinin desteklenmesine katkı sağlar. Bu nedenle uygun hastalarda, cerrahi ve medikal tedaviyle birlikte HBOT uygulanabilir (Hedetoft et al., 2021; Huang et al., 2023).

Radyasyon Hasarı ve Refrakter Osteomiyelit

HBOT, geç radyasyon hasarına bağlı yumuşak doku ve kemik nekrozu ile refrakter osteomiyelitte kabul edilmiş bir tedavi seçeneğidir (Huang, 2024). Radyoterapi sonrası gelişen ilerleyici vasküler hasar, doku hipoksisi ve fibrozis, aylar veya yıllar sonra yumuşak doku radyonekrozu ve osteoradyonekroz şeklinde ortaya çıkabilir. HBOT, hasarlı dokuda oksijenlenmeyi artırarak anjiyogenezi ve doku onarımını destekler; özellikle baş-boyun

bölgesindeki radyasyon hasarı ile mesane ve rektumun geç radyasyon hasarlarında kullanılabilir (Lin et al., 2023). Refrakter osteomiyelit ise uygun cerrahi ve antibiyotik tedavisine rağmen devam eden veya tekrarlayan kemik enfeksiyonudur. Bu hastalarda HBOT, cerrahi debridman ve uygun antimikrobiyal tedaviye ek olarak uygulanır; kemik dokusundaki oksijenlenmeyi artırması, konak savunmasını desteklemesi, anjiyogenezi ve kemik iyileşmesini uyarması tedaviye katkı sağlayan başlıca mekanizmalardır (Feng et al., 2025; Huang, 2024).

Kontrendikasyonlar

Mutlak kontrendikasyon

Tedavi edilmemiş pnömotoraks: HBOT için klasik mutlak kontrendikasyondur. Basınç değişiklikleri intraplevral gaz hacminde değişikliğe neden olarak özellikle dekompresyon sırasında tansiyon pnömotoraks gelişimine yol açabilir. HBOT gerekli ise pnömotoraksın tedavi edilmesi ve yeterli plevral drenajın sağlanması gerekir (Dejonckheere et al., 2026; Gropper et al., 2025).

Göreceli kontrendikasyonlar ve özel durumlar

Güncel yaklaşımda bu durumların çoğu HBOT'yi kesin olarak engellemez. Tedavinin gerekliliği, olası yararı ve hiperbarik ortama bağlı riskler her hasta için ayrı değerlendirilmelidir (Kot et al., 2023).

- **Obstrüktif akciğer hastalığı ve hava hapsi:** Astım, KOAH, pulmoner bül ve benzeri durumlarda dekompresyon sırasında pulmoner barotravma riski artabilir.

- **Üst solunum yolu ve sinüs hastalıkları:** Akut üst solunum yolu enfeksiyonu, sinüzit ve östaki tüpü disfonksiyonu orta kulak ve sinüs basıncının eşitlenmesini güçleştirebilir.
- **Nöbet bozukluğu:** Kontrolsüz nöbetler ve nöbet eşiğini düşüren klinik durumlar tedavi öncesinde değerlendirilmelidir. Nöbet öyküsü tek başına HBOT için mutlak kontrendikasyon değildir.
- **Klostrofobi:** Belirgin klostrofobi tedavinin tolere edilmesini güçleştirebilir; uygun hastalarda anksiyolitik tedavi veya diğer destekleyici önlemler kullanılabilir.
- **Ciddi kardiyak hastalık:** Dekompansasyon gösteren kalp yetersizliği veya hemodinamik instabilite HBOT öncesinde stabilize edilmeli ve yarar-risk değerlendirmesi yapılmalıdır.
- **Gebelik:** Tek başına mutlak kontrendikasyon değildir. Özellikle karbonmonoksit zehirlenmesi gibi ciddi endikasyonlarda anne ve fetüs açısından beklenen yarar dikkate alınarak HBOT uygulanabilir.
- **İntraoküler gaz:** Özellikle elektif HBOT'de göz içindeki ekspansil gazın varlığı önemli bir kontrendikasyon oluşturur ve gaz rezorbe olana kadar tedavinin ertelenmesi gerekebilir (Dejonckheere et al., 2026).
- **İmplante elektronik cihazlar:** Pacemaker ve diğer implante cihazların hiperbarik basınca uygunluğu tedavi öncesinde üretici bilgileriyle doğrulanmalıdır.

- **İlaçlar:** Bleomisin, doksorubisin ve sisplatin başta olmak üzere bazı antineoplastik ilaçlarla HBOT'nin birlikte veya yakın zamanlı uygulanması ilaç-spesifik değerlendirme gerektirir. Disülfiram ve mafenid kullanımında da dikkatli olunmalıdır (Dejonckheere et al., 2026; Gropper et al., 2025).

HBOT Komplikasyonları

HBOT genel olarak iyi tolere edilen bir tedavi olmakla birlikte, basınç değişiklikleri ve yüksek oksijen parsiyel basıncına bağlı çeşitli komplikasyonlar gelişebilir. Komplikasyonların görülme olasılığı uygulanan basınç, oksijen maruziyet süresi, toplam seans sayısı ve hastaya ait risk faktörlerinden etkilenir (Zhang et al., 2023).

Kulak ve sinüs barotravması

Orta kulak barotravması HBOT sırasında en sık karşılaşılan komplikasyonlardan biridir. Kompresyon sırasında orta kulak basıncının çevre basıncıyla eşitlenememesi kulak ağrısı, dolgunluk hissi ve hemotimpanuma, nadiren de timpanik membran rüptürüne neden olabilir. Benzer şekilde sinüs ostiumlarının tıkanması sinüs barotravmasına ve şiddetli yüz ağrısına yol açabilir. Hastalara tedavi öncesinde yutkunma ve valsalva gibi basınç eşitleme manevraları öğretilmeli, kompresyon hızı gerektiğinde azaltılmalıdır (Gropper et al., 2025; Zhang et al., 2023).

Pulmoner barotravma

Pulmoner barotravma, akciğerde hapsolmuş gazın özellikle dekompresyon sırasında genişlemesine bağlı olarak gelişebilir. Bölgesel hava hapsi ve büllöz akciğer hastalığı alveoler rüptüre

neden olarak pnömotoraks, pnömomediastinum veya arteriyel gaz embolisi ile sonuçlanabilir. Klinik HBOT protokollerinde kullanılan kontrollü ve yavaş dekompresyon nedeniyle pulmoner barotravma nadirdir; ancak geliştiğinde ciddi sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle tedavi öncesinde akciğer hastalığı ve hava hapsi açısından değerlendirme yapılmalı, mevcut pnömotoraks tedavi edilmeden HBOT uygulanmamalıdır (Gropper et al., 2025).

Santral sinir sistemi oksijen toksisitesi

Yüksek oksijen parsiyel basıncı santral sinir sistemi oksijen toksisitesine neden olabilir. Bulgular bulantı, baş dönmesi, görsel veya işitsel değişiklikler, parestezi ve kas seğirmelerinden bilinç değişikliği ve jeneralize tonik-klonik nöbete kadar değişebilir. Risk, oksijen parsiyel basıncı ve maruziyet süresi arttıkça yükselir; ateş, hipoglisemi, hiperkapni ve asidoz gibi durumlar nöbet eşiğini daha da düşürebilir (Groborz et al., 2025; Kot et al., 2023). Nöbet geliştiğinde temel yaklaşım oksijen maruziyetinin sonlandırılması veya azaltılmasıdır. Aktif nöbet sırasında ani dekompresyondan kaçınılmalıdır; çünkü kapalı gaz boşluklarının hızlı genişlemesi pulmoner barotravma riskini artırabilir (Gropper et al., 2025).

Pulmoner oksijen toksisitesi

Pulmoner oksijen toksisitesi, yüksek oksijen parsiyel basıncına uzun süreli veya tekrarlayan maruziyet sonucunda gelişir. Artmış reaktif oksijen türleri alveoler epitel ve kapiller endotelde hasara yol açabilir. Başlangıçta kuru öksürük ve substernal rahatsızlık görülebilir; maruziyetin devam etmesi vital kapasitede azalma, interstisyel ve alveoler hasar ve ağır olgularda solunum yetmezliği ile sonuçlanabilir. Risk özellikle uzun veya sık tekrarlanan HBOT seanslarında ve seanslar arasında da yüksek

konsantrasyonda oksijen alan kritik hastalarda önem kazanır. Uygun tedavi basıncı ve süresinin seçilmesi ile gerektiğinde oksijen solunumunun hava aralarıyla kesilmesi toksisite riskini azaltır (Groborz et al., 2025; Gropper et al., 2025; Kot et al., 2023).

Yangın riski

Hiperbarik ortamda yangın nadir görülmekle birlikte en ciddi güvenlik risklerinden biridir. Artmış oksijen konsantrasyonu veya parsiyel basıncı yanıcı maddelerin tutuşmasını kolaylaştırır ve yanma hızını belirgin şekilde artırır. Bu nedenle basınç odasına çakmak, kibrit, uygun olmayan elektronik cihazlar, yanıcı maddeler ve hiperbarik kullanıma uygunluğu doğrulanmamış ekipman alınmamalıdır. Elektriksel ekipman ve tıbbi cihazlar hiperbarik ortama uygun olmalı; oksijen konsantrasyonu kontrol edilmeli ve merkezlerde yangının önlenmesi, söndürülmesi ve hasta tahliyesine yönelik yazılı acil durum prosedürleri bulunmalıdır (Gropper et al., 2025; Kot et al., 2023).

Anestezi ve Yoğun Bakım Hastasında HBOT

Anestezi veya yoğun bakım desteği gerektiren hastalarda HBOT, standart ameliyathane ve yoğun bakım ortamından farklı teknik ve fizyolojik koşullar oluşturur. Basınç değişiklikleri; hava yolu ekipmanını, mekanik ventilasyonu, damar yollarını, infüzyon sistemlerini ve diğer tıbbi cihazları etkileyebilir. Ayrıca kritik hastanın hiperbarik merkeze transportu ve tedavi sonrasında yoğun bakım desteğinin yeniden düzenlenmesi de sürecin bir parçasıdır. Bu nedenle hasta HBOT öncesinde mümkün olduğunca stabilize edilmeli; hava yolu, ventilasyon, dolaşım, damar yolları ve drenaj sistemleri kontrol edilmeli ve tedavi boyunca gerekli yoğun bakım desteğinin kesintisiz sürdürülebileceğinden emin olunmalıdır. Kritik

hastalarda sürekli monitörizasyon ve önceden belirlenmiş standart uygulama protokolleri hasta güvenliğinin temelini oluşturur (Kot et al., 2023; Miszewska et al., 2025; Miszewska & Kot, 2026).

Mekanik ventilasyon gereken hastalarda kullanılacak ventilatörün hiperbarik ortamda çalışmaya uygunluğu önceden doğrulanmalıdır. Artan ortam basıncı gaz yoğunluğunu artırarak hava yolu direncinde artışa ve ventilasyon dağılımında değişikliğe neden olabilir; bu nedenle ventilatör performansı, tidal hacim, hava yolu basınçları ve karbondioksit eliminasyonu izlenmelidir. Endotrakeal tüp kafı da basınç değişikliklerinden etkilenir. Hava ile doldurulmuş kaf kompresyon sırasında küçülürken dekompresyon sırasında genişleyebilir ve kaf basıncındaki bu değişiklikler hava kaçağına veya trakeal mukozal hasara yol açabilir. Bu nedenle kaf basıncı kompresyon ve dekompresyon sırasında takip edilmeli veya merkezin protokolüne göre kaf sıvı ile doldurulmalıdır; seans sonrasında standart kaf uygulamasına geri dönülmesi unutulmamalıdır (Gropper et al., 2025; Miszewska & Kot, 2026).

Kritik hastalarda elektrokardiyografi, kan basıncı, oksijen satürasyonu ve gerektiğinde invaziv arter basıncı ile kapnografi gibi monitörizasyon yöntemleri tedavi boyunca sürdürülmelidir. Kullanılan monitörler, infüzyon pompaları, ventilatörler ve diğer elektrikli cihazların hiperbarik ortam için onaylanmış olması gerekir. Sürekli infüzyonların kesintisiz uygulanması planlanmalı; damar yollarında hava bulunmamasına özellikle dikkat edilmelidir. Basınç değişiklikleri kapalı sistemlerdeki gaz hacmini değiştirebildiğinden infüzyon hatları ve sıvı sistemleri tedavi öncesinde kontrol edilmeli, cam kaplardan kaçınılmalıdır. Plevral drenajı bulunan hastalarda drenaj sisteminin hiperbarik ortamda güvenli şekilde çalışabileceği

doğrulanmalıdır (Gropper et al., 2025; Miszewska et al., 2025; Miszewska & Kot, 2026).

HBOT sırasında sedasyon veya anestezi gerekebilir. Kullanılacak ilaçlar hastanın klinik durumuna göre titre edilmeli ve tedavi boyunca yeterli analjezi ve sedasyon sağlanmalıdır. Rutin hiperbarik basınçlarda intravenöz anesteziklerin kullanımında belirgin bir farmakokinetik değişiklik beklenmemekle birlikte, ilaç etkileri klinik olarak izlenmelidir. İnhalasyon anesteziklerinin kullanımı ise oda atmosferinin kontaminasyonu ve uygulama sistemlerinin basınca bağlı davranışı nedeniyle daha karmaşıktır. Özellikle nitröz oksit, kapalı gaz boşluklarına hızla difüze olabildiğinden gaz embolisi veya dekompresyon hastalığı bulunan hastalarda kullanılmamalıdır. Uygun hastalarda intravenöz anestezi ve gerekli durumlarda rejyonel teknikler hiperbarik ortamda uygulanabilir (Gropper et al., 2025).

Yoğun bakım hastasının güvenliği yalnızca basınç odasındaki tedavi süresiyle sınırlı değildir. Transport öncesi stabilizasyon, hava yolunun güvenliği, gerekli ilaç ve resüsitasyon ekipmanının hazırlanması, hiperbarik uyumlu cihazlara geçiş, HBOT sırasında sürekli monitörizasyon ve seans sonrasında standart yoğun bakım desteğinin yeniden kurulması aynı sürecin parçalarıdır. Mekanik ventilasyon, sürekli ilaç infüzyonu ve plevral drenaj gibi durumlar bakımın karmaşıklığını artırır (Miszewska et al., 2025). Bu nedenle özellikle kritik hastalarda tedavinin deneyimli hiperbarik tıp ve yoğun bakım ekibi tarafından yürütülmesi, görevlerin önceden belirlenmesi ve yapılandırılmış kontrol listelerinden yararlanılması uygun bir güvenlik yaklaşımıdır. Multiplace odalar, eğitimli personelin hasta ile aynı basınç ortamında bulunabilmesine ve gerekli müdahalelerin doğrudan yapılabilmesine olanak

sağladığından kritik hastaların yönetiminde önemli avantaj sağlayabilir (Kot et al., 2023).

Klinik Karar Algoritması

1. **HBOT endikasyonunu doğrula.** Hastanın güncel kabul edilmiş HBOT endikasyonlarından birine sahip olup olmadığı değerlendirilmelidir. HBOT'nin adjuvan olduğu durumlarda cerrahi, antibiyotik tedavisi, revaskülarizasyon veya yara bakımı gibi temel tedaviler geciktirilmemelidir (Huang, 2024; Kot et al., 2023).
2. **Acil HBOT gerektiren durumları tanı.** Karbonmonoksit zehirlenmesi, hava/gaz embolisi ve dekompresyon hastalığı gibi zaman duyarlı durumlarda hiperbarik tıp değerlendirmesi mümkün olan en kısa sürede yapılmalıdır. Güçlü klinik şüphe varlığında gereksiz tetkikler HBOT'un başlamasını geciktirmemelidir (Gropper et al., 2025).
3. **Tedavi edilmemiş pnömotoraksı dışla.** Pulmoner barotravma ve basınç değişiklikleri açısından akciğer hastalıkları ve hava hapsına yol açabilecek durumlar tedavi öncesinde değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025).
4. **Basınç eşitleme kapasitesini değerlendir.** Kulak ve sinüs hastalıkları ile östaki tüpü disfonksiyonu sorgulanmalı; hastanın kompresyon sırasında basınç eşitlemesini sağlayıp sağlayamayacağı belirlenmelidir.
5. **Hastaya özgü riskleri gözden geçir.** Nöbet öyküsü, kardiyopulmoner hastalıklar, gebelik, kullanılan ilaçlar ve HBOT sırasında komplikasyon riskini artırabilecek

diğer klinik durumlar değerlendirilerek bireysel yarar-risk analizi yapılmalıdır (Miszewska & Kot, 2026).

6. **Hasta, basınç odası ve ekipmanı tedaviye hazırla.** Kullanılacak ventilatör, monitör, infüzyon pompaları ve diğer tıbbi cihazların hiperbarik ortama uygunluğu doğrulanmalıdır. Kritik hastalarda transport, hava yolu, damar yolları, sürekli ilaç infüzyonları ve drenaj sistemleri önceden planlanmalıdır (Kot et al., 2023; Miszewska et al., 2025).
7. **Endikasyona uygun tedavi protokolünü belirle.** Uygulanacak basınç, oksijen maruziyet süresi, seans sıklığı ve toplam seans sayısı hastalığa ve klinik yanıta göre düzenlenmelidir (Kot et al., 2023).
8. **Tedavi sırasında hastayı yakından izle.** Barotravma, oksijen toksisitesi, nöbet ve kardiyopulmoner komplikasyonlar açısından klinik izlem yapılmalıdır. HBOT ile ilişkili en sık advers etkilerden biri kulak yakınmaları ve orta kulak barotravmasıdır (Zhang et al., 2023).
9. **Kritik hastada yoğun bakım desteğini kesintisiz sürdür.** Mekanik ventilasyon, hemodinamik monitörizasyon, vazoaktif ilaçlar ve diğer gerekli yoğun bakım tedavileri transport ve HBOT süresince devam ettirilmelidir (Miszewska et al., 2025).
10. **Tedavi yanıtını yeniden değerlendir.** HBOT'nin devamı ve seans sayısı sabit bir şemaya göre değil, endikasyona özgü klinik hedeflere ve hastanın yanıtına göre belirlenmeli; yetersiz yanıt veya komplikasyon

gelişmesi durumunda tedavi planı ve yarar-risk dengesi yeniden gözden geçirilmelidir (Kot et al., 2023).

Klinik Anahtar Noktalar

- HBOT, artmış ortam basıncı altında yüksek parsiyel basınçta oksijen uygulanmasına dayanan tıbbi bir tedavidir ve yalnızca uygun klinik endikasyonlarda kullanılmalıdır (Huang, 2024; Kot et al., 2023).
- Tedavi edilmemiş pnömotoraks, HBOT öncesinde mutlaka değerlendirilmesi ve tedavi edilmesi gereken temel kontrendikasyonlardan biridir. Basınç değişiklikleri özellikle dekompresyon sırasında pnömotoraksın genişlemesine ve yaşamı tehdit eden komplikasyonlara yol açabilir (Gropper et al., 2025).
- Hava/gaz embolisi ve dekompresyon hastalığı, acil değerlendirme ve rekompresyon gerektirebilen başlıca HBOT endikasyonlarıdır. Klinik şüphe güçlü olduğunda gereksiz tetkiklerle tedavi geciktirilmemelidir (Gropper et al., 2025; Huang, 2024).
- Karbonmonoksit zehirlenmesinde HBOT kararı yalnızca karboksihemoglobin düzeyine göre verilmemelidir. Klinik bulgular, özellikle nörolojik ve kardiyak tutulum, değerlendirmede ön planda olmalıdır (Gropper et al., 2025; Huang, 2024).
- Seçilmiş problem yaraları ve nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonlarında HBOT adjuvan tedavidir. Cerrahi debridman, antibiyotik tedavisi, revaskülarizasyon ve uygun yara bakımı gibi temel tedavilerin yerine

geçmemeli veya bunları geciktirmemelidir (Huang, 2024).

- Kulak ve sinüs barotravması, HBOT'nin en önemli pratik komplikasyonları arasındadır. Kulak yakınmaları HBOT sırasında en sık bildirilen advers etkilerden biridir; tedavi öncesinde basınç eşitleme kapasitesi değerlendirilmelidir (Gropper et al., 2025; Zhang et al., 2023).
- Oksijen toksisitesi ve yangın güvenliği her HBOT uygulamasında dikkate alınmalıdır. Yüksek oksijen parsiyel basıncı santral sinir sistemi ve pulmoner toksisiteye yol açabilir; hiperbarik ortamda yanıcı maddeler ve uygun olmayan elektrikli cihazlar ciddi güvenlik riski oluşturur (Kot et al., 2023).
- Anestezi veya yoğun bakım desteği gerektiren hastalarda ventilatör, monitör, infüzyon sistemi ve diğer tıbbi cihazların hiperbarik ortamda kullanıma uygunluğu tedavi öncesinde doğrulanmalıdır. Entübe hastalarda ventilasyon ve endotrakeal tüp kafı basınç değişiklikleri açısından özellikle izlenmelidir (Gropper et al., 2025; Kot et al., 2023).
- HBOT endikasyonları güncel UHMS 15. baskı endikasyonları çerçevesinde değerlendirilmelidir. Kanıtlanmış tıbbi endikasyonların dışında sunulan düşük basınçlı veya "wellness" amaçlı uygulamalar, standart tıbbi HBOT ile aynı kabul edilmemelidir (Huang, 2024).

Kaynakça

Anand, J., Pawlas, N., Schetz, D., & Kot, J. (2025). Management of acute intoxication with carbon monoxide - Polish Medical Society, Section of Clinical Toxicology position statement. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 38*(5), 457–473. doi: 10.13075/ijomeh.1896.02653.

Bosco, G., Brizzolari, A., Paganini, M., Camporesi, E., Vezzoli, A., & Mrakic-Sposta, S. (2025). Oxy-inflammation in hyperbaric oxygen therapy applications. *European Journal of Translational Myology, 35*(1), 12783. doi: 10.4081/ejtm.2025.12783.

Cannellotto, M., Yasells García, A., & Landa, M. S. (2024). Hyperoxia: Effective Mechanism of Hyperbaric Treatment at Mild-Pressure. *International Journal of Molecular Sciences, 25*(2), 777. doi: 10.3390/ijms25020777.

Capó, X., Monserrat-Mesquida, M., Quetglas-Llabrés, M., Batle, J. M., Tur, J. A., Pons, A., Sureda, A., & Tejada, S. (2023). Hyperbaric Oxygen Therapy Reduces Oxidative Stress and Inflammation, and Increases Growth Factors Favouring the Healing Process of Diabetic Wounds. *International Journal of Molecular Sciences, 24*(8), 7040. doi: 10.3390/ijms24087040.

Chen, P., Vilorio, N. C., Dhatariya, K., Jeffcoate, W., Lobmann, R., McIntosh, C., Piaggesi, A., Steinberg, J., Vas, P., Viswanathan, V., Wu, S., & Game, F. (2024). Guidelines on interventions to enhance healing of foot ulcers in people with diabetes (IWGDF 2023 update). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews, 40*(3), e3644. doi: 10.1002/dmrr.3644.

De Wolde, S. D., Hulskes, R. H., Weenink, R. P., Hollmann, M. W., & Van Hulst, R. A. (2021). The Effects of Hyperbaric Oxygenation on Oxidative Stress, Inflammation and Angiogenesis. *Biomolecules, 11*(8), 1210. doi: 10.3390/biom11081210.

Dejonckheere, C. S., Käsmann, L., Schmeel, L. C., Walter, S., Anzböck, T., Dreyer, S., Sarria, G. R., Gkika, E., & Layer, J. P. (2026). Hyperbaric oxygen therapy for chronic radiotherapy-related adverse effects: A clinically focused review. *CA: a Cancer Journal for Clinicians, 76*(1), e70058. doi: 10.3322/caac.70058.

Feng, J., Zhu, C., Zou, J., & Zhang, L. (2025). Hyperbaric Oxygen Therapy for the Treatment of Bone-Related Diseases. *International Journal of Molecular Sciences, 26*(3), 1067. doi: 10.3390/ijms26031067.

Freytag, D. L., Schiefer, J. L., Beier, J. P., & Grieb, G. (2023). Hyperbaric oxygen treatment in carbon monoxide poisoning - Does it really matter?. *Burns : Journal of the International Society for Burn Injuries, 49*(8), 1783–1787. doi: 10.1016/j.burns.2023.06.007.

Groborz, O., Marsalek, P., & Sefc, L. (2025). New insights into the mechanisms and prevention of central nervous system oxygen toxicity: A prospective review. *Life Sciences, 360*, 123169. doi: 10.1016/j.lfs.2024.123169.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Philadelphia, PA: Elsevier.

Hedetoft, M., Bennett, M. H., & Hyldegaard, O. (2021). Adjunctive hyperbaric oxygen treatment for necrotising soft-tissue infections: A

systematic review and meta-analysis. *Diving and Hyperbaric Medicine, 51*(1), 34–43. doi: 10.28920/dhm51.1.34-43.

Huang, C., Zhong, Y., Yue, C., He, B., Li, Y., & Li, J. (2023). The effect of hyperbaric oxygen therapy on the clinical outcomes of necrotizing soft tissue infections: a systematic review and meta-analysis. *World Journal of Emergency Surgery : WJES, 18*(1), 23. doi: 10.1186/s13017-023-00490-y.

Huang, E. T. (2024). *UHMS Hyperbaric Medicine Indications Manual* (15th ed.). North Palm Beach, FL: Best Publishing. https://www.bestpub.com/books/medical-books/hyperbaric-a-undersea-medicine/product/hyperbaric-medicine-indications-manual-15th-edition/category_pathway-31.html

Katsnelson, G., Salvatori, M., Djaiani, G., Greer, E., Tarshis, J., & Katznelson, R. (2025). Safety and efficacy of continuous glucose monitoring devices in individuals with diabetes undergoing hyperbaric oxygen therapy: a scoping review. *Diving and Hyperbaric Medicine, 55*(2), 164–172. doi: 10.28920/dhm55.2.164-172.

Kot, J., Desola, J., Lind, F., Mueller, P., Jansen, E., Burman, F., & Working Group, W. G. (2023). A European code of good practice for hyperbaric oxygen therapy - Review 2022. *Diving and Hyperbaric Medicine, 53*(4)(Suppl), 1–17. doi: 10.28920/dhm53.4.suppl.1-17.

Lee, Y. S., Ko, S. W., Lee, H. Y., Sun, K. H., Heo, T., & Lee, S. M. (2025). Risk Factors Associated with Middle Ear Barotrauma in Patients Undergoing Monoplace Hyperbaric Oxygen Therapy. *Yonsei Medical Journal, 66*(5), 302–309. doi: 10.3349/ymj.2024.0068.

Lin, Z. C., Bennett, M. H., Hawkins, G. C., Azzopardi, C. P., Feldmeier, J., Smee, R., & Milross, C. (2023). Hyperbaric oxygen therapy for late radiation tissue injury. *The Cochrane Database of Systematic Reviews, 8*(8), CD005005. doi: 10.1002/14651858.CD005005.pub5.

Lindenmann, J., Kamolz, L., Graier, W., Smolle, J., & Smolle-Juettner, F. M. (2022). Hyperbaric Oxygen Therapy and Tissue Regeneration: A Literature Survey. *Biomedicines, 10*(12), 3145. doi: 10.3390/biomedicines10123145.

Miszewska, A., & Kot, J. (2026). Staff-Reported Peri-Procedural Workflow Vulnerabilities and a Preliminary Checklist Prototype for Mechanically Ventilated Intensive Care Patients Undergoing Hyperbaric Oxygen Therapy: A Single-Centre Pilot Survey. *Journal of Clinical Medicine, 15*(14), 5418. doi: 10.3390/jcm15145418.

Miszewska, A., Kot, J., & Lenkiewicz, E. (2025). Safety of intensive care hyperbaric oxygen therapy sessions at a tertiary academic hospital. *Scientific Reports, 15*(1), 12131. doi: 10.1038/s41598-025-97226-6.

Mitchell S. J. (2024). Decompression illness: a comprehensive overview. *Diving and Hyperbaric Medicine, 54*(1Suppl), 1–53. doi: 10.28920/dhm54.1.suppl.1-53.

