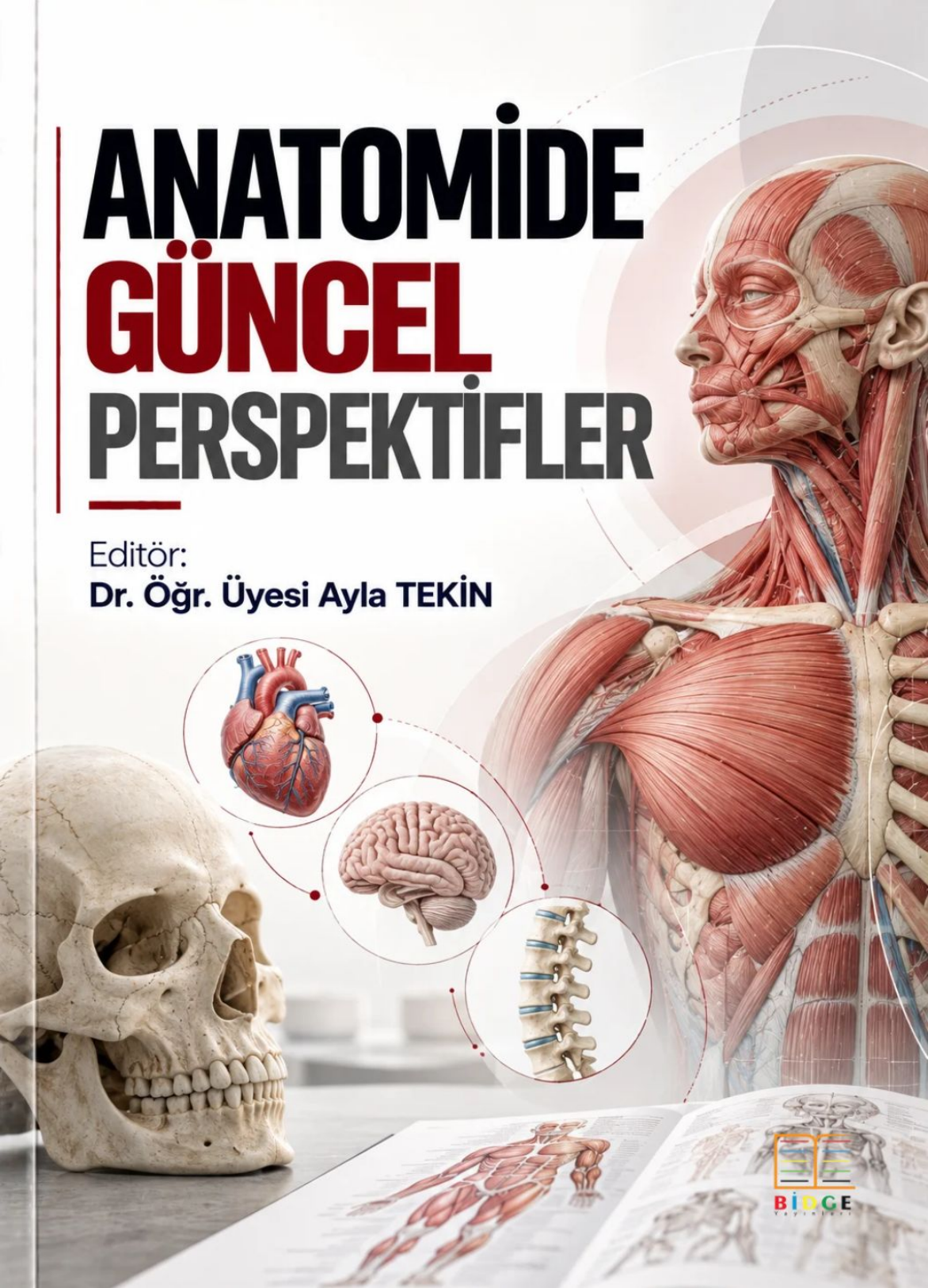
ANATOMİDE GÜNCEL PERSPEKTİFLER

Editör:
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN



BİDGE Yayınları

BİDGE Yayınları

Anatomide Güncel Perspektifler

Editör: Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN

ISBN: 978-625-5474-39-1

1. Baskı
Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL
Yayınlama Tarihi: 2026-10-25
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

Değerli Okuyucular,

Anatomi, insan vücudunun yapısal organizasyonunu anlamamızı sağlayan, temel ve klinik tıp bilimlerinin vazgeçilmez disiplinlerinden biridir. Bilimsel ve teknolojik gelişmeler, anatomi alanındaki araştırmalara yeni bakış açıları kazandırırken, anatomik bilginin farklı disiplinlerle olan etkileşimini de giderek artırmaktadır.

"Anatomide Güncel Perspektifler" adlı bu kitap, anatominin farklı alanlarına ilişkin güncel bilgi ve yaklaşımları bir araya getirerek bilimsel literatüre katkı sunmak amacıyla hazırlanmıştır. Farklı konuları ele alan bölümlerin, araştırmacılara, akademisyenlere ve sağlık bilimleri alanındaki öğrencilere yararlı bir kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

Kitabın hazırlanmasında bilgi ve deneyimlerini paylaşarak katkı sağlayan tüm bölüm yazarlarına teşekkür eder, eserin anatomi alanındaki bilimsel çalışmalara katkı sağlamasını dilerim.

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN

İÇİNDEKİLER

AYAK ANATOMİSİ VE BİYOMEKANİĞİ 1
BEHİYE SARIYILDIZ, ENGİN TAŞTABAN

KARACİĞER, SAFRA KESESİ, PANKREAS VE DALAĞIN EMBRİYOLOJİSİ VE KLİNİK ANATOMİSİ 32
GİZEM SAKALLI, BEHİYE SARIYILDIZ

ERKEK ÜREME SİSTEMİ VE KLİNİK ANATOMİSİ 59
OĞUZHAN ÖZTÜRK, OĞUZHAN HARMANDAOĞLU

BÖLÜM 3

AYAK ANATOMİSİ VE BİYOMEKANİĞİ

BEHİYE SARIYILDIZ[1]
ENGİN TAŞTABAN[2]

Giriş

Ayak, ayakta durma ve yürüme sırasında vücut ağırlığını taşıyan, yükü zemine aktaran ve zemine uyum sağlayan bir yapıdır. Kemikler, eklemler, bağlar ve kasların koordineli çalışması, hareketlilik ile stabilitenin birlikte sürdürülmesini sağlar (Brockett & Chapman, 2016). Bu bölümde ayağın embriyolojik gelişimi ve anatomik yapıları ele alınmakta; bu yapıların ayak arkları, yük aktarımı ve yürüme sırasındaki biyomekanik işlevlerle ilişkileri açıklanmaktadır. Anatomik yapıların adlandırılmasında Terminologia Anatomica'nın ikinci baskısındaki Latince terimler esas alınmıştır (Federative International Programme for Anatomical Terminology [FIPAT], 2019).

[1] Öğr. Gör. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-5509-8533
[2] Doç. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-9094-2904

Ayağın Embriyolojik Gelişimi

Alt ekstremite tomurcukları, embriyonik dönemin dördüncü haftasının sonu ile beşinci haftasının başlangıcında belirir. Tomurcuklar, ektodermle örtülü mezenkimal bir çekirdekten oluşur. Ekstremitenin iskelet ve bağ dokuları lateral plak mezoderminin somatik tabakasından, iskelet kasları ise somitlerden göç eden öncül hücrelerden gelişir. Tomurcuğun distal ucundaki apikal ektodermal sırt, ekstremitenin büyümesini düzenler (Gilbert, 2000; Buckingham et al., 2003). Altıncı hafta civarında distal bölüm genişleyip yassılaşarak ayak plağını oluşturur. Gelişimin ilerleyen aşamalarında parmaklar arasındaki dokunun programlı hücre ölümüyle azalması, parmakların birbirinden ayrılmasını sağlar. Alt ekstremitenin mediale dönmesiyle hallux medialde, ekstansör kas grubu ise bacağın önünde konumlanır (Betts et al., 2013).

Mezenkimal hücrelerin yoğunlaşıp farklılaşmasıyla oluşan kıkırdak modeller, endokondral kemikleşme yoluyla kemik dokuya dönüşür. Gelecekteki sinovyal eklem bölgelerinde interzon adı verilen hücresel alanlar oluşur. Bu alanların ve çevre dokuların farklılaşması, eklem bileşenlerinin gelişimine katkı sağlar. Kavitasyon, yani eklem boşluğunun oluşmasıyla, karşılıklı eklem yüzleri birbirinden ayrılır (Rux et al., 2019). Kemikleşme ve iskelet gelişimi doğumdan sonra da sürdüğünden, çocuk ayağının değerlendirilmesinde yaşa bağlı gelişim özellikleri dikkate alınmalıdır (Betts et al., 2013).

Ayağın Genel Düzeni ve Kemikleri

Ayak iskeleti, ossa sesamoidea pedis ve aksesuar kemikler dışında, ossa tarsi grubunda yedi kemik, beş os metatarsi ve on dört phalanx pedis olmak üzere toplam yirmi altı kemikten oluşur. Bölgesel olarak arka ayak, orta ayak ve ön ayak şeklinde incelenir. Arka ayakta os tali ve calcaneus; orta ayakta os naviculare, os

cuboideum ve üç os cuneiforme; ön ayakta ise ossa metatarsi ve phalanges pedis bulunur (Drake et al., 2009).

Ossa Tarsi

Os tali; corpus ossis tali, collum ossis tali ve caput ossis tali bölümlerinden oluşur. Corpus ossis tali'nin superior bölümündeki trochlea ossis tali, tibia ve fibula'nın oluşturduğu articulatio talocruralis yuvasına yerleşir. İnferior yüzündeki facies articulares calcaneae, calcaneus ile; caput ossis tali ise os naviculare ile eklemleşir. Os tali'ye doğrudan kas veya tendon tutunmaz. Geniş kıkırdak örtüsü ve damarların kemiğe girdiği alanların sınırlılığı nedeniyle özellikle yer değiştirmiş kırıklarda kanlanması bozulabilir (Schwartz et al., 2020).

Calcaneus, ayağın en büyük kemiğidir ve topuğun kemik temelini oluşturur. Os tali ve os cuboideum ile eklemleşir. Medial yüzündeki sustentaculum tali'nin inferiorunda bulunan sulcus tendinis flexoris longi hallucis calcanei'den flexor longus hallucis tendonu geçer. Posterior yüzüne tendo calcaneus, processus medialis tuberis calcanei'ye ise aponeurosis plantaris tutunur. Lateral yüzündeki trochlea fibularis'in superiorundan musculus fibularis brevis, inferiorundan musculus fibularis longus tendonu geçer (Gupton et al., 2023).

Os naviculare, caput ossis tali ile üç os cuneiforme arasında yer alır. Konkav posterior yüzü caput ossis tali ile, anterior yüzü ise ossa cuneiformia ile eklemleşir. Medialindeki tuberositas ossis navicularis, musculus tibialis posterior tendonunun başlıca tutunma bölgelerindendir (Prapto & Dreyer, 2023).

Os cuboideum, orta ayağın lateralinde bulunur. Posterior yüzü calcaneus ile, anterior yüzü dördüncü ve beşinci ossa metatarsi ile, medial yüzü ise os cuneiforme laterale ile eklemleşir. Os naviculare ile bağlantısı bireysel farklılık gösterir. Plantar yüzündeki

sulcus tendinis musculi fibularis longi ossis cuboidei'den musculus fibularis longus tendonu geçer (Drake et al., 2009; Elsevier, t.y.-b).

Os cuneiforme mediale, os cuneiforme intermedium ve os cuneiforme laterale, os naviculare'nin anteriorunda yer alır. Distalde başlıca sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü ossa metatarsi ile eklemleşirler. Os cuneiforme intermedium'un komşularına göre daha kısa olması, ikinci os metatarsi'nin basis bölümünün bu kemikler arasındaki yuvaya yerleşmesini sağlar. Bu yerleşim, articulationes tarsometatarsales bölgesinin stabilitesini destekler. Ossa cuneiformia'nın kama biçimi de ayağın transvers arkının yapısına katkıda bulunur (Drake et al., 2009).

Ossa Metatarsi

Ossa metatarsi, medialden laterale doğru birden beşe kadar numaralandırılır. Her os metatarsi; basis ossis metatarsi, corpus ossis metatarsi ve caput ossis metatarsi bölümlerinden oluşur. Basis bölümleri ossa tarsi ile, caput bölümleri ise phalanges proximales pedis ile eklemleşir. Os primum metatarsi diğerlerine göre daha kısa ve kalın, ikinci os metatarsi ise genellikle en uzundur. İkinci os metatarsi'nin basis bölümünün ossa cuneiformia arasındaki yuvaya yerleşmesi, bu bölgenin kemiksel stabilitesini artırır. Tuberositas ossis quinti metatarsi'ye musculus fibularis brevis tendonu tutunur (Drake et al., 2009; Lezak et al., 2026). Os primum metatarsi, os cuneiforme mediale ve aralarındaki tarsometatarsal eklem, birlikte birinci ışın olarak adlandırılan işlevsel birimi oluşturur (Fraser et al., 2016).

Phalanges Pedis

Phalanges pedis, hallux'ta phalanx proximalis pedis ve phalanx distalis pedis; diğer parmaklarda ise phalanx proximalis pedis, phalanx media pedis ve phalanx distalis pedis olarak adlandırılır. Böylece her ayakta toplam on dört phalanx bulunur. Phalanges proximales pedis'in basis bölümleri, capita ossium

metatarsi ile; aynı parmağın komşu phalanges bölümleri ise birbirleriyle eklemleşir. Phalanges distales pedis'in genişleyen uçları, parmak uçlarına kemik desteği sağlar (Betts et al., 2013).

Ossa Sesamoidea Pedis

Caput ossis primi metatarsi'nin plantar tarafında, flexor brevis hallucis'in medial ve lateral tendonları içinde iki os sesamoideum bulunur. Bu kemikler caput ossis primi metatarsi ile eklemleşir; aralarından flexor longus hallucis tendonu geçer. Ossa sesamoidea pedis, yükün dağıtılmasına, flexor longus hallucis tendonunun korunmasına ve flexor brevis hallucis'in mekanik etkinliğine katkı sağlar. Ossa sesamoidea pedis gelişimsel olarak iki veya daha fazla parçalı olabilir. Bu görünümün kırıkla karıştırılmaması için gelişimsel varyasyon ile kırık arasındaki ayrım dikkate alınmalıdır (Dedmond et al., 2006).

Articulationes Pedis ve Ligamenta

Articulatio Talocruralis

Articulatio talocruralis, tibia ve fibula'nın distal uçları ile os tali arasında oluşan sinovyal menteşe tipi eklemdir. Facies articularis inferior tibiae ile malleolus medialis ve malleolus lateralis, trochlea ossis tali'yi çevreleyen bir eklem yuvası oluşturur. Malleolus lateralis, malleolus medialis'e göre daha distalde ve posteriorda yer alır. Eklem yüzleri hiyalin kıkırdakla örtülüdür. Capsula articularis, medial ve lateral ligamenta ile güçlendirilir (Drake et al., 2009).

Eklemin başlıca hareketleri dorsifleksiyon ve plantar fleksiyondur. Hareket ekseninin oblik yerleşimi nedeniyle bu hareketlere küçük dönme bileşenleri de eşlik eder. Trochlea ossis tali'nin daha geniş olan anterior bölümü, dorsifleksiyon sırasında eklem yuvasına yerleşerek kemiksel stabiliteyi artırır. Plantar fleksiyonda bu kemiksel kısıtlama görece azalır. Her iki konumda da

ligamenta ve kas-tendon yapıları eklemin stabilitesini destekler (Brockett & Chapman, 2016).

Ligamentum collaterale mediale, ligamentum deltoideum olarak da adlandırılır. Malleolus medialis'ten os tali, calcaneus, os naviculare ve ligamentum calcaneonaviculare plantare kompleksine uzanır. Yüzeyel ve derin tabakalardan oluşur. Derin tabakada talotibial lifler bulunur; ligament demetlerinin varlığı ve belirginliği bireysel farklılık gösterebilir. Bu kompleks, aşırı eversiyonu ve os tali'nin dış rotasyonunu sınırlandırarak eklemin medial stabilitesini destekler (Golanó et al., 2010).

Ligamentum collaterale laterale üç ligamentten oluşur. Ligamentum talofibulare anterius, malleolus lateralis'in anterior kenarından os tali'ye uzanır ve os tali'nin öne yer değiştirmesini sınırlar. Plantar fleksiyonla birlikte gerçekleşen inversiyon yaralanmalarında sık etkilenir. Ligamentum calcaneofibulare, malleolus lateralis'ten calcaneus'un lateral yüzüne uzanarak hem articulatio talocruralis hem de articulatio subtalaris'in stabilitesine katkı sağlar. Ligamentum talofibulare posterius, malleolus lateralis'in medial yüzündeki fossa malleoli lateralis'ten os tali'nin posterolateral bölümüne uzanır ve dorsifleksiyonda gerilir (Golanó et al., 2010).

Syndesmosis tibiofibularis, tibia ile fibula'nın distal uçları arasındaki fibröz bağlantıdır. Ligamentum tibiofibulare anterius, ligamentum tibiofibulare posterius ve interosseöz ligament tarafından desteklenir. Ligamentum tibiofibulare posterius'un derin bölümü, ligamentum tibiofibulare transversum olarak da adlandırılır. Bu yapılar, tibia ile fibula arasındaki ilişkiyi ve articulatio talocruralis yuvasının stabilitesini korurken eklem hareketlerine eşlik eden küçük fizyolojik hareketlere izin verir (Golanó et al., 2010; Brockett & Chapman, 2016).

Articulatio Subtalaris ve Articulatio Talocalcaneonavicularis

Articulatio subtalaris, dar anatomik anlamıyla os tali ve calcaneus'un posterior eklem yüzleri arasında oluşur. Os tali'nin konkav facies articularis calcanea posterior'u, calcaneus'un konveks facies articularis talaris posterior'u ile eklemleşir. Os tali ile calcaneus'un facies articulares anteriores ve mediae olarak adlandırılan eklem yüzleri ise articulatio talocalcaneonavicularis'e katılır. Bu iki eklem bölgesi, canalis tarsi ve sinus tarsi ile birbirinden ayrılır. Ligamentum talocalcaneum interosseum, ligamentum talocalcaneum anterius ve ligamentum calcaneofibulare, bölgenin stabilitesini destekler (Bartoníček et al., 2018).

Articulatio talocalcaneonavicularis'te caput ossis tali; os naviculare'nin posterior yüzü, calcaneus'un facies articularis talaris anterior ve facies articularis talaris media yüzleri ile ligamentum calcaneonaviculare plantare kompleksinin oluşturduğu yuvaya yerleşir. Ligamentum calcaneonaviculare plantare kompleksi, caput ossis tali'yi plantar ve medialden destekleyerek pars medialis arcus longitudinalis pedis'in korunmasına katkı sağlar. Ligamentum talonaviculare ve ligamentum bifurcatum'un calcaneonaviculare bölümü de bu bölgeyi destekler (Bartoníček et al., 2018; Walter et al., 2019).

Articulatio Transversa Tarsi (Chopart Kompleksi)

Articulatio transversa tarsi, klinikte Chopart kompleksi olarak da adlandırılır. Medialde articulatio talocalcaneonavicularis'in talonaviküler bölümü, lateralde articulatio calcaneocuboidea'dan oluşur. Articulatio calcaneocuboidea'nın eyer biçimindeki yüzleri, sınırlı kayma ve dönme hareketlerine izin verir. Bu iki eklem işlevsel olarak birlikte çalışır; ancak ortak bir kapsül veya eklem boşluğu içinde bulunmaz (Drake et al., 2009; Walter et al., 2019).

