

HEMŞİRELİK ESASLARINDA GÜNCEL YAKLAŞIMLAR II



EDİTÖR

FATMA BİRGİLİ

BİDGE Yayınları

Hemşirelik Esaslarında Güncel Yaklaşımlar II

Editör: FATMA BİRGİLİ

ISBN: 978-625-8989-60-1

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2026-06-25

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 okurlar; Hemşirelikte teori ve hastalıklarda bakım alanında farklı kategorilerde, “Hemşirelik Esaslarında Güncel Yaklaşımlar II” isimli kitabımız güncel konuları içermektedir. Bu kitabımız hemşirelik esasları alanında uzman akademisyenler tarafından yazılmıştır. Kitapta hemşirelik esasları alanında güncel konularda gelişmelere ağırlık verilmiştir. Her bölümde yazarlar kendi alanındaki teorik bilgilerini kendi çalışmaları ayrıntılı bir literatür bilgisiyle oluşturarak siz değerli okuyuculara sunmuşlardır. İnsan ve toplum sağlığının korunmasında çok önemli sorumlulukları olan hemşirelerin kendi alanında son yıllarda meydana gelen teknolojik ve bilimsel inovatif gelişmeleri takip ederek hazırladıkları her bölümde güncel bilgilere ulaşabileceksiniz. Bu bilgilerin özellikle mesleğe yeni adım atmış bilim insanlarına yol gösterici olacağı kanaatindeyiz. Ayrıca, emeği geçen koordinatörler, hakemler, yazarlar ve yayınevine değerli katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Kitabın okuyuculara faydalı olması dileğiyle...

Editör

Doç. Dr. Fatma BİRGİLİ

İÇİNDEKİLER

AFEREZ UYGULAMALARINDA HEMŞİRELİK BAKIMI	1
<i>EMİNE KORKMAZ</i>	
HEMŞİRELİK PERSPEKTİFİNDEN HASTA GÜVENLİĞİ ...	14
<i>EMİNE KORKMAZ</i>	
BASINÇ YARALARI: RİSK FAKTÖRLERİ, ÖNLEME STRATEJİLERİ VE HEMŞİRELİK BAKIMI	35
<i>FERİDE KAPLAN</i>	
Yapay Zekâ ve Hemşirelik Uygulamaları	50
<i>ABDULLAH BULUT</i>	
CAUSES AND PREVENTION OF MEDICATION ADMINISTRATION ERRORS	73
<i>ARZU ÇİMEN</i>	
INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO NURSING SKILLS EDUCATION: AN EXPLORATORY SCOPING REVIEW	96
<i>ARZU ÇİMEN</i>	
ACI KAVUN EKSTRESİ YÜKLÜ BİYOAKTİF PLA NANOLİFLERİ: ANTİOKSİDAN AKTİVİTE, YAPISAL KARAKTERİZASYON VE FONKSİYONEL PERFORMANS	125
<i>EMİNE SEVİNÇ POSTACI</i>	

BÖLÜM 1

AFEREZ UYGULAMALARINDA HEMŞİRELİK BAKIMI

EMİNE KORKMAZ¹

Giriş

Günümüzde aferez uygulamaları; hematolojik, nörolojik, nefrolojik, immünolojik, romatolojik ve metabolik hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Terapötik plazma değişimi, eritrositaferez, lökoferez, trombositaferez, ekstrakorporeal fotoferez ve periferik kök hücre aferezi en sık uygulanan aferez yöntemleri arasında yer almaktadır (Connelly-Smith ve ark., 2023).

Son yıllarda aferez teknolojilerindeki gelişmeler ve endikasyon alanlarının genişlemesi ile aferez işlemlerinin klinik kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Ancak aferez uygulamaları yalnızca teknik bir işlem olmayıp; hasta güvenliği, komplikasyon yönetimi, enfeksiyon kontrolü, etik yaklaşım ve multidisipliner bakım süreçlerini içeren kapsamlı bir bakım yaklaşımı gerektirmektedir. Bu nedenle aferez hemşireliği, özel bilgi ve beceri

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-7801-016X

gerektiren uzmanlaşmış bir hemşirelik alanı olarak değerlendirilmektedir (Howell, 2008; Cojocari, 2015).