Oley, M. H., Oley, M. C., Kepel, B. J., Faruk, M., Wagiu, A. M. J., Sukarno, I., Tulong, M. T., & Sukarno, V. (2024). Hyperbaric Oxygen Therapy for Diabetic Foot Ulcers Based on Wagner Grading: A Systematic Review and Meta-analysis. Plastic and reconstructive surgery. *Global Open, 12*(3), e5692. doi: 10.1097/GOX.0000000000005692.

Samson, M., Gottlieb, M., Logue, C., & Popa, D. (2025). Hyperbaric Oxygen Therapy: An Evidence-Based Primer for Emergency Physicians. *The Journal of Emergency Medicine, 70*, 35–44. doi: 10.1016/j.jemermed.2024.09.009.

Savioli, G., Gri, N., Ceresa, I. F., Piccioni, A., Zanza, C., Longhitano, Y., Ricevuti, G., Daccò, M., Esposito, C., & Candura, S. M. (2024). Carbon Monoxide Poisoning: From Occupational Health to Emergency Medicine. *Journal of Clinical Medicine, 13*(9), 2466. doi: 10.3390/jcm13092466.

Schiavo, S., Brenna, C. T. A., Albertini, L., Djaiani, G., Marinov, A., & Katznelson, R. (2024). Safety of hyperbaric oxygen therapy in patients with heart failure: A retrospective cohort study. *PloS One, 19*(2), e0293484. doi: 10.1371/journal.pone.0293484.

Schmitz, J., Liebold, F., Hinkelbein, J., Nöhl, S., Thal, S. C., & Sellmann, T. (2023). Cardiopulmonary resuscitation during hyperbaric oxygen therapy: a comprehensive review and recommendations for practice. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 31*(1), 57. doi: 10.1186/s13049-023-01103-y.

Shih, R. D., Tomaszewski, C. A., Kaji, A., Diercks, D. B., Members of the American College of Emergency Physicians Clinical Policies Committee (Oversight Committee), Diercks, D. B., Anderson, J. D., Byyny, R., Carpenter, C. R., Friedman, B. W., Gemme, S. R., Gerardo, C. J., Godwin, S. A., Hatten, B. W., Haukoos, J. S., Kwok, H., Lo, B. M., Mace, S. E., Mattu, A., … Vandertulip, K.; American College of Emergency Physicians Clinical Policies Subcommittee (Writing Committee) on Carbon Monoxide Poisoning (2025). A Critical Issue in the Management of Adult Patients Presenting to the

Emergency Department With Acute Carbon Monoxide Poisoning: Approved by the ACEP Board of Directors January 22, 2025. *Annals of Emergency Medicine, 85*(4), e45–e59. doi: 10.1016/j.annemergmed.2024.12.005.

Thom S. R. (2011). Hyperbaric oxygen: its mechanisms and efficacy. *Plastic and Reconstructive Surgery, 127* (Suppl 1), 131S–141S. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181fbe2bf.

U.S. Food and Drug Administration (2025). Follow Instructions for Safe Use of Hyperbaric Oxygen Therapy Devices – Letter to Health Care Providers [Internet]. https://www.fda.gov/medical-devices/letters-health-care-providers/follow-instructions-safe-use-hyperbaric-oxygen-therapy-devices-letter-health-care-providers

Zhang, Y., Zhou, Y., Jia, Y., Wang, T., & Meng, D. (2023). Adverse effects of hyperbaric oxygen therapy: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Medicine, 10*, 1160774. doi: 10.3389/fmed.2023.1160774.

BÖLÜM 67

YOĞUN BAKIMDA KAN GAZI DEĞERLENDİRMESİ İLE MEKANİK VENTİLASYON BAŞLANGIÇ VE SONLANDIRMA KRİTERLERİ

DİLEK KAZANCI[1]

Giriş

Mekanik ventilasyon (MV), akut solunum yetmezliği gelişen kritik hastada en sık başvurulan yaşam kurtarıcı organ destek tedavilerinden biridir. Ancak mekanik ventilatörün kendisi altta yatan primer patolojiyi iyileştiren bir "tedavi aracı" değil, tedavi sürecinde solunum sistemini ve hemodinamiyi destekleyen bir "köprü" işlevi görür. Ventilatör desteğinin temel amacı; primer etiyolojiye yönelik tedavi sürdürülürken doku oksijenasyonunu ve alveoler ventilasyonu optimum düzeyde tutmak, solunum kaslarının aşırı iş yükünü hafifletmek ve bu süreçte ventilatör ilişkili akciğer

[1] Prof. Dr.,Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0002-8021-1451

hasarı (VILI) başta olmak üzere sekonder komplikasyonları önlemektir.

Klinik uygulamada yapılan en kritik hatalardan biri, mekanik ventilasyon başlatma veya sonlandırma kararlarını yalnızca arteriyel kan gazı (AKG) kâğıdındaki sayısal eşik değerlere indirgemektir. Ventilatör desteğinin başlatılması da ventilatörden ayrılma (weaning) ve sonlandırma (liberation) süreçleri de tek bir biyokimyasal veya fizyolojik parametreye değil; hastanın klinik tablosu, solunum mekaniği, hemodinamik dengesi ve metabolik durumunun bütüncül olarak değerlendirilmesine dayanır.

Mekanik Ventilasyon Başlama Endikasyonları

İnvaziv mekanik ventilasyon kararı, tek bir kan gazı parametresine dayandırılamaz; klinik tablo, solunum işi (work of breathing), hemodinami ve bilinç durumu birlikte ele alınır.

Tablo 1 Mekanik ventilasyon başlama endikasyonları ve klinik durumlar

Endikasyon Kategorisi	**Örnek Klinik Durumlar**	**Temel Patofizyolojik Sorun**
Hipoksemik Solunum Yetmezliği (Tip 1)	Pnömoni, ARDS, kardiyojenik/ non-kardiyojenik akciğer ödemi	Oksijen tedavisine rağmen yetersiz oksijenasyon, Şant/V/Q uyumsuzluğu ve artmış solunum işi
Hiperkapnik Ventilatuvar Yetmezlik (Tip 2)	KOAH alevlenmesi, astım atağı, obezite hipoventilasyon sendromu, nöromüsküler hastalıklar	Alveoler hipoventilasyon, $PaCO_2$ artışı, akut respiratuvar asidoz ve solunum kas yorgunluğu
Hava Yolu Korunamaması	Bilinç bozukluğu (GKS ≤8), masif GİS kanama, ağır kafa travması/nörolojik tablo	Aspirasyon riski, bulber disfonksiyon ve etkisiz koruyucu refleksler (öksürük/yutkunma)
Solunum Kas Yetersizliği	Guillain-Barré sendromu, Myasthenia Gravis atağı, yüksek servikal omurilik yaralanmaları	Yetersiz vital kapasite, pompa yetersizliği ve artan solunum yükü
Şok ve Sepsis	Ağır septik, kardiyojenik veya hipovolemik şok	Artmış metabolik yük, solunum kaslarının aşırı O_2 tüketimi ve doku perfüzyon yetersizliği
Travma ve Cerrahi	Yelken göğüs (flail chest), majör torakoabdominal cerrahiler, kafa travması	Toraks duvarı instabilitesi, gaz değişimi bozukluğu veya kontrollü sedasyon/ventilasyon gereksinimi

Arteriyel Kan Gazı (AKG) Analizinin Sistematik Değerlendirilmesi

Arteriyel kan gazı analizi, ventilatuvar ve metabolik durumu anlık olarak yansıtan vazgeçilmez bir tanısal araçtır. Bununla birlikte AKG sonuçları, hastanın o anki solunum çabası ve uygulanan

mekanik ventilatör destek parametreleri ile eşzamanlı olarak değerlendirilmelidir.

- pH: Asit-baz dengesinin genel durumunu yansıtır. Hücresel fonksiyonların korunması için dar bir aralıkta (7,35–7,45) tutulmaya çalışılır.
- $PaCO_2$: Alveoler ventilasyonun temel göstergesidir. Yükselmesi (hiperkapni) alveoler hipoventilasyonu, düşmesi (hipokapni) ise hiperventilasyonu gösterir.
- HCO_3^- / Baz Fazlası (BE): Metabolik bileşeni, kompanzasyon yanıtını ve kronik respiratuvar bozukluklardaki metabolik adaptasyonu değerlendirmede kullanılır.
- PaO_2 ve SaO_2: Oksijenasyonun temel parametreleridir. Ancak tek başlarına değil, uygulanan FiO_2 ve PEEP düzeyleri ile birlikte anlam kazanırlar.
- PaO_2 / FiO_2 (P/F) Oranı: Hipoksemik hastalarda (özellikle ARDS tanı ve evrelemesinde) oksijenasyon bozukluğunun şiddetini ve klinik gidişatı değerlendirmede altın standart parametrelerden biridir.

Tablo 2 Asit-baz ve ventilasyon bulgularının klinik yorumu

AKG Bulgusu	**Olası Klinik Tablo ve Yorum**
$PaCO_2$ Yüksek + pH Düşük	Akut respiratuvar asidoz (Alveoler hipoventilasyon, İMV ihtiyacı yönünde güçlü uyarı)
$PaCO_2$ Yüksek + HCO_3^- Yüksek + pH Nötr/Hafif Düşük	Kronik / Kompanse hiperkapni (KOAH, obezite-hipoventilasyon; bazı durumlarda permisif hiperkapni tablosu)
$PaCO_2$ Düşük + pH Yüksek	Respiratuvar alkaloz (Erken sepsis, ağrı, anksiyete, PE, yetersiz sedasyon, uygunsuz yüksek ventilatör ayarları)
pH Düşük + HCO_3^- Düşük	Metabolik asidoz (Septik/kardiyojenik şok, DKA, laktik asidoz, böbrek yetmezliği; belirgin kompanzasyonel hiperventilasyon riski)
PaO_2 Düşük (P/F < 300)	Hipoksemi / Solunum Yetmezliği (FiO_2, PEEP, parankimal akciğer tutulumu ve alveoler rekrütman kapasitesi ile birlikte yorumlanır)

Akciğer Koruyucu Ventilasyon ve Ventilatör Ayarlarının Etkileri

Geleneksel ventilasyon yaklaşımlarında kan gazı parametrelerini hızla tam "normal" normokapnik ve normoksik sınırlara çekmek hedeflenirken, güncel modern yaklaşım barotravma, volutravma, atelektotravma ve biyotravmayı önleyen Akciğer Koruyucu Ventilasyon (Lung-Protective Ventilation) stratejisini benimser.

1. İdeal Vücut Ağırlığına Göre Tidal Volüm (PBW - Predicted Body Weight): Tidal volüm (Vt) ayarında hastanın gerçek tartı kilosu değil, boyuna göre hesaplanan ideal vücut ağırlığı esas alınır (4–8 mL/kg PBW). Akciğer hacminin beden kütle indeksiyle değil, boy ve cinsiyetle orantılı olduğu unutulmamalıdır.
2. Plato Basıncı (Pplat): Alveoler aşırı gerilmeyi (overdistension) engellemek adına plato basıncı mutlaka <30 cmH_2O tutulmalıdır.

3. Sürüş Basıncı (Driving Pressure - ΔP): Pplat - PEEP farkını ifade eder. Biyotravmayı azaltmak ve mortaliteyi düşürmek için <14–15 cmH_2O seviyesinde tutulması önerilir.
4. Permisif Hiperkapni: Akciğer koruyucu düşük Vt stratejisi uygulanırken ortaya çıkan $PaCO_2$ artışına, intrakraniyal basınç artışı (SVO, kafa travması vb.) ve ciddi sağ kalp yetmezliği yoksa ve pH ≥7,20 seyrettiği sürece izin verilir.

Tablo 3 Ventilatör ayarlarının kan gazı ve fizyoloji üzerindeki etkileri

Ventilatör Parametresi	**Fizyolojik ve Kan Gazı Etkisi**	**Dikkat Edilmesi Gereken Riskler**
FiO_2	PaO_2 ve SaO_2 değerlerini doğrudan artırır.	Gereksiz yüksek kullanım, reabsorpsiyon atelektazileri ve hiperoksik serbest radikal hasarı
PEEP	Alveoler rekrütmana katkı sağlar, FRC'yi artırır.	Aşırı PEEP venöz dönüşü azaltarak kardiyak debiyi düşürebilir ve aşırı gerilmeye yol açabilir
Tidal Volüm (Vt)	Dakika ventilasyonunu (Ve) ve CO_2 atılımını doğrudan etkiler.	Akciğer koruyucu PBW sınırları (4–8 mL/kg) korunmalı, volutravma riski göz ardı edilmemelidir
Solunum Frekansı (f)	Dakika ventilasyonunu ve CO_2 atılımını etkiler.	Aşırı yüksek frekans ekspiryum süresini (Te) kısaltarak dinamik hiperinflasyon ve oto-PEEP oluşturabilir
İnspiratuvar Basınç	Basınç kontrollü modlarda tidal volümü belirler.	Akciğer kompliyansı ve hastanın eforuna göre değişkenlik gösterir; driving pressure yakından izlenmelidir

Ventilatörden Ayırma (Weaning) ve Spontan Solunum Denemesi (SBT)

Ventilatör desteğinin kademeli olarak azaltılması süreci weaning, hastanın yapay hava yolundan (endotrakeal tüp) ve

ventilatörden tamamen bağımsız hale getirilerek ekstübe edilmesi ise liberation olarak tanımlanır.

SBT öncesi klinik hazır oluş kriterleri

- Primer Nedenin İyileşmesi / Kontrol Altına Alınması: İMV başlama nedeninin gerilemiş veya düzeltilmiş olması.
- Oksijenasyon Stabilitesi: PEEP ≤8 cmH_2O ve FiO_2 ≤%40 veya %50 altında P/F ≥150–200 olması.
- Hemodinamik Stabilite: Vazopressör/inotrop ihtiyacının bulunmaması ya da çok düşük, kararlı dozlarda olması (ör. Düşük doz Noradrenalin).
- Nörolojik Hazır Oluş ve Sedasyon: Sedasyonun kesilmiş veya minimale indirilmiş olması, hastanın uyanık, koopere ve emir takip edebilir durumda bulunması.
- Metabolik ve Elektrolit Dengesi: Ağır elektrolit bozukluğunun (ör. Hipofosfatemi, hipokalemi) olmaması.

Güncel SBT yaklaşımı ve 2024 AARC kılavuz ilkeleri

- RSBI (Hızlı Yüzeyel Solunum İndeksi - f/Vt) Rolü: Güncel 2024 AARC (American Association for Respiratory Care) ve uluslararası weaning kılavuzlarına göre RSBI ölçümü, SBT'ye hazır oluşu belirlemede rutin olarak zorunlu değildir; klinik değerlendirmeye yardımcı bir ek parametredir.
- SBT Yöntemi ve Süresi: SBT denemeleri T-tüp aparatı ile veya düşük düzey basınç desteği (PSV 5–8 cmH_2O,

PEEP 5 cmH_2O) altında 30 ila 120 dakika süreyle uygulanır. Düşük PSV ile yapılan SBT'lerin ekstübasyon başarısını değerlendirmede iş yükünü daha fizyolojik düzeye çektiği gösterilmiştir.

Tablo 4 SBT sırasında izlenecek parametreler ve başarısızlık bulguları

İzlem Alanı	**Başarısızlık Göstergeleri ve Limitler**
Solunum Frekansı (f)	Belirgin ve persistan takipne (f >35/dakika veya bazal değere göre >%50 artış)
Solunum Paterni	Artan yüzeyel solunum, torakoabdominal paradoks, interkostal/skalen yardımcı kas kullanımı
Oksijenasyon	Belirgin desatürasyon (SpO_2 <%90 veya PaO_2 <60 mmHg)
Hemodinami	Yeni gelişen/artan vazopressör gereksinimi, belirgin taşikardi (Nabız >120/dk veya >%20 değişiklik), sistolik KB >180 mmHg veya < 90 mmHg
Semptomlar	Belirgin dispne, ajitasyon, terleme, huzursuzluk, diyoforez
Mental Durum	Yeni gelişen bilinç bozukluğu, konfüzyon, somnolans veya anksiyete
Gaz Değişimi (AKG)	Akut respiratuvar asidoz gelişimi (pH <7,32 veya $PaCO_2$'de belirgin artış)

Klinik Yaklaşımda Güncelleşen Eşikler

Geleneksel yoğun bakım uygulamalarında yer alan rijit ve katı sayısal eşikler, güncel kanıta dayalı tıp verileri ışığında esnetilmiş ve hasta bazlı bireyselleştirilmiştir.

Tablo 5 Geleneksel yaklaşımlar ile güncel rehber yaklaşımlarının karşılaştırılması

Parametre / Alan	**Geleneksel Eşik / Yaklaşım**	**Güncel Rehber Yaklaşımı (2024)**
PEEP ve Oksijenasyon	Katı bir şekilde PEEP ≤5 ve P/F >200 şartı aranması	SBT uygunluğu için genel oksijenasyon dengesi, PEEP yanıtı ve klinik tablo birlikte değerlendirilir.
pH Eşiği	SBT öncesi pH >7,25 katı zorunlu kriteri	pH değeri altta yatan kronik patoloji (ör. Kronik KOAH) ve klinik kompanzasyon ile birlikte yorumlanır.
RSBI Ölçümü	RSBI <100–105 zorunlu olumlu kriteri	RSBI yardımcı bir araçtır; SBT öncesinde rutin olarak ölçülmesi zorunlu değildir.
SBT Yöntemi	T-Tüp yönteminin temel zorunlu SBT metodu kabul edilmesi	SBT, T-tüp veya düşük basınç desteği (PSV 5–8 cmH_2O) ile başarıyla uygulanabilir.
Oksijen Toksisitesi Eşiği	Sabit %65 üstü toksisite eşiği	Sabit sınır yerine "mümkün olan en düşük yeterli FiO_2" (SpO_2 %92-96 hedefli) stratejisi uygulanır.
Fizyolojik Değişkenler	Hb >8 g/dL ve ateş olmaması katı koşulu	Bu faktörler ekstübasyon başarısını etkileyebilecek, hastaya özgü bireysel değişkenler olarak ele alınır.

Ekstübasyon Hazırlığı ve Post-Ekstübasyon Stratejileri

SBT'nin başarıyla tamamlanması tek başına ekstübasyon kararı için yeterli değildir. Hastanın hava yolunu koruma kapasitesi, öksürük refleksi ve sekresyon yükü mutlaka doğrulanmalıdır.

1. Kaf Kaçak Testi (Cuff Leak Test): Uzamış entübasyon, travmatik entübasyon veya laringeal ödem riski yüksek hastalarda uygulanır. Kaf indirildiğinde kaçak hacminin yetersiz kalması üst hava yolu ödemini düşündürür; bu durumda ekstübasyon ertelenip sistemik kortikosteroid tedavisi planlanabilir.

2. Öksürük Gücü ve Sekresyon Yönetimi: Etkili öksürük refleksi olmayan ve bol trakeal sekresyonu (> 2–3 saatte bir aspirasyon) olan hastalarda SBT başarılı olsa bile ekstübasyon başarısızlığı riski yüksektir.
3. Post-Ekstübasyon Solunum Desteği (Profilaktik Yaklaşım): Yüksek re-entübasyon riski taşıyan hastalarda (KOAH, ileri yaş, hiperkapnik hastalar, uzamış MV öyküsü, ciddi kardiyak komorbidite) ekstübasyonun hemen ardından profilaktik Non-İnvaziv Ventilasyon (NIV) veya Yüksek Akışlı Nazal Oksijen (HFNO) desteğine geçilmesi re-entübasyon oranlarını ve yoğun bakım kalış sürelerini anlamlı derecede azaltır.

Bölüm Özeti ve Klinisyen Notları

- Klinik Bütünlük: Ventilatör indikatörü yalnızca kan gazı kâğıdındaki sayılar değil; hastanın klinik bütünü, hemodinamisi ve solunum eforudur.
- Akciğer Koruyucu Ventilasyon: İdeal vücut ağırlığı (PBW) esas alınmalı, plato basıncı <30 cmH_2O ve driving pressure <14 cmH_2O sınırları içerisinde tutulmalıdır.
- Güncel Kılavuz Standartları: 2024 AARC ilkeleri doğrultusunda RSBI rutin zorunluluk olmaktan çıkmış, yardımcı parametre konumuna geçmiştir.
- Hava Yolu Güvenliği: SBT başarısı tek başına ekstübasyon için yeterli değildir; hava yolu koruması, öksürük refleksi ve sekresyon yükü ayrıca değerlendirilmelidir.

- Erken Destek Köprüsü: Yüksek riskli olgularda ekstübasyon sonrası profilaktik NIV/HFNO köprüsü kullanımı, re-entübasyon riskini azaltmada hayati öneme sahiptir.

Kaynakça

1. Roberts, K. J., Goodfellow, L. T., Battey-Muse, C. M., Hoerr, C. A., Carreon, M. L., Sorg, M. E., Glogowski, J., Girard, T. D., MacIntyre, N. R., & Hess, D. R. (2024). AARC clinical practice guideline: Spontaneous breathing trials for liberation from adult mechanical ventilation. Respiratory Care, 69(7), 891–901. https://doi.org/10.4187/respcare.11735

2. Ouellette, D. R., Patel, S., Girard, T. D., et al. (2017). Liberation from mechanical ventilation in critically ill adults: An official ATS/ACCP clinical practice guideline. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 195(1), 120–133.

3. Schmidt, G. A., Girard, T. D., Kress, J. P., et al. (2017). Liberation from mechanical ventilation in critically ill adults: Executive summary of ATS/ACCP clinical practice guideline. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 195(1), 115–119.

4 Fan, E., Del Sorbo, L., Goligher, E. C., et al. (2017). An official ATS/ESICM/SCCM clinical practice guideline: Mechanical ventilation in adult patients with ARDS. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 195(9), 1253–1263.

5. Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (Eds.). (2025). Miller's anesthesia (10th ed.). Elsevier.

6. Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (Eds.). (2023). Barash, Cullen, and Stoelting's clinical anesthesia (9th ed.). Wolters Kluwer.

7. Restrepo, R. D., et al. (2024). AARC clinical practice guideline: Patient-ventilator assessment. Respiratory Care. (Patient-ventilator assessment recommendations include plateau pressure, tidal volume based on predicted body weight, PEEP/auto-PEEP, driving pressure and Fi

BÖLÜM 68

YETİŞKİN İLERİ YAŞAM DESTEĞİ
Kardiyak Arrest, Peri-Arrest Aritmiler, Farmakolojik Tedavi ve Kardiyak Arrest Sonrası Bakım

İPEK ÜÇKAN[1]

Özet

Yetişkin ileri yaşam desteği (İYD), kardiyak arrest ve yaşamı tehdit eden kardiyovasküler acillerde yüksek kaliteli temel yaşam desteğinin; ritim değerlendirmesi, defibrilasyon, damar yolu, farmakolojik tedavi, ileri hava yolu yönetimi ve geri döndürülebilir nedenlerin hızla düzeltilmesiyle tamamlanmasını içerir. 2025 Amerikan Kalp Derneği (American Heart Association, AHA) Kardiyopulmoner Resüsitasyon ve Acil Kardiyovasküler Bakım Kılavuzları, erken ve kaliteli KPR ile hızlı defibrilasyonun önemini korurken damar yolu, ileri hava yolu, defibrilasyon, farmakolojik tedavi, peri-arrest aritmiler ve resüsitasyonun sonlandırılması gibi

[1] Uzm. Dr., Isparta Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-7986-6506

alanlarda güncel öneriler sunmaktadır (Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

Bu bölüm, erişkin kardiyak arrestin tanınması ve yönetimi ile peri-arrest bradikardi ve taşikardiye ilişkin temel yaklaşımı ve kardiyak arrest sonrası bakımı, anesteziyoloji pratiğine özgü geri döndürülebilir nedenleri de dikkate alarak ele almaktadır (Cao et al., 2025; Hirsch et al., 2025; Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

Öğrenme Hedefleri

- Yetişkin kardiyak arresti hızlı tanımak ve yüksek kaliteli KPR başlatmak.
- Şoklanabilir ve şoklanamaz ritimleri ayırt ederek uygun algoritmayı uygulamak.
- Defibrilasyonu güvenli ve kompresyon kesintilerini en aza indirecek şekilde yönetmek.
- IV ve gerektiğinde IO damar yolu ile ilaç uygulamasını doğru planlamak.
- Adrenalin ve defibrilasyona dirençli VF/nabızsız VT'de antiaritmik tedavinin güncel kullanımını bilmek.
- Geri döndürülebilir nedenleri sistematik olarak araştırmak ve tedavi etmek.
- Bradikardi ve taşikardide hastanın hemodinamik stabilitesini değerlendirerek uygun tedaviye yönelmek.
- ROSC sonrası oksijenasyon, ventilasyon, hemodinami, sıcaklık, nöbet ve nörolojik değerlendirmeyi planlamak.

- Resüsitasyonun sonlandırılması kararında klinik durum ve geçerli TOR kurallarını kullanmak.

İleri Yaşam Desteğinin Tanımı ve Kapsamı

İleri yaşam desteği; temel yaşam desteğine ek olarak EKG ritim analizi, defibrilasyon, IV/IO damar yolu, farmakolojik tedavi, ileri hava yolu yönetimi, dalga formlu kapnografi, kardiyak arrest ve peri-arrest kardiyovasküler acillerin yönetimi ile geri döndürülebilir nedenlerin tedavisini kapsar (Wigginton et al., 2025).

2025 AHA İYD kılavuzu erişkin kardiyak arrestin yanı sıra yaşamı tehdit eden kardiyovasküler aciller ve peri-arrest aritmiler için de öneriler içerir. Bu yaklaşım, erişkin temel yaşam desteği ve kardiyak arrest sonrası bakım önerileri ile birlikte değerlendirilmelidir (Hirsch et al., 2025; Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

Kardiyak Arrestin Tanınması ve İlk Yaklaşım

Yanıt vermeyen ve normal solumayan ya da yalnızca agonal soluyan erişkinde kardiyak arrest kabul edilmelidir. Sağlık profesyoneli, normal solunum yokluğunda nabzı en fazla 10 saniye değerlendirmeli; nabız kesin olarak alınamıyorsa kardiyak arrest kabul ederek KPR başlatmalıdır (Kleinman et al., 2025).

- Yardım/resüsitasyon ekibini çağırın ve defibrilatörü hazırlayın.
- Yüksek kaliteli göğüs kompresyonlarına gecikmeden başlayın.
- Defibrilatör gelir gelmez ritmi değerlendirin.

- Şoklanabilir ritimde erken defibrilasyon; şoklanamaz ritimde yüksek kaliteli KPR ve erken adrenalin yaklaşımını uygulayın.
- Eş zamanlı olarak IV damar yolu sağlayın; IV erişim hızlı şekilde sağlanamaz veya başarısız olursa IO erişime geçin (Wigginton et al., 2025).
- Geri döndürülebilir nedenleri sistematik olarak araştırın ve eş zamanlı tedavi edin.

Yüksek Kaliteli KPR

KPR kalitesi sağkalımın temel belirleyicilerindendir. Kompresyonlar uygun hız ve derinlikte yapılmalı, göğüs kafesinin tam geri yaylanmasına izin verilmeli ve kompresyonlara verilen ara mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır (Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025). KPR kalitesindeki 2025 güncellemelerinin ayrıntılı tartışması için bkz. Bölüm 69.

KPR sırasında ani ve belirgin $ETCO_2$ yükselmesi ROSC açısından uyarıcı olabilir; ancak klinik değerlendirme ve dolaşımın değerlendirilmesinin yerini almaz (Wigginton et al., 2025).

Parametre	**Hedef**
Kompresyon hızı	100–120/dk
Kompresyon derinliği	Erişkinde yaklaşık 5–6 cm; 6 cm'yi aşmaktan kaçınılır
Kompresyon–ventilasyon	İleri hava yolu yoksa 30:2
Göğüs kafesi geri yaylanması	Her kompresyon sonrası tam recoil
Kompresyon kesintileri	Ritim analizi, şok ve hava yolu işlemleri sırasında mümkün olan en kısa süre
İleri hava yolu sonrası ventilasyon	Kesintisiz kompresyon ile yaklaşık 10 soluk/dk
Kapnografi	Tüp yerini doğrulama, ventilasyon ve KPR kalitesinin değerlendirilmesine yardımcı olur; tek başına TOR kriteri değildir (Wigginton et al., 2025)

İleri Hava Yolu ve Kapnografi

Kardiyak arrest sırasında endotrakeal entübasyon veya supraglottik hava yolu, deneyimli ekip tarafından ve göğüs kompresyonlarını mümkün olduğunca az keserek uygulanmalıdır. İleri hava yolu girişimi, erken defibrilasyon ve yüksek kaliteli göğüs kompresyonlarının önüne geçmemelidir (Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

- Endotrakeal tüp yerleşimi dalga formlu kapnografi ile doğrulanmalıdır.
- Entübasyon sırasında kompresyonlara verilen ara mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
- İleri hava yolu yerleştirildikten sonra kompresyonlar kesintisiz sürdürülebilir ve yaklaşık 10 soluk/dk ventilasyon uygulanabilir.
- $ETCO_2$, KPR kalitesinin ve ROSC olasılığının değerlendirilmesine yardımcı olur; tek başına düşük $ETCO_2$ değeri resüsitasyonu sonlandırma gerekçesi değildir (Wigginton et al., 2025).