Ligamentum bifurcatum, calcaneus'tan başlayıp os naviculare ve os cuboideum'a uzanan iki kola ayrılır. Articulatio calcaneocuboidea, ligamentum calcaneocuboideum dorsale ile plantar taraftaki ligamentum plantare longum ve ligamentum calcaneocuboideum plantare tarafından desteklenir. Ligamentum plantare longum, calcaneus'tan os cuboideum'a ve ossa metatarsi'nin basis bölümlerine uzanır. Yüzeyel lifleri, musculus fibularis longus tendonunun geçtiği kanalın fibröz çatısını oluşturur. Daha derinde yer alan ligamentum calcaneocuboideum plantare, calcaneus ile os cuboideum'un plantar yüzleri arasında uzanır (Drake et al., 2009; Edama et al., 2021).

Articulatio subtalaris ve articulatio transversa tarsi'nin koordineli hareketleri, ayağın zemine uyum sağlamasına ve yükü aktarmasına yardımcı olur (Brockett & Chapman, 2016).

Orta Ayağın Diğer Eklemleri

Articulatio cuneonavicularis, os naviculare ile üç os cuneiforme arasında oluşan düz tip sinovyal eklemdir. Ligamenta cuneonavicularia dorsalia ve ligamenta cuneonavicularia plantaria ile desteklenir ve sınırlı kayma hareketlerine izin verir. Articulationes intercuneiformes, komşu ossa cuneiformia arasında; articulatio cuneocuboidea ise os cuneiforme laterale ile os cuboideum arasında bulunur. Bu eklemler dorsal, plantar ve interosseöz ligamenta ile güçlendirilir. Os naviculare ile os cuboideum arasındaki bağlantı genellikle fibrözdür; bazı bireylerde articulatio cuboideonavicularis biçiminde sinovyal eklemleşme görülebilir (Drake et al., 2009).

Articulationes Tarsometatarsales ve Articulationes Intermetatarseae

Articulationes tarsometatarsales, ossa cuneiformia ve os cuboideum ile ossa metatarsi'nin basis bölümleri arasında oluşur. Birinci os metatarsi, os cuneiforme mediale ile; ikinci başlıca os

cuneiforme intermedium ile; üçüncü os cuneiforme laterale ile; dördüncü ve beşinci ise os cuboideum ile eklemleşir. İkinci os metatarsi'nin basis bölümünün ossa cuneiformia arasındaki yuvaya yerleşmesi, bölgenin kemiksel stabilitesini artırır (Drake et al., 2009).

Lisfranc eklem kompleksi olarak da adlandırılan bu bölge, ligamenta tarsometatarsea dorsalia, ligamenta tarsometatarsea plantaria ve ligamenta cuneometatarsea interossea ile desteklenir. Ligamenta cuneometatarsea interossea'nın güçlü bir bileşeni olan Lisfranc ligamenti, os cuneiforme mediale'nin lateral yüzü ile ikinci os metatarsi'nin basis bölümünün medial yüzü arasında uzanır. Dördüncü ve beşinci articulationes tarsometatarsales, ilk üçüne göre daha hareketlidir. Bu hareketlilik, ayağın zemine uyum sağlamasına yardımcı olur (Yan et al., 2021).

Articulationes intermetatarseae, ikinci–beşinci ossa metatarsi'nin komşu basis bölümleri arasında bulunan küçük, düz tip sinovyal eklemlerdir. Ligamenta metatarsea dorsalia, ligamenta metatarsea plantaria ve ligamenta metatarsea interossea ile desteklenirler. Eklem boşlukları, komşu articulationes tarsometatarsales'in eklem boşluklarıyla devamlılık gösterebilir (Drake et al., 2009).

Articulationes Metatarsophalangeae

Articulationes metatarsophalangeae, capita ossium metatarsi ile phalanges proximales pedis'in basis bölümleri arasında oluşan elipsoid tip sinovyal eklemlerdir. Başlıca fleksiyon ve ekstansiyon, daha sınırlı olarak da abduksiyon ve adduksiyon hareketlerine izin verirler. Birinci metatarsophalangeal eklem, ossa sesamoidea pedis'i içeren plantar destek kompleksiyle diğerlerinden ayrılır. Hallux'un bu eklemdeki ekstansiyonu, yürümenin itiş evresinde önemlidir (Drake et al., 2009; Brockett & Chapman, 2016).

Capsulae articulares, yanlarda ligamenta metatarsophalangea collateralia, dorsalde ise ekstansör tendonların uzantılarıyla desteklenir. İkinci–beşinci eklemlerin plantar tarafında fibrokıkırdak yapısındaki plantar plaklar bulunur. Birinci eklemde ise ossa sesamoidea pedis ve bunlarla bağlantılı ligamenta, daha özelleşmiş bir plantar destek kompleksi oluşturur. Ligamenta collateralia'nın esas lifleri, phalanx proximalis pedis'in basis bölümüne; aksesuar lifleri ise plantar destek yapılarına tutunur. Plantar destek yapıları, aşırı ekstansiyonu sınırlandırır. Ligamentum metatarseum transversum profundum, komşu eklemlerin plantar destek yapılarını birbirine bağlar (Drake et al., 2009; Elsevier, t.y.-a).

Articulationes Interphalangeae Pedis

Articulationes interphalangeae pedis, aynı parmağın komşu phalanges bölümleri arasında oluşan sinovyal menteşe tipi eklemlerdir. Hallux'ta tek bir articulatio interphalangea hallucis; diğer parmaklarda ise articulationes interphalangeae proximales pedis ve articulationes interphalangeae distales pedis bulunur. Bu eklemler fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerine izin verir. Capsulae articulares, yanlarda ligamenta interphalangea collateralia pedis, plantarda ligamenta interphalangea plantaria, dorsalde ise ekstansör tendonların uzantılarıyla desteklenir (Drake et al., 2009).

Fasciae, Retinacula ve Vaginae Tendinum

Fascia dorsalis pedis, fascia cruris ile devamlılık gösteren ince bir tabakadır. Plantar fasya ise medial, santral ve lateral bölümlere ayrılır. Kalın santral bölüm, aponeurosis plantaris olarak adlandırılır. Processus medialis tuberis calcanei'den başlayıp distalde parmaklara yönelen beş banda ayrılır. Plantar plaklar, vaginae fibrosae digitorum pedis ve çevre bağ dokusuyla bağlantı kurarak arcus longitudinalis pedis'in pasif desteğine katılır (Drake et al., 2009; Chen et al., 2014).

Plantar fasyadan derine uzanan septumlar, tabandaki yapıların medial, santral ve lateral bölümler hâlinde düzenlenmesine yardımcı olur. Musculi interossei pedis, ossa metatarsi arasında daha derinde yer alır. Bu genel anatomik ayrım, klinikte kullanılan kompartman sınıflandırmalarının tamamını karşılamaz (Drake et al., 2009).

Retinacula, tendonları kemiğe yakın tutan derin fasya kalınlaşmalarıdır. Retinaculum extensorium superius tali, articulatio talocruralis'in proksimalinde tibia ile fibula arasında uzanır. Retinaculum extensorium inferius tali, calcaneus'un lateral bölümünden başlayıp medial tarafa uzanan dallara ayrılır. Retinaculum fibulare superius ve retinaculum fibulare inferius, musculus fibularis longus ve musculus fibularis brevis tendonlarını yerlerinde tutar. Malleolus medialis ile calcaneus arasında uzanan retinaculum flexorium tali ise tarsal tünelin çatısını oluşturur (Drake et al., 2009).

Tarsal Tünel

Tarsal tünel, malleolus medialis'in posteriorunda bulunan osteofibröz bir geçittir. Çatısını retinaculum flexorium tali, kemik tabanını ise distal tibia, os tali ve calcaneus'un medial yüzleri oluşturur. İçinden önden arkaya sırasıyla musculus tibialis posterior tendonu, flexor longus digitorum tendonu, arteria tibialis posterior ve eşlik eden venae, nervus tibialis ve flexor longus hallucis tendonu geçer. Nervus tibialis'in nervus plantaris medialis ve nervus plantaris lateralis'e ayrılma düzeyi bireysel farklılık gösterir. Sinirin veya dallarının bu bölgede basıya uğraması, tarsal tünel sendromunun anatomik temelini oluşturur (Harej et al., 2023).

Vaginae Tendinum

Vaginae synoviales tendinum, tendonların çevre dokular üzerinde kaymasını kolaylaştırır ve hareket sırasında sürtünmeyi azaltır. Articulatio talocruralis'in anteriorunda extensor longus

digitorum ve musculus fibularis tertius tendonları ortak bir sinovyal kılıf içinde seyreder. Musculus tibialis anterior ve extensor longus hallucis tendonlarının kılıfları ayrıdır. Posteromedialdeki musculus tibialis posterior, flexor longus digitorum ve flexor longus hallucis tendonları da ayrı sinovyal kılıflarla çevrilidir. Musculus fibularis longus ve musculus fibularis brevis tendonlarının malleolus lateralis posteriorundaki ortak sinovyal kılıfı, vagina communis tendinum musculorum fibularium olarak adlandırılır ve distalde ayrı kılıflara ayrılır (Standring, 2008; Drake et al., 2009).

Vaginae fibrosae digitorum pedis, parmakların plantar tarafında fleksör tendonları phalanges pedis'e yakın tutar. Böylece fleksiyon sırasında tendonların kemikten uzaklaşmasını sınırlar (Drake et al., 2009).

Ayak Arkları ve Destek Mekanizmaları

Ossa pedis, arcus longitudinalis pedis ile proksimal ve distal transvers arkları oluşturur. Arkların korunması; kemiklerin biçimi ve yerleşimi, ligamenta, aponeurosis plantaris ve kas-tendon birimlerinin birlikte çalışmasına bağlıdır (Drake et al., 2009).

Pars medialis arcus longitudinalis pedis; calcaneus, os tali, os naviculare, üç os cuneiforme ve ilk üç os metatarsi'den oluşur. Lateral bölüme göre daha yüksek ve esnektir. Caput ossis tali, arkın kilit taşı olarak değerlendirilir ve ligamentum calcaneonaviculare plantare kompleksi tarafından desteklenir. Aponeurosis plantaris pasif desteğe, musculus tibialis posterior ve plantar intrinsik kaslar ise aktif desteğe katkı sağlar (Drake et al., 2009; Kelly et al., 2014).

Pars lateralis arcus longitudinalis pedis; calcaneus, os cuboideum ve dördüncü–beşinci ossa metatarsi'den oluşur. Medial bölüme göre daha alçak ve görece daha az esnektir. Ligamentum plantare longum, ligamentum calcaneocuboideum plantare ve aponeurosis plantaris, arkın pasif desteğini sağlar. Kas-tendon

yapıları da yüklenme sırasında arkın şekil değişiminin kontrolüne katılır (Drake et al., 2009).

Arcus transversus proximalis pedis, özellikle os cuboideum, ossa cuneiformia ve ossa metatarsi'nin basis bölümleri düzeyinde belirginleşir. Arcus transversus distalis pedis ise ön ayaktaki transvers düzenlenmeyi ifade eder. Kemiklerin biçimi ve aralarındaki ligamenta bu düzeni destekler; musculus fibularis longus ve musculus tibialis posterior tendonları da desteğe katılır. Transvers kavis, ayağın şekil değişikliğine karşı mekanik direncine katkıda bulunur (Drake et al., 2009; Venkadesan et al., 2020).

Arklar, yük altında şekil değiştirir. Bu değişimin miktarı, pasif dokuların elastik özellikleri ve kas aktivitesiyle düzenlenir. Böylece ayağın zemine uyumu ve yükün dağılımı desteklenir (Kelly et al., 2014).

Ayağın Temel Hareketleri

Ayak ve ayak bileği hareketleri üç düzlemde değerlendirilir. Sagittal düzlemde dorsifleksiyon, ayağın sırtının bacağın ön yüzüne yaklaşmasıdır. Plantar fleksiyon ise ayağın ters yönde hareket etmesidir. Bu hareketler başlıca articulatio talocruralis'te gerçekleşir. Frontal düzlemde inversiyon, ayak tabanının mediale; eversiyon ise laterale yönelmesidir. Transvers düzlemde abduksiyon ön ayağın laterale, adduksiyon ise mediale yönelmesini ifade eder (Brockett & Chapman, 2016).

Yük taşımayan ayakta pronasyon; dorsifleksiyon, eversiyon ve abduksiyonun birlikte gerçekleşmesidir. Supinasyon ise plantar fleksiyon, inversiyon ve adduksiyonun birleşimidir. Yük taşıma sırasında os tali ve bacağın hareketleri de bu ilişkiye katılır. Bu nedenle pronasyon ve supinasyon, yalnızca inversiyon–eversiyon hareketleri olarak değil, arka ayak, orta ayak ve bacak arasındaki ilişkili hareketlerle birlikte değerlendirilmelidir (Brockett & Chapman, 2016; Fraser et al., 2016).

Ayağın Kasları

Ayağın kasları, ekstrinsik ve intrinsik olmak üzere iki grupta incelenir. Ekstrinsik kaslar bacakta başlar ve tendonlarıyla ayağa uzanır. İntrinsik kasların başlangıç ve tutunma yerleri ise ayak içindedir. Bu kaslar birlikte ayak ve parmak hareketlerini sağlar, arkları destekler ve yüklenme sırasında hareketin kontrolüne katılır (Drake et al., 2009).

Ekstrinsik Kaslar: Anterior Grup

Compartimentum anterius cruris'te musculus tibialis anterior, extensor longus hallucis, extensor longus digitorum ve musculus fibularis tertius bulunur. Bu kaslar nervus fibularis profundus tarafından innerve edilir. Başlıca arteriyel beslenmeleri arteria tibialis anterior'dan sağlanır (Drake et al., 2009).

Musculus tibialis anterior, condylus lateralis tibiae ve tibia'nın proksimal lateral yüzü ile membrana interossea cruris'ten başlar. Tendonu os cuneiforme mediale ile basis ossis primi metatarsi'ye tutunur. Ayağa dorsifleksiyon ve inversiyon yaptırır. Salınım evresinde ayağın yerden yeterince yükselmesine yardımcı olur. Topukla ilk temasın ardından ise eksantrik kasılarak ayağın plantar fleksiyonunu ve ön ayağın zemine indirilmesini kontrol eder (Drake et al., 2009; Brockett & Chapman, 2016).

Extensor longus hallucis, fibula'nın orta bölümündeki medial yüz ve membrana interossea cruris'ten başlar. Tendonu, hallux'un phalanx distalis pedis'inin basis bölümünün dorsal yüzüne tutunur. Hallux'a ekstansiyon yaptırır ve articulatio talocruralis'te dorsifleksiyona yardımcı olur (Standring, 2008).

Extensor longus digitorum, condylus lateralis tibiae, fibula'nın proksimal medial yüzü ve membrana interossea cruris'ten başlar. Dört tendonu, ikinci–beşinci parmakların aponeurosis extensoria pedis yapılarına katılarak phalanges mediae pedis ve

phalanges distales pedis'e ulaşır. Bu parmaklara ekstansiyon yaptırır ve articulatio talocruralis'te dorsifleksiyona yardımcı olur (Standring, 2008).

Musculus fibularis tertius, fibula'nın distal bölümünden ve membrana interossea cruris'ten başlar. Tendonu, basis ossis quinti metatarsi'nin dorsal yüzüne tutunur. Dorsifleksiyon ve eversiyona yardımcı olur. Bu kas bazı bireylerde bulunmayabilir (Standring, 2008).

Lateral Grup

Musculus fibularis longus ve musculus fibularis brevis, nervus fibularis superficialis tarafından innerve edilir. Ayağa eversiyon yaptırır ve plantar fleksiyona yardımcı olurlar. Musculus fibularis longus, caput fibulae ve fibula'nın proksimal lateral yüzünden başlar. Tendonu, malleolus lateralis'in posteriorundan ve os cuboideum'un plantar oluğundan geçerek os cuneiforme mediale ile basis ossis primi metatarsi'ye tutunur. Musculus fibularis brevis, fibula'nın lateral yüzünün distal bölümünden başlar; tendonu tuberositas ossis quinti metatarsi'ye tutunur. Malleolus lateralis'in posteriorunda musculus fibularis brevis tendonu, musculus fibularis longus tendonunun anteriorunda seyreder (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Posterior Yüzeyel Grup

Musculus gastrocnemius ve musculus soleus, birlikte musculus triceps surae'yi oluşturur. Musculus gastrocnemius, condylus medialis femoris ve condylus lateralis femoris çevresinden; musculus soleus ise caput fibulae ve fibula'nın proksimal posterior yüzü ile linea musculi solei ve margo medialis tibiae'den başlar. Tendonları birleşerek tendo calcaneus'u oluşturur ve calcaneus'un posterior yüzüne tutunur. Güçlü plantar fleksörler olarak duruş kontrolünde ve yürümenin itiş evresinde görev alırlar. Musculus gastrocnemius, articulatio genus'u da geçtiğinden diz

fleksiyonuna yardımcı olur (Drake et al., 2009; Brockett & Chapman, 2016).

Musculus plantaris, femur'un lateral suprakondiler bölgesinden başlayan küçük bir kastır. Uzun tendonu genellikle calcaneus'a uzanır; distal tutunma yeri bireysel farklılık gösterir. Diz fleksiyonu ve articulatio talocruralis'te plantar fleksiyona zayıf katkı sağlar. Posterior yüzeyel gruptaki bu üç kas, nervus tibialis tarafından innerve edilir (Standring, 2008).

Posterior Derin Grup

Pars profunda compartimenti posterioris cruris'teki kaslardan musculus tibialis posterior, flexor longus digitorum ve flexor longus hallucis ayağa uzanır. Üçü de nervus tibialis tarafından innerve edilir (Drake et al., 2009).

Musculus tibialis posterior, tibia ve fibula'nın posterior yüzleri ile membrana interossea cruris'ten başlar. Malleolus medialis'in posteriorundan geçen tendonu, başlıca tuberositas ossis navicularis'e tutunur. Tendon uzantıları ossa cuneiformia, os cuboideum ve ikinci–dördüncü ossa metatarsi'nin basis bölümlerine yayılır; bu uzantıların dağılımı bireysel farklılık gösterebilir. Kas, inversiyon ve plantar fleksiyon yaptırır; pars medialis arcus longitudinalis pedis'in aktif desteğine de katılır (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Flexor longus digitorum, tibia'nın posterior yüzünde linea musculi solei'nin inferiorundan başlar. Dört tendonu, ikinci–beşinci parmakların phalanges distales pedis bölümlerinin basis kısımlarındaki plantar yüzlere tutunur. Bu parmaklara fleksiyon yaptırır ve articulatio talocruralis'te plantar fleksiyona yardımcı olur (Standring, 2008).

Flexor longus hallucis, fibula'nın posterior yüzünün distal üçte ikisi ve membrana interossea cruris'ten başlar. Tendonu,

hallux'un phalanx distalis pedis'inin basis bölümünün plantar yüzüne tutunur. Hallux'a fleksiyon yaptırır ve articulatio talocruralis'te plantar fleksiyona yardımcı olur (Standring, 2008).

Ayağın İntrinsik Kasları

İntrinsik kaslar, parmak hareketlerine, eklem stabilitesine ve ayak arklarının aktif desteğine katılır. Ayak sırtında kısa ekstansör kaslar bulunur. Plantar taraftaki kaslar ise yüzeyelden derine doğru dört tabakada incelenir (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Ayak Sırtındaki Kaslar

Extensor brevis digitorum ve extensor brevis hallucis, calcaneus'un dorsolateral bölümünden başlar. Her iki kas da nervus fibularis profundus tarafından innerve edilir. Extensor brevis digitorum'un üç tendonu, ikinci–dördüncü parmakların uzun ekstansör tendonlarına ve aponeurosis extensoria pedis yapılarına katılır. Kas, bu parmakların ekstansiyonuna yardımcı olur. Extensor brevis hallucis tendonu ise hallux'un phalanx proximalis pedis'inin basis bölümünün dorsal yüzüne tutunur. Kas, hallux'un metatarsophalangeal ekleminde ekstansiyon yaptırır (Drake et al., 2009).

Plantar Kasların Birinci Tabakası

Birinci tabakada medialden laterale abductor hallucis, flexor brevis digitorum ve abductor digiti minimi pedis bulunur. Bu kaslar calcaneus ve çevresindeki bağ dokularından başlar (Standring, 2008).

Abductor hallucis, hallux'un phalanx proximalis pedis'inin basis bölümünün medial tarafına tutunur. Hallux'a abduksiyon ve metatarsophalangeal fleksiyon yaptırır. Nervus plantaris medialis tarafından innerve edilir (Standring, 2008).

Flexor brevis digitorum'un dört tendonu, ikinci–beşinci parmakların phalanges mediae pedis bölümlerine tutunur. Her tendon, flexor longus digitorum tendonunun geçmesine izin veren iki kola ayrılır. Kas, articulationes interphalangeae proximales pedis'te fleksiyon yaptırır. Nervus plantaris medialis tarafından innerve edilir (Standring, 2008).

Abductor digiti minimi pedis, beşinci parmağın phalanx proximalis pedis'inin basis bölümünün lateral tarafına tutunur. Bu parmağa abduksiyon ve metatarsophalangeal fleksiyon yaptırır. Nervus plantaris lateralis tarafından innerve edilir (Standring, 2008).

Plantar Kasların İkinci Tabakası

İkinci tabakada musculus quadratus plantae, musculi lumbricales pedis ve uzun parmak fleksörlerinin tendonları bulunur. Musculus quadratus plantae, calcaneus'tan medial ve lateral olmak üzere iki başla başlar ve flexor longus digitorum tendonuna tutunur. Bu tendonun oblik çekişini dengeleyerek parmak fleksiyonuna yardımcı olur. Nervus plantaris lateralis tarafından innerve edilir (Drake et al., 2009).

Musculi lumbricales pedis'i oluşturan dört kas, flexor longus digitorum tendonlarından başlar. Tendonları, ikinci–beşinci parmakların medial tarafındaki aponeurosis extensoria pedis yapılarına tutunur. Bu kaslar metatarsophalangeal fleksiyon ve interphalangeal ekstansiyona katkı sağlar. Birinci lumbrikal kas nervus plantaris medialis, diğer üç lumbrikal kas ise nervus plantaris lateralis tarafından innerve edilir (Drake et al., 2009).

Plantar Kasların Üçüncü Tabakası

Üçüncü tabakada flexor brevis hallucis, adductor hallucis ve flexor digiti minimi pedis bulunur (Standring, 2008).

Flexor brevis hallucis, os cuboideum ve os cuneiforme laterale'nin plantar yüzleri ile musculus tibialis posterior

tendonunun uzantılarından başlar. Ossa sesamoidea pedis'i içeren iki tendonu, hallux'un phalanx proximalis pedis'inin basis bölümünün medial ve lateral taraflarına tutunur. Kas, hallux'un metatarsophalangeal ekleminde fleksiyon yaptırır. Başlıca innervasyonu nervus plantaris medialis tarafından sağlanır (Standring, 2008).

Adductor hallucis, caput obliquum ve caput transversum olmak üzere iki baştan oluşur. Caput obliquum, ikinci–dördüncü ossa metatarsi'nin basis bölümleri ve musculus fibularis longus tendon kılıfından; caput transversum ise üçüncü–beşinci articulationes metatarsophalangeae'nin plantar ligamentleri ve ligamentum metatarseum transversum profundum'dan başlar. İki baş, hallux'un phalanx proximalis pedis'inin basis bölümünün lateral tarafına tutunur. Kas, hallux'a adduksiyon yaptırır ve transvers arkı destekler. Nervus plantaris lateralis'in derin dalı tarafından innerve edilir (Standring, 2008).

Flexor digiti minimi pedis, basis ossis quinti metatarsi'den başlar ve beşinci parmağın phalanx proximalis pedis'inin basis bölümüne tutunur. Bu parmağın metatarsophalangeal ekleminde fleksiyon yaptırır. Nervus plantaris lateralis tarafından innerve edilir (Standring, 2008).

Plantar Kasların Dördüncü Tabakası

Dördüncü tabakada dört kastan oluşan musculi interossei dorsales pedis ile üç kastan oluşan musculi interossei plantares pedis bulunur. Bu kaslar ossa metatarsi'den başlar; phalanges proximales pedis'in basis bölümlerine ve aponeurosis extensoria pedis yapılarına tutunur (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Parmakların abduksiyon ve adduksiyon hareketleri, ikinci parmağın uzun ekseni esas alınarak tanımlanır. Musculi interossei dorsales pedis, ikinci–dördüncü parmaklara abduksiyon; musculi interossei plantares pedis ise üçüncü–beşinci parmaklara adduksiyon

yaptırır. Her iki grup, metatarsophalangeal fleksiyon ve interphalangeal ekstansiyona da yardımcı olur. Başlıca innervasyonları nervus plantaris lateralis tarafından sağlanır (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Musculus fibularis longus tendonunun tabandaki seyri ve musculus tibialis posterior tendonunun derin plantar tutunma uzantıları da bu tabakayla birlikte değerlendirilir (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Arteriae Pedis

Ayağın arteriyel beslenmesi, arteria tibialis anterior'un devamı olan arteria dorsalis pedis ile arteria tibialis posterior'un medial ve lateral plantar dallarından sağlanır. Arteria dorsalis pedis, extensor longus hallucis tendonunun lateralinde ilerleyerek birinci intermetatarsal aralığa ulaşır. Arteria tarsea lateralis, arteriae tarseae mediales, arteria arcuata ve birinci arteria metatarsea dorsalis başlıca dallarıdır. Arteria plantaris profunda, birinci musculus interosseus dorsalis pedis'in iki başı arasından tabana geçerek arcus plantaris'in oluşumuna katılır. Arteria arcuata'dan genellikle ikinci–dördüncü arteriae metatarseae dorsales çıkar. Arterlerin varlığı ve dallanma düzeni bireysel farklılık gösterebilir (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Arteria plantaris medialis, abductor hallucis'in derininde ilerleyerek ayağın medial bölümünü besler. Genellikle daha büyük olan arteria plantaris lateralis, flexor brevis digitorum ile musculus quadratus plantae arasında basis ossis quinti metatarsi'ye doğru ilerler. Ardından mediale dönerek arcus plantaris'i oluşturur ve arteria dorsalis pedis'in dalı olan arteria plantaris profunda ile birleşir. Arktan çıkan arteriae metatarseae plantares, parmaklara yönelen dijital dalların oluşumuna katılır. Rami perforantes, dorsal ve plantar arteriyel dolaşımı birbirine bağlar (Standring, 2008).

Venae Pedis

Ayağın yüzeyel ve derin venöz sistemleri birbirleriyle bağlantılıdır. Venae digitales dorsales pedis ve venae metatarseae dorsales pedis, arcus venosus dorsalis pedis'e katılır. Arkın medial tarafı, vena marginalis medialis pedis üzerinden vena saphena magna'ya; lateral tarafı ise vena marginalis lateralis pedis üzerinden vena saphena parva'ya devam eder. Vena saphena magna, malleolus medialis'in anteriorundan; vena saphena parva ise malleolus lateralis'in posteriorundan geçer (Drake et al., 2009).

Derin venler, ilgili arterlere eşlik eder. Rete venosum plantare'den gelen kan, venae plantares mediales ve venae plantares laterales aracılığıyla venae tibiales posteriores'e taşınır. Venae dorsales pedis ise venae tibiales anteriores'e drene olur. Perforan venler, yüzeyel ve derin venöz sistemleri birbirine bağlar (Standring, 2008).

Ayağın Lenfatik Drenajı

Yüzeyel lenfatiklerin çoğu, vena saphena magna'nın seyri boyunca ilerleyerek nodi inguinales superficiales'e ulaşır. Ayağın lateral bölümü ve regio calcanea'nın posterolateralinden çıkan lenfatiklerin bir bölümü, vena saphena parva'ya eşlik ederek nodi poplitei'ye drene olur. Derin lenfatikler, derin damarları izleyerek başlıca nodi poplitei'ye, ardından nodi inguinales profundi ve iliak lenf düğümlerine ulaşır. Bu yollar arasındaki bağlantılar ve bireysel farklılıklar nedeniyle drenaj bölgelerinin sınırları kesin değildir (Standring, 2008).

Nervi Pedis

Ayağın innervasyonu; nervus tibialis'in plantar ve calcaneal dalları, nervus fibularis superficialis, nervus fibularis profundus, nervus suralis ve nervus saphenus tarafından sağlanır. Nervus plantaris medialis ve nervus plantaris lateralis, tabanın duyusunu ve

plantar intrinsik kasların motor innervasyonunu üstlenir. Nervus fibularis profundus ise dorsum pedis'teki kısa ekstansör kasları innerve eder (Drake et al., 2009).

Nervus Tibialis ve Plantar Dalları

Nervus tibialis, arteria tibialis posterior ve eşlik eden venae ile birlikte malleolus medialis'in posteriorundan tarsal tünele girer ve nervus plantaris medialis ile nervus plantaris lateralis'e ayrılır. Rami calcanei mediales nervi tibialis, topuğun medial ve plantar bölgelerinin duyusunu sağlar. Bu dalların kökeni ve nervus tibialis'in terminal dallara ayrılma düzeyi bireysel farklılık gösterebilir (Standring, 2008).

Nervus plantaris medialis, abductor hallucis'in derininden geçer. Tabanın medial bölümünün, ilk üç parmağın ve dördüncü parmağın medial yarısının plantar yüzlerinin duyusunu sağlar. Dijital dalları, ilgili parmak uçlarına ve tırnak yatağı çevresine de ulaşır. Abductor hallucis, flexor brevis digitorum, flexor brevis hallucis ve birinci musculus lumbricalis pedis'e motor dallar verir (Drake et al., 2009).

Nervus plantaris lateralis, flexor brevis digitorum ile musculus quadratus plantae arasında ilerler ve yüzeyel–derin dallara ayrılır. Tabanın lateral bölümünün, beşinci parmağın ve dördüncü parmağın lateral yarısının plantar yüzlerinin duyusunu sağlar. Nervus plantaris medialis'in innerve ettiği kaslar dışındaki plantar intrinsik kasların başlıca motor siniridir (Standring, 2008).

Nervus Fibularis Superficialis ve Nervus Fibularis Profundus

Nervus fibularis superficialis, distal bacakta fascia cruris'i delerek yüzeyelleşir ve dorsum pedis derisinin büyük bölümüne dağılır. Nervus fibularis profundus, arteria tibialis anterior ve eşlik eden venae ile birlikte retinaculum extensorium superius tali ve retinaculum extensorium inferius tali'nin altından geçer. Extensor

brevis digitorum ve extensor brevis hallucis'i innerve eder. Başlıca deri duyusu alanı, birinci dorsal parmak aralığı ile birinci ve ikinci parmakların bu aralığa bakan yüzleridir. Musculi interossei dorsales pedis grubundaki ilk iki kasa ek motor dallar verebilir (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Nervus Suralis ve Nervus Saphenus

Nervus suralis, çoğunlukla nervus tibialis ve nervus fibularis communis'ten gelen dalların birleşmesiyle oluşur. Malleolus lateralis'in posteriorundan geçerek margo lateralis pedis ve beşinci parmağın lateral yüzünün duyusunu sağlar (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Nervus saphenus, nervus femoralis'in duyusal dalıdır. Vena saphena magna'nın seyri boyunca ilerleyerek malleolus medialis çevresi ve ayağın medial kenarına dağılır. Sinirlerin deri üzerindeki duyusal dağılım sınırları, aralarındaki bağlantılar ve bireysel farklılıklar nedeniyle değişebilir (Drake et al., 2009; Standring, 2008).

Ayak Biyomekaniği

Ayak, yük taşıma, zemine uyum, denge ve ilerleme sırasında kuvvet aktarımı gibi işlevleri birlikte yerine getirir. Bu işlevler; eklem hareketleri, kas aktivitesi, bağlar, aponeurosis plantaris ve diğer yumuşak dokuların etkileşimine dayanır (Brockett & Chapman, 2016).

Yük Aktarımı ve Plantar Yumuşak Dokular

Yer tepki kuvveti, duruş evresi boyunca ayağın farklı bölgelerinde değişen yüklenmeler oluşturur. Plantar basıncın dağılımı; ayak yapısı, yürüme biçimi, ayakkabı ve zemin özelliklerinden etkilenir. Plantar deri, fibröz bağlantılarla alttaki dokulara tutunur. Topuk ve capita ossium metatarsi'nin altındaki yağ

yastıkları, yükün dağıtılmasına yardımcı olur (Brockett & Chapman, 2016).

Topuk yastığı, fibröz septalarla ayrılmış yüzeyel küçük ve derin büyük bölmelerden oluşur. Bu tabakaların mekanik özellikleri farklıdır. Derin tabaka yük altında daha fazla şekil değiştirirken yüzeyel tabaka şekil değişikliğine karşı daha yüksek direnç gösterir (Hsu et al., 2007).

Ayak Bileği ve Arka Ayağın Mekanik İşlevi

Articulatio talocruralis'teki hareketler, duruş evresinde tibia'nın ayak üzerinde ilerlemesine ve salınım evresinde ayağın yerden yeterince yükselmesine olanak sağlar. Articulatio subtalaris, arka ayağın üç düzlemli hareketlerine ve zemine uyumuna katılır. Yük taşıma sırasında os tali ve tibia'nın hareketleri de bu ilişkiye dâhil olur. Bu nedenle pronasyon ve supinasyon, yalnızca topuğun inversiyon ve eversiyon hareketleriyle açıklanamaz (Brockett & Chapman, 2016).

Orta Ayak ve Ön Ayağın Mekanik İşlevi

Articulatio talocalcaneonavicularis'in talonaviküler bölümü ve articulatio calcaneocuboidea, articulatio subtalaris ile birlikte ayağın hareketini ve kuvvet aktarımını düzenler. Geleneksel orta ayak kilitlenmesi modeli, itiş sırasında ayağın mekanik sertliğinin artmasını açıklamak için kullanılmıştır. Bununla birlikte canlı bireylerde yapılan ölçümler, itiş sırasında da orta ayak ve articulatio subtalaris'te belirgin hareket bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgular, etkin kuvvet aktarımı için eklemlerin tamamen hareketsizleşmesi gerektiği yorumunu desteklememektedir (Behling et al., 2024).

Articulationes tarsometatarsales bölgesinde, ikinci os metatarsi'nin basis bölümünün ossa cuneiformia arasındaki yerleşimi ve Lisfranc ligamenti stabiliteyi destekler. Daha hareketli

olan dördüncü ve beşinci articulationes tarsometatarsales, ayağın zemine uyumuna yardımcı olur. Articulationes metatarsophalangeae'nin ekstansiyonu ise duruş evresinin sonunda vücudun ön ayak üzerinden ilerlemesine olanak verir (Fraser et al., 2016).

Yürüme Döngüsünde Ayağın İşlevi

Yürüme döngüsü, bir ayağın zeminle ilk temasından aynı ayağın bir sonraki ilk temasına kadar geçen süredir. Duruş evresinde ayak zeminle temas ederek yük taşır; salınım evresinde ise zeminden ayrılarak sonraki adıma hazırlanır. Tipik yürüyüşte topukla ilk teması izleyen plantar fleksiyon, dorsifleksör kasların eksantrik aktivitesiyle kontrol edilir. Tibia ayak üzerinde ilerlerken plantar fleksör kaslar, bu ilerlemeyi ve ayak bileğindeki dorsifleksiyonu kontrol eder. Duruş evresinin son bölümünde topuk yükselir ve yük ön ayağa aktarılır. Salınım sırasında dorsifleksör kaslar, ayağın yerden yeterince yükselmesine yardımcı olur (Brockett & Chapman, 2016; Fraser et al., 2016).

Arkların Dinamik Davranışı ve Çıkrık Mekanizması

Ayak arklarının yük altındaki şekil değişimi, ligamenta ve aponeurosis plantaris'in pasif direnci ile kasların aktif desteği tarafından düzenlenir (Kelly et al., 2014). Çıkrık mekanizmasında articulationes metatarsophalangeae'nin ekstansiyonu, aponeurosis plantaris'in capita ossium metatarsi çevresinde sarılarak gerilmesine neden olur. Bu mekanizma, topuk ile ön ayak arasındaki mesafenin azalmasına ve arcus longitudinalis pedis'in yükselmesine katkı sağlar (Chen et al., 2014).

Aponeurosis plantaris'in uzunluğu, yüklenme sırasında değişebilir. Koşu sırasında yapılan ölçümler, aponeurosis plantaris'in esneyebilmesinin parmak ekstansiyonu ile arkın şekil değişimi arasındaki ilişkiyi etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle

çıkrık mekanizması, arkın dinamik davranışını açıklayan tek mekanizma olarak değerlendirilmemelidir (Welte et al., 2021).

Kasların Dinamik Kontrolü

Musculus tibialis posterior, pars medialis arcus longitudinalis pedis'in desteğine ve arka ayak hareketlerinin kontrolüne katılır. Musculus fibularis longus, birinci ışının plantar fleksiyonunu ve itiş sırasında medial ön ayağın zeminle temasını destekler. Musculus fibularis brevis ise eversiyona ve lateral stabiliteye katkı sağlar (Fraser et al., 2016).

Plantar intrinsik kaslar, yük altında arkın şekil değişimini sınırlandırabilecek kuvvet üretir. Ayağın dinamik kontrolü, bu kasların ekstrinsik kaslar ve pasif destek yapılarıyla koordineli çalışmasına dayanır (Kelly et al., 2014).

Sonuç

Ayağın yük taşıma, zemine uyum ve ilerleme işlevleri, kemik ve eklem yapıları ile ligamenta, aponeurosis plantaris ve kas-tendon birimlerinin birlikte çalışmasına dayanır. Eklem hareketliliği ve stabilite arasındaki denge, ayağın yürüme boyunca değişen mekanik gereksinimlere uyumunu sağlar. Bu nedenle anatomik yapıların tek tek özelliklerinin yanı sıra birbirleriyle ilişkilerinin ve biyomekanik rollerinin de değerlendirilmesi gerekir. Embriyolojik gelişimden erişkin anatomisine uzanan bu bütüncül yaklaşım, normal ayak işlevinin, bireysel farklılıkların ve işlev kayıplarının anlaşılmasına temel oluşturur.