Damar Yolu: IV ve IO

2025 AHA kılavuzunda erişkin kardiyak arrestte başlangıçta IV damar yolu tercih edilmektedir. IV erişim başarısız olduğunda veya hızla sağlanamadığında IO erişim uygun alternatiftir (Wigginton et al., 2025). Bu önceliğin dayandığı güncel kanıtlar için bkz. Bölüm 69.

Yol	Güncel Yaklaşım
IV	İlk tercih; hızlı ve güvenilir periferik venöz erişim sağlanır.
IO	IV erişim başarısızsa veya hızla sağlanamıyorsa alternatif erişimdir.
Endotrakeal ilaç	Erişkin kardiyak arrestte rutin önerilmez.
İntrakardiyak	Rutin uygulama yeri yoktur.

Geri Döndürülebilir Nedenler: 4H ve 4T

Kardiyak arrest sırasında başarılı resüsitasyon yalnızca ritmin düzeltilmesine değil, arrestin nedeninin bulunup tedavi edilmesine bağlıdır. Geri döndürülebilir nedenlerin sistematik değerlendirilmesinde klinik pratikte yaygın kullanılan 4H–4T yaklaşımı kullanılabilir (Kleinman et al., 2025; Soar et al., 2021; Wigginton et al., 2025).

Özellikle anestezi ortamında hipoksi, hipovolemi/hemoraji, anestezik veya ilaç toksisitesi, tansiyon pnömotoraks, yüksek spinal/epidural blok, pulmoner emboli, hava veya yağ embolisi ve cerrahiye bağlı mekanik nedenler hızla değerlendirilmelidir.

Deneyimli uygulayıcılar tarafından, göğüs kompresyonlarını anlamlı biçimde kesintiye uğratmadan POCUS/ekokardiyografi kullanılarak tamponad, sağ ventrikül dilatasyonu, hipovolemi veya pnömotoraks gibi geri döndürülebilir nedenler araştırılabilir; ancak görüntüleme KPR kalitesini ve kompresyonların sürekliliğini olumsuz etkilememelidir (Wigginton et al., 2025).

Kardiyak Arrest Ritimleri

Kardiyak arrest ritimleri iki ana gruba ayrılır: şoklanabilir ritimler (VF ve nabızsız VT [pVT]) ve şoklanamaz ritimler (nabızsız elektriksel aktivite [PEA] ve asistoli). Bu ayrım tedavi algoritmasının temelini oluşturur (Wigginton et al., 2025).

Ritim	Temel Yaklaşım
VF / nabızsız VT	KPR + hızlı defibrilasyon + 2 dakikalık KPR döngüleri + uygun ilaçlar
PEA	KPR + mümkün olduğunca erken adrenalin + geri döndürülebilir nedenlerin tedavisi
Asistoli	KPR + mümkün olduğunca erken adrenalin + geri döndürülebilir nedenlerin araştırılması

Şoklanabilir Ritim: VF / Nabızsız VT

VF veya nabızsız VT saptandığında defibrilasyon geciktirilmemelidir. Şok hazırlanırken kompresyonlar sürdürülür; şok uygulandıktan hemen sonra ritim veya nabız kontrolü için gereksiz ara vermeden KPR'ye yeniden başlanır (Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

- VF/nabızsız VT'yi doğrulayın ve defibrilatörü hazırlayın.
- KPR'yi sürdürürken defibrilatörü hazırlayın.
- Bifazik defibrilatörde ilk şok için cihaz üreticisinin önerdiği enerji düzeyini kullanın.
- Şok sonrası hemen 2 dakika KPR'ye devam edin.
- Ritmi 2 dakikalık KPR döngülerinin sonunda mümkün olan en kısa sürede yeniden değerlendirin.
- Adrenalin, şoklanabilir ritimde başlangıç defibrilasyon girişimleri başarısız olduktan sonra 1 mg IV/IO olarak uygulanır ve 3–5 dakikada bir tekrarlanır.
- Defibrilasyona dirençli VF/nabızsız VT'de üçüncü şok sonrasında amiodaron veya lidokain düşünülebilir (Wigginton et al., 2025).

Refrakter VF/nabızsız VT'de ECPR ve DSED/vector-change defibrilasyon gibi güncel yaklaşımların kanıt düzeyi ve klinik kullanımı için bkz. Bölüm 69.

Defibrilasyon Güvenliği

- Şok sırasında hastaya hiçbir ekip üyesi temas etmemelidir.
- Göğüs çevresinde serbest oksijen birikimini önleyecek önlemler alınmalı ve oksijen kaynağı/ventilasyon ekipmanı elektrotlardan güvenli uzaklıkta tutulmalıdır.
- Elektrotların göğüs üzerinde uygun yerleşimi ve iyi temas sağlanmalıdır.
- Şok öncesi ve sonrası duraklama mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
- Şoktan sonra gereksiz ritim/nabız kontrolü yapılmadan hemen KPR'ye dönülmelidir (Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

Şoklanamaz Ritim: PEA ve Asistoli

PEA, organize elektriksel aktivite bulunmasına rağmen etkili mekanik dolaşımın olmamasıdır. Asistolide ventriküler elektriksel aktivite yoktur. Her iki durumda da defibrilasyon yapılmaz; yüksek kaliteli KPR, erken adrenalin ve geri döndürülebilir nedenlerin tedavisi esastır (Wigginton et al., 2025).

- KPR'ye devam edin.
- IV/IO erişim sağlanır sağlanmaz adrenalin uygulayın.

- Ritmi yaklaşık 2 dakikalık KPR döngülerinin sonunda yeniden değerlendirin.
- 4H–4T nedenlerini aktif olarak araştırın ve eş zamanlı tedavi edin.
- Organize elektriksel aktivite geliştiğinde nabız ve dolaşım bulgularını kısa süreyle değerlendirin; ROSC varsa kardiyak arrest sonrası bakıma geçin.

Adrenalin

Adrenalin erişkin kardiyak arrestte temel vazopresördür. 2025 AHA kılavuzunda standart IV/IO doz 1 mg olup 3–5 dakikada bir tekrarlanması makuldür. Şoklanamaz ritimde adrenalin mümkün olduğunca erken; şoklanabilir ritimde ise başlangıç defibrilasyon girişimleri başarısız olduktan sonra uygulanmalıdır (Wigginton et al., 2025).

Adrenalin ROSC ve kısa dönem sağkalımı artırır; ancak uzun dönem fonksiyonel nörolojik sonuçta belirgin yarar gösterilmemiştir. Yüksek doz adrenalin rutin olarak önerilmez (Wigginton et al., 2025).

Anafilakside kullanılan IM adrenalin dozları ile kardiyak arrestte kullanılan IV/IO adrenalin dozları birbirinden farklıdır; iki klinik durumun ilaç konsantrasyonları ve dozları karıştırılmamalıdır.

Vazopressin, tek başına veya adrenalinle kombine uygulandığında adrenalin monoterapisine kıyasla ek bir sağkalım avantajı sağlamamaktadır; bu nedenle adrenalin yerine rutin olarak önerilmemektedir (Wigginton et al., 2025).

Amiodaron ve Lidokain

Defibrilasyona rağmen devam eden/refrakter VF veya nabızsız VT'de antiaritmik tedavi düşünülebilir. 2025 AHA kılavuzunda amiodaron veya lidokain seçenekleri yer almaktadır (Wigginton et al., 2025).

İlaç	Temel Kullanım
Amiodaron	Refrakter VF/nabızsız VT; 300 mg IV/IO bolus, gerekirse 150 mg ek doz
Lidokain	Amiodaron kullanılamadığında veya uygun alternatif olarak; 1–1,5 mg/kg IV/IO başlangıç dozu, algoritmaya uygun ek dozlar

Antiaritmiklerin temel amacı defibrilasyona yanıt olasılığını artırmaktır; defibrilasyon ve yüksek kaliteli KPR'nin yerine geçmezler (Wigginton et al., 2025).

Sodyum Bikarbonat, Kalsiyum ve Diğer Özel İlaçlar

Sodyum bikarbonat kardiyak arrest sırasında rutin olarak önerilmez. Kalsiyum da rutin kardiyak arrest tedavisi değildir. Her iki ilaç da yalnızca uygun özel endikasyonlarda kullanılmalıdır (Wigginton et al., 2025).

- Rutin kardiyak arrestte sodyum bikarbonat verilmez.
- Rutin kardiyak arrestte kalsiyum verilmez.
- Şüpheli hiperkalemide EKG, klinik bağlam ve laboratuvar verileriyle hızlı değerlendirme yapılır.
- Hiperkalemiye bağlı arrestte kalsiyum, insülin-glukoz ve diğer nedene yönelik tedaviler güncel hiperkalemi protokolüne göre uygulanır.

- Trisiklik antidepresan gibi sodyum kanal blokeri toksisitelerinde sodyum bikarbonat özgül tedavinin parçasıdır.
- Rutin magnezyum kullanımı önerilmez; torsades de pointes gibi uygun özel durumlarda kullanılabilir (Wigginton et al., 2025).

İlaç uygulaması sırasında damar yolu, doz ve konsantrasyon hatalarını önlemek için kurum protokolü ve güncel resüsitasyon algoritması kullanılmalıdır.

Bradikardi

Bradikardi tek başına tedavi endikasyonu değildir. İlk karar hastanın hemodinamik olarak stabil olup olmadığıdır. Hipotansiyon, akut bilinç değişikliği, şok bulguları, iskemik göğüs rahatsızlığı veya akut kalp yetmezliği gibi bulgular varsa semptomatik/instabil bradikardi kabul edilerek acil tedavi gerekir (Wigginton et al., 2025).

Durum	Yaklaşım
Stabil bradikardi	Altta yatan neden, ilaçlar, iskemi, hipoksi ve metabolik bozukluklar değerlendirilir; tedavi altta yatan nedene yöneltilir.
İnstabil bradikardi	Atropin 1 mg IV; gerekirse 3–5 dakikada bir tekrarlanır (maksimum toplam 3 mg). Yanıt yetersizse transkutanöz pacing ve/veya epinefrin infüzyonu (2–10 µg/dk) veya dopamin infüzyonu (5–20 µg/kg/dk) düşünülebilir; uygun hastada transvenöz pacing değerlendirilir (Wigginton et al., 2025).

Atropin, özellikle yüksek dereceli AV blokta infranodal iletim bozukluğu düşünülen hastalarda etkisiz olabilir; bu durumda pacing hazırlığı geciktirilmemelidir (Wigginton et al., 2025).

Taşikardi

Taşikardide ilk adım hastanın hemodinamik stabilitesini değerlendirmektir. Hipotansiyon, akut bilinç değişikliği, şok,

iskemik göğüs rahatsızlığı veya akut kalp yetmezliği varsa instabil taşikardi kabul edilir ve uygun elektriksel tedavi geciktirilmemelidir (Wigginton et al., 2025).

- QRS genişliği (dar/geniş) ve ritmin düzenliliği değerlendirilir.
- İnstabil taşikardide senkronize kardiyoversiyon temel tedavidir; sedasyon uygulanabiliyorsa klinik duruma göre sağlanmalıdır ancak kardiyoversiyon geciktirilmemelidir.
- Dar ve düzenli taşikardide uygun hastada vagal manevralar ve ardından adenozin düşünülebilir. Adenozin 6 mg hızlı IV bolus, gerekirse 12 mg ile uygulanabilir.
- Stabil geniş QRS taşikardide ritmin düzenliliği ve monomorfik/polimorfik özellikleri değerlendirilerek uygun antiaritmik tedavi ve uzman desteği düşünülmelidir.
- Polimorfik VT'de güvenilir senkronizasyon sağlanamadığından defibrilasyon yaklaşımı gerekir.
- Elektrolit bozuklukları, iskemi, hipoksi ve ilaç/toksinler araştırılmalıdır (Wigginton et al., 2025).

ROSC: Spontan Dolaşımın Geri Dönmesi ve Kardiyak Arrest Sonrası Bakım

ROSC sonrasında resüsitasyon sona ermez. Amaç yeniden kardiyak arresti önlemek, oksijenasyon ve ventilasyonu optimize etmek, hemodinamik stabiliteyi sağlamak, arrest nedenini tedavi

etmek ve nörolojik iyileşme için uygun kardiyak arrest sonrası bakımı başlatmaktır (Hirsch et al., 2025).

- Hava yolu güvenliği değerlendirilir; ileri hava yolu yerleştirilmişse doğru konum dalga formlu kapnografi ile doğrulanır.
- Güvenilir SpO_2 veya PaO_2 ölçümü elde edilene kadar %100 FiO_2 kullanılabilir; güvenilir ölçüm sağlandıktan sonra FiO_2, SpO_2 %90–98 olacak şekilde titre edilir.
- Ventilasyon, ağır asidemi yoksa $PaCO_2$ 35–45 mmHg hedeflenecek şekilde düzenlenir.
- Hemodinamik destek sağlanır ve hipotansiyondan kaçınılır; hedef MAP ≥65 mmHg'dir.
- 12 derivasyonlu EKG erken dönemde elde edilir; gerekli hastalarda koroner değerlendirme ve diğer tanısal görüntülemeler planlanır.
- Arrestin nedeni ve resüsitasyon komplikasyonları tedavi edilir.
- Komutlara yanıt vermeyen veya nörolojik durumu değerlendirilemeyen hastalarda 32–37,5°C aralığında hedeflenmiş sıcaklık kontrolü stratejisi uygulanır; sıcaklık kontrolünün en az 36 saat sürdürülmesi makuldür (bkz. Bölüm 69).
- Komutlara yanıt vermeyen hastalarda klinik nöbet ve miyoklonus açısından değerlendirme yapılır ve EEG kullanılır.

- Nörolojik prognoz, sedatif ve nöromüsküler blokerlerin etkileri dikkate alınarak multimodal ve uygun zamanda değerlendirilmelidir (Hirsch et al., 2025).

Resüsitasyonun Sonlandırılması

Resüsitasyonun sonlandırılması tek bir süre, tek bir klinik bulgu veya tek bir $ETCO_2$ değerine dayandırılmamalıdır. 2025 AHA kılavuzları, resüsitasyonun sonlandırılması kurallarının olayın hastane içi veya hastane dışı olmasına, EMS sistemine ve kurumun ilgili protokollerine göre uygulanmasını vurgulamaktadır (Wigginton et al., 2025).

Hastane içi ve hastane dışı arrest, tanıklı/tanıksız olay, başlangıç ritmi, arrest nedeni, müdahale süresi, ROSC olasılığı, geri döndürülebilir nedenler ve ilgili kurum/EMS protokolleri birlikte değerlendirilmelidir. $ETCO_2$ tek başına resüsitasyonu sonlandırma gerekçesi olarak kullanılmamalıdır (Wigginton et al., 2025).

Anestezi Ortamında İYD'nin Özellikleri

Ameliyathanede kardiyak arrest çoğu zaman sürekli monitorizasyon altında ve potansiyel olarak geri döndürülebilir perioperatif nedenlerin bulunduğu bir ortamda gelişir. Bu nedenle standart İYD algoritmasına ek olarak anesteziye özgü nedenler hızla araştırılmalıdır (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025).

- Anestezik ilaç doz/uygulama hatası ve ciddi ilaç reaksiyonları.
- Hipoksi, ventilasyon yetersizliği ve hava yolu kaybı.
- Kanama ve akut hipovolemi.
- Yüksek spinal/epidural blok.

- Tansiyon pnömotoraks.
- Pulmoner emboli veya hava/yağ embolisi.
- Hiperkalemi, hipokalsemi ve diğer metabolik bozukluklar.
- Malign hipertermi ve diğer perioperatif özel durumlar.
- Akut koroner iskemi veya ciddi aritmi.
- İlaçların/şırıngaların ve infüzyonların doğrulanması; oksijen kaynağı, ventilatör/devre ve hava yolu kontrolü.

Anestezi ekibi, arrest sırasında defibrilasyon ve KPR'yi sürdürürken eş zamanlı olarak ventilatör devresi, hava yolu, cerrahi kanama, ilaç uygulamaları ve cerrahi nedenleri kontrol etmelidir.

Perioperatif Özel Durumlar

2025 AHA kılavuzları anafilaksi, astım, kardiyak cerrahi sonrası arrest, gebelik, hiperkalemi, hipotermi, pulmoner emboli ve toksikolojik nedenler gibi özel resüsitasyon durumları için ayrı öneriler sunmaktadır (Cao et al., 2025).

Bu konuların ayrıntılı tedavisi ilgili kitap bölümleriyle çapraz bağlantılı olarak ele alınmalı, anesteziye özgü klinik yönetim ilkeleri için genel anestezi kaynaklarına başvurulmalıdır (Gropper et al., 2025).

- Perioperatif anafilaksi: Adrenalin ve dolaşım desteği temel tedavidir; ayrıntılar ilgili anafilaksi bölümünde verilmiştir.
- Gebelikte arrest: Anne için yüksek kaliteli KPR, manuel uterin deplasman ve erken obstetrik/cerrahi koordinasyon

gerekir; ayrıntılı yaklaşım gebelikte anestezi bölümünde verilmelidir.

- Pulmoner emboli: Seçilmiş hastalarda reperfüzyon ve ileri yaşam desteği stratejileri değerlendirilir.
- Hiperkalemi: Nedene yönelik acil metabolik tedavi ile KPR birlikte yürütülür.
- Toksikolojik arrest: Spesifik antidot ve toksidrom temelli tedaviler dikkate alınır.
- Lokal anestezik sistemik toksisitesine bağlı arrestte standart KPR'ye ek olarak intravenöz lipid emülsiyonu ve diğer özgül tedaviler güncel LAST protokolüne göre uygulanmalıdır (Cao et al., 2025).

Klinik Karar Algoritması

Arrest şüphesi → yanıt/normal solunum yok → yardım + defibrilatör → yüksek kaliteli KPR → ritim değerlendirmesi →

VF/nabızsız VT → defibrilasyon → 2 dk KPR → ritim değerlendirmesi → başlangıç defibrilasyon girişimleri başarısızsa adrenalin → üçüncü şok sonrasında refrakter VF/nabızsız VT'de amiodaron veya lidokain → 2 dk KPR döngülerine devam.

PEA/asistoli → yüksek kaliteli KPR → mümkün olduğunca erken adrenalin → 4H–4T nedenlerini araştır ve tedavi et → 2 dk KPR döngülerinde ritmi yeniden değerlendir.

ROSC → hava yolu + oksijenasyon/ventilasyon + MAP ≥65 mmHg + erken EKG ve neden araştırması → nörolojik değerlendirme, sıcaklık kontrolü ve diğer kardiyak arrest sonrası bakım.

ROSC yoksa algoritmaya devam edilir; resüsitasyonun sonlandırılması, klinik durum ve geçerli EMS/kurum TOR kuralları ile sistematik olarak değerlendirilir (Hirsch et al., 2025; Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

Klinik Anahtar Noktalar

- Yüksek kaliteli KPR ve erken defibrilasyon kardiyak arrest tedavisinin temelidir (Kleinman et al., 2025; Wigginton et al., 2025).
- Şoklanabilir ritimlerde defibrilasyon geciktirilmemelidir; şok sonrası gereksiz ritim/nabız kontrolü yapılmadan KPR'ye dönülmelidir.
- Erişkin kardiyak arrestte IV damar yolu başlangıçta tercih edilir; IV hızlı şekilde sağlanamaz veya başarısız olursa IO erişim kullanılabilir (Wigginton et al., 2025).
- Adrenalin şoklanamaz ritimlerde mümkün olduğunca erken, şoklanabilir ritimlerde başlangıç defibrilasyon girişimleri başarısız olduktan sonra uygulanır (Wigginton et al., 2025).
- Amiodaron veya lidokain defibrilasyona dirençli VF/nabızsız VT'de KPR ve defibrilasyona ek olarak kullanılabilir.
- Rutin sodyum bikarbonat, kalsiyum ve magnezyum kullanımı önerilmez; özel endikasyonlar aranmalıdır (Wigginton et al., 2025).
- $ETCO_2$ yararlı bir fizyolojik monitördür ancak tek başına resüsitasyonu sonlandırma kriteri değildir (Wigginton et al., 2025).

- Bradikardi ve taşikardide tedavi kararının ilk basamağı hastanın hemodinamik stabilitesidir.
- ROSC sonrası bakım, resüsitasyonun ayrılmaz parçasıdır; SpO_2 %90–98, $PaCO_2$ 35–45 mmHg ve MAP ≥65 mmHg hedefleri temel fizyolojik hedeflerdir (Hirsch et al., 2025).
- Anestezi ortamında geri döndürülebilir perioperatif nedenler standart İYD algoritmasıyla eş zamanlı araştırılmalıdır.

Kaynakça

Cao, D., Arens, A. M., Chow, S. L., Easter, S. R., Hoffman, R. S., Lagina, A. T. III, Lavonas, E. J., Patil, K. D., Sutherland, L. D., Tijssen, J. A., Wang, G. S., Zelop, C. M., Rodriguez, A. J., Drennan, I. R., & McBride, M. E. (2025). Part 10: adult and pediatric special circumstances of resuscitation: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(suppl 2), S578–S672. doi: 10.1161/CIR.0000000000001380.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (Eds.). (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Hirsch, K. G., Amorim, E., Coppler, P. J., Drennan, I. R., Elliott, A., Gordon, A. J., Jentzer, J. C., Johnson, N. J., Moskowitz, A., Mumma, B. E., Presciutti, A. M., Rodriguez, A. J., Yen, A. K., & Rittenberger, J. C. (2025). Part 11: post–cardiac arrest care: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(suppl 2), S673–S718. doi: 10.1161/CIR.0000000000001375.

Kleinman, M. E., Buick, J. E., Huber, N., Idris, A. H., Levy, M., Morgan, S. G., Nassal, M. J., Neth, M. R., Norii, T., Nunnally, M. E., Rodriguez, A. J., Walsh, B. K., & Drennan, I. R. (2025). Part 7: adult basic life support: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency

Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(suppl 2), S448–S478. doi: 10.1161/CIR.0000000000001369.

Soar, J., Böttiger, B. W., Carli, P., Couper, K., Deakin, C. D., Djärv, T., Lott, C., Olasveengen, T., Paal, P., Pellis, T., Perkins, G. D., Sandroni, C., & Nolan, J. P. (2021). European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation*, *161*, 115–151. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.010.

Wigginton, J. G., Agarwal, S., Bartos, J. A., Coute, R. A., Drennan, I. R., Haamid, A., Kudenchuk, P. J., Link, M. S., Panchal, A. R., Pelter, M. M., Del Rios, M., Rodriguez, A. J., Perman, S. M., Sanko, S., Kotini-Shah, P., & Kurz, M. C. (2025). Part 9: adult advanced life support: 2025 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation, 152*(suppl 2), S538–S577. doi: 10.1161/CIR.0000000000001376.

BÖLÜM 69

KARDİYOPULMONER RESÜSİTASYONDA YENİLİKLER
2025 AHA/ILCOR Güncellemeleri, Kanıt Düzeyi ve Klinik Uygulamaya Yansımaları

İPEK ÜÇKAN[1]

Özet

Kardiyopulmoner resüsitasyon (KPR) alanındaki güncellemeler, yalnızca yeni ilaç veya cihazlardan değil; erken tanı, yüksek kaliteli göğüs kompresyonları, erken defibrilasyon, sistem organizasyonu, ekip performansı, post-kardiyak arrest bakım ve etik karar verme süreçlerinin birlikte geliştirilmesinden oluşmaktadır. 2025 AHA CPR/ECC kılavuzları, 2020 kılavuzlarının kapsamlı bir güncellemesi olarak yayımlanmış ve ILCOR'un 2025 bilimsel değerlendirmeleriyle uyumlu biçimde hazırlanmıştır (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

[1] Uzm. Dr., Isparta Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-7986-6506

Bu bölüm, önceki metindeki yaşam zinciri, KPR kalitesi, defibrilasyon, ileri hava yolu, mekanik KPR, ECPR ve yeni teknolojiler başlıklarını koruyarak güncellemiştir. Özellikle eski 2015 bilgileri güncel 2025 önerileriyle değiştirilmiş; rutin mekanik KPR'nin önerilmemesi, ilk damar yolu girişiminde IV yolun tercih edilmesi, DSED/vector-change defibrilasyonunun rutin kullanımının desteklenmemesi, post-arrest sıcaklık kontrolü ve bilişsel yardımcıların kullanımı gibi yeni başlıklar eklenmiştir (Del Rios et al., 2025).

Öğrenme Hedefleri

- 2025 AHA/ILCOR resüsitasyon güncellemelerinin temel değişikliklerini tanımlamak.
- Yüksek kaliteli KPR'nin güncel hedeflerini klinik uygulamaya aktarmak.
- Defibrilasyon, damar yolu ve ilaç tedavisindeki güncel yaklaşımı açıklamak.
- Mekanik KPR, DSED ve vektör değişimli defibrilasyonun kanıt durumunu değerlendirmek.
- İleri hava yolu, kapnografi ve fizyolojik izlem araçlarının yerini belirlemek.
- ROSC sonrası sıcaklık kontrolü ve nörolojik değerlendirmedeki güncellemeleri özetlemek.
- Resüsitasyon ekiplerinde bilişsel yardımcılar, ekip çalışması ve sistem performansının önemini kavramak.
- Yeni teknolojilerin klinik uygulamaya aktarılmasında kanıt düzeyi ve hasta güvenliğini gözetmek.

Resüsitasyon Biliminde Yeni Dönem

2025 AHA kılavuzları, 2020 kılavuzlarından sonraki ilk kapsamlı güncellemedir. Güncelleme, yeni kanıtların yanı sıra daha önce öneri bulunmayan konuları da kapsamaktadır (Del Rios et al., 2025). ILCOR'un 2025 Consensus on Science with Treatment Recommendations (CoSTR) çalışmaları ise yayımlanmış resüsitasyon kanıtlarını sistematik biçimde değerlendirerek ulusal ve bölgesel kılavuzların geliştirilmesine temel sağlamaktadır (International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

Güncel yaklaşımın temel mesajı, tek bir 'yeni tedavi' aramak yerine arrestin bütün bakım zincirinin optimize edilmesidir. Erken arrest tanıma, hızlı yardım sistemi, yüksek kaliteli KPR, erken defibrilasyon, uygun ileri yaşam desteği ve etkili post-kardiyak arrest bakım birlikte ele alınmalıdır (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

Evrensel Yaşam Zinciri

2025 AHA kılavuzlarında erişkin ve pediatrik hastane içi ve hastane dışı kardiyak arrest için ortak bir 'Universal Chain of Survival' yaklaşımı geliştirilmiştir (Del Rios et al., 2025). Bu yaklaşım, bakımın farklı ortamlarda aynı temel hedeflere göre organize edilmesini kolaylaştırır.

- Arrestin hızlı tanınması ve acil yanıt sisteminin aktive edilmesi.
- Erken ve yüksek kaliteli KPR.
- Erken defibrilasyon ve uygun ileri yaşam desteği.
- Spontan dolaşım sonrası bütüncül post-kardiyak arrest bakım.

- Rehabilitasyon ve uzun dönem iyileşme.
- Sistem düzeyinde kalite iyileştirme ve olay sonrası değerlendirme (Del Rios et al., 2025).

Yüksek Kaliteli KPR: Değişmeyen Temel, Daha İyi Uygulama

KPR'nin temel hedefleri 2025 güncellemesinde korunmuştur: kompresyonların 100–120/dk hızında ve erişkinde yaklaşık 5–6 cm derinlikte yapılması, tam göğüs geri dönüşüne izin verilmesi ve kompresyon kesintilerinin en aza indirilmesi (Del Rios et al., 2025; Kleinman et al., 2025).