Kaynakça

Bartoníček, J., Rammelt, S., & Naňka, O. (2018). Anatomy of the subtalar joint. *Foot and Ankle Clinics*, *23*(3), 315–340. https://doi.org/10.1016/j.fcl.2018.04.001

Behling, A.-V., Welte, L., Kelly, L., & Rainbow, M. J. (2024). Human in vivo midtarsal and subtalar joint kinematics during walking, running and hopping. *Journal of the Royal Society Interface*, *21*(214), Article 20240074. https://doi.org/10.1098/rsif.2024.0074

Betts, J. G., Young, K. A., Wise, J. A., Johnson, E., Poe, B., Kruse, D. H., Korol, O., Johnson, J. E., Womble, M., & DeSaix, P. (2013). *Anatomy and physiology*. OpenStax. https://openstax.org/details/books/anatomy-and-physiology

Brockett, C. L., & Chapman, G. J. (2016). Biomechanics of the ankle. *Orthopaedics and Trauma*, *30*(3), 232–238. https://doi.org/10.1016/j.mporth.2016.04.015

Buckingham, M., Bajard, L., Chang, T., Daubas, P., Hadchouel, J., Meilhac, S., Montarras, D., Rocancourt, D., & Relaix, F. (2003). The formation of skeletal muscle: From somite to limb. *Journal of Anatomy*, *202*(1), 59–68. https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2003.00139.x

Chen, D. W., Li, B., Aubeeluck, A., Yang, Y. F., Huang, Y. G., Zhou, J. Q., & Yu, G. R. (2014). Anatomy and biomechanical properties of the plantar aponeurosis: A cadaveric study. *PLOS ONE*, *9*(1), Article e84347. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084347

Dedmond, B. T., Cory, J. W., & McBryde, A., Jr. (2006). The hallucal sesamoid complex. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *14*(13), 745–753. https://doi.org/10.5435/00124635-200612000-00006

Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. M. (2009). *Gray's anatomy for students (2nd ed.)*. Churchill Livingstone/Elsevier.

Edama, M., Takabayashi, T., Yokota, H., Hrabayashi, R., Sekine, C., & Kageyama, I. (2021). Morphological characteristics of the plantar calcaneocuboid ligaments. *Journal of Foot and Ankle Research*, *14*, Article 3. https://doi.org/10.1186/s13047-020-00443-7

Elsevier. (t.y.-a). *Collateral metatarsophalangeal ligaments*. Complete Anatomy. 11 Ekim 2026 tarihinde https://www.elsevier.com/resources/anatomy/connective-tissue/connective-tissue-of-lower-limb/collateral-metatarsophalangeal-ligaments/21806 adresinden erişildi.

Elsevier. (t.y.-b). *Cuboid bone*. Complete Anatomy. 11 Ekim 2026 tarihinde https://www.elsevier.com/resources/anatomy/skeletal-system/appendicular-skeleton/cuboid-bone/18696 adresinden erişildi.

Federative International Programme for Anatomical Terminology. (2019). *Terminologia anatomica* (2nd ed.). https://FIPAT.library.dal.ca

Fraser, J. J., Feger, M. A., & Hertel, J. (2016). Midfoot and forefoot involvement in lateral ankle sprains and chronic ankle instability. Part 1: Anatomy and biomechanics. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *11*(6), 992–1005. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5095951/

Gilbert, S. F. (2000). *Developmental biology (6th ed.)*. Sinauer Associates. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9983/

Golanó, P., Vega, J., de Leeuw, P. A. J., Malagelada, F., Manzanares, M. C., Götzens, V., & van Dijk, C. N. (2010). Anatomy of the ankle ligaments: A pictorial essay. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *18*(5), 557–569. https://doi.org/10.1007/s00167-010-1100-x

Gupton, M., Özdemir, M., & Terreberry, R. R. (2023). *Anatomy, bony pelvis and lower limb: Calcaneus*. In StatPearls. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519544/

Harej, N., Salapura, V., Cvetko, E., & Snoj, Ž. (2023). Sonographic assessment of the tarsal tunnel compared to cadaveric findings: A pictorial study. *Journal of Ultrasonography*, *23*(94), e144–e150. https://doi.org/10.15557/jou.2023.0023

Hsu, C.-C., Tsai, W.-C., Wang, C.-L., Pao, S.-H., Shau, Y.-W., & Chuan, Y.-S. (2007). Microchambers and macrochambers in heel pads: Are they functionally different? *Journal of Applied Physiology*, *102*(6), 2227–2231. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01137.2006

Kelly, L. A., Cresswell, A. G., Racinais, S., Whiteley, R., & Lichtwark, G. (2014). Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. *Journal of the Royal Society Interface*, *11*(93), Article 20131188. https://doi.org/10.1098/rsif.2013.1188

Lezak, B., La Rose, J., & Massel, D. H. (2026). *Anatomy, bony pelvis and lower limb: Metatarsal bones*. In StatPearls. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549872/

Prapto, D., & Dreyer, M. A. (2023). *Anatomy, bony pelvis and lower limb: Navicular bone*. In StatPearls. StatPearls Publishing. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK547675/

Rux, D., Decker, R. S., Koyama, E., & Pacifici, M. (2019). Joints in the appendicular skeleton: Developmental mechanisms and evolutionary influences. *Current Topics in Developmental Biology*, *133*, 119–151. https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2018.11.002

Schwartz, A. M., Runge, W. O., Hsu, A. R., & Bariteau, J. T. (2020). Fractures of the talus: Current concepts. *Foot & Ankle Orthopaedics*, *5*(1), Article 2473011419900766. https://doi.org/10.1177/2473011419900766

Standring, S. (Ed.). (2008). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice (40th ed.)*. Churchill Livingstone/Elsevier.

Venkadesan, M., Yawar, A., Eng, C. M., Dias, M. A., Singh, D. K., Tommasini, S. M., Haims, A. H., Bandi, M. M., & Mandre, S. (2020). Stiffness of the human foot and evolution of the transverse arch. *Nature*, *579*, 97–100. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2053-y

Walter, W. R., Hirschmann, A., Alaia, E. F., Tafur, M., & Rosenberg, Z. S. (2019). Normal anatomy and traumatic injury of the midtarsal (Chopart) joint complex: An imaging primer. *RadioGraphics*, *39*(1), 136–152. https://doi.org/10.1148/rg.2019180102

Welte, L., Kelly, L. A., Kessler, S. E., Lieberman, D. E., D'Andrea, S. E., Lichtwark, G. A., & Rainbow, M. J. (2021). The extensibility of the plantar fascia influences the windlass mechanism during human running. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *288*(1943), Article 20202095. https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2095

Yan, A., Chen, S. R., Ma, X., Shi, Z., & Hogan, M. (2021). Updates on Lisfranc complex injuries. *Foot & Ankle Orthopaedics*, *6*(1), Article 2473011420982275. https://doi.org/10.1177/2473011420982275

BÖLÜM 4

KARACİĞER SAFRA KESESİ PANKREAS VE DALAĞIN EMBRİYOLOJİSİ VE KLİNİK ANATOMİSİ

GİZEM SAKALLI[1]
BEHİYE SARIYILDIZ[2]

Giriş

Üst karın bölgesindeki organlar, birbirine yakın yerleşmelerine rağmen farklı görevleri üstlenir. Karaciğer metabolik dengeyi sürdürür ve safra üretir; safra kesesi bu salgıyı depolayıp yoğunlaştırır; pankreas sindirim enzimleri ile metabolizmayı düzenleyen hormonları salgılar. Dalak ise sindirim kanalının bir parçası olmaksızın kanın süzülmesine ve bağışıklık yanıtına katılır. Bu organları birlikte incelemek, özellikle portal dolaşımın ve safra-pankreas kanallarının oluşturduğu anatomik ilişkileri anlamayı kolaylaştırır (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Embriyolojik gelişim, erişkin anatomisindeki yerleşimi ve varyasyonları açıklayan bir başlangıç noktasıdır. Karaciğer, safra

[1] Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Anatomi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-3435-386X

[2] Öğr. Gör. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Anatomi Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-5509-8533

yolları ve pankreasın epitel bileşenleri ön bağırsak endodermiyle ilişkiliyken dalak dorsal mezogastriumdaki mezenşimden gelişir. Bu bölümde her organın gelişimi, makroskopik yapısı, damar ve sinir ilişkileri ile temel mikroanatomisi birlikte ele alınmaktadır. Klinik bağlantılar, bu bilgilerin muayene, görüntüleme ve cerrahi anatomi açısından taşıdığı önemi göstermek amacıyla sunulmaktadır (Standring, 2008).

Karaciğer

Karaciğerin embriyolojik gelişimi

Karaciğerin gelişimi, embriyonik dönemin dördüncü haftasında ön bağırsağın kaudal bölgesinin ventral duvarında belirginleşen hepatik divertikül ile başlar. Bu endodermal çıkıntı septum transversumun mezenşimine doğru büyür. Hepatik divertikülün kranial bölümü karaciğer parankiminin ve ilgili safra kanallarının gelişimine katılırken kaudal bölüm safra kesesi ve ductus cysticus ile ilişkili taslağı oluşturur. Divertikülün bağırsakla bağlantısı ise gelişen ekstrahepatik safra yolunun temelini oluşturur (Ando, 2010; Roskams & Desmet, 2008).

Gelişen karaciğerde hepatoblastlardan hepatositler ve intrahepatik safra yollarının epitel hücreleri farklılaşır. Portal ven dalları çevresindeki epitelin oluşturduğu duktal plak, yeniden düzenlenerek intrahepatik safra kanallarına dönüşür. Bu süreçte epitel ile çevresindeki mezenşim arasındaki etkileşim önemlidir. Duktal plağın yeniden şekillenmesindeki bozukluklar, bazı doğumsal safra yolu hastalıklarının yapısal temelini oluşturur. Böylece karaciğerin gelişimi, yalnızca parankimin büyümesini değil, damarlarla ilişkili kanal sisteminin kurulmasını da içerir (Roskams & Desmet, 2008).

Karaciğer fetal dönemde önemli bir hematopoetik organdır. Doğumdan sonra bu işlev büyük ölçüde kemik iliğine aktarılır. Fetal

dolaşımın erişkin anatomisinde bıraktığı izler de önemlidir: sol umbilikal venin kapanması ligamentum teres hepatis'i, ductus venosus'un kapanması ligamentum venosum'u oluşturur. Ventral mezenterin karaciğerin büyümesiyle ayrılan bölümleri ise ligamentum falciforme hepatis ve omentum minus'un gelişimine katılır (Standring, 2008).

Karaciğer taslağının gelişimi, endoderm ile komşu mezenşimin karşılıklı etkileşimine dayanır. Deneysel embriyoloji çalışmaları, kardiyojenik mezodermden gelen FGF ve septum transversumdan gelen BMP sinyallerinin hepatik farklılaşmaya katıldığını göstermiştir. Bu bulgular organın gelişimini yalnızca bir çıkıntının büyümesi olarak değil, çevre dokularla birlikte yürüyen bir farklılaşma süreci olarak açıklar; deney hayvanlarına ait gelişim günleri insan haftalarıyla doğrudan eşleştirilmemelidir (Zorn, 2008).

Yerleşim ve dış yapı

Karaciğer (hepar), karın boşluğunun sağ üst bölümünde, diyaframın hemen altında bulunan büyük bir parankimatöz organdır. Büyük kısmı sağ hipokondriyak ve epigastrik bölgelerde yer alır; sol lobun uzanımı sol hipokondriyak bölgeye ulaşabilir. Erişkinde ağırlığı genellikle yaklaşık 1,2-1,8 kg arasındadır. Organın boyutu ve alt kenarının düzeyi; yaş, vücut yapısı, solunum evresi ve vücut pozisyonuna göre değişir. Bu nedenle yüzey anatomisindeki sınırlar kesin ve değişmez çizgiler olarak değerlendirilmemelidir (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Karaciğerin diyafragmatik yüzü (facies diaphragmatica) geniş ve dışbükeydir; üst, ön ve sağ taraflarda diyaframın biçimine uyum gösterir. Visseral yüzü (facies visceralis) ise aşağıya ve arkaya yönelir. Bu yüzde mide, duodenum, sağ böbrek, sağ böbreküstü bezi ve kolonun sağ fleksurasıyla ilişkili izler bulunur. Safra kesesi de visseral yüzdeki fossa vesicae biliaris içinde yerleşir. Ön-alt taraftaki

keskin kenar, iki ana yüz arasındaki belirgin sınırı oluşturur (Standring, 2008).

Visseral yüzdeki oluklar ve porta hepatis birlikte H harfine benzeyen bir düzen oluşturur. Sol tarafta ligamentum teres hepatis ve ligamentum venosum'un yerleştiği yarıklar; sağ tarafta safra kesesi çukuru ve vena cava inferior oluğu bulunur. H'nin enine parçasına karşılık gelen porta hepatis, portal ven ve hepatik arter dallarının giriş, hepatik kanalların ise çıkış bölgesidir. Hepatik venler bu kapıdan geçmez; karaciğerin arka-üst kısmında vena cava inferior'a açılır (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Periton ilişkileri ve bağlar

Karaciğerin büyük bölümü visseral peritonla örtülüdür. Area nuda, porta hepatis ve safra kesesinin karaciğerle temas ettiği alan gibi bölgelerde örtü kesintiye uğrar. Area nuda'da karaciğer ile diyafram arasında doğrudan bağ dokusu ilişkisi vardır. Bu özellik, karaciğerin genel olarak intraperitoneal bir organ olarak tanımlanmasıyla birlikte değerlendirilmelidir (Standring, 2008).

Ligamentum falciforme hepatis, karaciğeri karın ön duvarına ve diyaframa bağlayan çift yapraklı bir periton kıvrımıdır. Serbest alt kenarında ligamentum teres hepatis bulunur. Ligamentum coronarium hepatis'in yaprakları area nuda'yı sınırlar; yanlarda birleşerek sağ ve sol triangüler bağları oluşturur. Omentum minus, karaciğerden midenin küçük kurvaturuna ve duodenumun başlangıcına uzanır. Bunun hepatoduodenal bölümünde safra yolu sağda, a. hepatica propria solda ve v. portae hepatis arkada yer alır. Bu yerleşimin varyasyon gösterebileceği unutulmamalıdır (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Karaciğerin konumunun korunması tek bir bağa bağlı değildir. Hepatik venlerin vena cava inferior ile bağlantısı, diyafram ve çevre organlarla ilişkiler, periton bağları ve karın içi basınç birlikte katkı sağlar. Organ solunum sırasında diyaframla birlikte

hareket eder. Bu nedenle palpasyon ve görüntülemede solunum evresinin dikkate alınması gerekir (Standring, 2008).

Anatomik loblar ve işlevsel segmentasyon

Yüzey anatomisinde sağ, sol, kaudat ve kuadrat loblar tanımlanır. Diyafragmatik yüzde ligamentum falciforme, sağ ve sol anatomik lobları ayırır. Visseral yüzde porta hepatis'in önündeki alan kuadrat, arkasındaki alan kaudat lobdur. Bu dış sınırlar, karaciğerin damar ve safra yolu dağılımına dayanan işlevsel bölünmesiyle tamamen örtüşmez (Standring, 2008).

İşlevsel sağ ve sol karaciğerin ayrımı, safra kesesi çukurundan vena cava inferior'a uzanan ve orta hepatik venle ilişkili olan düzleme dayanır. Couinaud sınıflamasında karaciğer sekiz segmente ayrılır. Her segmentin portal ven, hepatik arter ve safra yolu dalları bulunur; ana hepatik venler ise çoğunlukla segmentler veya sektörler arasındaki düzlemlerde seyreder. Bu düzen, hastalıklı dokunun anatomik segment sınırları gözetilerek çıkarılabilmesine temel oluşturur (Standring, 2008).

Tablo 1. Couinaud sınıflamasında karaciğer segmentleri

Segment	İşlevsel bölge	Temel yerleşim
I	Kaudat bölüm	Kaudat lob
II	Sol lateral bölüm	Üst bölüm
III	Sol lateral bölüm	Alt bölüm
IVa / IVb	Sol medial bölüm	Üst / alt bölüm
V	Sağ anterior bölüm	Alt bölüm
VI	Sağ posterior bölüm	Alt bölüm
VII	Sağ posterior bölüm	Üst bölüm
VIII	Sağ anterior bölüm	Üst bölüm

Kaynak: Standring (2008), karaciğerin segmental anatomisinden özetlenmiştir.

Kaudat lob, segment I'e karşılık gelir ve her iki portal sistemden dal alabilir. Venöz kanının önemli bir bölümü kısa venlerle doğrudan vena cava inferior'a boşalır. Segment IV, dış görünümde sağ tarafta bulunabilen kuadrat lobu da kapsamasına rağmen işlevsel sol karaciğerin parçasıdır. Bu iki örnek, anatomik lob adları ile işlevsel segmentlerin neden ayrı değerlendirilmesi gerektiğini gösterir (Standring, 2008).

Damarlar lenfatik drenaj ve innervasyon

Karaciğerin kanlanması çift kaynaklıdır. Portal ven, sindirim sistemi ve ilişkili organlardan gelen besin maddelerince zengin kanı taşır; hepatik arter ise oksijenli arteriyel kanı getirir. Kan akımının yaklaşık dörtte üçü portal venden, dörtte biri hepatik arterden sağlanır. Bu oranlar kanın hacimsel katkısını gösterir ve oksijen katkısıyla aynı anlamı taşımaz. V. portae hepatis, genellikle pankreas boynunun arkasında v. mesenterica superior ile v. splenica'nın birleşmesiyle oluşur ve porta hepatis'te sağ ve sol dallarına ayrılır (Standring, 2008).

A. hepatica communis çoğunlukla truncus coeliacus'tan çıkar ve a. gastroduodenalis'i verdikten sonra a. hepatica propria olarak devam eder. Sağ ve sol hepatik dallar karaciğerin ilgili bölgelerine dağılır; a. cystica genellikle sağ hepatik arterden köken alır. Bununla birlikte hepatik arterlerin çıkış ve seyir varyasyonları sıktır. Örneğin sağ hepatik arter a. mesenterica superior'dan, sol hepatik arter a. gastrica sinistra'dan köken alabilir. Bu damarlar, normal damarın yerini alan ya da ona eklenen dallar olarak bulunabilir (Standring, 2008).

Sinüzoidlerden geçen kan santral venlere, ardından daha büyük toplayıcı venlere ve hepatik venlere ulaşır. Sağ, orta ve sol hepatik venler vena cava inferior'a açılır. Portal yapılar segment içine girerken hepatik venlerin farklı düzlemlerde seyretmesi, damarların

görüntülemede ayırt edilmesi ve rezeksiyon planlaması bakımından önemlidir (Standring, 2008).

Karaciğerin lenfatik drenajı yüzeysel ve derin ağlarla gerçekleşir. Lenfin önemli kısmı porta hepatis'teki hepatik lenf düğümlerine, ardından çölyak düğümlere yönelir. Hepatik venlere eşlik eden başka yollar ise diyaframın vena cava açıklığı çevresindeki ve daha yukarıdaki lenfatik yapılara ulaşır. Dolayısıyla karaciğerin lenfatik bağlantıları yalnızca karın içindeki düğümlerle sınırlı değildir (Standring, 2008).

Otonom sinirler, çölyak pleksusla ilişkili plexus hepaticus aracılığıyla karaciğere ulaşır. Sempatik lifler damar tonusu ve metabolik yanıtlarla, vagal parasempatik lifler ise organın otonom düzenlenmesiyle ilişkilidir. Kapsülün gerilmesi veya çevre peritonun etkilenmesi ağrıya yol açabilir. Diyaframın santral bölümündeki parietal peritonun irritasyonu, n. phrenicus'un duyusal bağlantıları nedeniyle sağ omuzda yansıyan ağrı oluşturabilir (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Hepatik damar varyasyonları

Hepatik arter varyasyonlarında damarın kökeni kadar normal arterin bulunup bulunmadığı da önemlidir. Normal dalın yerine geçen arter ile mevcut dala eklenen aksesuar arter aynı anatomik düzeni ifade etmez. Hiatt ve arkadaşlarının 1.000 olguluk serisinde klasik arter düzeni 757 olguda görülmüştür. Varyasyonların tanımlanması, özellikle hepatoduodenal bağ ve pankreas çevresindeki diseksiyonda dokunun hangi damar tarafından beslendiğinin anlaşılmasını sağlar (Hiatt et al., 1994).