- 100–120 kompresyon/dk.
- Erişkinde yaklaşık 5–6 cm kompresyon derinliği.
- Tam göğüs recoil.
- Gereksiz ventilasyondan ve hiperventilasyondan kaçınma.
- Defibrilasyon ve ileri hava yolu işlemlerinde kompresyon kesintilerini mümkün olduğunca kısa tutma.
- İleri hava yolu sonrası ventilasyonun yaklaşık 10/dk olacak şekilde kompresyonlarla koordine edilmesi (Del Rios et al., 2025; Kleinman et al., 2025).

2025 kılavuzlarının önemli mesajlarından biri, yalnız 'doğru sayıda kompresyon' yapılmasının yeterli olmadığı; kompresyon kalitesi, kesinti süresi, ekip koordinasyonu ve gerçek zamanlı geri bildirimle birlikte değerlendirilmesi gerektiğidir (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

Yabancı Cisim Aspirasyonunda Güncellenen Yaklaşım

2025 AHA kılavuzları, ciddi yabancı cisim aspirasyonunun (foreign-body airway obstruction, FBAO) yönetiminde sıralamayı değiştirmiştir. Erişkin ve çocuklarda artık sırt darbeleri ilk basamak olarak önerilmekte; nesne çıkana veya hasta yanıtsız hale gelene kadar 5 sırt darbesi ile 5 karın itmesi dönüşümlü olarak uygulanmaktadır (Del Rios et al., 2025). Bebeklerde karın itmeleri organ hasarı riski nedeniyle önerilmez; bunun yerine 5 sırt darbesi ile 5 göğüs itmesi dönüşümlü uygulanır (Del Rios et al., 2025).

- Erişkin ve çocuk: 5 sırt darbesi + 5 karın itmesi, dönüşümlü olarak tekrarlanır.
- Bebek: karın itmesi yerine 5 sırt darbesi + 5 göğüs itmesi uygulanır.
- Geç gebelikte veya karın çevrelenemiyorsa karın itmesi yerine göğüs itmesi tercih edilir.
- Hasta yanıtsız hale gelirse standart KPR başlatılır; ileri hava yolu öncesi ağızda görünür cisim kontrol edilir (Del Rios et al., 2025).

Bilişsel Yardımcılar ve Resüsitasyon Ekibi

2025 AHA kılavuzları sağlık profesyonellerinin resüsitasyon sırasında bilişsel yardımcılar kullanmasını önerilebilir bir uygulama olarak öne çıkarmaktadır. Amaç, stres altında ilaç dozları, algoritma sıralaması ve kritik görevlerin unutulmasını azaltmaktır (Del Rios et al., 2025).

- Defibrilatör/monitör üzerinde güncel algoritmaların bulunması.

- Arrest arabasında standart doz ve hazırlama kartları.
- İlaçların etiketlenmesi ve ekip içi yüksek sesli doğrulama.
- Resüsitasyon liderinin görev dağılımını açıkça yapması.
- CPR kalitesinin ayrı bir ekip üyesi tarafından izlenmesi.
- Olay sonrası debriefing ve sistematik kalite iyileştirme (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

Defibrilasyonda Güncellemeler

VF ve nabızsız VT'de defibrilasyon hâlâ temel yaşam kurtarıcı tedavidir. 2025 güncellemesinde, standart defibrilasyon stratejilerinin yerine yeni teknolojilerin rutin olarak konulması için yeterli kanıt olmadığı vurgulanmıştır (Del Rios et al., 2025).

Özellikle double sequential external defibrillation (DSED) ve vector-change (VC) defibrilasyonun refrakter VF'deki yararı henüz kesin olarak gösterilmemiştir ve 2025 AHA kılavuzu bu yöntemlerin rutin kullanımını önermemektedir (Del Rios et al., 2025).

- Erken ve etkili ilk defibrilasyon önceliklidir.
- Şok sonrası KPR'ye hemen dönülmelidir.
- Refrakter VF'de DSED veya VC defibrilasyon rutin standart haline getirilmemelidir.
- Bu teknikler yalnız uygun araştırma/kurum protokolleri veya deneyimli merkezlerin seçilmiş uygulamaları kapsamında değerlendirilmelidir (Del Rios et al., 2025).

Mekanik Göğüs Kompresyon Cihazları

Mekanik KPR cihazları teorik olarak kompresyon kalitesini standartlaştırabilir ve hareketli/erişimi güç ortamlarda sağlık çalışanlarının güvenliğini artırabilir. Ancak randomize çalışmalarda rutin mekanik KPR'nin manuel yüksek kaliteli KPR'ye kıyasla sağkalım veya nörolojik sonuçlarda üstünlüğü gösterilmemiştir (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

Bu nedenle 2025 AHA yaklaşımında mekanik KPR'nin rutin kullanımı önerilmez. Bununla birlikte, kaliteli manuel kompresyonların sürdürülemediği seçilmiş durumlarda; örneğin uzun süren resüsitasyon, sınırlı personel, hareketli ambulans, anjiyografi laboratuvarı veya belirli ECPR süreçlerinde cihaz kullanımı düşünülebilir (Del Rios et al., 2025).

ECPR: Ekstrakorporeal Kardiyopulmoner Resüsitasyon

ECPR, refrakter kardiyak arrestte seçilmiş hastalarda VA-ECMO aracılığıyla dolaşım ve oksijenasyonu geçici olarak destekleyen ileri bir resüsitasyon yöntemidir. Tüm kardiyak arrest hastalarına uygulanacak rutin bir tedavi değildir (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

- Potansiyel olarak geri döndürülebilir arrest nedeni.
- Uygun yaş ve komorbidite profili.
- Kısa 'low-flow' süresi hedeflenebilecek organizasyon.
- Deneyimli ECPR ekibi ve hızlı kanülasyon altyapısı.
- Önceden belirlenmiş hastane ECPR protokolü.

- Arrest sonrası anlamlı nörolojik iyileşme potansiyeli (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

ECPR'nin başarısı yalnız ECMO cihazına değil; hasta seçimi, erken tanı, yüksek kaliteli KPR, kanülasyon süresi ve merkez deneyimine bağlıdır.

İleri Hava Yolu ve Kapnografi

İleri hava yolu, resüsitasyon sırasında uygun hastada oksijenasyon ve ventilasyonu güvenceye almak için kullanılabilir; ancak entübasyonun kompresyonları ve defibrilasyonu geciktirmemesi gerekir (Del Rios et al., 2025). Dalga formlu kapnografi, endotrakeal tüp yerleşiminin doğrulanması ve KPR sırasında fizyolojik izlem için önemlidir.

- Entübasyon yalnız deneyimli ekip tarafından yapılmalıdır.
- Entübasyon için verilen kompresyon arası mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır.
- Dalga formlu kapnografi tüp yerini doğrulamada temel araçtır.
- $ETCO_2$ KPR kalitesini ve ROSC olasılığını değerlendirmeye yardımcı olabilir.
- $ETCO_2$'nin tek bir değeri, özellikle düşük değer, tek başına KPR'yi sonlandırma gerekçesi değildir (Del Rios et al., 2025).

Damar Yolu ve İlaç Uygulamalarındaki Güncelleme

2025 AHA erişkin kardiyak arrest yaklaşımında ilk damar yolu girişiminde IV erişimi IO erişime göre önceliklendirmektedir. IV erişim hızlı şekilde sağlanamaz veya başarısız olursa IO yol kullanılmalıdır (Del Rios et al., 2025).

Bu değişiklik, üç büyük randomize çalışmada başlangıç IO yaklaşımının erişkin OHCA'da IV'ye üstünlüğünün gösterilmemiş olmasıyla ilişkilidir (Del Rios et al., 2025).

Rutin endotrakeal ilaç uygulaması güncel erişkin ALS yaklaşımında önerilmemektedir. Bu nedenle eski kaynaklarda yer alan 'IV dozun üç katı ilaç + steril su ile ET uygulama' yaklaşımı kitap metninden çıkarılmıştır.

Adrenalin ve Anti-aritmiklerde Güncel Yaklaşım

Adrenalin kardiyak arrest algoritmasının temel ilaçlarından biridir. Şoklanamaz ritimlerde mümkün olduğunca erken, şoklanabilir ritimlerde ise defibrilasyon ve KPR döngülerinin uygun aşamasında uygulanır (Del Rios et al., 2025).

Refrakter VF/nabızsız VT'de amiodaron veya lidokain, defibrilasyon ve yüksek kaliteli KPR'ye ek olarak düşünülebilir. Bu ilaçların KPR'nin veya defibrilasyonun yerini almadığı vurgulanmalıdır (Del Rios et al., 2025; Wigginton et al., 2025).

Vazopressin, tek başına veya adrenalinle kombine uygulandığında, adrenalin monoterapisine kıyasla ek bir sağkalım avantajı sağlamamaktadır; bu nedenle adrenalin yerine rutin olarak önerilmemektedir (Wigginton et al., 2025).

- Adrenalin: şoklanamaz ritimde erken; şoklanabilir ritimde algoritmaya uygun zamanlama.

- Amiodaron veya lidokain: refrakter VF/nabızsız VT'de seçilmiş hastalarda.
- Vazopressin: adrenalin yerine veya adrenalinle kombine rutin kullanımı önerilmez (Wigginton et al., 2025).
- Rutin bikarbonat ve kalsiyum: önerilmez; özel endikasyon aranır.
- İlaç uygulamasında konsantrasyon ve doz hatalarını önlemek için bilişsel yardımcılar kullanılmalıdır (Del Rios et al., 2025).

Post-Kardiyak Arrest Bakımında Yenilik: Sıcaklık Kontrolü

ROSC sonrası sıcaklık yönetimi nörolojik sonlanımlar açısından önemini korumaktadır. 2025 AHA güncellemesi, komutlara yanıt vermeyen erişkinlerde sıcaklık kontrolünün en az 36 saat sürdürülmesini önermektedir (Del Rios et al., 2025; Hirsch et al., 2025).

Yaklaşımın amacı ateşi önlemek ve kontrollü sıcaklık yönetimi sağlamaktır. Spontan dolaşımın geri dönmesinden sonra ateş gelişimine izin verilmemeli; sıcaklık izlenmeli ve kurumun post-kardiyak arrest protokolüne göre yönetilmelidir (Del Rios et al., 2025; Hirsch et al., 2025). Erişkinlerde hipotansiyondan kaçınılmalı ve ROSC sonrası ortalama arter basıncı en az 65 mmHg olacak şekilde hedeflenmelidir (Hirsch et al., 2025).

Nörolojik Prognoz ve Multimodal Değerlendirme

Kardiyak arrest sonrası nörolojik prognoz tek bir test veya erken fizik muayene bulgusuna dayandırılmamalıdır. Klinik muayene, zaman içindeki seyir, EEG, görüntüleme ve uygun biyobelirteçler birlikte değerlendirilmelidir. Sedatif ilaçlar,

hipotermi ve metabolik bozukluklar değerlendirmeyi etkileyebileceğinden zamanlama önemlidir (Del Rios et al., 2025).

2025 güncellemesi pediatrik kardiyak arrest sonrası nörolojik sonuç tahmini için ayrıca öneriler getirmiştir; erişkin ve pediatrik algoritmaların birbirinden ayrılması gerekir (Del Rios et al., 2025).

Nalokson ve Opioid İlişkili Arrest

2025 kılavuzlarında şüpheli opioid ilişkili acil durumlarda naloksonun toplumda erişilebilirliğinin artırılması ve uygun kişilerce kullanılmasının önemi vurgulanmıştır (Del Rios et al., 2025). Ancak opioid ilişkili kardiyak arrest geliştiğinde nalokson, yüksek kaliteli KPR ve ventilasyonun yerine geçmez.

- Opioid toksisitesinde önce hava yolu ve ventilasyon değerlendirilir.
- Nabız yoksa standart KPR/ALS uygulanır.
- Naloksone erişim varsa uygun klinik bağlamda uygulanabilir.
- Naloksone yanıt beklenerek KPR veya ventilasyon geciktirilmemelidir (Del Rios et al., 2025).

Özel Durumlarda Resüsitasyon

2025 AHA kılavuzlarında özel durumlar için ayrı ve güncellenmiş öneriler bulunmaktadır. Bunlar anafilaksi, astım, kardiyak cerrahi sonrası arrest, drowning, elektrik çarpması, gaz embolisi, hiperkalemi, hipertermi/hipotermi, gebelik, pulmoner emboli ve çeşitli toksikolojik tabloları kapsar (Cao et al., 2025).

Anesteziyoloji pratiğinde özellikle perioperatif anafilaksi, lokal anestezik sistemik toksisitesi, hiperkalemi, gebelik, pulmoner

emboli, tansiyon pnömotoraks ve malign hipertermi gibi nedenler hızlı biçimde değerlendirilmelidir (Cao et al., 2025).

Yeni Teknolojiler: Ne Kadar Hazır?

Yapay zekâ, gerçek zamanlı CPR kalite geri bildirimi, otomatik ritim analizi, giyilebilir/uzaktan izlem sistemleri ve yeni defibrilasyon teknikleri resüsitasyon biliminde aktif araştırma alanlarıdır. Ancak yeni bir teknolojinin klinik kullanıma girmesi için fizyolojik olarak umut verici olması tek başına yeterli değildir; hasta merkezli sonlanımlar ve güvenlik verileri gereklidir (Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025).

Bu nedenle eğitim veya klinik kitaplarda 'gelecek vadeden teknoloji' ile 'kanıta dayalı standart tedavi' açık biçimde ayrılmalıdır.

Eğitim ve Simülasyonda Yenilikler

Resüsitasyon başarısı yalnız bilgiye değil, psikomotor beceri, ekip çalışması ve sistem performansına bağlıdır. 2025 AHA kılavuzlarında sağlık profesyonelleri için bilişsel yardımcıların kullanımı desteklenirken eğitimde gerçek klinik süreçlere uyumlu, tekrarlı ve performans odaklı uygulamaların önemi korunmaktadır (Del Rios et al., 2025).

- Senaryo temelli simülasyon.
- Gerçek zamanlı KPR kalite geri bildirimi.
- Defibrilatör ve ilaç hazırlama pratiği.
- Ekip liderliği ve kapalı devre iletişim.
- Arrest sonrası debriefing.

- Kurumsal veri analizi ve kalite iyileştirme.

Etik ve Resüsitasyon Kararları

2025 AHA güncellemesinde ilk kez CPR ve ECC için ayrı bir etik bölümü oluşturulmuştur (Del Rios et al., 2025). Resüsitasyonun başlatılması, sürdürülmesi, sonlandırılması, DNAR kararları, hasta özerkliği ve aile iletişimi klinik kararın etik boyutunu oluşturur.

- Hastanın önceden ifade edilmiş tercihleri ve ileri direktifleri dikkate alınmalıdır.
- Resüsitasyonun yararı ve olası zararları değerlendirilmelidir.
- DNAR kararı KPR'nin diğer uygun tedavilerin tümünü reddetmek anlamına gelmez.
- Kararlar mümkün olduğunca önceden ve multidisipliner biçimde planlanmalıdır.
- Acil durumda yaşam kurtarıcı tedavi, geçerli ve bilinen hasta tercihleriyle uyumlu biçimde yürütülmelidir (Del Rios et al., 2025).

Anestezi Pratiğine Yansıyan En Önemli Değişiklikler

- Eski 2015 algoritmaları yerine 2025 AHA/ILCOR kanıtlarının temel alınması.
- Başlangıç IV erişiminin erişkin arrestte IO'ya göre tercih edilmesi; başarısızlıkta IO'ya geçilmesi.
- Endotrakeal ilaç uygulamasının rutin yaklaşımdan çıkarılması.
- Rutin mekanik KPR'nin önerilmemesi.

- DSED ve vector-change defibrilasyonun rutin standart olarak önerilmemesi.
- $ETCO_2$'nin yararlı bir monitör olmasına karşın tek başına resüsitasyonu sonlandırma kriteri olarak kullanılmaması.
- ROSC sonrası en az 36 saat sıcaklık kontrolünün vurgulanması.
- Bilişsel yardımcılar ve ekip performansının sistematik olarak desteklenmesi (Del Rios et al., 2025).

Klinik Karar Akışı

Kardiyak arresti tanı → yardım/defibrilatör → yüksek kaliteli KPR → ritim analizi → VF/nabızsız VT: erken defibrilasyon + KPR döngüleri → PEA/asistoli: KPR + erken adrenalin → eş zamanlı 4H/4T → IV erişim, başarısızsa IO → ileri hava yolu gerekiyorsa kapnografi ile doğrulama → refrakter VF/nVT'de uygun antiaritmik → ROSC → oksijenasyon/ventilasyon + hemodinamik stabilizasyon + sıcaklık kontrolü + nörolojik değerlendirme → uygun hastada koroner/ileri tedavi → rehabilitasyon ve uzun dönem bakım (Cao et al., 2025; Del Rios et al., 2025; International Liaison Committee on Resuscitation, 2025; Kleinman et al., 2025).

Klinik Anahtar Noktalar

- 2025 AHA kılavuzları 2020'den sonraki ilk kapsamlı CPR/ECC güncellemesidir (Del Rios et al., 2025).
- Yüksek kaliteli KPR ve erken defibrilasyon hâlâ resüsitasyonun temelidir.

- IV erişim erişkin arrestte başlangıçta IO'ya tercih edilir; IV başarısızsa IO kullanılmalıdır (Del Rios et al., 2025).
- Rutin endotrakeal ilaç uygulaması artık önerilmemektedir.
- Rutin mekanik KPR önerilmez; yalnız kaliteli manuel KPR'nin güç olduğu seçilmiş durumlarda düşünülebilir.
- DSED ve vector-change defibrilasyonun rutin kullanımını destekleyen yeterli kanıt yoktur (Del Rios et al., 2025).
- $ETCO_2$ tüp doğrulaması ve fizyolojik izlem için değerlidir ancak tek başına sonlandırma kriteri değildir.
- ROSC sonrası komutlara yanıt vermeyen erişkinlerde en az 36 saat sıcaklık kontrolü önerilmektedir (Del Rios et al., 2025).
- Resüsitasyon başarısı yalnız ilaç ve cihazlara değil, sistem, ekip, eğitim ve kalite iyileştirmesine bağlıdır.
- Yeni teknolojiler kanıt düzeyi ve hasta merkezli sonlanımlar açısından değerlendirilmeden standart tedavi olarak sunulmamalıdır.

Kaynakça

Cao, D., Arens, A. M., Chow, S. L., Easter, S. R., Hoffman, R. S., Lagina, A. T. III, Lavonas, E. J., Patil, K. D., Sutherland, L. D., Tijssen, J. A., Wang, G. S., Zelop, C. M., Rodriguez, A. J., Drennan, I. R., & McBride, M. E. (2025). Part 10: adult and pediatric special circumstances of resuscitation: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(suppl 2), S578–S672. doi: 10.1161/CIR.0000000000001380.

Del Rios, M., Bartos, J. A., Panchal, A. R., Atkins, D. L., Cabañas, J. G., Cao, D., Dainty, K. N., Dezfulian, C., Donoghue, A. J., Drennan, I. R., Elmer, J., Hirsch, K. G., Idris, A. H., Joyner, B. L., Kamath-Rayne, B. D., Kleinman, M. E., Kurz, M. C., Lasa, J. J., Lee, H. C., McBride, M. E., … Previdi, J. K. (2025). Part 1: Executive Summary: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(16_suppl_2), S284–S312. doi: 10.1161/CIR.0000000000001372.

Hirsch, K. G., Amorim, E., Coppler, P. J., Drennan, I. R., Elliott, A., Gordon, A. J., Jentzer, J. C., Johnson, N. J., Moskowitz, A., Mumma, B. E., Presciutti, A. M., Rodriguez, A. J., Yen, A. K., & Rittenberger, J. C. (2025). Part 11: post–cardiac arrest care: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(suppl 2), S673–S718. doi: 10.1161/CIR.0000000000001375.

International Liaison Committee on Resuscitation. (2025). 2025 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and

Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. Resuscitation.

Kleinman, M. E., Buick, J. E., Huber, N., Idris, A. H., Levy, M., Morgan, S. G., Nassal, M. J., Neth, M. R., Norii, T., Nunnally, M. E., Rodriguez, A. J., Walsh, B. K., & Drennan, I. R. (2025). Part 7: adult basic life support: 2025 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation, 152*(suppl 2), S448–S478. doi: 10.1161/CIR.0000000000001369.

Wigginton, J. G., Agarwal, S., Bartos, J. A., Coute, R. A., Drennan, I. R., Haamid, A., Kudenchuk, P. J., Link, M. S., Panchal, A. R., Pelter, M. M., Del Rios, M., Rodriguez, A. J., Perman, S. M., Sanko, S., Kotini-Shah, P., & Kurz, M. C. (2025). Part 9: adult advanced life support: 2025 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation, 152*(suppl 2), S538–S577. doi: 10.1161/CIR.0000000000001376.

BÖLÜM 70

BEYİN ÖLÜMÜ

KEVSER DİLEK ANDIÇ[1]

Özet

Beyin ölümü değerlendirmesinin ön koşullarını, klinik nörolojik muayeneyi, beyin sapı reflekslerinin değerlendirilmesini, apne testini, destekleyici testleri ve beyin ölümü sonrası organ koruma yaklaşımını ele alır.

Ana Konular: Beyin ölümü • Klinik tanı • Beyin sapı refleksleri • Apne testi • Destekleyici testler • Organ koruma

Öğrenme Hedefleri

- Beyin ölümü kavramını ve ölümün nörolojik kriterlerle belirlenmesi yaklaşımını açıklayabilmek.
- Beyin ölümü değerlendirmesine başlamadan önce, gerekli ön koşulları sistematik olarak kontrol edebilmek.

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tıp Fakültesi, Bilecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Orcid: 0000-0002-2384-4201

- Sedatif, analjezik ve nöromüsküler bloker ilaçların etkisini dışlayabilmek.
- Derin koma ve beyin sapı reflekslerinin kaybını değerlendirebilmek.
- Apne testinin hazırlanmasını, uygulanmasını ve sonuçlarının yorumlanmasını açıklayabilmek.
- Klinik değerlendirme veya apne testinin tamamlanamadığı durumlarda destekleyici testlerin rolünü açıklayabilmek.
- Türkiye'deki iki hekimli beyin ölümü tanı sürecini ve organ koruma yaklaşımını bilmek.

Giriş

Beyin ölümü, klinik bir tanı olup tüm beyin ve beyin sapı fonksiyonlarının tam ve geri dönüşümsüz kaybını ifade eden ölüm durumudur. Güncel literatürde 'death by neurologic criteria' (DNC), yani ölümün nörolojik kriterlerle belirlenmesi terimi de yaygın olarak kullanılmaktadır. Beyin ölümü; koma, uyanıklık yanıtsızlığı sendromu veya minimal bilinçlilik durumları ile eş anlamlı değildir, evrensel olarak tıbben ve hukuken somatik ölüm ile eşdeğer olarak kabul edilir.

Beyin ölümü tanısı; geri dönüşümlü nedenlerin dışlanması, ağır ve geri dönüşümsüz beyin hasarının ortaya konması ve sistematik nörolojik değerlendirme ile konur. Tanı sürecinde ilaç etkileri, hipotermi, metabolik bozukluklar, hipotansiyon ve nöromüsküler blokaj gibi klinik değerlendirmeyi yanıltabilecek faktörler özellikle dikkate alınmalıdır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Beyin ölümü, genellikle akut ve yıkıcı bir beyin hasarı sonucu meydana gelir. Travmatik doku hasarı, beyin perfüzyonunda bozulma, yetersiz doku oksijenasyonu ve buna bağlı ödem nedeniyle artan intrakraniyal basınç (İKB), serebral perfüzyonda daha fazla azalmaya ve nihayetinde herniasyona veya kan akışının tamamen durmasına ve beyin dokusunun aseptik nekrozuna yol açar. Beyin perfüzyon basıncı (SPB) = ortalama arteriyel basınç (OAB) - intrakraniyal basınç (İKB) olarak özetlenen formülde de görüldüğü üzere kafa içi basıncının ortalama arteriyel basıncı aşması durumunda beyin perfüzyonunda kayıp oluşur (Starr et al., 2024).

Beyin ölümüne yol açan en yaygın etiyolojik süreçler sıklıkla, kardiyopulmoner arrest, travma, subaraknoid kanama ve intraserebral kanama gibi nedenlerdir (Starr et al., 2024).

Tarihçe

1959 yılında Mollaret ve Goulon, geri dönüşsüz koma ve ağır beyin fonksiyon kaybını tanımlayan ‘coma dépassé’ kavramını ortaya koymuştur. 1968 yılında Harvard kriterleri ve sonrasında yayınlanan çeşitli ulusal kılavuzlar, ölümün nörolojik kriterlerle belirlenmesine ilişkin yaklaşımın gelişmesini sağlamıştır.

Güncel yaklaşım yalnızca belirli reflekslerin yokluğunu değil, geri dönüşü olmayan ağır beyin hasarı zemininde bilinç, beyin sapı fonksiyonları ve spontan solunum kapasitesinin kaybının birlikte değerlendirilmesini esas alır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Türkiye’deki Hukuki Çerçeve

Türkiye’de tıbbi ölümün belirlenmesine ilişkin temel hukuki çerçeve, 1979 yılında yayımlanarak yürürlüğe giren 2238 sayılı “Organ ve Doku Alınması, Saklanması, Aşılanması ve Nakli

Hakkında Kanun" ile ilgili yönetmeliklerle oluşturulmuştur. Mevcut düzenlemede tıbbi ölümün gerçekleştiğine; biri nöroloji veya beyin ve sinir cerrahisi uzmanı, diğeri anesteziyoloji ve reanimasyon veya yoğun bakım uzmanı olmak üzere iki hekimin, kanıta dayalı tıp kurallarına uygun olarak oy birliğiyle karar vermesi esastır (Resmi Gazete, 2022, 2025).

T.C. Sağlık Bakanlığı 1993 yılında Organ ve Doku Nakli Hizmetleri Yönetmeliği'nin ekinde ilk defa "Beyin Ölümü Kriterleri" yayımlanmıştır. Beyin ölümüne ilişkin güncel rehber ise son olarak 2025 yılında yayımlanmıştır.

Kitapta mevzuata ilişkin uygulamalarda, uluslararası kılavuzlardan farklılık bulunması halinde Türkiye'de yürürlükte olan güncel mevzuat ve Sağlık Bakanlığı uygulama düzenlemeleri esas alınmalıdır.

Tanı Öncesi Ön Koşullar

Beyin ölümü değerlendirmesine başlamadan önce hastada beyin ölümüne yol açabilecek ağır ve geri dönüşümsüz bir beyin hasarının nedeni belirlenmelidir. Klinik tabloyu geri döndürebilecek durumlar dışlanmadan nörolojik ölüm tanısı konulmamalıdır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

- Beyin ölümüne yol açabilecek hastalık veya süreç kesin olarak belirlenmelidir.
- Ağır ve geri dönüşümsüz yapısal beyin hasarı klinik seyir ve uygun görüntüleme ile desteklenmelidir.
- Hipotansiyon düzeltilmeli ve yeterli sistemik perfüzyon sağlanmalıdır.

- Hipotermi düzeltilmeli ve uygun çekirdek vücut sıcaklığı sağlanmalıdır.
- Sedatif, hipnotik, opioid ve diğer bilinç baskılayıcı ilaçların etkisi dışlanmalıdır.
- Nöromüsküler bloker etkisi dışlanmalıdır.
- Ağır elektrolit, glukoz, asit-baz ve endokrin bozuklukları düzeltilmelidir.
- Toksikolojik nedenler ve ilaç intoksikasyonu dışlanmalıdır.

İlaç Etkisinin Dışlanması

Beyin ölümü değerlendirmesinde en önemli hatalardan biri, ilaç etkisinin yeterince dışlanmadan nörolojik muayeneye geçilmesidir. Barbitüratlar, benzodiazepinler, propofol, opioidler ve diğer sedatif/analjezik gibi ajanlar bilinç ve refleksleri baskılayabilir. Böbrek veya karaciğer yetmezliği, ileri yaş ve hipotermi ilaçların eliminasyonunu uzatabilir (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

İlacın adı, dozu, son uygulama zamanı ve infüzyon süresi kaydedilmeli; süreç ilacın farmakokinetik özellikleri ve hastanın organ fonksiyonları birlikte değerlendirilmelidir. İlaç düzeyi bakılabildiği takdirde düzeyin terapötik sınırın altında olduğu gözlendikten sonra beyin ölümü değerlendirmesine devam edilebilir. Eğer ilaç düzeyi ölçülemiyor ise; ilacın farmakokinetik özelliklerine uygun bir bekleme süresi tespit edilmeli, genel öneri olarak ilacın eliminasyon yarı ömrünün 5 katı kadar bir süre beklenmesi önerilmektedir. İlaç düzeyi ölçülemiyor ve ilaç maruziyeti güvenilir biçimde dışlanamıyorsa, klinik değerlendirmeyi desteklemek

amacıyla uygun yardımcı testlerin kullanımı gündeme gelebilir (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Klinik Nörolojik Muayene

Beyin ölümü klinik değerlendirmesinin temelini derin koma, beyin sapı reflekslerinin tam kaybı ve uygun koşullarda yapılan apne testi oluşturur (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023). Beyin sapı arefleksisi; mezensefalon, pons ve medulla oblangatadan geçen kraniyal sinirlere ait beyin sapı reflekslerinin muayenesini ve apne testini kapsar (Akan, 2023).

Derin koma ve ağrılı uyaran

Hastada bilinç bulunmamalı ve uygun santral ağrılı uyaranlara karşı amaçlı motor yanıt olmamalıdır. Spinal refleksler ve spinal otomatizmalar beyin ölümü bulunan hastalarda görülebilir ve bunların varlığı tek başına tanıyı dışlamaz (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Pupiller ışık refleksi

Her iki pupil orta hatta, dilate (4-9 mm) ve fiks halde olmalı, ışığa karşı beyin sapı aracılı pupiller refleks bulunmamalıdır (2. ve 3. kranial sinirler). Pupillerin değerlendirilmesinde travma, göz cerrahisi, oftalmolojik hastalıklar ve ilaçların etkisi dikkate alınmalıdır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Kornea refleksi

Kornea uyarısına karşı bilateral refleks yanıt alınmamalıdır (5. ve 7. kranial sinirler). Kornea bütünlüğünün bozulduğu travma veya cerrahi durumlarda testin güvenilirliği ayrıca değerlendirilmelidir.

Okülosefalik ve okülovestibüler refleksler

Okülosefalik ve okülovestibüler reflekslerin kaybı beyin sapı fonksiyonlarının değerlendirilmesinde önemlidir (3., 4., 6. ve 8. kranial sinirler). Servikal omurga yaralanması veya uygun olmayan anatomik koşullarda bazı testler yapılamayabilir. Muayenenin bir bölümü güvenilir biçimde tamamlanamıyorsa destekleyici test gereksinimi değerlendirilmelidir (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Fasiyal ve bulbar refleksler

Supraorbital çentik veya temporomandibular ekleme baskı şeklinde uygulanan santral ağrılı uyarana fasiyal yanıt olmamalıdır (5. ve 7. kranial sinirler). Öğürme ve öksürme gibi bulbar refleksler kaybolmuş olmalıdır (9. ve 10. kranial sinirler). Trakeal aspirasyon sırasında öksürük yanıtının olmaması beyin sapı fonksiyon kaybını destekleyen bulgulardandır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Spinal refleksler ve lazarus belirtisi

Derin tendon refleksleri, Babinski yanıtı, spinal refleksler ve bazı kompleks spinal otomatizmalar beyin ölümü gerçekleşmiş olan hastalarda görülebilir. Bunların bulunması tek başına beyin ölümü tanısını dışlamaz (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Lazarus belirtisi/refleksi, kolların fleksiyon ve adduksiyonla gövde üzerine doğru hareket etmesi şeklinde görülebilen spinal kaynaklı bir otomatizmadır. Literatürde nadir gözlendiği belirtilen bu tepki, *m. spinalisten* kaynaklanan üst ektremitenin istemsiz bir mekanik sinirsel deşarjdır (Moon & Hyun, 2017). Klinik değerlendirme sırasında bu tür hareketlerin beyin kaynaklı yanıtlarla karıştırılmaması gerekir.

Apne Testi

Apne testi, artan $PaCO_2$'ye rağmen beyin sapı solunum merkezinin spontan solunum oluşturup oluşturmadığını değerlendiren temel testtir (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023). Test; hipoksemi, hiperkarbi ve asidoz gibi riskleri nedeniyle, mutlaka yeterli oksijenasyon ve hemodinamik stabilite sağlanmış koşullarda optimum şartlar altında, diğer beyin ölümü muayene kriterleri karşılandıktan sonra ve sadece bir kez yapılmalıdır.

Test öncesi hazırlık (ön koşullar)

- Vücut sıcaklığı uygun düzeye getirilmeli ve varsa hipotermi/ hipovolemi düzeltilmelidir.
- Hemodinamik stabilite sağlanmalıdır.
- Başlangıç arter kan gazı alınarak $PaCO_2$ ve pH başlangıç değerleri kaydedilmelidir.
- Hasta yeterli şekilde preoksijenize edilmelidir.
- EKG, SpO_2 ve kan basıncı sürekli izlenmelidir.
- Testin güvenli biçimde sonlandırılabilmesi için yeniden ventilasyon planı hazır olmalıdır.

Apne testinin uygulanması ve yorumlanması

Ventilatör desteği kesilirken oksijenasyonun sürdürülmesi için uygun oksijen verme yöntemi kullanılmalıdır. Hastada spontan solunum çabası olup olmadığı sürekli gözlenirken aynı zamanda kan basıncı, kalp hızı ve SpO_2 değerleri de izlenir. Başlangıç ve test sonu arter kan gazları karşılaştırılır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Türkiye'deki yürürlükteki kriterlerde tanımlanan $PaCO_2$ eşikleri ve başlangıca göre artış koşulları sağlandığında, buna rağmen spontan solunum çabası görülmemesi apne testi açısından beyin ölümü ile uyumlu kabul edilir (Resmi Gazete, 2022). 2025 kılavuzu erişkinlerde $PaCO_2$'nin en az 60 mmHg'ye ulaşmasını ve başlangıç değerine göre en az 20 mmHg artmasını temel hedeflerden biri olarak belirtmektedir (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Apne testinin sonlandırılması

- Belirgin hipoksemi veya oksijenasyonun hızla bozulması.
- Ciddi hipotansiyon veya kardiyak aritmiler gibi hemodinamik instabilite gelişmesi.
- Spontan solunum çabasının görülmesi.
- Hedef $PaCO_2$/pH değerlerine güvenli biçimde ulaşılamaması.
- Testin hastada kabul edilemez risk oluşturduğunun ortaya çıkması.

Test güvenlik nedeniyle tamamlanamıyorsa sonuç doğrudan 'negatif' olarak kabul edilmez. Test tamamlanmamış veya yorumlanamaz kabul edilir ve uygun koşullarda apne testi tekrarlanır veya mevzuata uygun destekleyici test yaklaşımı değerlendirilir (Greer et al., 2023; Resmi Gazete, 2022; Shemie et al., 2023).

Kronik Hiperkapni

KOAH veya kronik hiperkapnik solunum yetmezliği bulunan hastalarda başlangıç $PaCO_2$ yüksek olabilir. Bu nedenle yalnız mutlak $PaCO_2$ değerine dayanmak yerine başlangıç $PaCO_2$, pH ve

hastanın kronik ventilasyon durumunun birlikte değerlendirilmesi gerekir. Ulusal mevzuat ve güncel kılavuz kriterleri esas alınmalıdır (Greer et al., 2023; Resmi Gazete, 2022; Shemie et al., 2023).

Apne Testinin Yapılamadığı Durumlar

Şiddetli hipoksemi, refrakter hipotansiyon, ciddi aritmi, yüksek ventilatör desteği gereksinimi veya başka bir nedenle apne testinin güvenli biçimde tamamlanamadığı durumlarda test sonlandırılmalıdır. Klinik muayene mümkün olduğunca tamamlanır ve mevzuatın izin verdiği durumlarda uygun destekleyici test kullanılır (Greer et al., 2023; Resmi Gazete, 2022; Shemie et al., 2023).

Destekleyici Testler

Destekleyici testler, klinik muayenenin tamamlanamadığı veya apne testinin güvenli biçimde uygulanamadığı seçilmiş durumlarda tanısal süreci desteklemek amacıyla kullanılır. 2023 uluslararası konsensus kılavuzu destekleyici testlerin klinik muayenenin yerine geçmemesi gerektiğini vurgulamaktadır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023). İntrakranial dolaşımı dokümante eden ve nöronal aktiviteyi gösteren testler olarak sınıflandırılabilen bu testlerden bazıları şunlardır:

- Transkraniyal Doppler ultrasonografi
- Serebral perfüzyon/nükleer tıp çalışmaları
- Kateter serebral anjiyografi (altın standart)
- BT anjiyografi – en sık kullanılan testtir, ulusal protokol ve güncel doğrulama kriterleri çerçevesinde değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır.

- EEG – uygun klinik bağlamda ve yöntemsel sınırlılıkları dikkate alınarak

Destekleyici testlerin seçimi ve tanısal değeri ülkelerin mevzuatına ve güncel kılavuzlara göre farklılık gösterebilir. Türkiye'de yürürlükteki ulusal kriterler esas alınmalıdır (Resmi Gazete, 2022).

Pediatrik Hastalarda Beyin Ölümü

Çocuklarda beyin ölümü değerlendirmesi yaşa özgü farklılıklar içerir. 2023 AAN/AAP/CNS/SCCM konsensus kılavuzu pediatrik hastalarda klinik muayene ve apne testlerinin uygulanmasına ilişkin özel öneriler sunmaktadır (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023). Türkiye'de pediatrik olgularda güncel ulusal mevzuat ve yaşa göre belirlenmiş kriterler esas alınmalıdır (Resmi Gazete, 2022).

Hipotermi ve İlaç Eliminasyonu

Hipotermi nörolojik refleksleri baskılayabilir ve sedatif ilaçların eliminasyonunu uzatabilir. Özellikle kardiyak arrest sonrası hedef sıcaklık yönetimi uygulanmış hastalarda ilaç etkisinin devam edebileceği unutulmamalıdır. Uygun sıcaklık sağlandıktan sonra ilaç etkisi ayrıca değerlendirilmelidir (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

ECMO Hastasında Değerlendirme

ECMO, özellikle VA-ECMO, gaz değişimi ve dolaşım fizyolojisini değiştirerek apne testini teknik olarak zorlaştırabilir. Bu hastalarda ECMO akımı, sweep gazı, oksijenasyon ve $PaCO_2$ yönetimi deneyimli multidisipliner ekip tarafından planlanmalıdır. Standart apne testi güvenli biçimde gerçekleştirilemiyorsa uygun

alternatif yaklaşım ve mevzuata uygun destekleyici test değerlendirilmelidir (Greer et al., 2023; Shemie et al., 2023).

Bekleme Süreci

Bekleme süreci, beyin ölümü klinik tanısını kesinleştirmek amacıyla yapılacak ikinci muayene için beklenmesi gereken süredir. Tanının konulduğu birinci nörolojik muayenedeki klinik tablonun yeni doğanda/2 aydan küçük bebeklerde 48 saat, 2 ay-1 yaş arası 24 saat, 1 yaş üzerindeki çocuklar ve yetişkinlerde 12 saat ve hipoksik iskemik beyin hasarına bağlı beyin ölümlerinde 24 saat sonra yapılan ikinci nörolojik muayenede de değişmeden devam ettiğinin ortaya konulması gereklidir. Bu süre içinde apne testinin tekrarlanmasına gerek yoktur. İlk nörolojik muayenede üç temel muayene bulgusunun beyin ölümü ile uyumlu olduğu vakalarda, destekleyici test ile serebral kan akımının olmadığının gösterilmesi durumunda bekleme süresinin tamamlanmasına ihtiyaç yoktur.

Beyin Ölümü Sonrası Donör Yönetimi

Beyin ölümü sonrasında başta otonomik,enflamatuar ve hormonal yanıtlar olmak üzere bir takım fizyolojik değişiklikler sonucunda hipotansiyon, diabetes insipidus, hipernatremi, hipotermi, hiperglisemi ve kardiyak disfonksiyon gelişebilir. Beyin ölümü tanısı konulduktan ve potansiyel donör belirlendikten sonra, bu fizyolojik değişikliklerin düzeltilmesi amacıyla donör bakımı ve organ yönetimi çok önemlidir. Bu süreç hem transplante edilecek organların sayısını ve işlevini korumak, hem de alıcının yaşam kalitesini iyileştirmek için gereklidir. Organ bağışı planlanıyorsa amaç, organ perfüzyonunu ve fonksiyonunu mümkün olan en iyi düzeyde korumaktır.

- Hemodinamik stabilite sağlanmalı, gerekli monitorizasyon teknikleri uygulanmalıdır.
- Ventilasyon desteği ve uygun kardiyovasküler destek sağlanmalıdır.
- İdrar çıkışı, serum sodyumu ve osmolalite izlenmelidir.
- Diabetes insipidus gelişirse uygun vazopressin/ desmopressin tedavisi değerlendirilmelidir.
- Termoregülasyon sağlanarak normotermi korunmalıdır.
- Glisemik kontrol sağlanmalıdır.
- Kardiyak fonksiyon gerektiğinde ekokardiyografi ile değerlendirilmelidir.
- Sıvı, vazopressör ve inotrop tedavileri organ koruma hedefleri doğrultusunda düzenlenmelidir.
- Stres ülser ve venöz tromboembolizm profilaksisi uygulanmalıdır.
- Beslenme desteği unutulmamalı, gereğinde kan ve kan ürünleri transfüzyonu da değerlendirilmelidir.

Aile İletişimi ve Etik

Beyin ölümü tanı süreci tamamlandıktan sonra vakit kaybedilmeden durum aile yakınlarına bildirilmelidir. Beyin ölümü tanısı aile için son derece zor bir süreçtir. Tanı açık, sade ve anlaşılır biçimde anlatılmalı; beyin ölümünün koma veya geri dönüş potansiyeli bulunan başka bir bilinç bozukluğu olmadığı net bir şekilde açıklanmalıdır.

Organ bağışı görüşmesi, ölümün nörolojik kriterlerle belirlenmesinden ve tanı koyan hekimlerin klinik kararından bağımsız, uygun eğitimli organ nakli koordinasyon ekibi tarafından yürütülmelidir. Ailenin sorularına zaman tanınmalı ve yanlış umut oluşturacak ifadelerden kaçınılmalıdır. Sosyokültürel dinamikler dikkate alınarak, vaka özelinde hareket edilmesi uygun bir yaklaşımdır.

Beyin ölümü teşhisi konulan vakalarda, kişi organ bağışçısı değilse ve organ bağışlanmasına ilişkin aile veya yasal vasi onayı olmaması durumunda uygulanan organ destek ve koruma protokollerine son verilebilir (T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Doku, Organ Nakli ve Diyaliz Hizmetleri Daire Başkanlığı, 2025).

Sık Hatalar

- Sedatif veya opioid etkisi devam ederken beyin ölümü tanısına ilerlemek.
- Rezidüel nöromüsküler blokajı gözden kaçırmak.
- Hipotermi veya ağır metabolik bozuklukları düzeltmeden değerlendirme yapmak.
- Apne testini güvenlik koşullarını sağlamadan uygulamak.
- Apne testinin tamamlanamamasını doğrudan negatif test olarak yorumlamak.
- Spinal refleksleri beyin kaynaklı hareket olarak kabul etmek.
- Destekleyici testi klinik muayenenin yerine koymak.

- Uluslararası kılavuz ile Türkiye'deki yasal kriterleri birbirine karıştırmak.
- Organ bağışı görüşmesini beyin ölümü tanı süreciyle aynı karar mekanizması olarak ele almak.

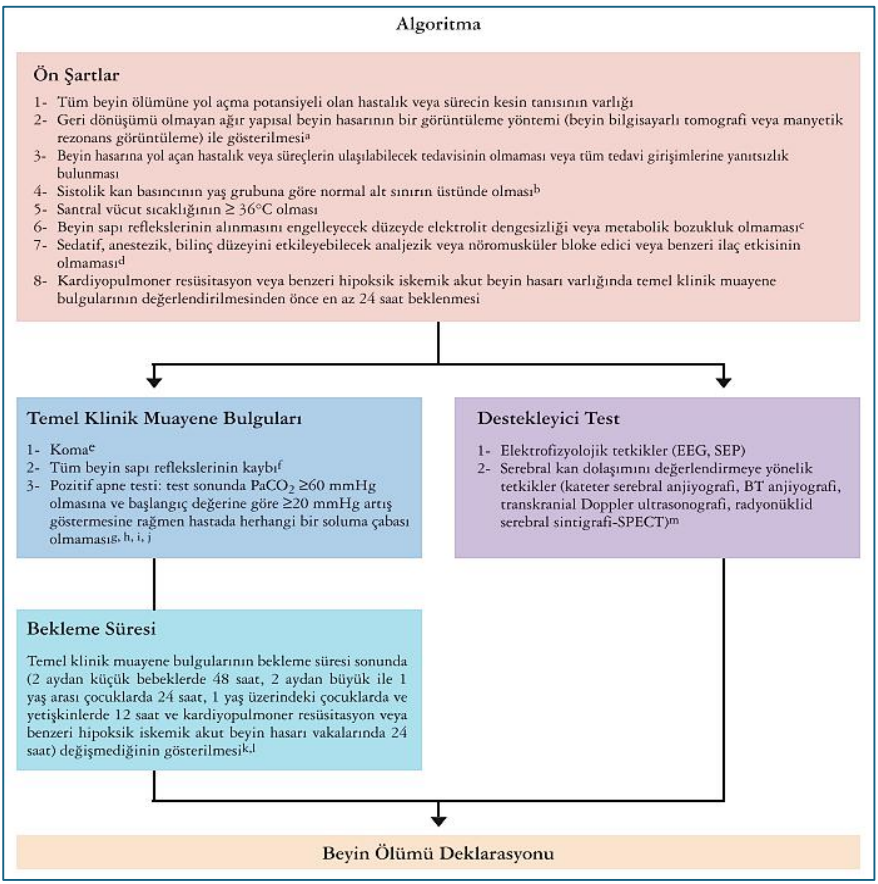
Klinik Karar Akışı

Ağır ve geri dönüşümsüz beyin hasarı şüphesi → etiyolojiyi belirle → geri dönüşümlü nedenleri düzelt → ilaç ve nöromüsküler blokaj etkisini dışla → hemodinamik ve termal koşulları düzelt → koma ve beyin sapı reflekslerini değerlendir → uygun koşullarda apne testi → sonuçları ulusal kriterlere göre değerlendir → test tamamlanamıyorsa uygun destekleyici testi değerlendir → iki hekim tarafından mevzuata uygun karar ve belgeleme → organ bağışı/organ koruma sürecini koordinasyon ekibiyle yürüt.

Klinik Anahtar Noktalar

- Beyin ölümü, koma veya uyanıklık yanıtsızlığı sendromu değildir.
- Tanıdan önce geri dönüşümlü nedenler mutlaka dışlanmalıdır.
- Sedatifler, opioidler, nöromüsküler blokerler, hipotermi ve metabolik bozukluklar kritik karıştırıcılardır.
- Klinik değerlendirme bilinç kaybı ve beyin sapı reflekslerinin kaybının sistematik gösterilmesine dayanır.
- Apne testi güvenli koşullarda uygulanmalı ve ulusal kriterlere göre yorumlanmalıdır.
- Apne testi tamamlanamıyorsa uygun destekleyici test yaklaşımı düşünülmelidir.

- Spinal reflekslerin bulunması tek başına beyin ölümünü dışlamaz.
- Türkiye'de iki hekimli tanı ve mevzuata uygun belgeleme esastır.
- Tanı kesinleştikten sonra organ koruma multidisipliner biçimde sürdürülmelidir.



Kaynakça

Akan, M. (2023). Coma and Brainstem Reflexes. *Turkish Journal of Intensive Care, 21* (Suppl 1), 9-10. https://turkishjic.org/article/view/600

Greer, D. M., Kirschen, M. P., Lewis, A., Gronseth, G. S., Rae-Grant, A., Ashwal, S., Babu, M. A., Bauer, D. F., Billinghurst, L., Corey, A., Partap, S., Rubin, M. A., Shutter, L., Takahashi, C., Tasker, R. C., Varelas, P. N., Wijdicks, E., Bennett, A., Wessels, S. R., & Halperin, J. J. (2023). Pediatric and Adult Brain Death/Death by Neurologic Criteria Consensus Guideline. *Neurology*, *101*(24), 1112–1132. doi: 10.1212/WNL.0000000000207740.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Moon, J. W., & Hyun, D. K. (2017). Chronic Brain-Dead Patients Who Exhibit Lazarus Sign. *Korean Journal of Neurotrauma*, *13*(2), 153–157. doi: 10.13004/kjnt.2017.13.2.153.

Resmî Gazete (2022). *Organ Nakli Hizmetleri Yönetmeliği.* Resmî Gazete Tarihi: 09.12.2022. Resmî Gazete Sayısı: 32038. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=39872&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5

Resmî Gazete (2025 Güncelleme). *Organ ve Doku Alınması, Saklanması, Aşılanması ve Nakli Hakkında Kanun.* Kanun Numarası: 2238, Resmî Gazete Tarihi: 03.06.1979, Resmî Gazete Sayısı: 16655, Son Güncelleme: 24.07.2025. https://mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=2238&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5

Shemie, S. D., Wilson, L. C., Hornby, L., Basmaji, J., Baker, A. J., Bensimon, C. M., Chandler, J. A., Chassé, M., Dawson, R., Dhanani, S., Mooney, O. T., Sarti, A. J., Simpson, C., Teitelbaum, J., Torrance, S., Boyd, J. G., Brennan, J., Brewster, H., Carignan, R., Dawe, K. J., … Rochwerg, B. (2023). A brain-based definition of death and criteria for its determination after arrest of circulation or neurologic function in Canada: a 2023 clinical practice guideline. Une définition cérébrale du décès et des critères pour sa détermination après l'arrêt de la circulation ou de la fonction neurologique au Canada : des lignes directrices de pratique clinique 2023. *Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien d'Anesthesie*, *70*(4), 483–557. doi: 10.1007/s12630-023-02431-4.

Starr, R., Tadi, P., Pfleghaar, N. (2024). *Brain Death.* StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538159/

T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Doku, Organ Nakli ve Diyaliz Hizmetleri Daire Başkanlığı (2025). *Beyin Ölümü Rehberi.* https://dosyamerkez.saglik.gov.tr/Eklenti/54523/0/beyin-olumu-rehberipdf.pdf

Thilen, S. R., Weigel, W. A., Todd, M. M., Dutton, R. P., Lien, C. A., Grant, S. A., Szokol, J. W., Eriksson, L. I., Yaster, M., Grant, M. D., Agarkar, M., Marbella, A. M., Blanck, J. F., & Domino, K. B. (2023). 2023 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Monitoring and Antagonism of Neuromuscular Blockade: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Neuromuscular Blockade. *Anesthesiology*, *138*(1), 13–41. doi: 10.1097/ALN.0000000000004379.

BÖLÜM 71

AĞRI

MERT YÜCESU[1], ŞEREF ÇELİK[2]

Özet

IASP (International Association Study of Pain) ağrıyı, "gerçek veya potansiyel doku hasarıyla ilişkili ya da buna benzeyen hoş olmayan duyusal ve emosyonel bir deneyimdir" şeklinde tanımlamıştır. Ağrı, yalnızca doku hasarının bir göstergesi olmayıp; biyolojik, psikolojik ve sosyal süreçler barındıran öznel bir hali ifade eder. Bu nedenle güncel yaklaşımda ağrı, nosisepsiyondan ayrı bir olgu olarak değerlendirilir ve hastanın ağrıya ilişkin ifadeleri geçerli klinik veri olarak kabul edilir (Raja et al., 2020).

Perioperatif ağrı yönetiminin amaçları, ağrı skorunu düşürmek, fonksiyonu korumak, erken mobilizasyonu kolaylaştırmak, opioid tüketimini ve ilaç ilişkili yan etkileri azaltmak ve akut postoperatif ağrının kronik ağrıya dönüşmesini

[1] Uzm. Dr., Abdurrahman Yurtaslan Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Algoloji Kliniği, Orcid: 0009-0007-2476-3706
[2] Uzm. Dr., Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Algoloji Kliniği, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-2360-0714

önlemektir. Güncel kılavuzlar, kontrendikasyon yoksa multimodal ve opioid-sparing yaklaşımı temel strateji olarak desteklemektedir (El-Boghdadly et al., 2024).

Öğrenme Hedefleri

- Ağrının güncel tanımını, temel fizyolojik ve klinik özelliklerini açıklayabilmek.
- Ağrıyı süre, kaynak ve mekanizma açısından sistematik biçimde sınıflandırabilmek.
- Nosiseptif, nöropatik ve nosiplastik ağrı mekanizmalarını ayırt edebilmek.
- Akut ve postoperatif ağrıyı geçerli ölçüm araçlarıyla değerlendirebilmek.
- Hastaya ve cerrahiye özgü multimodal, opioid-sparing analjezi planı oluşturabilmek.
- İlaçların (parasetamol, NSAİİ, opioidler, adjuvanlar vb.) doz, uygulama yolu, uygulama zamanı, etkinlik, yan etki takibi ve tedavisine ilişkin süreçleri izleyebilmek.
- Hastaya ve ameliyat bölgesine uygun lokal/rejyonel tekniklere karar verebilmek.
- Hasta kontrollü analjezi ve bölgesel analjezi yöntemlerinin temel prensiplerini açıklayabilmek.
- Özellikle opioid ilişkili sedasyon, solunum depresyonu, bulantı-kusma gibi yan etkilerin takibi ve tedavisinde izlenecek yolu belirleyebilmek.

Ağrının Güncel Tanımı

IASP 2020 yılında ağrının tanımını güncelleyerek "gerçek veya potansiyel doku hasarıyla ilişkili veya buna benzeyen hoş olmayan duyusal ve emosyonel deneyim" olarak ifade etmiştir. Bu tanım, ağrının kişisel bir deneyim olduğunu; biyolojik, psikolojik ve sosyal faktörlerden etkilendiğini ve ağrı ile nosisepsiyonun aynı kavramlar olmadığını vurgular. Ağrı yalnızca duyusal nöron aktivitesine indirgenerek anlaşılamaz (Raja et al., 2020).

Bu nedenle yalnızca 'ağrı var mı?' sorusunu yanıtlamak yeterli olmayacaktır. Klinisyen, ağrının mekanizmasını, şiddetini, dağılımını, süresini, fonksiyon üzerindeki etkisini ve hastanın hedeflerini değerlendirebilmek durumundadır.

Ağrının Sınıflandırılması

Kaynak metinde ağrı fizyolojik/klinik, süre, anatomik kaynak ve mekanizma üzerinden sınıflandırılmaktadır (El-Boghdadly et al., 2024). Güncel klinik kullanımda mekanizma temelli sınıflama özellikle tedavi seçimi açısından önemlidir.

Sınıflama	Temel Özellik	Klinik Örnek
Akut	Genellikle kısa süreli; doku hasarı, cerrahi, travma veya hastalıkla ilişkili	Postoperatif ağrı, travma, yanık
Kronik	Üç aydan uzun süren veya tekrarlayan ağrı; kronik ağrı artık yalnız semptom değil, bağımsız bir hastalık durumu olarak ele alınmalıdır	Kronik bel ağrısı, kronik postoperatif ağrı
Nosiseptif	Somatik veya visseral dokulardan kaynaklanan noxious girdinin nosiseptörleri aktive etmesi	Cerrahi insizyon ağrısı
Nöropatik	Somatosensoriyel sinir sisteminin lezyonu veya hastalığına bağlı	Periferik nöropati, sinir yaralanması
Nosiplastik	Açık doku hasarı veya somatosensoriyel sistem lezyonu olmaksızın değişmiş nosisepsiyonla ilişkili	Bazı kronik yaygın ağrı tabloları

IASP terminolojisinde nosiseptif ve nöropatik ağrıya ek olarak nosiplastik ağrı ayrı bir mekanistik tanımlayıcıdır; aynı hastada bu mekanizmalar birlikte bulunabilir (Raja et al., 2020).

Akut ve Kronik Ağrı

Kaynak metin akut ağrıyı yaralanma, cerrahi veya hastalıkla ilişkili, genellikle nedenin düzelmesiyle gerileyen bir ağrı olarak; kronik ağrıyı ise olağan iyileşme süresinin ötesinde devam eden ağrı olarak ele almaktadır (Raja et al., 2020).