Portal ven de her zaman tek bir sağ ve sol dala ayrılmaz. Üçlü dallanma veya sağ posterior dalın erken ayrılması gibi düzenler, segmentlere ulaşan portal akımın yolunu değiştirir. Bu nedenle damar varyasyonları yalnızca isimlendirilmemeli; hangi segmentle bağlantılı oldukları da gösterilmelidir. Kesitsel görüntüler ve üç

boyutlu rekonstrüksiyonlar bu ilişkilerin birlikte değerlendirilmesine katkı sağlar (Covey et al., 2004; Marcinkevičiūtė et al., 2026).

Mikroanatomi ve yapının işlevle ilişkisi

Karaciğer ince bir fibröz kapsülle çevrilidir. Portal alanlarda bağ dokusu, portal ven ve hepatik arter dalları ile safra kanallarına eşlik eder. Hepatositler, erişkin karaciğerinde çoğunlukla tek hücre kalınlığındaki plaklar halinde düzenlenir. Bu plaklar arasındaki sinüzoidler, portal ve arteriyel kanın bir araya geldiği özel damar kanallarıdır. Sinüzoid endoteli ile hepatositler arasındaki Disse aralığı, kan plazmasıyla hücreler arasındaki madde alışverişinin gerçekleştiği bölgedir (Standring, 2008).

Klasik karaciğer lobülünün merkezinde santral ven, çevresinde ise portal alanlar yer alır. Portal triad; portal ven dalı, hepatik arter dalı ve safra kanalı kesitlerinden oluşur. Aynı alanda lenf damarları ve sinirler de bulunabilir. Kan lobül çevresinden santral vene doğru ilerlerken safra, komşu hepatositlerin yüzeyleri arasında oluşan kanaliküllerden portal alanlardaki safra kanallarına doğru taşınır. Böylece kan ve safra akımlarının yönleri birbirinin tersidir (Standring, 2008).

Karaciğer asinüsü, dokuyu kanlanma ilişkisine göre değerlendiren işlevsel bir modeldir. Portal kan girişine en yakın bölge zon 1, santral venlere yakın bölge zon 3, aradaki bölge zon 2 olarak adlandırılır. Bu bölgesel farklılıklar oksijenlenme ve metabolik etkinlik açısından önem taşır. Portal lobül modeli ise ortak bir safra kanalına boşalan dokuyu esas alarak ekzokrin işlevi vurgular (Standring, 2008).

Hepatositlere ek olarak sinüzoidal endotel hücreleri, Kupffer hücreleri, hepatik yıldızsı hücreler ve kolanjiyositler karaciğerin yapısına katılır. Kupffer hücreleri yerleşik makrofajlardır ve sinüzoidlerden geçen materyalin uzaklaştırılmasına katkı sağlar. Disse aralığındaki yıldızsı hücreler vitamin A depolanması ve hücre

dışı matriksin düzenlenmesinde rol oynar; hasarda etkinleşmeleri fibrozisle ilişkilidir. Bu hücre grupları, karaciğerin metabolik, savunmaya yönelik ve onarıcı işlevlerinin aynı dokuda birlikte yürütülmesini sağlar (Standring, 2008).

Hücresel çeşitlilik ve bölgesel düzen

Lobülün bütün hepatositleri aynı işlevsel özellikleri taşımaz. İnsan karaciğerine ait tek hücre çalışmalarında hepatosit ve endotel hücrelerinin bölgesel gen ifade farklılıkları gösterilmiştir. Bu bulgular, klasik asinüs modelindeki zonların keskin sınırlarla ayrılmış bağımsız birimler yerine bir gradyan içinde değerlendirilmesini destekler. Hücresel haritalar, ışık mikroskobunda benzer görünen hücrelerin moleküler özelliklerinin farklı olabileceğini de ortaya koyar (Aizarani et al., 2019).

Karaciğerin immün hücreleri de tek bir topluluk oluşturmaz. İnsan dokusunda yapılan çalışmalar, intrahepatik makrofajlar arasında farklı transkripsiyonel özellikler saptamıştır. Böylece Kupffer hücresi başlığı altında verilen genel tanım, organın bütün makrofaj çeşitliliğini karşılamaz. Bu çeşitlilik sinüzoidal dolaşımın yalnızca metabolik madde alışverişine değil, kanla gelen uyaranların değerlendirilmesine de katıldığını gösterir (MacParland et al., 2018).

Klinik anatomi

Karaciğerin zengin damar ağı travma veya cerrahi girişimlerde ciddi kanama olasılığını açıklar. Hepatoduodenal bağdaki portal ven ve hepatik arterin birlikte kontrol edilmesi, karaciğere gelen kan akımını geçici olarak azaltabilir; ancak hepatik venlerden kaynaklanan kanamayı doğrudan durdurmaz. Segmental anatominin bilinmesi, damar ve safra yolu varyasyonlarının ameliyat öncesinde değerlendirilmesiyle birlikte anlam kazanır (Standring, 2008).

Portal hipertansiyonda portal ve sistemik venöz dolaşımlar arasındaki bağlantılar genişleyebilir. Özofagusun alt bölümü, rektal venöz ağlar ve paraumbilikal venler bu ilişkilerin görülebildiği alanlardır. Karaciğerin rejenerasyon kapasitesi yüksek olsa da kronik hasara eşlik eden fibrozis, normal lobüler düzeni ve kan akımını bozabilir. Bu nedenle doku miktarının artması ile normal yapının yeniden kurulması aynı durum değildir (Standring, 2008).

Safra kesesi ve safra yolları

Safra sisteminin embriyolojik gelişimi

Safra kesesi ve ductus cysticus, hepatik divertikülün kaudal bölümünden gelişir. Hepatik divertikülün bağırsakla bağlantısının uzaması ve çevre yapıların yer değiştirmesi ekstrahepatik safra yolunun erişkin seyrini biçimlendirir. Duodenumun dönüşüyle safra yolunun bağırsak duvarındaki açılma yeri de konum değiştirir. İntrahepatik yollar ise portal damarların çevresindeki duktal plağın yeniden düzenlenmesiyle gelişir. Bu iki kanal sisteminin gelişimi birbirine bağlıdır; erişkinde karaciğerden duodenuma uzanan kesintisiz bir safra yolu oluşur (Ando, 2010; Roskams & Desmet, 2008).

Safra kesesinin yerleşimi ve bölümleri

Safra kesesi (vesica biliaris), karaciğerin visseral yüzünde sağ lob ile kuadrat lob arasındaki çukurda yerleşen armut biçimli bir organdır. Genellikle 7-10 cm uzunluğundadır ve yaklaşık 30-50 mL safra depolayabilir. Boyutları doluluk durumuna göre değişir. Karaciğerle temas eden yüzü bağ dokusuyla organ yatağına tutunurken serbest yüzü çoğunlukla peritonla örtülüdür (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Fundus, corpus ve collum olmak üzere üç bölümde incelenir. Fundus, karaciğerin alt kenarını aşabilen yuvarlak uçtur ve yüzeyde sağ dokuzuncu kosta kıkırdağı çevresine karşılık gelir. Corpus, safra

kesesi çukuruna oturur; alt yüzü duodenum ve kolonun sağ fleksurasıyla ilişkilidir. Collum, kıvrılarak ductus cysticus'a devam eder. Boyun ve infundibulum bölgesinin biçimi değişkendir; Hartmann kesesi olarak adlandırılan genişleme her bireyde aynı belirginlikte bulunmaz (Standring, 2008).

İntrahepatik ve ekstrahepatik kanallar

Hepatositlerin oluşturduğu safra önce kanaliküllere, ardından Hering kanalları ve küçük interlobüler kanallara geçer. Daha büyük intrahepatik kanallar birleşerek sağ ve sol hepatik kanalları oluşturur. Bu kanallar porta hepatis çevresinde birleşip ductus hepaticus communis'i meydana getirir. Ductus cysticus'un bu kanala katılmasıyla ductus choledochus oluşur (Standring, 2008).

Ductus cysticus, safra kesesiyle ana safra yolu arasındaki bağlantıyı sağlar; safranın hem keseye girişine hem de keseden çıkışına izin verir. Mukozasındaki spiral kıvrımlar Heister kıvrımları olarak bilinir. Bunları, akımı yalnızca tek yöne yönelten gerçek kapakçıklar olarak düşünmek doğru değildir. Kanalın uzunluğu, birleşme düzeyi ve ana safra yoluna göre seyri değişebilir (Standring, 2008).

Ductus choledochus, hepatoduodenal bağ içinde aşağı ilerler; duodenumun ilk bölümünün arkasından geçer ve pankreas başıyla yakın ilişki kurar. Distal bölümü çoğunlukla pankreas dokusu içinde veya arka yüzündeki bir olukta seyreder. Genellikle ana pankreas kanalıyla birleşerek ampulla hepatopancreatica'yı oluşturur ve duodenumun inen bölümündeki papilla duodeni major'a açılır. İki kanalın ayrı açılması da mümkündür. Terminal bölgedeki düz kas düzeni, safra ve pankreas salgısının duodenuma geçişini kontrol eder (Standring, 2008).

Damarlar lenfatik drenaj ve innervasyon

Safra kesesinin başlıca arteri a. cystica'dır ve çoğunlukla sağ hepatik arterden çıkar. Damarın kökeni, sayısı ve safra yollarına göre konumu değişebilir. Venöz kan, küçük venlerle doğrudan karaciğer içindeki portal dallara veya sistik venler üzerinden portal sisteme boşalır. Safra yollarının duvarı ise hepatik, sistik ve gastroduodenal kaynaklardan gelen küçük damarların oluşturduğu ağlarla beslenir (Standring, 2008).

Lenf damarları sistik ve hepatik lenf düğümlerine, ardından çölyak düğümlere yönelir. Otonom sinir lifleri hepatik pleksus aracılığıyla gelir; sempatik ve vagal parasempatik bileşenler içerir. Visseral ağrı epigastrik bölgede hissedilebilirken komşu parietal peritonun etkilenmesi ağrının sağ üst kadranda belirginleşmesine neden olur. Diyafram peritonunun irritasyonu sağ omuza yansıyabilir (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Duvar yapısı ve safra akımının düzenlenmesi

Safra kesesi mukozası, apikal mikrovillusları bulunan tek katlı prizmatik epitelle döşelidir. Epitelin altında lamina propria yer alır; bağırsak duvarından farklı olarak belirgin bir muscularis mucosae ve submukoza tabakası bulunmaz. Düz kas demetleri düzensiz yönlerde uzanır. Dış yüz, karaciğerle temas eden bölgede adventisya, serbest bölgelerde serozayla örtülüdür. Mukoza kıvrımları dolulukla azalır; bunlar bağırsak villuslarıyla eşdeğer yapılar değildir (Standring, 2008).

Safra kesesi safra üretmez; karaciğerde üretilen safrayı depolar ve su-elektrolit emilimiyle yoğunlaştırır. Besinlerin, özellikle yağların duodenuma ulaşması kolesistokinin salınmasını uyarır. Safra kesesinin kasılması ve terminal sfinkter düzeninin gevşemesi, safranın duodenuma geçişini kolaylaştırır. Böylece kese, kanallar ve duodenum arasında işlevsel bir bütünlük kurulur (Standring, 2008).

Varyasyonlar ve klinik anatomi

Safra kesesinin kıvrımlı fundusu, farklı yerleşimi, nadiren çift olması veya yokluğu görülebilen anatomik farklılıklardır. Ductus cysticus'un kısa olması, düşük düzeyde birleşmesi veya ana hepatik kanalla uzun süre paralel seyretmesi cerrahi açıdan önemlidir. Sağ hepatik kanal ve sektörel dallardaki değişiklikler de safra yollarının yalnızca beklenen görünüm üzerinden tanımlanmasını güçleştirebilir (Standring, 2008).

Hepatosistik üçgenin sınırlarını ductus cysticus, ductus hepaticus communis ve karaciğerin alt yüzü oluşturur. Bu alan, üst sınırı sistik arter olarak tanımlanan özgün Calot üçgeniyle aynı değildir. Safra kesesi cerrahisinde güvenli anatomik tanımlama, üçgenin temizlenmesi, kesenin alt bölümünün karaciğer yatağından ayrılması ve keseye giren iki yapının görülmesini gerektiren kritik güvenlik görünümüyle desteklenir. Bu yaklaşım, kanal ve arterlerin yalnızca konumlarına bakılarak yanlış tanınması riskini azaltmayı amaçlar (Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons [SAGES], 2020).

Sistik kanalın ana hepatik kanala katıldığı yüz ve düzey, kanalın uzunluğundan bağımsız olarak değerlendirilmelidir. Kanalın medialden birleşmesi veya ana kanalla paralel seyretmesi, iki yapının kısa bir görüntüde tek kanal gibi algılanmasına neden olabilir. MR kolanjiyopankreatografi bu ilişkileri girişim öncesinde göstermeye yardımcı olur; üst üste binen kanalların farklı düzlemlerde izlenmesi anatomik yorumun önemli bir parçasıdır (Sarawagi et al., 2016).

Safra taşı yalnızca safra kesesinin anatomisini ilgilendirmez. Taşın ductus cysticus'u tıkaması kesenin boşalmasını, ductus choledochus'a geçmesi ise karaciğerden duodenuma safra akımını etkiler. Distal safra yolu ile pankreas kanalının yakın ilişkisi, aynı

bölgedeki bir tıkanıklığın pankreası da etkileyebilmesini açıklar (Standring, 2008).

Pankreas

Pankreasın embriyolojik gelişimi

Pankreas, duodenumla ilişkili dorsal ve ventral endodermal tomurcuklardan gelişir. Ventral tomurcuk safra yolu taslağına yakın yerleşir. Duodenumun dönüşü sırasında ventral tomurcuk arkaya doğru yer değiştirerek dorsal tomurcuğa yaklaşır ve gelişimin yaklaşık yedinci haftasında iki taslak birleşir. Ventral taslak pankreas başının alt-arka bölümünü ve processus uncinatus'u; dorsal taslak ise başın geri kalanını, boyun, gövde ve kuyruğu oluşturur (Standring, 2008).

Ana pankreas kanalı, ventral tomurcuğun kanalı ile dorsal kanalın gövde ve kuyruğu boşaltan bölümlerinin birleşmesiyle oluşur. Dorsal kanalın duodenuma yakın kalan bölümü aksesuar kanal olarak devam edebilir. Epitelyal taslakların dallanması, ekzokrin asinüslerin, kanal epitelinin ve endokrin hücrelerin gelişimini sağlar. İnsan embriyosu çalışmalarında PDX1, SOX9 ve NEUROG3 gibi düzenleyicilerin farklı gelişim evreleriyle ilişkisi gösterilmiştir. Ancak insan gelişimindeki zamanlama ve hücresel farklılaşma, deney hayvanlarındaki süreçle tamamen özdeş kabul edilmemelidir (Jennings et al., 2013).

Ekzokrin ve endokrin dokuların aynı epitel taslağından gelişmesi, erişkinde aynı salgı yolunu kullanacakları anlamına gelmez. Asiner ve kanal hücreleri lümenle ilişkilerini sürdürürken endokrin hücreler adacıklar halinde düzenlenir ve kapillerlerle yakın ilişki kurar. Gelişim sırasında oluşan bu ayrışma, pankreasın iki farklı salgı biçiminin morfolojik temelidir (Gittes, 2009; Pandol, 2010).

Yerleşim ve bölümler

Pankreas, midenin arkasında duodenumdan dalak hilumuna doğru enine uzanan karma işlevli bir bezdir. Erişkinde çoğunlukla 12-15 cm uzunluğundadır. Büyük bölümü sekonder retroperitoneal yerleşimlidir; kuyruk kısmı splenorenal bağ yaprakları arasında uzanır. Baş, boyun, gövde ve kuyruk olarak incelenen bölümleri arasında keskin dış sınırlar bulunmaz; bu ayrım öncelikle komşuluklara dayanır (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Pankreas başı duodenumun C biçimli kıvrımı içine yerleşir. Arka yüzü vena cava inferior ve sağ renal damarlarla ilişkilidir. Koledok, başın arka yüzündeki olukta veya parankim içinde seyreder. Başın alt kısmından uzanan processus uncinatus, üst mezenterik damarların arkasına doğru ilerler. Bu yakın ilişkiler pankreas başı hastalıklarının safra akımını, duodenum geçişini ve bölgesel damarları birlikte etkileyebilmesini açıklar (Standring, 2008).

Boyun, baş ile gövde arasındaki kısa bölümdür. Arkasında üst mezenterik ve splenik venlerin birleşmesiyle portal ven oluşur. Gövdenin ön yüzü bursa omentalis aracılığıyla mideden ayrılır; arka tarafında aorta, sol renal damarlar, sol böbreküstü bezi ve sol böbrekle ilişkiler bulunur. Splenik ven gövdenin arkasında, splenik arter ise üst kenarı boyunca seyreder. Kuyruk dalak hilumuna yaklaşır; bu nedenle dalak damarlarının diseksiyonunda pankreas kuyruğu zarar görebilir (Standring, 2008).

Pankreas kanalları

Ductus pancreaticus, kuyruktan başa doğru ilerlerken lobüllerden gelen küçük kanalları toplar. Baş bölgesinde çoğunlukla koledokla birleşerek büyük duodenal papillaya açılır. Ductus pancreaticus accessorius ise mevcut olduğunda başın bir bölümünü boşaltır ve papilla duodeni minor'a açılabilir. Ana ve aksesuar

kanalların birbirleriyle bağlantısı ve duodenal açıklıkları değişkenlik gösterir (Standring, 2008).

Kanal sistemi, pankreas salgısının taşınmasını sağlayan pasif bir boru ağı değildir. Küçük kanal hücreleri, asiner salgıya su ve bikarbonat ekler. Böylece enzimlerin bağırsak lümenine taşınması ve mide asidinin nötralizasyonuna katkı sağlanır. Kanalın daralması veya tıkanması, salgı akımını ve bez içindeki basınç ilişkilerini etkiler (Standring, 2008).

Damarlar lenfatik drenaj ve innervasyon

Pankreasın arterleri truncus coeliacus ve a. mesenterica superior sistemlerinden gelir. Baş ve duodenum arasındaki superior pankreatikoduodenal dallar gastroduodenal arterden, inferior pankreatikoduodenal dallar ise üst mezenterik arterden köken alır. Ön ve arka arkadlar bu iki sistemi birbirine bağlar. Gövde ve kuyruk başlıca splenik arterin pankreatik dallarıyla beslenir; dorsal ve büyük pankreatik arterler bu ağın önemli bileşenleridir (Standring, 2008).

Venöz kan portal sisteme boşalır. Baş bölgesinin venleri üst mezenterik veya portal venle, gövde ve kuyruğun venleri çoğunlukla splenik venle bağlantılıdır. Lenf damarları pankreas çevresindeki ve pankreatikosplenik düğümlere, ardından çölyak ve üst mezenterik düğüm gruplarına yönelir. Birden fazla lenfatik yolun bulunması, organın farklı bölgelerindeki hastalıkların yayılım ilişkilerini anlamada önemlidir (Standring, 2008).