Güncel IASP yaklaşımında kronik ağrı üç aydan uzun süren veya tekrarlayan ağrı olarak klinik açıdan önem taşır. Kronik ağrı yalnızca uzamış akut ağrı olarak görülmemeli; biyopsikososyal etkileri olan ayrı bir klinik durum olarak değerlendirilmelidir (Raja et al., 2020).

Somatik ve Visseral Ağrı

Somatik ağrı çoğunlukla iyi lokalize, keskin veya batıcı karakterdedir ve cilt, kas, fasya, eklem veya kemik gibi somatik yapılardan kaynaklanabilir. Visseral ağrı ise iç organlardan kaynaklanır; daha künt, yaygın ve lokalizasyonu daha güç olabilir. Kaynak metindeki bu ayrım, özellikle cerrahi ağrının niteliğini öngörmede klinik açıdan yararlıdır (Raja et al., 2020).

Nöropatik ve Nosiplastik Ağrı

Kaynak metindeki eski mekanizma sınıflamasında ‘deafferentasyon’, ‘reaktif’ ve ‘psikosomatik’ ağrı başlıkları da yer almaktadır. Güncel ağrı bilimi terminolojisinde bu başlıklar yerine ağrının nöropatik, nosiseptif ve nosiplastik özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi daha uygundur.

Nöropatik ağrıda yanma, elektrik çarpması, karıncalanma, uyuşma, allodini veya paroksismal saplanıcı ağrı görülebilir. Nosiplastik ağrı ise belirgin doku hasarı veya somatosensoriyel sistem lezyonu olmadan değişmiş nosisepsiyonla ilişkilidir (Raja et al., 2020).

Postoperatif Ağrının Fizyopatolojisi

Postoperatif ağrı çoğunlukla cerrahi doku hasarıyla tetiklenen akut nosiseptif/inflamatuvar ağrıdır. Doku hasarı inflamatuvar mediyatörlerin salınmasına, periferik nosiseptörlerin aktivasyonuna ve spinal/üst merkezlerde ağrı sinyalinin işlenmesine neden olur. Kaynak metin, cerrahi travma sonrasında sempatik, endokrin ve davranışsal yanıtların ortaya çıktığını ayrıntılı biçimde açıklamaktadır (El-Boghdadly et al., 2024).

Yetersiz analjezi; derin solunum ve öksürüğün kısıtlanması, mobilizasyonun gecikmesi, sempatik aktivitenin artması ve uyku bozukluğu gibi istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle ağrı yönetimi perioperatif bakımın ayrılmaz bir bileşenidir.

Postoperatif Ağrıyı Etkileyen Faktörler (Jones et al., 2025; Papadomanolakis-Pakis et al., 2024)

- Cerrahinin türü, yeri, süresi ve insizyonun özellikleri
- Doku travmasının büyüklüğü
- Hastanın preoperatif ağrısı ve opioid kullanımı
- Anksiyete, depresyon, ağrı beklentisi ve ağrıya ilişkin önceki deneyimler
- Cerrahi ve anestezi tekniği
- Postoperatif komplikasyonlar

- Analjezi planının zamanlaması ve etkinliği
- Hastanın yaş, organ fonksiyonu ve komorbiditeleri

Kaynak metin de cerrahinin özellikleri, hastanın fizyolojik/psikolojik hazırlanması, anestezi uygulamaları ve postoperatif bakımın niteliğini ağrı şiddetini etkileyen başlıca faktörler arasında belirtmektedir.

Postoperatif Ağrının Sistemik Etkileri (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024)

Sistem	Yetersiz Analjezinin Olası Etkileri
Solunum	Yüzeyel solunum, öksürüğün baskılanması, sekresyon retansiyonu ve pulmoner komplikasyon riskinde artış
Kardiyovasküler	Sempatik aktivite artışı, taşikardi, hipertansiyon ve miyokardiyal oksijen gereksiniminde artış
Gastrointestinal	İleus, bulantı-kusma ve beslenme/mobilizasyonun gecikmesi
Endokrin-metabolik	Stres yanıtı, hiperglisemi ve katabolik yanıt
Kas-iskelet	Hareketten kaçınma, mobilizasyon gecikmesi ve fonksiyon kaybı
Psikolojik	Anksiyete, uyku bozukluğu ve ağrı beklentisinin artması

Kaynak metindeki solunum, kardiyovasküler, gastrointestinal, endokrin ve hematolojik etkiler korunmuş; güncel klinik kullanım açısından daha kısa ve doğrudan bir tabloya dönüştürülmüştür.

Ağrı Değerlendirmesi: Temel İlkeler (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024)

Ağrı değerlendirmesinde hastanın kendi bildirimi temel ölçüttür. Ağrı skoru tek başına yeterli değildir; ağrının yeri, niteliği, başlangıcı, süresi, yayılımı, artıran/azaltan faktörleri ve fonksiyonel etkisi birlikte değerlendirilmelidir.

Kaynak metinde fizyolojik, nörofarmakolojik ve nörolojik objektif ölçümlerin sınırlılıkları; NRS ve VAS gibi subjektif yöntemlerin ise klinikte daha uygulanabilir olduğu belirtilmektedir.

Ağrı Ölçüm Araçları (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024)

Araç	Kullanım	Avantaj / Sınırlılık
NRS (0–10)	Ağrı şiddetinin hızlı değerlendirilmesi	Kolay ve tekrarlanabilir; iletişim gerektirir
VAS	Ağrı şiddetinin sürekli bir çizgi üzerinde değerlendirilmesi	Duyarlı; yaşlı veya motor/görsel sorunlu hastada zor olabilir
VRS	Hafif/orta/şiddetli gibi kategoriler	Basit; kategorik olduğu için değişime duyarlılığı daha düşük olabilir
CPOT / BPS	İletişim kuramayan yoğun bakım hastalarında davranışsal değerlendirme	Özellikle kritik hastalarda kullanılabilir; ağrıyı vital bulgulardan ayırarak yapılandırılmış değerlendirme sağlar
Fonksiyonel değerlendirme	Derin nefes, öksürük, mobilizasyon, uyku gibi hedefler	Analjezinin klinik amacını doğrudan gösterir

Ağrı Değerlendirme Akışı

Ağrı var mı? → Yeri ve mekanizması nedir? → Şiddeti nedir? → Fonksiyon üzerindeki etkisi nedir? → Riskler ve kontrendikasyonlar nelerdir? → Multimodal plan → Yeniden değerlendirme → Etkinlik/yan etki dengesine göre tedaviyi düzenleme (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024).

Multimodal Analjezi

Multimodal analjezi, farklı mekanizmalar üzerinden etki eden iki veya daha fazla analjezik yöntem veya ilacın birlikte kullanılmasıdır. Amaç, farklı ağrı yollarını hedefleyerek analjeziyi artırmak ve tek bir ilacın yüksek dozuna bağlı yan etkileri

azaltmaktır. Güncel kılavuzlar perioperatif multimodal analjezinin opioid tüketimini azaltabildiğini ve iyileşme kalitesini desteklediğini bildirmektedir (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024).

Bu yaklaşım 'ne kadar çok ilaç, o kadar iyi analjezi' anlamına gelmez. Sedatif yük, renal/hepatik fonksiyon, kanama riski, kardiyovasküler risk ve ilaç etkileşimleri birlikte değerlendirilmelidir.

Nonopioid Analjezinin Temel Bileşenleri

Kontrendikasyon yoksa parasetamol ve NSAİİ'ler postoperatif analjezinin temel bileşenleri arasında yer alır. 2024 erişkin postoperatif ağrı kılavuzu, parasetamol ve NSAİİ'lerin tek başına kullanıma kıyasla multimodal yaklaşımın temelini oluşturmasını ve uygun hastalarda birlikte kullanılmasını desteklemektedir (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024).

Tedavi	Klinik Değerlendirme
Parasetamol	Temel analjezik; karaciğer hastalığı, toplam günlük doz ve eşzamanlı parasetamol içeren ilaçlar dikkate alınmalıdır.
NSAİİ / COX-2 inhibitörü	Opioid tüketimini azaltabilir; renal fonksiyon, gastrointestinal kanama, kardiyovasküler risk ve cerrahiye özgü kanama/iyileşme riskleri değerlendirilmelidir.
Opioid	Orta-şiddetli ağrıda gerektiğinde kurtarma veya temel analjezik; doz bireyselleştirilir ve solunum/sedasyon açısından izlenir.
Lokal/rejyonel teknik	Cerrahiye uygun olduğunda güçlü opioid-sparing seçenek; teknik, antitrombotik tedavi ve lokal anestezik toksisitesi dikkate alınır.

Opioidlerin Perioperatif Kullanımı (Edwards et al., 2019)

Opioidler orta ve şiddetli akut cerrahi ağrının önemli tedavi seçeneklerindendir; ancak multimodal yaklaşımın içinde, mümkün olan en düşük etkili doz ve uygun süreyle kullanılmalıdır. Solunum depresyonu, sedasyon, bulantı-kusma, kaşıntı, ileus, üriner

retansiyon ve opioid ilişkili hiperaljezi gibi istenmeyen etkiler izlenmelidir.

- Opioid-naif ve opioid-toleran hastalar birbirinden ayrılmalıdır.
- Yaşlı, obezite/uyku apnesi olan, solunum hastalığı bulunan veya sedatif ilaç kullanan hastalarda daha dikkatli titrasyon gerekir.
- Opioid dozu ağrı skorundan çok ağrı + fonksiyon + yan etki dengesi ile belirlenmelidir.
- Hasta güvenliği için sedasyon ve solunum izlemi analjezinin ayrılmaz parçasıdır.

Rejyonel ve Lokal Analjezi

Periferik sinir blokları, fasiyal plan blokları, yara yeri infiltrasyonu ve nöraksiyel teknikler uygun cerrahi ve hasta grubunda multimodal analjezinin önemli bileşenleridir. Cerrahiye özgü kanıtlar farklılık gösterdiğinden tek bir blok tüm cerrahiler için standart kabul edilmemelidir. PROSPECT yaklaşımı da prosedür-spesifik analjezi planlamasını vurgulamaktadır (Gan et al., 2020; Lirk et al., 2024; Uten et al., 2024).

Rejyonel teknik planlanırken lokal anestezik sistemik toksisitesi, motor blok, antitrombotik tedavi, enfeksiyon ve teknik başarısızlık olasılığı değerlendirilmelidir.

Nöraksiyel Analjezi

Epidural analjezi, uygun cerrahi ve hasta seçimi yapılan durumlarda güçlü analjezi sağlayabilir. Bununla birlikte hipotansiyon, motor blok, üriner retansiyon ve nadir fakat ciddi

nörolojik komplikasyonlar açısından izlem gerektirir. Antitrombotik ilaç kullanan hastalarda nöraksiyel girişim zamanlaması güncel ASRA/ESAIC-ESRA önerilerine göre planlanmalıdır (Bourgeois et al., 2024; Kopp et al., 2025).

Hasta Kontrollü Analjezi (HKA)

Hasta kontrollü analjezi, özellikle orta-şiddetli postoperatif ağrıda, hastanın belirli güvenlik sınırları içinde analjezik uygulamasını sağlayan bir yöntemdir. Kaynak metin HKA'nın hastalar arasındaki ve aynı hastadaki analjezik gereksinim farklılıklarını yönetmedeki yararını vurgulamaktadır (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024).

- İlaç seçimi ve dozlama hastanın yaşı, organ fonksiyonu, opioid toleransı ve cerrahinin ağrı potansiyeline göre yapılmalıdır.
- Bolus dozu, kilitlenme süresi ve saatlik maksimum doz güvenlik amacıyla sınırlandırılmalıdır.
- Bazal infüzyonun gerekliliği özellikle opioid-naif ve solunum depresyonu riski yüksek hastalarda dikkatle değerlendirilmelidir.
- Sedasyon ve solunum izlemi düzenli yapılmalıdır.

Preemptif / Önleyici Analjezi

Kaynak metindeki eski 'preemptive analgesia' yaklaşımı, günümüzde daha geniş bir 'preventif/perioperatif multimodal analjezi' çerçevesinde değerlendirilmektedir. Amaç yalnızca cerrahi insizyondan önce ilaç vermek değil, perioperatif dönemde ağrı duyarlılığını ve opioid gereksinimini azaltacak bütüncül bir plan oluşturmaktır. Güncel kılavuzlar özellikle multimodal ve uygun

nonopioid analjezinin preoperatif dönemde planlanmasını desteklemektedir (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024).

Akut Ağrının Kronikleşme Riskini Azaltma

Şiddetli akut postoperatif ağrı, preoperatif ağrı, anksiyete/depresyon, ağrı katastrofizasyonu, uzun cerrahi ve bazı hasta özellikleri akut ağrının kronikleşmesi açısından risk oluşturabilir. Güncel kılavuzlar yüksek riskli hastaların erken tanınmasını ve gerektiğinde geçiş/transitional pain hizmetlerinin kullanılmasını önermektedir (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024).

- Preoperatif ağrıyı belirleyin.
- Uzun süreli opioid kullanımını ve opioid toleransını sorgulayın.
- Cerrahiye özgü yüksek ağrı riskini belirleyin.
- Beklenen ağrı seyri ve analjezi planı hakkında hastayı bilgilendirin.
- Yüksek riskli hastalarda taburculuk sonrası ağrı planını ve gerektiğinde ağrı kliniği izlemini önceden planlayın.

Özel Hasta Gruplarında Analjezi (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024)

Hasta Grubu	Önemli Noktalar
Yaşlı	Daha düşük başlangıç dozları, sedasyon/deliryum riski ve renal fonksiyon dikkate alınır; multimodal yaklaşım tercih edilir.
Renal yetmezlik	NSAİİ ve renal atılımı belirgin ilaçlar dikkatle değerlendirilir.
Karaciğer yetmezliği	Parasetamol ve hepatik metabolizmalı ilaçların dozu/uygunluğu değerlendirilir.
Obstrüktif uyku apnesi / yüksek solunum riski	Opioid-sparing yaklaşım, dikkatli sedasyon ve uygun solunum izlemi önemlidir.
Kronik opioid kullanan	Opioid toleransı, mevcut tedavinin devamlılığı ve daha yüksek analjezik gereksinim olasılığı dikkate alınır.
Gebelik	Anne ve fetüs açısından ilaç ve rejyonel tekniklerin güvenliği ayrıca değerlendirilir.

Analjezi Güvenliği ve Yan Etki İzlemi

Etkin analjezi ile güvenlik arasında denge kurulmalıdır. Özellikle opioid kullanılan hastalarda sedasyon düzeyi, solunum sayısı, oksijenasyon ve gerektiğinde ventilasyon yakından izlenmelidir. Bulantı-kusma, kaşıntı, hipotansiyon, ileus, üriner retansiyon ve diğer ilaç-spesifik yan etkiler de aktif olarak değerlendirilmelidir.

Postoperatif bulantı-kusma riski ve analjezik seçimi birlikte planlanmalıdır; opioid tüketiminin azaltılması PONV riskini de azaltmaya katkı sağlayabilir. Güncel konsensus kılavuzları PONV profilaksisini hasta riskine ve cerrahi/anestezi özelliklerine göre planlamaktadır (Kietaibl et al., 2022).

Klinik Karar Algoritması

Ağrı değerlendirmesi → mekanizma ve cerrahiye özgü ağrı riski → şiddet + fonksiyon hedefi → kontrendikasyon/komorbidite

değerlendirmesi → multimodal plan (parasetamol ± NSAİİ/COX-2 + lokal/rejyonel teknik ± diğer adjuvanlar) → gerektiğinde opioid kurtarma tedavisi → etkinlik + sedasyon + solunum + diğer yan etkilerin izlenmesi → yeniden değerlendirme ve tedavinin titrasyonu.

Bu akış, kaynak bölümdeki 'ağrı değerlendirmesi → multimodal plan → opioid-sparing yaklaşım → etkinlik/yan etki izlemi → tedaviyi yeniden düzenleme' yaklaşımının güncel klinik karşılığıdır (Chen et al., 2025; El-Boghdadly et al., 2024).

Klinik Anahtar Noktalar (Cullen et al., 2023; Gropper et al., 2025)

- Ağrı kişisel bir deneyimdir; hastanın ağrı bildirimi ciddiye alınmalı ve ağrı yalnız vital bulgular üzerinden değerlendirilmemelidir.
- Nosisepsiyon ile ağrı aynı kavram değildir.
- Ağrı mekanizması; nosiseptif, nöropatik ve nosiplastik özellikler açısından değerlendirilmelidir.
- Postoperatif ağrı çoğunlukla akut nosiseptif/inflamatuvar ağrıdır.
- Ağrı şiddeti NRS/VAS gibi araçlarla ölçülmeli; fonksiyonel hedefler de mutlaka kaydedilmelidir.
- Multimodal ve opioid-sparing analjezi, güncel perioperatif ağrı yönetiminin temelidir.
- Parasetamol ve NSAİİ'ler kontrendikasyon yoksa temel analjezik seçenekleridir.

- Opioidler gerektiğinde kullanılmalı; sedasyon ve solunum depresyonu açısından izlenmelidir.
- Rejyonel/lokal analjezi cerrahiye özgü kanıt ve hasta özelliklerine göre planlanmalıdır.
- Akut şiddetli ağrı, preoperatif ağrı ve psikososyal riskler kronikleşme riskini artırabilir; yüksek riskli hastalarda erken müdahale gerekir.

Kaynakça

Bourgeois, C., Oyaert, L., Van de Velde, M., Pogatzki-Zahn, E., Freys, S. M., Sauter, A. R., Joshi, G. P., Dewinter, G., & PROSPECT working Group of the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy (ESRA) (2024). Pain management after laparoscopic cholecystectomy: A systematic review and procedure-specific postoperative pain management (PROSPECT) recommendations. *European Journal of Anaesthesiology, 41*(11), 841–855. doi: 10.1097/EJA.0000000000002047.

Chen, X., Chu, Q., Peng, Y., Chen, Y., Kaye, A. D., Liu, H., Yang, J., Wang, T., Yu, W., & Pain Group of the Chinese Society of Anesthesiology (2025). Clinical practice guidelines for postoperative pain management in adults (2024 edition). *Journal of Anesthesia and Translational Medicine, 4*(3), 161–185. doi: 10.1016/j.jatmed.2025.09.001.

Cullen, B. F., Stock, M. C., Ortega, R., Sharar, S. R., Holt, N. F., Connor, C. W., & Nathan, N. (2023). *Barash, Cullen, and Stoelting's Clinical Anesthesia* (9th ed.). Wolters Kluwer.

Edwards, D. A., Hedrick, T. L., Jayaram, J., Argoff, C., Gulur, P., Holubar, S. D., Gan, T. J., Mythen, M. G., Miller, T. E., Shaw, A. D., Thacker, J. K. M., McEvoy, M. D., & POQI-4 Working Group (2019). American Society for Enhanced Recovery and Perioperative Quality Initiative Joint Consensus Statement on Perioperative Management of Patients on Preoperative Opioid Therapy. *Anesthesia and Analgesia, 129*(2), 553–566. doi: 10.1213/ANE.0000000000004018.

El-Boghdadly, K., Levy, N. A., Fawcett, W. J., Knaggs, R. D., Laycock, H., Baird, E., Cox, F. J., Eardley, W., Kemp, H., Malpus, Z., Partridge, A., Partridge, J., Patel, A., Price, C., Robinson, J., Russon, K., Walumbe, J., & Lobo, D. N. (2024). Peri-operative pain management in adults: a multidisciplinary consensus statement from the Association of Anaesthetists and the British Pain Society. *Anaesthesia, 79*(11), 1220–1236. doi: 10.1111/anae.16391.

Gan, T. J., Belani, K. G., Bergese, S., Chung, F., Diemunsch, P., Habib, A. S., Jin, Z., Kovac, A. L., Meyer, T. A., Urman, R. D., Apfel, C. C., Ayad, S., Beagley, L., Candiotti, K., Englesakis, M., Hedrick, T. L., Kranke, P., Lee, S., Lipman, D., Minkowitz, H. S., … Philip, B. K. (2020). Fourth Consensus Guidelines for the Management of Postoperative Nausea and Vomiting. *Anesthesia and Analgesia, 131*(2), 411–448. doi: 10.1213/ANE.0000000000004833.

Gropper, M. A., Eriksson, L. I., Fleisher, L. A., Cohen, N. H., Leslie, K., & Johnson-Akeju, O. (2025). *Miller's Anesthesia* (10th ed.). Elsevier.

Jones, A., Feldtmann, E. J., Bellido, C., Coughlin, E. C., Mhaskar, R. S., Smith, C. R., Green, B. L., & Le-Wendling, L. T. (2025). Racial and ethnic differences in acute post-operative pain management: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Anesthesia, 104*, 111858. doi: 10.1016/j.jclinane.2025.111858.

Kietaibl, S., Ferrandis, R., Godier, A., Llau, J., Lobo, C., Macfarlane, A. J., Schlimp, C. J., Vandermeulen, E., Volk, T., von Heymann, C., Wolmarans, M., & Afshari, A. (2022). Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines.

European Journal of Anaesthesiology, 39(2), 100–132. doi: 10.1097/EJA.0000000000001600.

Kopp, S. L., Vandermeulen, E., McBane, R. D., Perlas, A., Leffert, L., & Horlocker, T. (2025). Regional anesthesia in the patient receiving antithrombotic or thrombolytic therapy: American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine Evidence-Based Guidelines (fifth edition). *Regional Anesthesia and Pain Medicine,* rapm-2024-105766. Advance online publication. doi: 10.1136/rapm-2024-105766.

Lirk, P., Badaoui, J., Stuempflen, M., Hedayat, M., Freys, S. M., Joshi, G. P., & PROSPECT group of the European Society for Regional Anaesthesia and Pain Therapy (ESRA) (2024). PROcedure-SPECific postoperative pain management guideline for laparoscopic colorectal surgery: A systematic review with recommendations for postoperative pain management. *European Journal of Anaesthesiology, 41*(3), 161–173. doi: 10.1097/EJA.0000000000001945.

Papadomanolakis-Pakis, N., Munch, P. V., Carlé, N., Uhrbrand, C. G., Haroutounian, S., & Nikolajsen, L. (2024). Prognostic clinical prediction models for acute post-surgical pain in adults: a systematic review. *Anaesthesia, 79*(12), 1335–1347. doi: 10.1111/anae.16429.

Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B., Flor, H., Gibson, S., Keefe, F. J., Mogil, J. S., Ringkamp, M., Sluka, K. A., Song, X. J., Stevens, B., Sullivan, M. D., Tutelman, P. R., Ushida, T., & Vader, K. (2020). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain, 161*(9), 1976–1982. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001939.

Uten, T., Chesnais, M., van de Velde, M., Raeder, J., Beloeil, H., & PROSPECT Working group of the European Society of Regional Anaesthesia Pain therapy (ESRA) (2024). Pain management after open colorectal surgery: An update of the systematic review and procedure-specific postoperative pain management (PROSPECT) recommendations. *European Journal of Anaesthesiology, 41*(5), 363–366. doi: 10.1097/EJA.0000000000001978.

BÖLÜM 72

YAPAY ZEKÂ VE ANESTEZİYOLOJİ

MEHMET ŞAHAP[1], DİLŞEN HATİCE ÖRNEK[2]

Giriş

Yapay zekâ (YZ), insan zekâsıyla ilişkilendirilen öğrenme, akıl yürütme, örüntü tanıma ve karar verme gibi bilişsel işlevlerin bilgisayar sistemleri aracılığıyla gerçekleştirilmesini amaçlayan teknolojilerin genel adıdır. Son yıllarda hesaplama kapasitesindeki artış, elektronik sağlık kayıtlarının yaygınlaşması ve büyük ölçekli klinik veri kümelerinin kullanılabilir hale gelmesi, yapay zekâ uygulamalarının sağlık hizmetlerinde giderek daha fazla yer bulmasını sağlamıştır. Özellikle makine öğrenmesi, derin öğrenme, doğal dil işleme ve üretken yapay zekâ alanlarındaki gelişmeler, hastalıkların tanısından tedavi planlamasına, klinik karar

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, Orcid: 0000-0003-3390-9336

[2] Prof. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Cerrahi Tıp Bilimleri Bölümü, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye., Orcid: 0000-0002-3300-4839

desteğinden sağlık hizmetlerinin organizasyonuna kadar pek çok alanda yeni olanaklar sunmaktadır.

Anesteziyoloji, yapay zekâ uygulamalarının klinik pratiğe entegrasyonu açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Anestezi uygulamaları sırasında elektrokardiyografi, arteriyel kan basıncı, oksijen satürasyonu, kapnografi, elektroensefalografi ve diğer fizyolojik monitörlerden sürekli veri elde edilmektedir. Bu verilerin anlık olarak değerlendirilmesi, hastanın klinik durumundaki değişikliklerin erken fark edilmesi ve uygun müdahalelerin gerçekleştirilmesi anestezi yönetiminin temel bileşenleridir. Yapay zekâ sistemleri, yüksek hacimli ve çok boyutlu verileri eş zamanlı analiz edebilme özellikleri sayesinde geleneksel monitörizasyon yöntemlerini tamamlayabilecek öngörücü ve kişiselleştirilmiş yaklaşımlar geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Dost et al., 2025b; Iglewski et al., 2026; Maheshwari et al., 2022).

Perioperatif tıpta yapay zekâ uygulamaları yalnızca ameliyat sırasındaki monitörizasyonla sınırlı değildir. Preoperatif değerlendirmede risk sınıflandırması ve anestezi planlaması, intraoperatif dönemde hemodinamik değişikliklerin öngörülmesi ve ilaç uygulamalarının optimizasyonu, postoperatif dönemde ise komplikasyonların erken belirlenmesi ve yoğun bakım süreçlerinin yönetimi bu teknolojilerin başlıca kullanım alanlarını oluşturmaktadır (Camastra et al., 2026; Garg & Kapoor, 2024; Kim et al., 2025; Singh & Nath, 2022). Bunun yanı sıra ultrasonografi rehberliğinde girişimsel işlemler, anesteziyoloji eğitimi, hasta bilgilendirmesi ve bilimsel araştırmalar da yapay zekânın giderek önem kazandığı alanlar arasındadır (Chen et al., 2026; Dost et al., 2025b). Bununla birlikte, bir yapay zekâ modelinin belirli bir klinik sonucu yüksek doğrulukla tahmin edebilmesi, bu modelin klinik

uygulamada hasta sonuçlarını mutlaka iyileştireceği anlamına gelmemektedir. Algoritmaların farklı hasta popülasyonlarında doğrulanması, klinik iş akışlarına güvenli biçimde entegre edilmesi, veri gizliliğinin korunması ve uygulama sonrasında performanslarının izlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle anesteziyolojide yapay zekânın temel hedefi, klinisyenin yerini almak değil; karar verme süreçlerini desteklemek, hasta güvenliğini artırmak ve sağlık hizmetlerinin etkinliğini geliştirmektir.

Anesteziyolojide Yapay Zekânın Temel Kavramları

Yapay zekâ uygulamalarının klinik kullanım alanlarını değerlendirebilmek için bu teknolojilerin temel çalışma prensiplerinin anlaşılması önemlidir. Makine öğrenmesi (machine learning), bilgisayar sistemlerinin önceden tanımlanmış bütün kurallara ihtiyaç duymadan veriler arasındaki ilişkileri öğrenmesini ve bu ilişkilerden hareketle tahminlerde bulunmasını sağlayan yöntemleri kapsar (Ramkumar et al., 2021). Denetimli öğrenmede algoritmalar, klinik sonuçları bilinen veriler kullanılarak eğitilir. Örneğin preoperatif hasta özellikleri ile postoperatif komplikasyonlar arasındaki ilişkiler analiz edilerek yeni bir hastada komplikasyon gelişme olasılığı tahmin edilebilir (Dabbagh & Sabouri, 2025; Duarte-Medrano et al., 2025; Iglewski et al., 2026).

Derin öğrenme (deep learning), çok katmanlı yapay sinir ağlarından yararlanan ve özellikle görüntü, ses, fizyolojik dalga formu ve zaman serisi verilerinin analizinde kullanılan bir makine öğrenmesi yaklaşımıdır (Montesinos López et al., 2022). Konvolüsyonel sinir ağları (convolutional neural networks, CNN) ultrasonografi görüntülerinde anatomik yapıların tanımlanmasında, tekrarlayan sinir ağları ve transformer tabanlı modeller ise zamana bağlı fizyolojik değişikliklerin analizinde kullanılabilmektedir.

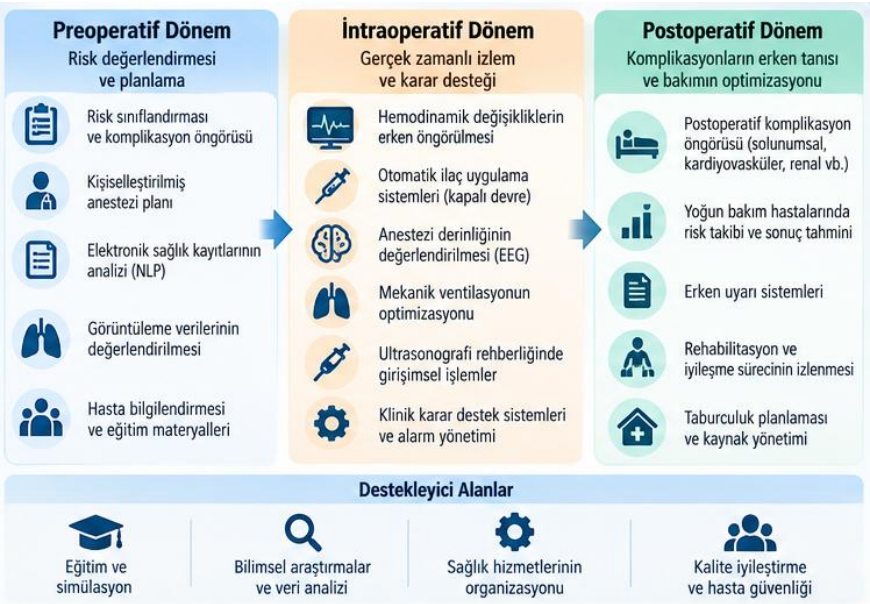
Doğal dil işleme (natural language processing, NLP), elektronik sağlık kayıtlarında bulunan serbest metinlerin bilgisayar sistemleri tarafından analiz edilmesini sağlar (Purwono et al., 2023). Büyük dil modelleri (large language models, LLM) ise metin üretme, özetleme, sınıflandırma ve soruları yanıtlama gibi işlevleri yerine getirebilen üretken yapay zekâ sistemleridir. Bu modellerin klinik kayıtlardan bilgi çıkarma ve hasta eğitim materyalleri hazırlama gibi alanlarda potansiyeli bulunmakla birlikte, ürettikleri bilgilerin doğruluğu bağımsız olarak kontrol edilmelidir (Duarte-Medrano et al., 2025).

Anesteziyolojide kullanılan tüm otomatik sistemlerin yapay zekâ temelli olmadığı da vurgulanmalıdır. Önceden belirlenmiş matematiksel kurallara dayanan geleneksel kontrol algoritmaları ile verilerden öğrenebilen yapay zekâ modelleri farklı teknolojik yaklaşımlardır. Özellikle kapalı devre ilaç uygulama sistemlerinde bu ayrım önem taşımaktadır.

Preoperatif Dönemde Yapay Zekâ Uygulamaları

Preoperatif değerlendirme, hastanın mevcut sağlık durumunun belirlenmesi, perioperatif risklerin tanımlanması ve uygun anestezi yönteminin planlanması açısından kritik öneme sahiptir. Geleneksel değerlendirme yöntemleri hastanın öyküsü, fizik muayenesi, laboratuvar bulguları ve klinik risk sınıflandırmalarına dayanırken, yapay zekâ sistemleri bu değişkenlerin çok boyutlu ilişkilerini analiz ederek bireyselleştirilmiş risk tahminleri oluşturabilmektedir (Bellini et al., 2022).

Şekil 1 Perioperatif dönemde yapay zekâ uygulama alanları



Preoperatif risk değerlendirmesi ve komplikasyonların öngörülmesi

ASA Fiziksel Durum Sınıflandırması, preoperatif değerlendirmede yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bununla birlikte, sınıflandırmanın klinisyenler arasında farklılık gösterebilmesi ve tek başına spesifik postoperatif komplikasyon olasılıklarını belirlemek amacıyla tasarlanmamış olması önemli sınırlılıklardır. Yapay zekâ tabanlı modeller, hastanın komorbiditelerini, kullandığı ilaçları, laboratuvar sonuçlarını ve klinik öyküsünü birlikte değerlendirerek ASA sınıflandırmasının daha tutarlı uygulanmasına katkı sağlayabilir. Büyük dil modellerinin ASA sınıflandırmasında anestezi uzmanlarıyla yüksek düzeyde uyum gösterebildiğini bildiren çalışmalar bulunmakla

birlikte, performansları kullanılan klinik senaryolara, model sürümüne ve değerlendirme yöntemine göre değişmektedir (Dost et al., 2025a; Soerensen et al., 2026).

Makine öğrenmesi modellerinin önemli avantajlarından biri, geleneksel risk skorlarında sınırlı sayıda kullanılan değişkenler arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri değerlendirebilmeleridir. MySurgeryRisk gibi modeller, geniş hasta veri tabanlarından yararlanarak akut böbrek hasarı, sepsis, venöz tromboembolizm, kardiyovasküler komplikasyonlar ve mortalite gibi sonuçları tahmin etmek amacıyla geliştirilmiştir (Ren et al., 2026). Benzer şekilde postoperatif solunum yetmezliği ve plansız yoğun bakım yatışı gibi klinik sonuçlara yönelik özgül algoritmalar da bulunmaktadır.

Bu modellerin performansı çoğunlukla alıcı işletim karakteristiği eğrisi altında kalan alan (AUROC) ile değerlendirilmektedir. Ancak yüksek AUROC değerleri tek başına klinik kullanılabilirlik için yeterli değildir. Modelin tahmin ettiği risklerin gerçek olay sıklığıyla uyumu, farklı hasta gruplarındaki performansı ve model kullanımının klinik kararları değiştirip değiştirmediği de değerlendirilmelidir (Ren et al., 2022).

Hava yolu değerlendirmesi

Zor hava yolunun preoperatif dönemde öngörülmesi, anestezi güvenliğinin temel unsurlarından biridir. Mallampati sınıflandırması, tiromental mesafe, ağız açıklığı ve boyun hareketliliği gibi geleneksel değerlendirme yöntemlerinin tek başlarına sınırlı öngörü gücüne sahip olmaları, yeni yöntemlere yönelik araştırmaları artırmıştır.

Derin öğrenme algoritmaları, hastaların yüz görüntülerini, kraniyofasiyal oranlarını ve anatomik özelliklerini analiz ederek zor laringoskopi veya entübasyon olasılığını tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda görüntü tabanlı modellerin geleneksel klinik testlere göre daha yüksek ayırt edici performans gösterdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, görüntülerin standardizasyonu, farklı popülasyonlardaki anatomik çeşitlilik ve eğitim verilerinin temsil gücü bu sistemlerin genellenebilirliğini etkileyebilir (Telli et al., 2026; Xia et al., 2024).

Yapay zekâ destekli görüntü işleme ve üç boyutlu modelleme yöntemleri, özellikle kompleks anatomik anomalileri bulunan hastalarda hava yolu planlamasını kolaylaştırabilir. Bilgisayarlı tomografi verilerinden oluşturulan üç boyutlu trakeal modeller, pediatrik hava yolu anomalileri veya ciddi trakeal darlıklar gibi seçilmiş olgularda girişim öncesi anatomik değerlendirmeye katkı sağlayabilir. Ancak bu uygulamalar henüz rutin hava yolu değerlendirmesinin yerini alan standart yöntemler değildir (Park et al., 2021; Ryan et al., 2024).

Elektronik sağlık kayıtlarının analizi ve anestezi planlaması

Elektronik sağlık kayıtları, preoperatif değerlendirme açısından önemli miktarda klinik bilgi içermesine rağmen bu bilgilerin farklı belgelerde ve serbest metin alanlarında bulunması değerlendirmeyi güçleştirebilir. Doğal dil işleme sistemleri, hekim notları, epikrizler, konsültasyon kayıtları ve laboratuvar sonuçlarından klinik açıdan anlamlı bilgileri otomatik olarak çıkarabilir. Bu sistemler daha önce geçirilmiş anestezi komplikasyonlarını, ilaç alerjilerini, eşlik eden hastalıkları ve potansiyel ilaç etkileşimlerini belirleyerek klinisyenin dikkatine sunabilir. Ayrıca perioperatif transfüzyon ihtiyacının öngörülmesi ve

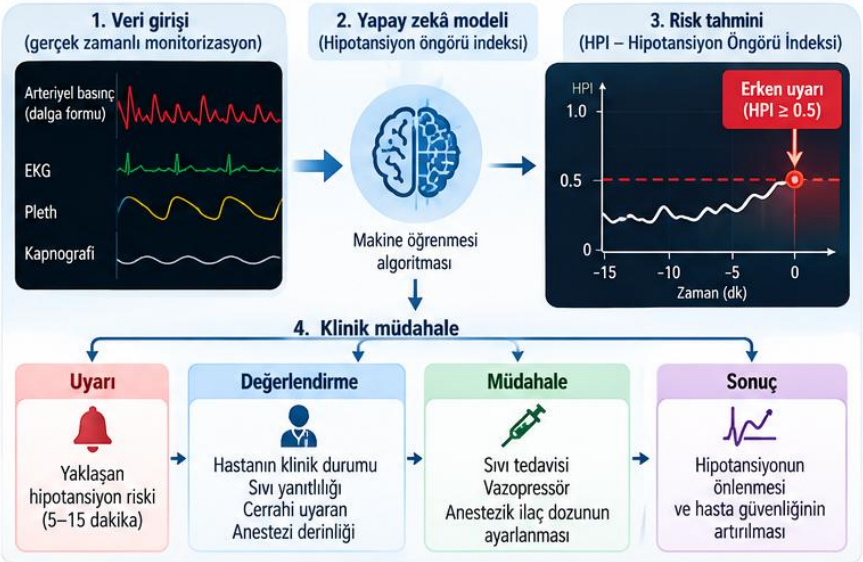
kan ürünlerinin daha etkin planlanması amacıyla makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanılmaktadır (Maheshwari et al., 2022).

Yapay zekâ destekli karar sistemleri, genel ve rejyonel anestezi seçeneklerinin değerlendirilmesi, ilaç dozlarının planlanması ve hastaya özgü risklerin belirlenmesi süreçlerinde de kullanılabilir. Farmakogenomik verilerin fizyolojik ve klinik parametrelerle birleştirilmesi, gelecekte anestezik ilaç yanıtlarının daha bireyselleştirilmiş biçimde tahmin edilmesine olanak sağlayabilir. Ancak bu tür önerilerin klinik geçerliliği, kullanılan veri kaynaklarına ve ilgili ilaç için mevcut bilimsel kanıtlara bağlıdır.

İntraoperatif Dönemde Yapay Zekâ Uygulamaları

İntraoperatif dönem, fizyolojik parametrelerin sürekli değiştiği ve klinik kararların kısa zaman aralıklarında verilmesini gerektiren dinamik bir süreçtir. Geleneksel monitörizasyon, fizyolojik değişikliklerin saptanmasına ve gelişen bozuklukların tedavisine dayanırken, yapay zekâ destekli öngörücü sistemler bazı olumsuz olayların henüz ortaya çıkmadan tahmin edilmesini amaçlamaktadır. Özellikle arteriyel basınç dalga formuna dayalı algoritmalar, intraoperatif hipotansiyonun erken öngörülmesine ve hipotansiyon maruziyetinin azaltılmasına yönelik önemli bir klinik karar desteği sunmaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin kullanımında organ perfüzyonunun korunması hedeflenirken gereksiz sıvı yüklemesi ve vazopresör uygulamalarından kaçınılması, bireyselleştirilmiş hemodinamik hedeflerin gözetilmesi önem taşımaktadır. Böylece reaktif yönetimden, hasta güvenliğini ve dengeli klinik müdahaleyi esas alan proaktif perioperatif yaklaşımlara geçiş mümkün hale gelebir (Wijnberge et al., 2021).

Şekil 2 Arteriyel basınç dalga formuna dayalı hipotansiyonun erken öngörülmesi ve klinik müdahale algoritması



Hemodinamik monitörizasyon ve hipotansiyonun öngörülmesi

İntraoperatif hipotansiyon, özellikle belirli bir şiddet ve sürenin üzerinde olduğunda, akut böbrek hasarı, miyokard hasarı ve artmış postoperatif mortaliteyle ilişkilidir. Ortalama arter basıncının 65 mmHg altına düşmesi birçok çalışmada hipotansiyon için kullanılan eşiklerden biri olmakla birlikte, bireysel perfüzyon gereksinimleri hastanın klinik özelliklerine göre değişebilir. Hipotansiyon Tahmin İndeksi (Hypotension Prediction Index, HPI), arteriyel basınç dalga formunun morfolojik özelliklerini analiz ederek yaklaşan hipotansif olayların olasılığını belirlemek amacıyla geliştirilmiş makine öğrenmesi tabanlı bir sistemdir. Algoritma, arteriyel dalga formundan elde edilen çok sayıda özelliği değerlendirerek hipotansiyonun yaklaşık 5, 10 veya 15 dakika

içerisinde gelişme olasılığına ilişkin bir indeks üretir (Hatib et al., 2018).

HPI sisteminin klinik performansını değerlendiren çalışmalarda yüksek ayırt edici doğruluk değerleri bildirilmiştir. HYPE çalışması gibi randomize araştırmalar, yapılandırılmış müdahale protokolleriyle birlikte kullanılan öngörücü monitörizasyonun bazı hasta gruplarında intraoperatif hipotansiyon yükünü azaltabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte, tüm klinik çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmemiştir. Dolayısıyla hipotansiyonun öngörülmesi ile klinik sonuçların iyileştirilmesi birbirinden ayrı değerlendirilmelidir (Wijnberge et al., 2020).

Öngörücü monitörizasyonun klinik yararı yalnızca bir uyarı oluşturmasına değil, bu uyarının uygun hemodinamik değerlendirme ve tedavi algoritmalarıyla birleştirilmesine bağlıdır. Örneğin hipotansiyon gelişme riski yüksek bir hastada sıvı yanıtlılığının, vasküler tonusun ve kardiyak fonksiyonun değerlendirilmesi, gereksiz sıvı veya vazopresör uygulamalarının önlenmesi açısından önemlidir.

Kapalı devre sıvı ve vazopresör yönetimi

Kapalı devre (closed-loop) kontrol sistemleri, fizyolojik parametrelerden sürekli geri bildirim alarak belirlenen hedeflere ulaşmak amacıyla tedavi uygulamalarını otomatik olarak düzenleyen sistemlerdir. Bu yaklaşımda monitörden elde edilen veri kontrol algoritmasına aktarılır, algoritma mevcut değer ile hedef değer arasındaki farkı hesaplar ve infüzyon hızını veya tedavi miktarını buna göre değiştirir.

Hemodinamik yönetimde geliştirilen kapalı devre sistemler, arteriyel basınç hedeflerine ulaşmak amacıyla fenilefrin veya

norepinefrin gibi vazopresörlerin infüzyon hızını otomatik olarak ayarlayabilmektedir. Araştırma ortamlarında bu sistemlerin kan basıncını hedef aralıkta tutma süresini artırabildiği gösterilmiştir. Ancak bu sonuçlar, tüm sistemlerin rutin klinik kullanıma hazır olduğu anlamına gelmemektedir (Alvarado-Sánchez et al., 2026).

Benzer biçimde hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulamalarında atım hacmi, atım hacmi varyasyonu ve sıvı boluslarına verilen hemodinamik yanıtlar kullanılarak sıvı uygulaması düzenlenebilir. Adaptif kontrol algoritmaları hastanın önceki yanıtlarını dikkate alarak sonraki müdahaleleri optimize etmeyi amaçlamaktadır.

Birden fazla fizyolojik hedefin eş zamanlı kontrol edilmesini sağlayan çok girdili çok çıktılı (multiple-input multiple-output, MIMO) sistemler, anestezi derinliği ve hemodinamik parametrelerin birlikte yönetilmesi açısından araştırılmaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin güvenli biçimde uygulanabilmesi için sensör doğruluğu, alarm yönetimi, sistem arızalarında manuel kontrole geçiş ve klinisyen denetimi gibi güvenlik mekanizmalarının bulunması gereklidir (Ionescu et al., 2026).

Şekil 3 Yapay zekâ destekli kapalı devre anestezi sisteminin çalışma prensibi



Anestezi derinliğinin izlenmesi ve otomatik ilaç titrasyonu

Anestezi derinliğinin uygun düzeyde sürdürülmesi, intraoperatif farkındalık riskinin azaltılması, hemodinamik stabilitenin korunması ve gereksiz anestezik maruziyetinin önlenmesi açısından önemlidir. Kalp hızı ve kan basıncı gibi geleneksel parametreler, hipnotik etkinin doğrudan göstergeleri olmadığından elektroensefalografi tabanlı monitörizasyon yöntemleri geliştirilmiştir.

Yapay zekâ algoritmaları, elektroensefalografi sinyallerinin spektral özelliklerini, entropi ölçümlerini ve zamansal değişimlerini analiz ederek farklı bilinç ve anestezi düzeylerini sınıflandırabilir. Yapay sinir ağları, konvolüsyonel ağlar ve uzun-kısa süreli bellek modelleri gibi yöntemler kullanılarak anestezi derinliğinin tahmin edilmesine yönelik çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Gu et al., 2019).

Bu modellerin bazıları bispektral indeks (BIS) gibi mevcut monitörizasyon yöntemleriyle yüksek korelasyon göstermektedir. Bununla birlikte, bir modelin BIS ile uyumlu sonuçlar üretmesi, bilinç düzeyini bağımsız olarak ve daha doğru ölçtüğünü kanıtlamaz. EEG sinyallerinin anestezik ajana, yaşa, nörolojik hastalıklara ve artefaktlara bağlı değişkenliği de dikkate alınmalıdır. Kapalı devre anestezi sistemlerinde EEG tabanlı derinlik göstergeleri, anestezik ilaçların infüzyon hızını otomatik olarak düzenlemek için kullanılabilir. Başlangıçta tek bir fizyolojik hedefe odaklanan sistemler geliştirilmişken, daha sonra hipnoz, nosisepsiyon ve nöromüsküler blokajın birlikte kontrol edilmesini amaçlayan çok değişkenli sistemler araştırılmıştır (Saadeh et al., 2019; Schmierer et al., 2026).

McSleepy gibi otomatik anestezi uygulama sistemleri, propofol, remifentanil ve nöromüsküler blokerlerin uygulamasını farklı fizyolojik geri bildirimler doğrultusunda düzenlemeyi amaçlamaktadır. Bu sistemlerin araştırıldığı çalışmalarda hedef anestezi derinliği aralığında geçirilen sürenin artırılması ve manuel müdahale gereksiniminin azaltılması gibi sonuçlar bildirilmiştir. Ancak teknik performansın uzun dönem hasta sonuçlarına etkisi ve farklı klinik koşullardaki güvenliği daha kapsamlı değerlendirmeler gerektirmektedir (Felippe et al., 2026).

Pekiştirmeli öğrenme (reinforcement learning) gibi gelişmiş yöntemler, hastanın ilaçlara verdiği yanıt doğrultusunda tedavi stratejilerini güncelleyebilme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, güvenli olmayan kararların doğrudan hastaya uygulanma riski nedeniyle bu yöntemlerin klinik kullanımı dikkatli doğrulama ve kontrol mekanizmaları gerektirir.

Mekanik Ventilasyonun Yönetimi

Mekanik ventilasyon, intraoperatif dönemde oksijenasyon ve ventilasyonun sürdürülmesinin yanı sıra akciğer koruyucu stratejilerin uygulanmasını gerektirir. Yapay zekâ ve otomatik kontrol sistemleri, hastanın solunum mekaniğini ve gaz değişimini değerlendirerek ventilatör ayarlarının bireyselleştirilmesini amaçlamaktadır.

Bulanık mantık (fuzzy logic) tabanlı sistemler, solunum frekansı ve tidal hacim gibi parametreleri end-tidal karbondioksit hedeflerine göre otomatik olarak düzenleyebilir. Daha gelişmiş modeller ise akciğer kompliyansı, hava yolu basınçları, oksijenasyon ve spontan solunum eforunu birlikte değerlendirerek ventilasyon stratejilerini optimize etmeye çalışmaktadır (Merola et al., 2026).

Yapay zekâ uygulamalarının bir diğer alanı intraoperatif hipoksemi riskinin öngörülmesidir. Prescience gibi modeller, hastanın fizyolojik parametreleri ve klinik özelliklerinden yararlanarak yaklaşan hipoksemik olayları tahmin etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu tür sistemler, klinisyene erken uyarı sağlayarak ventilasyon stratejisinin yeniden değerlendirilmesine katkıda bulunabilir.

Yoğun bakımda ventilatörden ayırma sürecinde kullanılan otomatik sistemler de benzer prensiplere dayanmaktadır. Ancak ventilasyonun otomatik kontrolü ile ekstübasyon kararı farklı klinik süreçlerdir. Ekstübasyon öncesinde hava yolu güvenliği, bilinç düzeyi, sekresyon yönetimi ve diğer klinik değişkenler birlikte değerlendirilmelidir.

Ultrasonografi ve rejyonel anestezide yapay zekâ

Ultrasonografi, rejyonel anestezi uygulamalarında sinirlerin, fasyal planların, vasküler yapıların ve komşu anatomik oluşumların görüntülenmesini sağlayarak girişimlerin daha kontrollü gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, ultrason görüntülerinin yorumlanması uygulayıcının deneyimine bağlıdır ve özellikle anatomik varyasyonlar veya görüntü kalitesinin sınırlı olduğu durumlarda güçleşebilir (Viderman et al., 2022).

Derin öğrenme tabanlı görüntü işleme algoritmaları, ultrason görüntülerindeki anatomik yapıların otomatik olarak tanımlanmasını ve gerçek zamanlı olarak işaretlenmesini sağlayabilmektedir. ScanNav Anatomy gibi sistemler, hedef sinirleri ve komşu anatomik yapıları renkli katmanlar aracılığıyla göstererek uygulayıcının görüntüyü yorumlamasına yardımcı olmayı amaçlamaktadır (Bowness et al., 2022, 2023; Viderman et al., 2022).

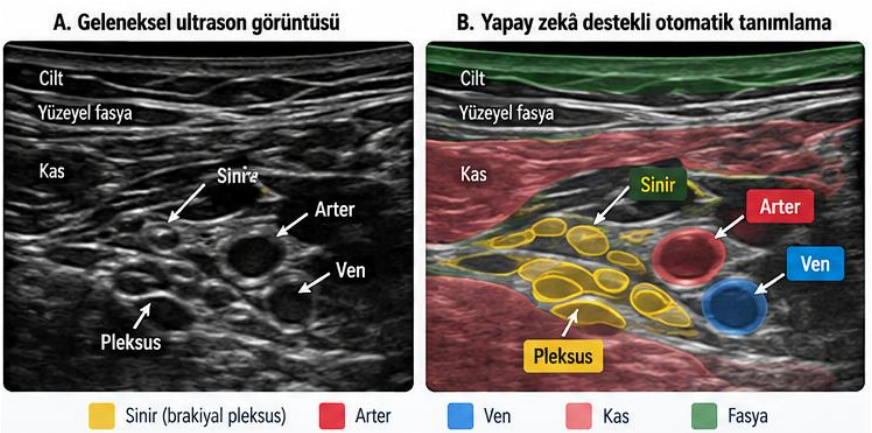
Bu teknolojiler özellikle deneyimi sınırlı uygulayıcıların anatomik yapıları tanımasına ve ultrasonografi becerilerini geliştirmesine katkıda bulunabilir. Bununla birlikte, anatomik yapıların doğru işaretlenmesi ile başarılı ve güvenli blok uygulanması aynı sonuç değildir. Blok başarısı; iğne kontrolü, lokal anestezik dağılımının değerlendirilmesi, uygun doz seçimi ve komplikasyonların tanınması gibi çok sayıda faktöre bağlıdır.

Nöroaksiyel anestezide de yapay zekâ destekli ultrasonografi sistemlerinden yararlanılmaktadır. Özellikle obezite, skolyoz ve anatomik nirengi noktalarının belirlenmesini güçleştiren durumlarda vertebral seviyelerin, orta hattın ve epidural mesafenin tahmin edilmesi amacıyla geliştirilen algoritmalar bulunmaktadır. Accuro

gibi ultrason sistemleri, spinal anatomik yapıların tanınmasını kolaylaştırmayı amaçlayan teknolojilere örnek olarak gösterilebilir.

Yatak başı ultrasonografi ve perioperatif ekokardiyografi de yapay zekâ uygulamalarının gelişmekte olduğu alanlardır. Kardiyak odacıkların otomatik tanımlanması, ejeksiyon fraksiyonu ve atım hacmi gibi parametrelerin hesaplanması, özellikle hemodinamik instabilite sırasında değerlendirmeyi hızlandırabilir. Ancak otomatik ölçümlerin görüntü kalitesi ve klinik bağlamdan bağımsız değerlendirilmemesi gerekir.

Şekil 4 Ultrasonografi rehberliğinde rejyonel anestezide yapay zekâ destekli anatomik yapıların tanımlanması



Postoperatif Dönemde ve Yoğun Bakımda Yapay Zekâ Uygulamaları

Postoperatif dönem, anestezi sonrası derlenmeden yoğun bakım ve cerrahi servis takibine kadar uzanan, komplikasyonların erken belirlenmesinin hasta sonuçları üzerinde önemli etkiler oluşturabildiği bir süreçtir. Yapay zekâ modelleri, preoperatif özellikleri intraoperatif fizyolojik verilerle birleştirerek postoperatif

komplikasyon riskini dinamik olarak değerlendirebilir (Iglewski et al., 2026).

Postoperatif organ yetmezliklerinin öngörülmesi

Akut böbrek hasarı, majör cerrahi sonrasında gelişebilen ve hastanede kalış süresi ile mortaliteyi artırabilen önemli komplikasyonlardan biridir. Geleneksel tanı kriterleri serum kreatinin düzeyindeki değişikliklere ve idrar çıkışına dayanırken, makine öğrenmesi algoritmaları klinik bozulmayı daha erken öngörmek amacıyla geliştirilmiştir.

Bu modeller yaş, komorbiditeler, preoperatif böbrek fonksiyonları, intraoperatif hipotansiyon, sıvı dengesi ve laboratuvar parametreleri gibi değişkenleri birlikte analiz etmektedir. Çeşitli çalışmalarda akut böbrek hasarı için yüksek ayırt edici performans bildirilmekle birlikte, erken risk tahmininin böbrek hasarını önlemeye yönelik müdahalelerle desteklenmesi gereklidir.

Benzer şekilde postoperatif solunum yetmezliği, plansız reentübasyon ve kardiyovasküler komplikasyonların öngörülmesi amacıyla da makine öğrenmesi modelleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin temel hedefi, yüksek riskli hastaların erken belirlenmesi ve izlem yoğunluğunun bireyselleştirilmesidir (Iglewski et al., 2026).

Postoperatif deliryum ve nörobilişsel komplikasyonlar

Postoperatif deliryum, özellikle ileri yaşta, frajilitesi bulunan ve majör cerrahi geçiren hastalarda önemli bir morbidite nedenidir. Deliryum gelişiminde yaş, bilişsel rezerv, komorbiditeler, inflamasyon, cerrahi stres ve perioperatif fizyolojik değişiklikler gibi çok sayıda faktör rol oynar. Makine öğrenmesi modelleri, bu değişkenleri birlikte değerlendirerek deliryum riskini tahmin etmeyi

amaçlamaktadır (Tu et al., 2025). İntraoperatif EEG bulguları, özellikle burst supresyonu ve spektral güç değişiklikleri, bazı modellerde risk belirteci olarak kullanılmaktadır. Klinik verilerle EEG özelliklerinin birleştirilmesi, belirli hasta gruplarında tahmin performansını artırabilir. Bununla birlikte, deliryumun çok faktörlü doğası nedeniyle tek bir biyobelirteç veya algoritma üzerinden kesin tahmin yapılması mümkün değildir. Yapay zekâ destekli risk değerlendirmesi, deliryumun önlenmesine yönelik çok bileşenli klinik yaklaşımların tamamlayıcısı olarak değerlendirilmelidir.