Pankreasın otonom innervasyonu çölyak ve üst mezenterik pleksuslarla ilişkili sempatik lifler ile vagal parasempatik liflerden oluşur. Sinirler damarlar boyunca beze ulaşır ve bez içindeki küçük gangliyonlarla bağlantı kurar. Bu ağ, hem ekzokrin salgının hem de endokrin yanıtın düzenlenmesine katılır. Visseral ağrı üst karın bölgesinde hissedilebilir ve organın derin yerleşimi nedeniyle sırta yayılabilir (Standring, 2008).

Kanal epitelinin salgıya katkısı

Pankreas kanal epitelinin apikal ve bazolateral yüzlerinde bulunan taşıma sistemleri, su ve bikarbonat salgısını birlikte düzenler. Apikal CFTR ve klorür–bikarbonat değişimi bu süreçte önemlidir. Kanal hücresinin polaritesi, salgının interstisyuma değil lümene yönelmesini sağlar. Bu nedenle kanal duvarı, enzimleri duodenuma ileten yapının yanı sıra salgının hacmini ve iyon bileşimini belirleyen işlevsel bir epiteldir (Lee et al., 2012).

Ekzokrin yapı

Pankreasın büyük bölümünü seröz asinüsler oluşturur. Asiner hücrelerin bazal kısmındaki granüllü endoplazmik retikulum protein senteziyle, apikal zimojen granülleri ise salgı ürünlerinin depolanmasıyla ilişkilidir. Asinüs lümeninde görülen sentroasiner hücreler küçük kanal sisteminin başlangıcını oluşturur. Pankreasta tükürük bezlerindeki gibi çizgili kanallar bulunmaz; salgı interkale ve daha büyük kanallar aracılığıyla ana kanal sistemine taşınır (Standring, 2008).

Ekzokrin salgı protein, yağ ve karbonhidrat sindiriminde görev alan enzimleri içerir. Proteolitik enzimlerin önemli bölümü inaktif öncüller halinde salgılanır. Bu düzen, enzimlerin bez dokusuna zarar vermesini sınırlar. Asiner yapının kanal sistemiyle birlikte değerlendirilmesi, pankreasın neden hem enzim üreten hem de sıvı-bikarbonat salgısını düzenleyen bir organ olduğunu açıklar (Pandol, 2010; Standring, 2008).

Endokrin yapı ve hücresel çeşitlilik

Endokrin pankreas, ekzokrin doku içine dağılmış Langerhans adacıklarından oluşur. Adacıklar zengin kapiller ağlarıyla hormonlarını doğrudan kana verir. Başlıca hücreler insülin salgılayan beta, glukagon salgılayan alfa, somatostatin salgılayan delta ve pankreatik polipeptit salgılayan PP hücreleridir. Hücrelerin

oranı ve adacıkların büyüklüğü, dağılımı ve biçimi değişkenlik gösterebilir (Standring, 2008).

İnsan adacıklarının düzeni, beta hücrelerinin merkezde ve diğer hücrelerin çevrede bulunduğu tek bir şemayla açıklanamaz. İnsan dokusuna dayalı çalışmalarda alfa, beta ve delta hücrelerinin adacık içinde birbirleriyle karışık yerleşebildiği ve farklı hücre gruplarının kapillerlerle yakın ilişkili olduğu gösterilmiştir. Bu yapı, hücreler arasındaki parakrin iletişimin anatomik zeminini oluşturur. Dolayısıyla hayvan modellerinden elde edilen adacık şemaları insan pankreasına doğrudan aktarılmamalıdır (Cabrera et al., 2006).

Hücresel çeşitlilik, alfa ve beta hücrelerinin oranından daha geniş bir kavramdır. Tek hücre transkriptom çalışmaları endokrin, asiner, kanal, stromal ve damar hücrelerini farklı moleküler profillerle ayırt etmiş; aynı hücre sınıfı içinde de çeşitlilik göstermiştir. İnsan pankreasında REG3A ifade eden bir asiner alt grup tanımlanmıştır. Bununla birlikte moleküler kümeler, doku içindeki konumu ayrıca gösterilmeden yeni ve kesin anatomik birimler olarak kabul edilmemelidir (Baron et al., 2016; Muraro et al., 2016).

Ekzokrin ve endokrin bileşenler ayrı salgı yollarına sahip olmakla birlikte aynı damar, sinir ve bağ dokusu ortamını paylaşır. Asiner salgı kanallarla duodenuma taşınırken adacık hormonları dolaşıma katılır. Organın ikili işlevi, farklı hücre gruplarının aynı parankim içinde bir arada bulunmasına dayanır (Standring, 2008).

Gelişimsel varyasyonlar ve klinik anatomi

Pancreas divisum, dorsal ve ventral kanal sistemlerinin birleşmemesi veya yetersiz birleşmesiyle ilişkilidir. Bu durumda bezin büyük bölümünün salgısı dorsal kanal üzerinden küçük duodenal papillaya yönelir. Anüler pankreasta pankreas dokusu duodenumun çevresini kısmen veya tamamen sarar ve daralmaya yol açabilir. Ektopik pankreas dokusu ise ana organla doğrudan

anatomik bağlantısı olmadan, örneğin mide veya duodenum duvarında bulunabilir. Bu varyasyonların klinik etkisi aynı değildir; varlıkları her zaman belirti oluşturdukları anlamına gelmez (Standring, 2008).

Pankreas başındaki bir kitle, koledokla yakınlığı nedeniyle safra akımını bozabilir. Kuyruk bölgesindeki lezyonlarda bu ilişki bulunmadığından klinik görünüm farklı olabilir. Portal ven, üst mezenterik damarlar ve splenik damarlarla olan komşuluklar, cerrahi değerlendirmede belirleyicidir. Dalak hilumuna yakın küçük bir nodülün aksesuar dalak olabileceğinin bilinmesi de pankreas kuyruğundaki bir kitlenin yorumlanmasında önem taşır (Standring, 2008; Buijtendijk et al., 2023).

Dalak

Dalağın embriyolojik gelişimi

Dalak, diğer üç organın epitel taslaklarından farklı olarak dorsal mezogastriumdaki mezenşimden gelişir. İnsan embriyosunda taslak yaklaşık beşinci hafta çevresinde belirginleşir. Midenin dönmesi ve dorsal mezogastriumun büyümesi, dalağın sol üst karın bölgesindeki yerleşimini ve çevresindeki periton bağlantılarını şekillendirir. Bu gelişimsel ilişkiler, erişkinde mide ile dalak arasındaki gastrosplenik bağın ve dalak ile arka karın duvarı arasındaki splenorenal bağın anatomisini açıklamaya yardımcı olur (Standring, 2008; Buijtendijk et al., 2023).

Dalağın yüzey çentiklerini yalnızca kaynaşmamış embriyonik lobların kalıntıları olarak açıklayan yaklaşım dikkatle değerlendirilmelidir. İnsan embriyolarını, fetüsleri ve erişkinleri karşılaştıran bir çalışma, çok odaklı veya lobüle bir başlangıç için kanıt bulmamış; yüzey biçiminin gelişim evreleri boyunca değişken olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, yerleşik açıklamanın yeniden değerlendirilmesini gerektirir; ancak tek bir çalışmayı bütün

varyasyonların kesin gelişim mekanizması olarak sunmak da uygun değildir (Buijtendijk et al., 2023).

Yerleşim dış yapı ve komşuluklar

Dalak (splen), sol hipokondriyak bölgede mide fundusu ile diyafram arasında yer alır. Uzun ekseni yaklaşık onuncu kaburgaya paraleldir ve genellikle dokuzuncu-on birinci kaburgaların derininde bulunur. Erişkinde yaklaşık 12 cm uzunluğunda ve ortalama 150 g ağırlığındadır; boyut ve ağırlık geniş bireysel değişkenlik gösterir. Normal büyüklükteki dalak çoğunlukla kostal yayın altında kaldığı için palpasyonda hissedilmez (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Diyafragmatik yüzü düzgün ve dışbükeydir. Diyafram, bu yüzü sol akciğerin alt bölümü, plevra ve kaburgalardan ayırır. Visseral yüzde mide, sol böbrek, kolonun sol fleksurası ve pankreas kuyruğuyla ilişkili alanlar bulunur. Hilum splenicum, splenik damarların geçtiği bölgedir. Üst kenardaki çentikler ve organın genel biçimi değişebilir; yüzey farklılıkları tek başına hastalık göstergesi değildir (Standring, 2008; Buijtendijk et al., 2023).

Periton ilişkileri ve bağlar

Dalak hilum bölgesi dışında büyük ölçüde peritonla örtülüdür. Ligamentum gastrosplenicum, mide büyük kurvaturu ile dalak arasında uzanır; kısa gastrik damarları ve sol gastro-omental damarları taşır. Ligamentum splenorenale ise dalağı sol böbrek önündeki arka karın duvarıyla ilişkilendirir. Splenik damarlar ve pankreas kuyruğu bu bağın yaprakları arasında bulunur (Standring, 2008).

Ligamentum phrenicocolicum, doğrudan dalağa tutunmasa da kolonun sol fleksurası üzerinde oluşturduğu destekle dalağın alt kutbuyla ilişkili bir zemin sağlar. Bağların ve çevre dokuların gelişimi veya gevşekliği, organın hareketliliğini etkileyebilir.

Dalağın anatomisi bu nedenle yalnızca kendi yüzleriyle değil, mide, kolon, böbrek ve pankreasla oluşturduğu bağlantılarla birlikte değerlendirilmelidir (Standring, 2008).

Damarlar lenfatik drenaj ve innervasyon

A. splenica, truncus coeliacus'un önemli bir dalıdır. Pankreasın üst kenarı boyunca kıvrımlı bir seyir izler ve hiluma yaklaşırken terminal dallara ayrılır. Bu dalların dağılımı dalakta segmental bir damar düzeni oluşturur. Segmentler arasındaki arteriyel bağlantıların sınırlı olması, damar tıkanıklığında bölgesel infarkt gelişebilmesini açıklar. Terminal dalların sayısı ve hiluma göre yerleşimi bireyler arasında farklılık gösterir (Standring, 2008).

V. splenica, hilumdan çıkan venlerin birleşmesiyle oluşur ve pankreasın arkasında sağa doğru ilerler. Pankreas boynunun arkasında üst mezenterik venle birleşerek portal veni oluşturur. Böylece dalak ve pankreasın venöz kanı karaciğerle doğrudan bağlantılı bir sisteme katılır. Hilumdaki venler ile pankreas kuyruğunun yakınlığı, dalağa yönelik girişimlerde önemlidir (Standring, 2008).

Lenf damarları hilumdan çıkarak splenik damarlarla birlikte pankreatikosplenik ve çölyak lenf düğümlerine yönelir. Lenf düğümlerinden farklı olarak dalağın parankimine lenf taşıyan afferent lenfatik damarlar yoktur; bağışıklık gözetimi büyük ölçüde kanla gelen antijenler üzerinden gerçekleşir. Sinir lifleri splenik pleksus aracılığıyla ve arter çevresinde organa ulaşır. Başlıca sempatik lifler damar tonusuyla ilişkilidir (Standring, 2008).

Kırmızı pulpa beyaz pulpa ve mikrodolaşım

Dalak bağ dokusundan oluşan bir kapsülle çevrilidir. Kapsülden içeri uzanan trabeküller damar ve sinirlere eşlik eder. Parankim beyaz ve kırmızı pulpa olarak düzenlenir. Beyaz pulpada santral arteriyolleri çevreleyen periarteriyoler lenfoid kılıflar T

lenfositlerden zengindir; lenfoid folliküller ise ağırlıklı olarak B lenfositlerini içerir. Antijenik uyarıyla germinal merkezler gelişebilir (Standring, 2008).

Kırmızı pulpa, splenik kordonlar ve venöz sinüslerden oluşur. Kordonlarda retiküler ağ, kan hücreleri ve makrofajlar bulunur. Sinüslerin uzunlamasına uzanan endotel hücreleri arasındaki dar aralıklardan geçiş, eritrositlerin esnekliğini ve yapısal bütünlüğünü sınayan bir düzen oluşturur. Yaşlanmış veya hasarlanmış eritrositlerin uzaklaştırılması ve içerdikleri demirin yeniden kullanıma kazandırılması bu ortamla ilişkilidir (Standring, 2008).

Splenik mikrodolaşımda kanın önemli bir bölümü terminal kapillerlerden kordonların retiküler ortamına çıkar; ardından sinüs duvarındaki aralıklardan venöz dolaşıma döner. Açık dolaşım olarak adlandırılan bu düzen, kanın süzülmesine olanak verir. Beyaz ve kırmızı pulpa arasındaki geçiş bölgesi ise kanla taşınan antijenlerin bağışıklık hücreleriyle karşılaşmasına katkı sağlar. Böylece dalağın kanı süzme ve bağışıklık işlevleri birbirini tamamlar (Standring, 2008).

İnsan dalağına özgü mikroanatomi

İnsan dalağındaki follikül çevresi düzen, kemirgenlerdeki belirgin marjinal zonla bütünüyle örtüşmez. İnsan folliküllerinde germinal merkez, manto ve yüzeyel bölge ayırt edilebilir; kırmızı pulpada kılıflı kapillerler de bulunur. Bu nedenle deney hayvanlarına ait şemalar insan histolojisi için doğrudan kullanılmamalıdır (Steiniger, 2015).

Üç boyutlu insan dalak modellerinde kapillerlerin açık uçları gösterilmiş, kapillerlerle sinüs veya venüller arasında doğrudan bağlantı saptanmamıştır. Bu çalışma tamamen açık mikrodolaşım görüşünü desteklemektedir. Kanın retiküler dokuya çıkması,

makrofajlarla temasın ve eritrositlerin süzülmesinin yapısal temelini oluşturur (Steiniger et al., 2022).

Varyasyonlar ve klinik anatomi

Aksesuar dalak, ana dalaktan ayrı bulunan splenik doku odağıdır. Dalak hilumu çevresinde, gastrosplenik bağda veya pankreas kuyruğuna yakın alanlarda görülebilir. Görüntülemede lenf düğümü veya pankreas kitlesiyle karışabilmesi nedeniyle tanınması önemlidir. Doğumsal aksesuar dalak ile travma ya da cerrahi sonrasında splenik dokunun başka bölgelere yerleşmesiyle oluşan splenozis aynı durum değildir (Standring, 2008; Buijtendijk et al., 2023).

Dalak damarlarından zengin ve kırılgan bir organdır. Kaburgaların sağladığı korumaya rağmen travmada yaralanabilir ve belirgin kanamaya neden olabilir. Sol diyafram peritonunun irritasyonu sol omuzda yansıyan ağrı oluşturabilir. Splenektomi sırasında hilum damarları kadar pankreas kuyruğunun konumu da gözetilmelidir (Arıncı & Elhan, 2014; Standring, 2008).

Dalak dokusunun kaybı yalnızca kanın süzülmesini değil, kanla taşınan antijenlere verilen bağışıklık yanıtını da etkiler. Özellikle kapsüllü bakterilere karşı savunmadaki rolü, organın mümkün olduğunda korunmasının anatomik ve işlevsel önemini ortaya koyar. Karaciğer, safra yolları ve pankreasla birlikte değerlendirildiğinde dalak, üst karın bölgesindeki damar ve bağ dokusu ilişkilerinin yanı sıra bu bölgenin bağışıklık işlevini de tamamlar (Standring, 2008).

Kaynakça

Aizarani, N., Saviano, A., Sagar, Mailly, L., Durand, S., Herman, J. S., Pessaux, P., Baumert, T. F., & Grün, D. (2019). A human liver cell atlas reveals heterogeneity and epithelial progenitors. *Nature, 572*(7768), 199–204. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1373-2

Ando, H. (2010). Embryology of the biliary tract. *Digestive Surgery, 27*(2), 87–89. https://doi.org/10.1159/000286463

Arıncı, K., & Elhan, A. (2014). *Anatomi*. Güneş Tıp Kitabevleri.

Baron, M., Veres, A., Wolock, S. L., Faust, A. L., Gaujoux, R., Vetere, A., Ryu, J. H., Wagner, B. K., Shen-Orr, S. S., Klein, A. M., Melton, D. A., & Yanai, I. (2016). A single-cell transcriptomic map of the human and mouse pancreas reveals inter- and intra-cell population structure. *Cell Systems, 3*(4), 346–360.e4. https://doi.org/10.1016/j.cels.2016.08.011

Buijtendijk, M. F. J., Peters, J. J., Visser, S. C., van Tongeren, F. H. J. M., Dawood, Y., Lobé, N. H. J., van den Hoff, M. J. B., Oostra, R.-J., & de Bakker, B. S. (2023). Morphological variations of the human spleen: No evidence for a multifocal or lobulated developmental origin. *The British Journal of Radiology, 96*(1145), Article 20220744. https://doi.org/10.1259/bjr.20220744

Cabrera, O., Berman, D. M., Kenyon, N. S., Ricordi, C., Berggren, P.-O., & Caicedo, A. (2006). The unique cytoarchitecture of human pancreatic islets has implications for islet cell function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103*(7), 2334–2339. https://doi.org/10.1073/pnas.0510790103

Covey, A. M., Brody, L. A., Getrajdman, G. I., Sofocleous, C. T., & Brown, K. T. (2004). Incidence, patterns, and clinical relevance of variant portal vein anatomy. *American Journal of Roentgenology, 183*(4), 1055–1064. https://doi.org/10.2214/ajr.183.4.1831055

Gittes, G. K. (2009). Developmental biology of the pancreas: A comprehensive review. *Developmental Biology, 326*(1), 4–35. https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2008.10.024

Hiatt, J. R., Gabbay, J., & Busuttil, R. W. (1994). Surgical anatomy of the hepatic arteries in 1000 cases. *Annals of Surgery, 220*(1), 50–52. https://doi.org/10.1097/00000658-199407000-00008

Jennings, R. E., Berry, A. A., Kirkwood-Wilson, R., Roberts, N. A., Hearn, T., Salisbury, R. J., Blaylock, J., Hanley, K. P., & Hanley, N. A. (2013). Development of the human pancreas from foregut to endocrine commitment. *Diabetes, 62*(10), 3514–3522. https://doi.org/10.2337/db12-1479

Lee, M. G., Ohana, E., Park, H. W., Yang, D., & Muallem, S. (2012). Molecular mechanism of pancreatic and salivary gland fluid and HCO3− secretion. *Physiological Reviews, 92*(1), 39–74. https://doi.org/10.1152/physrev.00011.2011

MacParland, S. A., Liu, J. C., Ma, X.-Z., Innes, B. T., Bartczak, A. M., Gage, B. K., Manuel, J., Khuu, N., Echeverri, J., Linares, I., Gupta, R., Cheng, M. L., Liu, L. Y., Camat, D., Chung, S. W., Seliga, R. K., Shao, Z., Lee, E., Ogawa, S., … McGilvray, I. D. (2018). Single cell RNA sequencing of human liver reveals distinct intrahepatic macrophage populations. *Nature Communications, 9*, Article 4383. https://doi.org/10.1038/s41467-018-06318-7

Marcinkevičiūtė, K., Šilinskaitė, U., Lukšaitė-Lukštė, R., & Kvietkauskas, M. (2026). Radiology for surgeons: Liver anatomy. *Frontiers in Surgery, 13*, Article 1743615. https://doi.org/10.3389/fsurg.2026.1743615

Muraro, M. J., Dharmadhikari, G., Grün, D., Groen, N., Dielen, T., Jansen, E., van Gurp, L., Engelse, M. A., Carlotti, F., de Koning, E. J. P., & van Oudenaarden, A. (2016). A single-cell transcriptome atlas of the human pancreas. *Cell Systems, 3*(4), 385–394.e3. https://doi.org/10.1016/j.cels.2016.09.002

Pandol, S. J. (2010). *The exocrine pancreas*. Morgan & Claypool Life Sciences. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK54128/

Roskams, T., & Desmet, V. (2008). Embryology of extra- and intrahepatic bile ducts, the ductal plate. *The Anatomical Record, 291*(6), 628–635. https://doi.org/10.1002/ar.20710

Sarawagi, R., Sundar, S., Gupta, S. K., & Raghuwanshi, S. (2016). Anatomical variations of cystic ducts in magnetic resonance cholangiopancreatography and clinical implications. *Radiology Research and Practice, 2016*, Article 3021484. https://doi.org/10.1155/2016/3021484

Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (2020). *Safe cholecystectomy multi-society practice guideline and state of the art consensus conference on prevention of bile duct injury during cholecystectomy*. https://www.sages.org/publications/guidelines/safe-cholecystectomy-multi-society-practice-guideline/

Standring, S. (Ed.) (2008). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice* (40th ed.). Churchill Livingstone Elsevier.

Steiniger, B. S. (2015). Human spleen microanatomy: Why mice do not suffice. *Immunology, 145*(3), 334–346. https://doi.org/10.1111/imm.12469

Steiniger, B. S., Pfeffer, H., Gaffling, S., & Lobachev, O. (2022). The human splenic microcirculation is entirely open as shown by 3D models in virtual reality. *Scientific Reports, 12*, Article 16487. https://doi.org/10.1038/s41598-022-19885-z

Zorn, A. M. (2008). Liver development. In *StemBook*. Harvard Stem Cell Institute. https://doi.org/10.3824/stembook.1.25.1

BÖLÜM 5

ERKEK ÜREME SİSTEMİ ve KLİNİK ANATOMİSİ

OĞUZHAN ÖZTÜRK[1], OĞUZHAN HARMANDAOĞLU[2]

Giriş

Erkek üreme sistemi anatomik yerleşimlerine göre **dış genital organlar** (organa genitalia masculina externa) ve **iç genital organlar** (organa genitalia masculina interna) olmak üzere iki ana grupta incelenir(Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Dış genital organlar pelvis tabanının ve arcus pubicus'un alt tarafında, vücut dışına doğru uzanır. İç genital organlar ise pelvis boşluğu içerisinde veya gelişimsel süreçte karın boşluğundan skrotuma göç etmiş yapılar halinde konumlanır(Arıncı & Elhan, 2014; Waschke vd., 2016).

Dış Genital Organlar: Penis, Scrotum ve Urethra masculina (pars spongiosa bölümü).

İç Genital Organlar: Testis, Epididymis, Ductus deferens, Funiculus spermaticus, Vesicula seminalis, Ductus ejaculatorius,

[1] Öğr. Gör. Dr., Kastamonu Üniversitesi Çatalzeytin Meslek Yüksekokulu,Terapi ve Rehabilitasyon, Orcid: 0000-0001-7518-0331
[2] Öğr. Gör. Dr., Kastamonu Üniversitesi Çatalzeytin Meslek Yüksekokulu,Terapi ve Rehabilitasyon, Orcid: 0000-0002-4991-5696

Prostata ve Glandula bulbourethralis.İç Genital Organlar: Testis, Epididymis, Ductus deferens, Funiculus spermaticus, Vesicula seminalis, Ductus ejaculatorius, Prostata ve Glandula bulbourethralis.

1. DIŞ GENİTAL ORGANLAR (ORGANA GENITALIA MASCULINA EXTERNA)

1.1. Penis

Erkek çiftleşme organı ve idrarın dışarı atılmasında görevli olan penis normal durumlarda 8-10 cm uzunluğa ve 3 cm çapa sahiptir. Ereksiyon esnasında organın hem boyunda hem de eninde belirgin bir artış meydana gelmektedir (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Penis; **corpus penis** ve **radix penis** olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Corpus penis; çiftleşmeyi sağlayan ve penisin symphysis pubica'dan glans penise kadar serbestçe uzanan gövde bölümüdür. Radix penis ise perineumda yer alan, kemik ve zarsı yapılara tutunmuş hareketsiz kök kısmıdır(Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Corpus penis'in anatomik pozisyonda öne ve yukarı bakan yüzüne **dorsum penis**, arka-alt yüzüne ise **facies urethralis** adı verilir. Normal durumlarda silindirik bir form gösteren gövde, ereksiyon sırasında kenarları küntleşmiş bir üçgen prizma görünümü kazanır. Penis; dıştan deri ve fasyalarla kuşatılmış üç adet erektil silindirik gövdeden (iki adet corpus cavernosum penis ve bir adet corpus spongiosum penis) meydana gelir(Yiee & Baskin, 2010).

Penis derisi; oldukça ince, esnek ve koyu renge sahiptir. Deri altı fasyalarına gevşek bir bağ dokusu ile yapıştığı için kolayca hareket etmektedir. Penis gövdesinde deri altı yağ dokusu yer almaz. Bu nedenle kişinin kilo alıp vermesi penis boyutunda değişikliğe yol açmaz (Arıncı & Elhan, 2014).

Deri, glans penis'te katlanma yaparak **preputium penis**'i (sünnet derisi) meydana getirir. Preputium, ostium urethrae externum'un hemen arkasında frenulum preputii adında küçük bir plika oluşturur. Bu yapı glans penis'in arka yüzünde ve sagital yönde ostium urethrae externum'dan collum glandis'e doğru seyreder. Glans penis'i oluşturan deride kıl follikülü bulunmaz iken duyusal sinir uçları ve küçük papillalar yer alır. Penis derisinde yağ bezleri bulunmaz ancak collum penis ve preputium penis'in iç tarafında küçük sebase bezler (**gll. preputiales / Tyson bezleri**) vardır. Bu bezler özel kokulu yağlı salgılar yaparlar (Waschke vd., 2016; Yiee & Baskin, 2010).

Klinik bilgi:

• Preputium penis'in geriye çekilmesini engelleyen aşırı darlıklar, idrar yapmayı zorlaştırarak enfeksiyon gelişimine zemin hazırlayabilir. Böyle bir tabloda prepusyumun sirkumsizyon (sünnet) operasyonuyla çıkarılması gerekir (Waschke vd., 2016).

Corpora cavernosa penis; sağda ve solda uzanan iki adet silindirik erektil yapıdır. Tunica albuginea ile sarılmıştır ve ortada fibröz **septum corporum cavernosorum** ile birbirinden ayrılır. Os coxae'nın ramus ischiopubicus'una tutunarak başlar, penis ucuna doğru ilerler ve glans penis'in arka yüzündeki fossada sonlanırlar. Bu yapılar, kavern (caverna) adı verilen ve içleri kanla dolabilen süngerimsi alanlara sahiptir. Penis eksenine dik olarak yerleşim gösterirler ve perifere doğru gittikçe küçülürler. Kavernler kan ile dolduğunda aralarından geçen venleri sıkıştırarak bir müddet venöz dönüşe engel olur. Bu mekanizma ile ereksiyon meydana gelir. İki kavernöz cismin üst yüzünde oluşan sığ boyuna oluğa sulcus dorsalis denir ve burada v. dorsalis profunda penis seyreder(Arıncı & Elhan, 2014; Brooks, 2007).

Corpus spongiosum penis; iki kavernöz gövdenin alt tarafındaki olukta yer alan süngerimsi erektil bir yapıdır. Kavernöz

boşlukları penis eksenine paralel olarak uzanmaktadır. Bu yapıyı saran tunica albuginea esnek, beyaz ve ince bir yapıya sahip olduğundan, corpora cavernosa düzeyinde bir sertlik oluşturmaz (içinden geçen üretranın kapanmaması sağlanır). Daha geniş olan başlangıç kısmına **bulbus penis** denir. Ayrıca penisin uç tarafında genişleyerek **glans penis**'i meydana getirir; glans penis içerisindeki üretranın genişlemiş bölümüne ise **fossa navicularis** adı verilir. Glans penisin tepesinde urethranın dışa açıldığı delik olan **ostium urethrae externum** yer alır(Brooks, 2007; Sam & LaGrange, 2023; Waschke vd., 2016).

Radix penis, erkek dış genital organının perineum bölgesinde kemik ve zarsı yapılara tutunan, hareketsiz taban bölümüdür. Bu oluşum; çift taraflı crura penis, bulbus penis ve bu yapıları örten çizgili kaslardan meydana gelir. Crura penis'lerin üzerini m. ischiocavernosus, bulbus penis'in üzerini ise m. bulbospongiosus çevreler (Arıncı, 2020; Arıncı & Elhan, 2014).

M. ischiocavernosus, cruraları komprese ederek venöz dönüşü kısıtlar ve böylelikle ereksiyon halinin sürdürülmesine katkı sağlar; aynı zamanda sertleşmiş durumdaki penisi stabilize eder.

M. bulbospongiosus ise bulbus dokusunu sıkıştırarak kanın öne doğru iletilmesini destekler ve miksiyonun bitiminde üretrada kalan idrarın tamamen tahliye edilmesinde rol oynar (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Penis'in Fascia ve Bağları

Penis anatomisinde fascia penis superficialis ve fascia penis profunda olmak üzere iki ana fasiyal katman bulunur.

Fascia penis superficialis (dartos tabakası); scrotum'daki yüzeyel fasyanın bir uzantısıdır. Altındaki fascia penis profunda'ya gevşek bir bağ dokusu aracılığıyla tutunduğu için penis derisinin

serbestçe hareket edebilmesine olanak tanır(Arıncı & Elhan, 2014; Sam & LaGrange, 2023; Yiee & Baskin, 2010).

Fascia penis profunda (Buck fasyası); tunica albuginea ile fascia penis superficialis arasında konumlanır, corpus penis'i kılıf gibi kuşatarak distale doğru glans penis sınırına kadar erişir. Bu tabaka, m. bulbospongiosus ve m. ischiocavernosus'un ön bölümünde yüzeyel ve derin olmak üzere iki yaprağa ayrılır. Yüzeyel yaprak (fascia perinei superficialis) söz konusu kas gruplarının üzerini örterken, derin yaprak penisin asıl derin fasyası (Buck fasyası) şeklinde devam eder. Bu fasyal yapıdan içe doğru uzanan fibröz bölmeler; corpus spongiosum penis ve corpora cavernosa penis etrafında bağımsız kompartıman kılıfları oluşturur (Sam & LaGrange, 2023; Waschke vd., 2016; Yiee & Baskin, 2010).

Klinik bilgi:

• Sağlam bir fibröz kılıf niteliğindeki fascia penis profunda (Buck fasyası); erektil gövdelerde meydana gelen apse, hematom veya idrar ekstravazasyonunu sınırlandırarak klinik açıdan belirgin kompartıman içi kitlelere yol açar. Ancak üretra rüptürlerinde idrar, yüzeyel ve derin fasyalar arasındaki gevşek plana sızarak skrotumdaki eşdeğer fasyal aralığa doğru yayılım gösterebilir (Waschke vd., 2016).

Lig. fundiforme penis; karın ön duvarında yer alan tela subcutanea'nın kalınlaşmış derin yaprağının aşağıya doğru uzantısıdır. Linea alba'dan köken alır ve penis'i iki taraftan askı gibi sarar(Waschke vd., 2016).

Lig. suspensorium penis; lig. fundiforme penis'in altında yer alır ve symphysis pubica'ya yapışır ve ereksiyon açısını stabilize eder(Waschke vd., 2016).

Arterleri: Penis dokusu temelde a. pudenda interna'nın uç dalları ile yüzeyel planda a. femoralis kaynaklı damarlardan beslenir (Arifoğlu, 2021; Brooks, 2007).

• Deri ve Yüzeyel Dokular: A. femoralis'in dalları olan aa. pudendae externae (superficialis ve profunda) tarafından beslenir.

• Erektil Gövdeler ve Derin Yapılar (a. pudenda interna dalları):

• Dorsalis penis: Fasyanın (Buck) derininde seyreder; glans penis, preputium ve corpus cavernosum liflerini besler.

• Profunda penis: Her iki corpus cavernosum'un merkezine girerek boylu boyunca ilerler. Kavernöz boşluklara açılan kıvrıntılı arteriyolleri (aa. helicinae) vererek ereksiyonun asıl vasküler kaynağını oluşturur.

• Bulbi penis: Bulbus penis'i ve içinden geçen pars spongiosa'yı besler.

• Urethralis: Urethra masculina ve çevre spongioz dokuyu besler.

Venleri: Yüzeyel ve derin olmak üzere iki ana sistem üzerinden drene olur (Arifoğlu, 2021; Yiee & Baskin, 2010).

• V. dorsalis superficialis penis: Deri ve yüzeyel fasyanın venöz kanını toplar; v. saphena magna veya doğrudan v. femoralis'e dökülür.

• V. dorsalis profunda penis: Buck fasyasının altında, glans ve corpora cavernosa'nın derin venöz kanını toplar. Ligamentum suspensorium penis'in altından geçip pelvis boşluğuna girerek plexus venosus prostaticus'a (Santorini pleksusu) ve oradan v. iliaca interna'ya dökülür.

• Crus ve Bulbus Venleri: Doğrudan v. pudenda interna'ya drene olurlar.

Lenf Drenajı

• Deri ve Preputium: Nodi lymphatici inguinales superficiales (yüzeyel inguinal lenf düğümleri) grubuna drene olur.

• Glans Penis ve Distal Üretra: Nodi lymphatici inguinales profundi ve kısmen nodi lymphatici iliaci externi gruplarına ulaşır.

• Corpora Cavernosa ve Corpus Spongiosum: Primer olarak nodi lymphatici iliaci interni ve nodi lymphatici iliaci externi zincirlerine drene olur (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Sinirleri

• Somatik (Motor ve Duyu): N. pudendus'un uç dalı olan n. dorsalis penis; glans penis, preputium ve gövde derisinin yoğun duyusunu alır. Motor lifler ise m. ischiocavernosus ve m. bulbospongiosus'u inerve eden n. perinealis dallarıdır.

• Otonomik: Plexus hypogastricus inferior'dan köken alan nn. cavernosi penis vasıtasıyla sağlanır:

• Parasempatikler (S2-S4): Nn. splanchnici pelvici kaynaklıdır; aa. helicinae'lerde vazodilatasyona yol açarak ereksiyonu başlatır ve sürdürür.

• Sempatikler (T11-L2): Plexus hypogastricus kaynaklıdır; ejakülasyon sırasında düz kasların kasılmasını, vazokonstrüksiyonu ve detümesansı (ereksiyonun sonlanmasını / sönmeyi) sağlar (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Klinik bilgi:

• Penis kırığı, penis travmalarında nispeten nadir görülen bir bulgudur ve ereksiyon halindeki penisin travma veya lateral bükülmesinden kaynaklanan tunika albuginea'nın yırtılması olarak tanımlanır. Zorlayıcı cinsel ilişki en yaygın nedendir; diğer daha az yaygın nedenler arasında mastürbasyon sırasında yaralanmalar,

yatakta ereksiyon halindeyken dönme ve diğer künt/penetran travmalar yer alır(Reddy vd., 2014).

• Peyronie hastalığı, tunika albuginea içinde lifli, elastik olmayan plak oluşumuna yol açan idiyopatik bir inflamatuar durumdur. Klinik olarak, hastalar en sık penis deformitesi (%52) ve/veya penis kısalması ile başvururlar; diğer semptomlar arasında penis ağrısı veya palpe edilebilir anormallik bulunur(Kalokairinou vd., 2012).

1.2. Scrotum

Testisler, epididymis, ductus deferens ve funiculus spermaticus'un alt kısımlarını içine alan bir torba şeklindeki yapıdır. Median eksende iki yarıma ayrılır. Bu ayrım yerlerini belirleyen ve dış taraftan gözüken birleşme yeri raphe scorti, bu yapı arkada raphe perinei önde ise raphe penis olarak devam eder. İç kısımda bağ dokusundan oluşan bölme septum scorti'dir (Arıncı & Elhan, 2014; Garcia & Sajjad, 2023).

Scrotum dıştan içeri doğru sırası ile;

• Deri

• Tunica dartos

• Fascia spermatica externa

• Fascia cremasterica ve m. cremaster

• Fascia spermatica interna

• Periorchium tabakalarından oluşmaktadır.

Scrotum derisi, vücudun diğer bölgelerine kıyasla daha ince bir yapıya ve belirgin bir pigmentasyona sahiptir; bu durum bölgenin genel ten rengine göre daha koyu görünmesine neden olur. Yağ dokusu (adipöz doku) barındırmayan bu deri alanı; ter bezleri ile yağ bezleri (sebase bezler) açısından oldukça zengindir. Derinin hemen

altında uzanan **tunica dartos** katmanında, istemsiz çalışan düz kas liflerinden oluşan m. dartos yer alır. Bu kas lifleri; yüksek çevre sıcaklığında ve ileri yaşlarda gevşek kalarak scrotumun sarkmasına yol açarken, soğuk ortamlarda ve genç bireylerde kasılarak scrotum cildinin kırışık bir görünüm kazanmasını ve testislerin gövdeye doğru daha sıkı sarılmasını sağlar (Arıncı & Elhan, 2014; Waschke vd., 2016).

Fascia spermatica externa; m. obliquus externus abdominis'in aponeurozunu örten derin fasyanın devamıdır(Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Fascia cremasterica ve m. cremaster; m. obliquus internus abdominis'e ait istemli kas liflerinin fasyasıyla beraber aşağıya doğru uzanması sonucu meydana gelir. Bu kas liflerinin kasılması, testisi yukarı yönde çekerek karın duvarına yaklaştırır. Uyluğun üst-medial yüz derisi hafifçe çizilip uyarıldığında, m. cremaster'in kasılarak aynı taraftaki testisi yukarı çekmesi durumuna kremaster refleksi adı verilir. Bu refleks arkının afferent (duysal) bacağını n. genitofemoralis'in ramus femoralis'i, efferent (motor) bacağını ise aynı sinirin ramus genitalis'i oluşturur (Arıncı & Elhan, 2014; Ellis & Mahadevan, 2014).

Fascia spermatica interna; karın ön duvarındaki fascia transversalis'in aşağıya doğru devamı niteliğindedir. Bu tabaka dış yüzeyi ile fascia cremasterica'ya sıkıca yapışırken, iç yüzeyi ile periorchium'a (tunica vaginalis testis'in lamina parietalis'i) gevşek bir bağ dokusu aracılığıyla tutunur (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Periorchium (Tunica vaginalis testis'in lamina parietalis'i); scrotumun en derin tabakasını teşkil eden bu yapı, parietal peritonun embriyolojik bir uzantısıdır. Bu seröz yaprak cavum vaginale'yi (seröz boşluğu) dış taraftan çevrelerken; aynı

boşluğun iç sınırını ise doğrudan testisi örten epiorchium (lamina visceralis) oluşturur(Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

2. İÇ GENİTAL ORGANLAR (ORGANA GENITALIA MASCULINA INTERNA)

2.1.Testis (Orchis)

Ovoid (yumurta) biçimindeki testisler sağlı sollu olarak funiculus spermaticus ile scrotum boşluğu içerisinde asılı olarak bulunur. Yaklaşık 4-5 cm uzunluğa, 3 cm genişliğe ve 10-15 gr ağırlığa sahiptir. Anatomik olarak; facies medialis ve facies lateralis olmak üzere iki yüzü, margo anterior ve margo posterior olmak üzere iki kenarı, extremitas superior ve extremitas inferior şeklinde adlandırılan iki ucu bulunur. Dıştan içe doğru; seröz yapılı lamina visceralis (epiorchium), fibröz yapılı tunica albuginea ve vasküler ağdan zengin tunica vasculosa olmak üzere üç ayrı kılıf ile sarılmıştır (Ellis & Mahadevan, 2014).