Derlenme ünitesinde erken uyarı sistemleri

Anestezi sonrası bakım ünitesinde hastaların solunum, dolaşım ve bilinç düzeylerinin yakın izlenmesi gereklidir. Klinik bozulma gelişmeden önce vital bulgularda ortaya çıkan küçük değişiklikler, erken müdahale için önemli fırsatlar sağlayabilir.

Yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri, kalp hızı, kan basıncı, solunum frekansı, oksijen satürasyonu ve diğer parametrelerin zamansal değişimlerini analiz ederek klinik bozulma olasılığını tahmin etmektedir. Geleneksel erken uyarı skorlarından farklı olarak bu modeller, değişkenlerin yalnızca belirli eşik değerlerini değil, aralarındaki ilişkileri ve değişim hızlarını da değerlendirebilir. Postoperatif bulantı-kusma ve boğaz ağrısı gibi sık görülen komplikasyonların tahmini de yapay zekânın araştırıldığı alanlar arasındadır. Hastaya ve cerrahiye ait değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi, profilaktik tedavilerin daha bireyselleştirilmiş biçimde planlanmasına katkı sağlayabilir (Ampeti et al., 2025; Maheshwari et al., 2022).

Yoğun bakımda yapay zekâ

Yoğun bakım üniteleri, yüksek yoğunlukta fizyolojik ve klinik veri üretilmesi nedeniyle yapay zekâ uygulamalarının önemli araştırma alanlarından biridir. Sepsis ve septik şokun erken tanınması, organ yetmezliği riskinin belirlenmesi, mekanik ventilasyonun yönetimi ve tedavi yanıtlarının öngörülmesi başlıca kullanım alanlarını oluşturmaktadır.

MIMIC ve eICU gibi geniş klinik veri tabanları, yoğun bakım hastalarına yönelik çok sayıda makine öğrenmesi modelinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Sepsis tahmin algoritmaları, vital bulguların ve laboratuvar sonuçlarının zaman içerisindeki değişimlerini analiz ederek klinik bozulma açısından erken uyarı oluşturmayı amaçlamaktadır (Zhang et al., 2026).

Pekiştirmeli öğrenme yöntemleriyle geliştirilen bazı araştırma modelleri, sepsis hastalarında sıvı ve vazopresör tedavisi için bireyselleştirilmiş stratejiler önermektedir. Ancak retrospektif veri kümelerinde daha iyi sonuçlarla ilişkili bulunan algoritmik tedavi önerilerinin gerçek klinik uygulamada mortaliteyi azalttığı varsayılamaz. Bu yaklaşımların güvenliği ve etkinliği prospektif klinik araştırmalarla değerlendirilmelidir (Zhang et al., 2026).

Anesteziyoloji Eğitiminde, Hasta Bilgilendirmesinde ve Akademik Araştırmalarda Yapay Zekâ

Yapay zekânın anesteziyolojideki kullanım alanları doğrudan hasta yönetimiyle sınırlı değildir. Eğitim, bilimsel araştırma ve hasta iletişimi gibi alanlarda da üretken yapay zekâ araçlarından giderek daha fazla yararlanılmaktadır.

Anesteziyoloji eğitimi

Büyük dil modelleri, anesteziyoloji eğitiminde karmaşık konuların açıklanması, klinik senaryoların oluşturulması ve

kişiselleştirilmiş öğrenme materyallerinin hazırlanması amacıyla kullanılabilir. Özellikle problem temelli öğrenme, olgu tartışmaları ve objektif yapılandırılmış klinik sınav (OSCE) hazırlıklarında farklı zorluk düzeylerinde senaryolar üretilmesi mümkündür.

Yapay zekâ destekli eğitim sistemleri, öğrencilerin yanıtlarını analiz ederek bilgi eksikliklerini belirleyebilir ve bireyselleştirilmiş geri bildirim sağlayabilir. Simülasyon eğitiminde ise dinamik hasta senaryoları oluşturarak klinik karar verme becerilerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Bununla birlikte, üretken yapay zekâ modellerinin hatalı veya güncel bilimsel kanıtlarla uyumsuz içerikler üretebilmesi nedeniyle eğitim materyallerinin uzman eğiticiler tarafından değerlendirilmesi gereklidir (Dost et al., 2025a, 2025b).

Hasta bilgilendirmesi ve preoperatif danışmanlık

Preoperatif hasta eğitimi, hastaların anestezi sürecini anlaması, kaygılarının azaltılması ve aydınlatılmış onam sürecine etkin katılımı açısından önemlidir. Büyük dil modelleri, genel ve rejyonel anestezi yöntemleri, ameliyat öncesi açlık kuralları, postoperatif ağrı yönetimi ve sık karşılaşılan komplikasyonlar hakkında hastaların anlayabileceği dilde bilgilendirme materyalleri hazırlanmasına yardımcı olabilir.

Bu sistemlerin önemli avantajlarından biri, karmaşık tıbbi bilgileri farklı sağlık okuryazarlığı düzeylerine uygun biçimde yeniden düzenleyebilmeleridir. Bununla birlikte, hastaya sunulan bilgilerin bilimsel doğruluğu, güncelliği ve bireysel klinik duruma uygunluğu mutlaka kontrol edilmelidir. Yapay zekâ ile gerçekleştirilen bilgilendirme, hekim-hasta görüşmesinin ve kişiye özgü aydınlatılmış onam sürecinin yerine geçmemelidir.

Akademik araştırma ve bilimsel yazım

Üretken yapay zekâ araçları, bilimsel araştırma sürecinde araştırma sorularının geliştirilmesi, literatürün sınıflandırılması, veri analizine yönelik kodların hazırlanması, bilimsel metinlerin dil açısından düzenlenmesi ve araştırma sonuçlarının görselleştirilmesi gibi alanlarda destek sağlayabilir. Özellikle büyük miktarda bilimsel yayının değerlendirilmesi gereken konularda, yapay zekâ destekli araçlar literatür tarama ve bilgi düzenleme süreçlerini hızlandırabilir. Ancak bu araçların ürettiği özetlerin özgün kaynaklarla karşılaştırılması ve referans bilgilerinin doğrulanması zorunludur. Bilimsel yazımda yapay zekâ kullanımının şeffaf biçimde bildirilmesi, araştırma dürüstlüğünün korunması açısından önemlidir. Yapay zekâ sistemleri bilimsel içeriğin doğruluğundan sorumlu tutulamayacağı için yazar olarak kabul edilmez. Araştırmanın yöntemsel doğruluğu, veri bütünlüğü, etik uygunluğu ve sonuçların yorumlanmasına ilişkin sorumluluk araştırmacılara aittir (Giri et al., 2025).

Yapay Zekâ Uygulamalarının Etik, Hukuki ve Teknik Sınırlamaları

Yapay zekâ sistemlerinin anesteziyoloji pratiğine entegrasyonu, klinik yararlarının yanı sıra hasta güvenliği, veri gizliliği, algoritmik adalet ve hukuki sorumluluk açısından yeni sorunları beraberinde getirmektedir (Giri et al., 2025).

Algoritmik yanlılık ve genellenebilirlik

Yapay zekâ modellerinin performansı büyük ölçüde eğitimlerinde kullanılan verilerin niteliğine ve temsil gücüne bağlıdır. Belirli merkezlerde veya sınırlı hasta gruplarında geliştirilen modeller, farklı demografik özelliklere ve klinik

uygulamalara sahip popülasyonlarda aynı başarıyı göstermeyebilir. Özellikle pediatrik hastalar, ileri yaş grupları, nadir hastalıkları bulunan bireyler ve eğitim verilerinde yeterince temsil edilmeyen popülasyonlar açısından algoritmik yanlılık önemli bir sorundur. Bu nedenle modellerin farklı merkezlerde dış doğrulamasının yapılması ve alt gruplardaki performanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Giri et al., 2025).

Veri güvenliği ve hasta mahremiyeti

Perioperatif yapay zekâ uygulamaları, elektronik sağlık kayıtları, laboratuvar sonuçları, fizyolojik dalga formları ve tıbbi görüntüler gibi hassas hasta verilerinden yararlanmaktadır. Bu verilerin işlenmesi sırasında gizlilik, güvenlik ve yetkisiz erişimin önlenmesi temel gerekliliklerdir. Verilerin kimliksizleştirilmesi mahremiyet risklerini azaltmakla birlikte, bazı veri kümelerinde yeniden kimliklendirme olasılığı tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Bu nedenle veri minimizasyonu, erişim kontrolü, şifreleme ve uygun veri yönetişimi mekanizmaları önem taşımaktadır. Türkiye'de kişisel sağlık verilerinin işlenmesinde Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) ve ilgili düzenlemeler dikkate alınmalıdır. Uluslararası uygulamalarda ise The General Data Protection Regulation(GDPR) ve the Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) gibi düzenleyici çerçeveler önem taşımaktadır (Shah, 2023).

Açıklanabilirlik ve otomasyon yanlılığı

Derin öğrenme modellerinin karmaşık yapısı, algoritmanın belirli bir tahmine hangi gerekçelerle ulaştığının anlaşılmasını güçleştirebilir. Kara kutu (black box) problemi olarak tanımlanan bu durum, özellikle yüksek riskli klinik kararlar açısından önemlidir.

Açıklanabilir yapay zekâ (explainable artificial intelligence, XAI) yöntemleri, modelin tahminine katkıda bulunan değişkenleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Ancak açıklanabilirlik yöntemlerinin sağladığı bilgiler, her zaman nedensel ilişkileri veya algoritmanın gerçek karar mekanizmasını tam olarak yansıtmayabilir (Abbas et al., 2025).

Bir diğer önemli risk otomasyon yanlılığıdır. Klinisyenlerin algoritmik önerilere gereğinden fazla güvenmesi, hatalı tahminlerin sorgulanmadan kabul edilmesine neden olabilir. Uzun dönemde otomatik sistemlere aşırı bağımlılık, manuel klinik becerilerin ve bağımsız karar verme yetisinin zayıflaması riskini de beraberinde getirebilir.

Hukuki sorumluluk ve klinik denetim

Yapay zekâ destekli sistemlerin kullanımında olumsuz bir klinik sonuç geliştiğinde sorumluluğun nasıl paylaşılacağı önemli bir hukuki tartışma alanıdır. Sistemi geliştiren üretici, sağlık kuruluşu ve uygulamayı gerçekleştiren klinisyenin sorumlulukları kullanılan teknolojinin niteliğine, kullanım amacına ve geçerli mevzuata göre değişebilir.

Bu nedenle tüm olumsuz sonuçların hukuki sorumluluğunun koşulsuz olarak yalnızca klinisyene ait olduğu şeklinde genel bir yaklaşım doğru değildir. Bununla birlikte, anestezi uzmanının mesleki özen yükümlülüğü ve hastanın klinik durumunu bağımsız olarak değerlendirme sorumluluğu devam etmektedir.

Yapay zekâ sistemlerinin klinik kullanımında insan denetimini esas alan human-in-the-loop yaklaşımı, hasta güvenliği açısından önemli bir ilkedir. Bu yaklaşım, algoritmanın önerilerini klinik bağlam içerisinde değerlendiren ve gerektiğinde müdahale

edebilen bir klinisyenin karar sürecinde bulunmasını öngörür (Singh & Nath, 2022).

Algoritmovijilans: Klinik Yapay Zekâ Sistemlerinin Sürekli İzlenmesi

Yapay zekâ modellerinin klinik kullanıma alınmadan önce doğrulanması gerekli olmakla birlikte, uzun dönem güvenliğin sağlanması açısından tek başına yeterli değildir. Hasta popülasyonlarının özellikleri, klinik uygulamalar, kullanılan cihazlar ve veri toplama yöntemleri zaman içerisinde değişebilir. Bu değişiklikler, başlangıçta yüksek performans gösteren bir modelin doğruluğunu ve güvenilirliğini azaltabilir.

Algoritmovijilans (algorithmovigilance), klinik kullanıma alınan yapay zekâ sistemlerinin performansının, güvenliğinin ve olası olumsuz etkilerinin kullanım süresince sistematik olarak izlenmesini ifade eder. Farmakovijilans kavramına benzer şekilde, teknolojinin yalnızca geliştirme ve onay aşamasında değil, gerçek klinik ortamda kullanıldığı süre boyunca değerlendirilmesini amaçlar (Salwei et al., 2025).

Bu süreçte özellikle veri dağılımındaki değişikliklerin (dataset shift), model performansındaki zamansal bozulmanın (model drift) ve tahminlerin gerçek klinik sonuçlarla uyumundaki değişikliklerin izlenmesi önemlidir. Modelin ayırt edici performansının yanı sıra kalibrasyonu, yanlış alarm oranları ve farklı hasta alt gruplarındaki sonuçları da düzenli olarak değerlendirilmelidir.

Algoritmovijilans kapsamında model sürümlerinin kayıt altına alınması, güncellemelerin kontrollü biçimde uygulanması, performans kaybı durumunda önceki güvenli sürüme dönülebilmesi

ve klinisyenlerin sistem değişiklikleri hakkında bilgilendirilmesi gereklidir.

Anesteziyoloji gibi fizyolojik değişikliklerin hızla gelişebildiği ve kararların doğrudan hasta güvenliğini etkilediği alanlarda algoritmovijilans özel önem taşımaktadır. Bu nedenle klinik yapay zekâ sistemleri, tek seferlik doğrulamayla güvenliği kalıcı olarak sağlanmış araçlar yerine, yaşam döngüleri boyunca değerlendirilmesi gereken dinamik teknolojiler olarak ele alınmalıdır.

Sonuç

Yapay zekâ, anesteziyoloji ve perioperatif tıp alanında klinik karar verme süreçlerini destekleme, komplikasyonları öngörme, tedavi uygulamalarını bireyselleştirme ve sağlık hizmetlerinin verimliliğini artırma potansiyeline sahip önemli bir teknolojik gelişmedir. Preoperatif dönemde risk sınıflandırması ve hasta değerlendirmesi, intraoperatif dönemde öngörücü monitörizasyon ve otomatik kontrol sistemleri, postoperatif dönemde ise komplikasyonların erken belirlenmesi bu teknolojilerin başlıca uygulama alanlarını oluşturmaktadır.

Bununla birlikte, yapay zekâ modellerinin araştırma ortamlarında gösterdikleri yüksek tahmin performansı ile gerçek klinik uygulamadaki yararları birbirinden ayrılmalıdır. Klinik entegrasyon öncesinde dış doğrulama, güvenlik değerlendirmesi, uygun düzenleyici gerekliliklerin karşılanması ve hasta sonuçlarına etkilerinin incelenmesi önemlidir. Ayrıca algoritmik yanlılık, veri gizliliği, açıklanabilirlik ve hukuki sorumluluk gibi konuların dikkatle ele alınması gerekmektedir.

Gelecekte yapay zekâ sistemlerinin anesteziyoloji pratiğinde daha fazla yer bulması beklenmekle birlikte, klinik muhakeme, deneyim, etik sorumluluk ve hasta merkezli yaklaşım önemini koruyacaktır. Yapay zekânın en uygun kullanım modeli, klinisyenin yerini alan bağımsız bir karar verici olmaktan çok, anestezi uzmanının bilgi ve deneyimini tamamlayan, güvenilirliği sürekli değerlendirilen bir klinik karar destek sistemi olmasıdır.

Kısaltmalar

Kısaltma	İngilizce Açılımı	Türkçe Karşılığı
YZ	Artificial Intelligence (AI)	Yapay zekâ
ML	Machine Learning	Makine öğrenmesi
CNN	Convolutional Neural Network	Konvolüsyonel sinir ağı
NLP	Natural Language Processing	Doğal dil işleme
LLM	Large Language Model	Büyük dil modeli
ASA	American Society of Anesthesiologists	Amerikan Anesteziyologlar Derneği
AUROC	Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve	Alıcı işletim karakteristiği eğrisi altında kalan alan
HPI	Hypotension Prediction Index	Hipotansiyon Tahmin İndeksi
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	Çok girdili çok çıktılı sistem
SISO	Single-Input Single-Output	Tek girdili tek çıktılı sistem
EEG	Electroencephalography	Elektroensefalografi
BIS	Bispectral Index	Bispektral indeks
XAI	Explainable Artificial Intelligence	Açıklanabilir yapay zekâ
OSCE	Objective Structured Clinical Examination	Objektif yapılandırılmış klinik sınav
KVKK	—	Kişisel Verilerin Korunması Kanunu
GDPR	General Data Protection Regulation	Genel Veri Koruma Tüzüğü
HIPAA	Health Insurance Portability and Accountability Act	Sağlık Sigortası Taşınabilirlik ve Hesap Verebilirlik Yasası
MIMIC	Medical Information Mart for Intensive Care	Yoğun bakım klinik veri tabanı
eICU	Electronic Intensive Care Unit	Elektronik yoğun bakım veri tabanı

Terim	Açıklama
HYPE	Hypotension Prediction (klinik araştırma adı)
MySurgeryRisk	Perioperatif komplikasyonları öngörmek amacıyla geliştirilmiş makine öğrenmesi modeli
Prescience	İntraoperatif hipoksemi riskinin öngörülmesine yönelik derin öğrenme modeli
McSleepy	Otomatik anestezik ilaç uygulama sistemi
ScanNav Anatomy	Ultrasonografide anatomik yapıların yapay zekâ ile tanımlanmasını destekleyen sistem
Accuro	Nöroaksiyel girişimlerde ultrasonografik anatomik tanımlamayı destekleyen sistem

Kaynakça

Abbas, Q., Jeong, W., & Lee, S. W. (2025). Explainable AI in clinical decision support systems: A meta-analysis of methods, applications, and usability challenges. *Healthcare*, *13*(17), Article 2154. doi: 10.3390/healthcare13172154.

Alvarado-Sánchez, J. I., Abril-Calderón, D. M., & Sánchez-Quimbayo, I. (2026). Closed-loop vasopressor systems for hemodynamic control in perioperative and critical care settings: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, *40*(5), 1065–1076. doi: 10.1007/s10877-026-01463-7.

Ampeti, S., Srivastava, M., & Patel, N. (2025). Artificial intelligence driven innovation in anesthesia for personalized perioperative care. *medtigo Journal of Anesthesiology and Pain Medicine*. Advance online publication. doi: 10.63096/medtigo3067125.

Bellini, V., Valente, M., & Bertorelli, G. (2022). Machine learning in perioperative medicine: A systematic review. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care*, *2*(1), Article 2. doi: 10.1186/s44158-022-00033-y.

Bowness, J. S., El-Boghdadly, K., Woodworth, G., Noble, J. A., Higham, H., & Burckett-St Laurent, D. (2022). Exploring the utility of assistive artificial intelligence for ultrasound scanning in regional anesthesia. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, *47*(6), 375–379. doi: 10.1136/rapm-2021-103368.

Bowness, J. S., Macfarlane, A. J. R., & Burckett-St Laurent, D. (2023). Evaluation of the impact of assistive artificial intelligence on

ultrasound scanning for regional anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, *130*(2), 226–233. doi: 10.1016/j.bja.2022.07.049.

Camastra, A. A., Requena Escobar, M., & Macedo Oliveira, D. (2026). Artificial intelligence-assisted monitoring in anaesthesia: A systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy and clinical impact AI in anaesthesia: Monitoring and outcomes review. *Journal of Future Medical and Healthcare Innovation*, *4*(1), 1–20. doi: 10.33140/JFMHI.04.01.03.

Chen, C., Xie, S., & Luo, Z. (2026). Artificial intelligence in anesthesiology education: Transformative applications, challenges, and future perspectives. *Frontiers in Medicine*, *13*, Article 1817855. doi: 10.3389/fmed.2026.1817855.

Dabbagh, A., & Sabouri, A. S. (2025). The role of artificial intelligence in medicine with a special focus on anesthesiology and perioperative care. *Anesthesiology Clinics*, *43*(3), 389–403. doi: 10.1016/j.anclin.2025.04.002.

Dost, A., Alaraj, R., Mayet, R., & Agrawal, D. (2025a). Reshaping anesthesia with artificial intelligence: From concept to reality. *Anesthesia and Critical Care*, *7*, 77–90. doi: 10.26502/acc.087.

Dost, B., Turan, E., & Aydın, M. (2025b). Artificial intelligence in anaesthesiology: Current applications, challenges, and future directions. *Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation*, *53*, 282–292. doi: 10.4274/tjar.2025.252320.

Duarte-Medrano, G., Nuño-Lámbarri, N., & Paternò, D. S. (2025). Advancing a hybrid decision-making model in anesthesiology: Applications of artificial intelligence in the perioperative setting. *Healthcare*, *14*(1), Article 97. doi: 10.3390/healthcare14010097.

Felippe, V. A., Dias, H. S., & Da Hora, D. A. B. (2026). Closed-loop systems for automated hypnotic drug delivery during general anaesthesia: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Anaesthesia*, *136*(6), 1811–1821. doi: 10.1016/j.bja.2026.03.020.

Garg, S., & Kapoor, M. (2024). Role of artificial intelligence in perioperative monitoring in anaesthesia. *Indian Journal of Anaesthesia*, *68*(1), 87–92. doi: 10.4103/ija.ija_1198_23.

Giri, R., Firdhos, S. H., & Vida, T. (2025). Artificial intelligence in anesthesia: Enhancing precision, safety, and global access through data-driven systems. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(19), Article 6900. doi: 10.3390/jcm14196900.

Gu, Y., Liang, Z., & Hagihira, S. (2019). Use of multiple EEG features and artificial neural network to monitor the depth of anesthesia. *Sensors, 19*(11), Article 2499. doi: 10.3390/s19112499.

Hatib, F., Jian, Z., & Buddi, S. (2018). Machine-learning algorithm to predict hypotension based on high-fidelity arterial pressure waveform analysis. *Anesthesiology*, *129*(4), 663–674. doi: 10.1097/ALN.0000000000002300

Iglewski, P., Kociński, M., Pietrasz, M., & Komarczewska, A. (2026). Artificial intelligence in patient monitoring and prediction of perioperative complications. *International Journal of Innovative Technologies in Economy and Social Sciences*, *5*(1), Article 49. doi: 10.31435/ijitss.1(49).2026.5036.

Ionescu, C., Yumuk, E., & Schiavo, M. (2026). Systemic fragility in European total intravenous anesthesia delivery and opportunities for resilient real-time decision support. *Communications Medicine*, *6*(1), Article 425. doi: 10.1038/s43856-026-01833-x.

Kim, J., Lui, B., Goldstein, P. A., Rubin, J. E., White, R. S., & Jotwani, R. (2025). From data to decisions: Harnessing multi-agent systems for safer, smarter, and more personalized perioperative care. *Journal of Personalized Medicine*, *15*(11), Article 540. doi: 10.3390/jpm15110540.

Maheshwari, K., Cywinski, J., Papay, F., Khanna, A., & Mathur, P. (2022). Artificial intelligence for perioperative medicine: Perioperative intelligence. *Anesthesia & Analgesia*. Advance online publication. doi: 10.1213/ANE.0000000000005952.

Merola, R., Battaglini, D., Schultz, M. J., & Rocco, P. R. M. (2026). Physiology-guided personalized mechanical ventilation to prevent ventilator-induced lung injury. *Frontiers in Medicine*, *13*, Article 1764151. doi: 10.3389/fmed.2026.1764151.

Montesinos López, O. A., Montesinos López, A., & Crossa, J. (2022). Fundamentals of artificial neural networks and deep learning. In *Multivariate statistical machine learning methods for genomic prediction* (pp. 379–425). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-89010-0_10.

Park, S., Ahn, J., & Yoon, S. U. (2021). Prediction of endotracheal tube size using a printed three-dimensional airway model in pediatric patients with congenital heart disease: A prospective, single-center, single-group study. *Korean Journal of Anesthesiology, 74*(4), 333–341. doi: 10.4097/kja.21114.

Purwono, P., Ma'arif, A., Rahmaniar, W., Fathurrahman, H. I. K., Frisky, A. Z. K., & Haq, Q. M. U. (2023). Understanding of convolutional neural network (CNN): A review. *International Journal of Robotics and Control Systems*, *2*(4), 739–748. doi: 10.31763/ijrcs.v2i4.888.

Ramkumar, P. N., Kunze, K. N., & Haeberle, H. S. (2021). Clinical and research medical applications of artificial intelligence. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, *37*(5), 1694–1697. doi: 10.1016/j.arthro.2020.08.009.

Ren, Y., Adiyeke, E., & Guan, Z. (2026). MySurgeryRisk model predictions of postoperative complications and mortality. *JAMA Surgery*, *161*(6), Article 619. doi: 10.1001/jamasurg.2026.1112.

Ren, Y., Loftus, T. J., & Datta, S. (2022). Performance of a machine learning algorithm using electronic health record data to predict postoperative complications and report on a mobile platform. *JAMA Network Open*, *5*(5), Article e2211973. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.11973.

Ryan, M. L., Wang, S., & Pandya, S. R. (2024). Integrating artificial intelligence into the visualization and modeling of three-dimensional anatomy in pediatric surgical patients. *Journal of Pediatric Surgery*, *59*(12), Article 161629. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2024.07.014.

Saadeh, W., Khan, F. H., & Altaf, M. A. B. (2019). Design and implementation of a machine learning based EEG processor for accurate estimation of depth of anesthesia. *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, *13*(4), 658–669. doi: 10.1109/TBCAS.2019.2921875.

Salwei, M. E., Davis, S. E., & Reale, C. (2025). Human-centered design of an artificial intelligence monitoring system: The Vanderbilt Algorithmovigilance Monitoring and Operations System. *JAMIA Open*, *8*(5), Article ooaf136. doi: 10.1093/jamiaopen/ooaf136.

Schmierer, T., Li, T., Wu, D., & Li, Y. (2026). Prediction of anesthesia depth and early detection of state transitions using EEG-

derived features. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, *75*, 1–14. doi: 10.1109/TIM.2026.3659621.

Shah, W. F. (2023). Preserving privacy and security: A comparative study of health data regulations - GDPR vs. HIPAA. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, *11*(8), 2189–2199. doi: 10.22214/ijraset.2023.55551.

Singh, M., & Nath, G. (2022). Artificial intelligence and anesthesia: A narrative review. *Saudi Journal of Anaesthesia*, *16*(1), 86–93. doi: 10.4103/sja.sja_669_21.

Soerensen, A. L., Froeslev-Friis, C., & Kjaergaard Andersen, G. (2026). Artificial intelligence for American Society of Anesthesiologists physical status classification: Agreement with clinician consensus and temporal stability analysis. *Journal of Clinical Medicine*, *15*(10), Article 3871. doi: 10.3390/jcm15103871.

Telli, S., Camgöz, S., Arslan, N. N., & Özdemir, D. (2026). Pre-operative prediction of difficult tracheal intubation using an explainable multi-pose shared encoder vision transformer: A prospective observational study. *BMC Anesthesiology*, *26*(1), Article 551. doi: 10.1186/s12871-026-04156-5.

Tu, Y., Zhu, H., Zhang, X., Huang, S., & Tu, W. (2025). Machine learning-based prediction models for postoperative delirium: A systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*, *25*(1), Article 940. doi: 10.1186/s12888-025-07401-2.

Viderman, D., Dossov, M., Seitenov, S., & Lee, M. H. (2022). Artificial intelligence in ultrasound-guided regional anesthesia: A scoping review. *Frontiers in Medicine*, *9*, Article 994805. doi: 10.3389/fmed.2022.994805.

Wijnberge, M., Geerts, B. F., & Hol, L. (2020). Effect of a machine learning–derived early warning system for intraoperative hypotension vs standard care on depth and duration of intraoperative hypotension during elective noncardiac surgery: The HYPE randomized clinical trial. *JAMA*, *323*(11), 1052–1060. doi: 10.1001/jama.2020.0592.

Wijnberge, M., Van Der Ster, B. J. P., & Geerts, B. F. (2021). Clinical performance of a machine-learning algorithm to predict intra-operative hypotension with noninvasive arterial pressure waveforms: A cohort study. *European Journal of Anaesthesiology*, *38*(6), 609–615. doi: 10.1097/EJA.0000000000001521.

Xia, M., Jin, C., & Zheng, Y. (2024). Deep learning-based facial analysis for predicting difficult videolaryngoscopy: A feasibility study. *Anaesthesia*, *79*(4), 399–409. doi: 10.1111/anae.16194.

Zhang, R., Long, F., & Zhao, Z. (2026). Machine learning predicts sepsis deterioration trajectories. *npj Digital Medicine*, *9*(1), Article 385. doi: 10.1038/s41746-026-02565-x.


BİDGE