Fetal gelişim sırasında testisler, karın boşluğunda fascia transversalis ile parietal periton arasında retroperitoneal olarak gelişir. Doğum öncesi dönemde gubernaculum testis adlı fibröz kordonun eşliğinde canalis inguinalis'ten geçerek skrotum boşluğuna iner. Bu esnada testisler, karın ön duvarına ait musküler ve fasyal tabakaları da önlerine katarak kendilerini saran skrotal kılıflara dönüştürür(Arıncı & Elhan, 2014; Waschke vd., 2016).

Testisin arka kenarına (margo posterior) epididymis tutunur; bu bölgede fibröz kapsül kalınlaşarak mediastinum testis'i meydana getirir. Testisin damar ve sinirleri buraya girip çıkar (Arıncı & Elhan, 2014).

Testisleri saran sağlam bağ dokusu olan tunica albuginea tarafından sarılmışlardır. Tunica albuginea'dan içeriye doğru uzanan fibröz bölmeler (septula testis), testis parankimini sayıları yaklaşık 200 ila 300 arasında değişen lobuli testis adı verilen odacıklara

ayırır. Her bir lobül içerisinde kıvrıntılı bir seyir izleyen 1 ila 4 adet tubuli seminiferi contorti yer alır; bu tübüllerin tek bir testisteki toplam sayısı 400 ila 600'ü bulur. Boyları yaklaşık 70–80 cm'ye ulaşan söz konusu kıvrıntılı tübüller, mediastinum testis'e doğru yaklaştıkça düzleşip birbirleriyle birleşerek sayıları 20–30 kadar olan tubuli seminiferi recti'leri oluşturur(Arıncı & Elhan, 2014; Ellis & Mahadevan, 2014).

Tubuli seminiferi recti'ler mediastinum testis içerisindeki fibröz bağ dokusunda arka-yukarı yönde ilerleyip birbiriyle anastomozlaşarak rete testis ağını meydana getirir. Bu ağ yapısının üst bölümünden çıkan ve sayıları 12 ila 15 arasında değişen ductuli efferentes testis'ler, nihayetinde tek bir kıvrıntılı kanal olan ductus epididymidis'e açılır(Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Klinik bilgi:

• Testis hidroseli, tunika vaginalis'in parietal ve visseral katmanları arasında aşırı seröz sıvı birikimi ile karakterize edilen ve skrotal şişliğe neden olan yaygın bir benign durumdur. Etiyolojisine göre hidrosel, genel olarak idiyopatik veya enfeksiyon, travma, cerrahi veya malignite gibi tanımlanabilir bir nedene bağlı sekonder olarak ortaya çıkmaktadır (Dagur vd., 2017).

• Testis kanseri, erkeklerdeki malignitelerin yaklaşık %1-1,5'ini oluşturur ve ağırlıklı olarak farklı biyolojik ve klinik özelliklere sahip heterojen bir neoplazm grubunu kapsayan germ hücreli tümörlerden oluşur (Barbu vd., 2026).

• Kriptorşizm (inmemiş testis); testisin skrotuma iniş sürecini tamamlayamaması sonucu retroperitoneal alan, canalis inguinalis veya skrotum girişinde kalarak skrotum içerisinde palpe edilememesiyle karakterize, erkek çocuklarda en sık görülen konjenital genital anomalilerden biridir. Kriptorşizmin 1 yaş civarındaki genel görülme sıklığı yaklaşık %1'dir. Testis torsiyonu ise çocuk ürolojisinde sık karşılaşılan bir akut skrotal acil tablodur

ve yıllık görülme sıklığı 100.000 erkek çocukta yaklaşık 3,8'dir. Kriptorşid testiküler torsiyon olguları, tüm testiküler torsiyon vakalarının %5–15'ini teşkil etmektedir. Testis torsiyonu; funiculus spermaticus'un kendi ekseni etrafında dönmesi neticesinde testisi besleyen damarların tıkanmasına ve kan akımının aniden kesilmesine yol açar. Torsiyon acil cerrahi müdahale ile düzeltilmezse, parankimde iskemik hasar ve doku nekrozu olasılığı belirgin biçimde artar. Dolayısıyla testis torsiyonuna bağlı semptomların başlangıcından itibaren organı kurtarmak için en kritik zaman aralığı 4 ila 8 saattir. Semptomların başlangıcından sonraki ilk 6 saat içinde cerrahi detorsiyon yoluyla testisin kurtarılma oranı %90–100 arasında seyrederken, 24 saatin ardından bu oran %10'un altına düşmektedir (Chen vd., 2022).

2.2. Epididymis

Testislerin margo posterior'u boyunca uzanan epididymis, morfolojik olarak yaklaşık 4 cm uzunluğunda görünmekle birlikte açıldığında 6 metreye erişen oldukça kıvrıntılı tek bir kanaldan (ductus epididymidis) meydana gelir. Anatomik açıdan caput, corpus ve cauda epididymidis olmak üzere üç bölüme ayrılır; organın üst bölümü daha geniş bir yapı sergilerken distale doğru gidildikçe lümen ve çap belirgin biçimde daralır. Testiste üretilen spermatozoa burada depolanarak fonksiyonel motilite ve olgunlaşma sürecini tamamlar; gerektiğinde ise buradan ductus deferens'e aktarılır(Arıncı & Elhan, 2014; Sullivan vd., 2019).

2.3. Ductus deferens

Cauda epididymidis'in devamı niteliğinde olan ductus deferens; yaklaşık 35–40 cm uzunluğunda, 3 mm kalınlığında ve spermatozoa iletiminden sorumlu musküler bir kanaldır. Başlangıçta kıvrıntılı bir yol izlerken distale doğru düzleşir. Topografik seyrine göre pars scrotalis, pars funicularis, pars inguinalis ve pars pelvica

olmak üzere dört bölüme ayrılır (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Canalis inguinalis'ten geçip anulus inguinalis profundus vasıtasıyla karın boşluğuna giren ductus deferens, a. ve v. epigastrica inferior'un medialinden kavis çizerek a. iliaca externa'ların üzerinden atlar ve pelvis boşluğuna yönelir. Pelvis yan duvarında parietal peritonun altında ilerlerken a. ve v. obturatoria ile n. obturatorius'u çaprazlar. Ardından vesica urinaria'nın arkasına doğru ilerlerken ureter'in üstünden geçerek mediale yönelir. Vesicula seminalis'in medial kenarı boyunca her iki tarafın ductus deferens'i birbirine yaklaşır ve terminal segmentinde genişleyerek ampulla ductus deferentis şeklinde genişleme gösterir. Prostata doğru gidildikçe incelen kanal, **vesicula seminalis**'in boşaltım kanalı olan **ductus excretorius** ile dar açıyla birleşerek **ductus ejaculatorius**'u oluşturur ve urethra'nın pars prostatica'sına açılarak sonlanır. Funiculus spermaticus içerisinde ilerleyen ductus deferens güçlü kas yapısından dolayı palpasyonla kordon benzeri sert bir yapı olarak hissedilir (Arıncı & Elhan, 2014; Waschke vd., 2016).

2.4. Funiculus spermaticus

Anulus inguinalis profundus ile testis'in arka kenarı arasında uzanan funiculus spermaticus; ductus deferens ile testise ait damar, sinir ve lenfatiklerin kılıflar ile sarılması sonucu meydana gelen silindirik bir kordondur. Canalis inguinalis içerisinde oblik bir seyir gösteren kordon, anulus inguinalis superficialis'ten çıktıktan sonra skrotum içerisinde vertikal konuma geçer. Sol testisin daha aşağıda yer almasına bağlı olarak sağ kordon sol taraftakine oranla daha kısadır; ortalama 15–20 cm uzunluğunda ve yaklaşık bir kurşun kalem kalınlığındadır (Arıncı & Elhan, 2014; Waschke vd., 2016).

Funiculus Spermaticus'un Kılıfları

Karın ön duvarı tabakalarının fıtıklaşarak aşağı inmesiyle oluşan kordon kılıfları dıştan içe doğru üç tabakadan meydana gelir (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021):

1. Fascia spermatica externa (m. obliquus externus abdominis aponörozunun devamı)

2. Fascia cremasterica ve m. cremaster (m. obliquus internus abdominis ve fasyasının devamı)

3. Fascia spermatica interna (fascia transversalis'in devamı)

Funiculus Spermaticus'un İçeriği

Kordonu saran fasyal kılıflar içerisinde şu anatomik oluşumlar yer alır (Waschke vd., 2016):

1. Ductus deferens ve ona eşlik eden a. ductus deferentis (a. umbilicalis veya a. vesicalis inferior dalı) ile venleri

2. Aorta abdominalis'ten köken alan a. testicularis ve eşlik eden geniş venöz ağ olan plexus pampiniformis (v. testicularis)

3. A. ve v. cremasterica (a. epigastrica inferior'un dalı)

4. N. genitofemoralis'in ramus genitalis'i (m. cremaster'in motor innervasyonu)

5. Testis ve epididimden çıkarak lumbosakral/para-aortik lenf düğümlerine ulaşan lenf damarları (vasa lymphatica)

6. Sempatik ve visseral afferent lifleri taşıyan otonom pleksuslar (plexus testicularis ve plexus deferentialis)

7. Fetal periton uzantısının fibröz kalıntısı (vestigium processus vaginalis)

Funiculus Spermaticus ile Birlikte Seyreden Dış Yapılar:

N. ilioinguinalis: Canalis inguinalis içerisinde funiculus spermaticus'un ön-alt komşuluğunda ilerler; ancak kordonu çevreleyen fasyal kılıfların (fascia spermatica externa) dışında yer alır (Arıncı & Elhan, 2014; Waschke vd., 2016).

Klinik bilgi:

• Kasık fıtığı operasyonunda canalis inguinalis'i çok daraltmamaya dikkat etmek gerekir. Aksi takdirde a. testicularis sıkışır ve kısırlık oluşabilir.

• Ductus deferens canalis inguinalis'e girmeden önce kolay ulaşılabilir olduğu için kısırlaştırmada iki taraftan devre dışı bırakılır (vazektomi).

2.5. Erkek genital organlarının eklenti bezleri

Bu bezler vesicula seminalis, prostata ve glandula bulbourethralis olmak üzere üç ana anatomik yapıdan oluşur.

2.5.1. Vesicula Seminalis (Glandula Vesiculosa)

Vesica urinaria'nın arka-alt yüzü (fundus vesicae) ile rectum arasında konumlanan bir çift eklenti bezidir. Morfolojik olarak yaklaşık 5 cm uzunluğa, 2,5 cm genişliğe sahip olup kranialde daha genişken kaudale doğru gidildikçe incelir. Organ esasen kendi üzerine yoğun kıvrımlar yapmış, açıldığında 10–15 cm boyuna ulaşan kör sonlanan tübüler bir kanaldan meydana gelir. Bu kıvrıntılı tübül dıştan sağlam bir fibromusküler kapsül ile sarıldığı için dış bakıda yüzeyel girinti ve çıkıntıları belirgin olarak seçilmez.

Seminal plazmanın yaklaşık %60'ını salgılayan bez, fruktozdan zengin ve bazik özellik taşıyan bir sekresyon üretir. Bu alkali içerik, vagina'nın asidik ortamını nötralize ederek spermatozoa'nın motilitesini ve canlılığını daha uzun süre muhafaza etmesine yardımcı olur. Bezin alt ucundaki boşaltım kanalı olan

ductus excretorius, ampulla ductus deferentis ile dar bir açıyla birleşerek ductus ejaculatorius'u oluşturur.

2.5.2. Prostata (Prostat Bezi)

Erkek genital sistemine ait en büyük tek eklenti bezi olan prostata; ortalama 3 cm yüksekliğe, 4 cm transvers genişliğe ve 2 cm anteroposterior kalınlığa sahiptir. Mesane boynunun hemen altına yerleşmiş olup yukarıdaki tabanına basis prostatae, aşağıda diaphragma urogenitale'ye oturan tepesine ise apex prostatae denir. Prostatın; facies anterior, facies posterior ve sağ-sol facies inferolateralis şeklinde adlandırılan dört anatomik yüzü bulunur. Arka yüzündeki hafif bir dikey sulkus ile lobus dexter ve lobus sinister olarak iki ana loba ayrılır; bu iki lobun arasında ve üretranın arkasında ise lobus medius konumlanır (Arıncı & Elhan, 2014; Waschke vd., 2016).

Urethra masculina'nın pars prostatica bölümü prostat dokusunda dikey olarak seyreder. Colliculus seminalis'in her iki yanındaki oluklara (sinus prostaticus), bezi oluşturan tubuloalveolar bezciklere ait 30 ila 50 adet boşaltım kanalı (ductuli prostatici) açılır. Bu bezlerin sekresyonu, ejakülat hacminin yaklaşık %15–30'luk kısmını meydana getiren alkali ve seröz bir sıvıdır(Arifoğlu, 2021; Waschke vd., 2016).

Prostatın McNeal zon sınıflamasına göre klinik öneme sahip yapısal bölgeleri şunlardır (Waschke vd., 2016):

• Periferik Bölge (PZ - Glandüler dokunun %70'i): Bezin posterior ve posterolateral kısımlarını bir manto gibi kuşatır; prostat kanserlerinin ve prostatit olgularının en sık geliştiği sahadır.

• Merkezi Bölge (CZ - Glandüler dokunun %25'i): Ductus ejaculatorius'ları çevreleyerek prostat tabanından colliculus seminalis seviyesine kadar uzanan konik segmenttir.

• Transisyonel (Geçiş) Bölge (TZ - Glandüler dokunun %5'i): Proksimal üretranın her iki lateralinde yer alır; benign prostat hiperplazisinin (BPH) primer olarak kaynaklandığı klinik odaktır.

• Periüretral Bölge: Preprostatik sfinkter çevresinde, üretranın lümenine bitişik çok dar bir glandüler şerittir.

• Anterior Fibromusküler Stroma: Üretranın ön yüzünü kaplayan, salgı bezi içermeyen fibromusküler koruyucu alandır.

Klinik bilgi:

• Prostat karsinomu, erkek popülasyonunda en sık rastlanan malign tümörler arasında yer alır. Olguların büyük bir kısmı bezin periferik zonundan (dış bölgesinden) köken aldığından üretral bası bulguları geç evrelerde ortaya çıkar ve klinik olarak geç semptom verir. Prostat ile rektum arasında yalnızca ince bir fibröz bariyer olan fascia rectoprostatica (Denonvilliers fasyası) bulunduğu için şüpheli kitleler rektal tuşe esnasında kolaylıkla palpe edilebilir. Bu anatomik yakınlık dolayısıyla dijital rektal muayene, 50 yaş üzerindeki tüm erkeklerin rutin fizik muayenesinin temel bileşenlerinden biri kabul edilir (Mertsoylu & Sedef, 2023).

• Benign prostat hiperplazisi (BPH) olarak da bilinen prostat adenomu, bezin glandüler ve stromal elemanlarının iyi huylu büyümesidir. Bu patolojide organ ağırlığı 100 gramın üzerine çıkabilir ve 70 yaş üstü erkeklerin büyük bir kısmında değişken derecelerde klinik yansıma bulur. Adenomatöz proliferasyon doğrudan üretrayı çevreleyen transisyonel zondan başladığı için hastalarda obstrüktif ve irritatif miksiyon şikâyetleri erken dönemde kendini gösterir (Mertsoylu & Sedef, 2023; Waschke vd., 2016).

2.5.3. Glandula Bulbourethralis (Cowper Bezi)

Spatium profundum perinei içerisinde, m. sphincter urethrae externus lifleri arasına gömülü halde bulunan bir çift eklenti bezidir. Bezelye büyüklüğünde ve yaklaşık 1 cm çapında olan bu bezler, pars

membranacea urethrae'nin hemen posterolateralinde konumlanır. Her iki bezden çıkan yaklaşık 2,5–3 cm uzunluğundaki boşaltım kanalları (ductus glandulae bulbourethralis), perineal membranı delerek aşağı iner ve urethra masculina'nın pars spongiosa bölümünün başlangıç kısmına açılır (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Salgıladığı berrak, mukoid ve alkali nitelikteki pre-ejakülat sıvısı; üretral lümende kalan asidik idrar kalıntılarını nötralize ederek üretrayı kayganlaştırır ve spermatozoa geçişi için uygun ortamı hazırlar (Arıncı & Elhan, 2014; Arifoğlu, 2021).

Kaynakça

Arıncı, K., & Elhan, A. (2014). Anatomi: Kemikler, eklemler, kaslar, iç organlar. Güneş Tıp Kitabevleri.

Arifoğlu, Y. (2021). Her Yönüyle ANATOMİ 3. BASKI.

Barbu, L. A., Mogoantă, S. S., Cercelaru, L., Marinaș, M. C., Mărgăritescu, N. D., Popescu, M., ... & Țenea Cojan, T. S. (2026). Spermatocytic Tumor Arising in a Cryptorchid Testis: A Case Report and Narrative Review. Journal of Clinical Medicine, 15(17), 6797.

Brooks, J. D. (2007). Anatomy of the lower urinary tract and male genitalia. Campbell-walsh urology.

Chen, P., Yang, Z., Chen, N., Liu, L., Su, J., Sun, M., & Li, S. (2022). Diagnosis and treatment of cryptorchid testicular torsion in children: a 12-year retrospective study. Frontiers in pediatrics, 10, 968997.

Dagur, G., Gandhi, J., Suh, Y., Weissbart, S., Sheynkin, Y. R., Smith, N. L., ... & Khan, S. A. (2017). Classifying hydroceles of the pelvis and groin: an overview of etiology, secondary complications, evaluation, and management. Current urology, 10(1), 1-14.

Ellis, H., & Mahadevan, V. (2014). Scrotum, testis and epididymis. Surgery (Oxford), 32, e9-e16.

Garcia, R. A., & Sajjad, H. (2023). Anatomy, abdomen and pelvis, scrotum. In StatPearls [internet]. StatPearls Publishing.

Kalokairinou, K., Konstantinidis, C., Domazou, M., Kalogeropoulos, T., Kosmidis, P., & Gekas, A. (2012). US imaging in Peyronie's disease. Journal of clinical imaging science, 2, 63.

Reddy, S. K., Shaik, A. B., & Sreenivas, K. (2014). Penile injuries: A 10-year experience. Canadian Urological Association Journal, 8(9-10), E626.Mertsoylu, H., & Sedef, A. M. (2023). Prostat Kanseri. Akademisyen Kitabevi, Ankara.

Sam, P., & LaGrange, C. A. (2023). Anatomy, abdomen and pelvis, penis. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.

Sullivan, R., Légaré, C., Lamontagne-Proulx, J., Breton, S., & Soulet, D. (2019). Revisiting structure/functions of the human epididymis. Andrology, 7(5), 748-757.

Waschke, J., Böckers, T. M., & Paulsen, F. (2016). Sobotta Anatomi Konu Kitabı. Sobotta Anatomi Konu Kitabı.

Yiee, J. H., & Baskin, L. S. (2010). Penile embryology and anatomy. The Scientific World Journal, 10(1), 1174-1179.


BİDGE