Aferez sürecinde hemşire; hastanın fiziksel ve psikolojik değerlendirilmesi, vasküler erişimin yönetimi, işlem sırasında gelişebilecek komplikasyonların erken tanınması, hasta eğitimi, psikososyal destek sağlanması ve enfeksiyon kontrolünün sürdürülmesi gibi birçok kritik sorumluluk üstlenmektedir. Bu nedenle aferez uygulamalarında hemşirelik bakımı, hasta sonuçlarının iyileştirilmesinde temel bileşenlerden biri olarak kabul edilmektedir.

Aferezin Tanımı

Kelime kökeni Yunanca “aphaeresis” ten gelir ve “ayırıp çıkarma/uzaklaştırma” anlamındadır. Bir cihaz yardımı ile ekstrakorporeal (vücut dışı) dolaşım sistemi kullanılarak tam kanın hastadan veya gönüllü vericiden alınması, santrifüj ya da membran filtrasyonu yöntemleriyle bileşenlerine ayrılması ve hedeflenen komponentin uzaklaştırılması ya da toplanmasından sonra kalan kan elemanlarının dolaşıma geri verilmesi işlemidir (McLeod, 2010).

Aferez Türleri

Aferez işlemlerini üç ana başlık altında incelemek mümkündür: a. sağlıklı verici (donör) aferezi, b. tedavi edici (terapötik) aferez, c. periferik kök hücre aferezi.

Donör Aferezi: Aferez işlemi eğer sağlıklı vericiye uygulanıyorsa bu işleme ‘donör aferezi’ denir. Donör aferezi ile sağlıklı vericiden eritrosit, trombosit ve granülosit elde edilir. Bu elde edilen komponentlerin her birisi klinikte farklı endikasyonlarda ihtiyaç sahibi hastalara kullanılmaktadır.

Terapötik Aferez: Aferez işlemi eğer hastaya tedavi maksatlı olarak gerçekleştiriliyorsa bu işleme ‘terapötik aferez’ denir. Terapötik aferez işlemleri kabaca; terapötik plazma değişimi (TPE), sitoredüksiyon (sitaferaz), ekstrakorporeal fotoferez (ECP), immunadsorbsiyon, viral eradikasyon ve lipid aferezi olarak

sınıflandırılabilir (Ozatli ve ark., 2023). Bu işlemler içerisinde TPE özel öneme sahiptir. TPE işlemi trombotik mikroanjiopatiler, nörolojik hastalıklar, plazma hücre hastalıkları, sepsis ve zehirlenme vakaları da dahil olmak üzere onlarca klinik endikasyonda uygulanmaktadır. TPE işlemi ile vücut için zararlı antikorlar, immun kompleksler, krioglobulinler, immunglobulin hafif zincirler, sitokinler, adezyon molekülleri ve endotoksinler kandan temizlenirken, eksik olan plazma komponentinin replasmanı sağlanır (Reeves & Winters, 2014). Tek bir TPE işlemi ile vücut için zararlı bu maddelerin seviyesi %63 oranında azaltılabilir (Winters, 2012). Ancak, TPE non-selektif bir işlem olduğundan zararlı maddeler kandan uzaklaştırılırken pıhtılaşma için gerekli olan bazı faktörlerin kan seviyesi de azalabilmektedir (İbrahim & Balogun, 2013). Bu nedenle işlem sonrası hem hastanın kliniği hem de laboratuvar parametreleri bir müddet yakından takip edilmelidir.

Periferik Kök Hücre Aferezi: Donörden veya hastadan kök hücrelerin, mobilizasyon rejimi sonrası periferik kandan toplanması işlemine de ‘periferik kök hücre aferezi’ denir. Günümüzde otolog ve allojenik kök hücre nakillerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mobilizasyon, kemik iliğinden elde edilen hematopoietik kök hücrelerin çoğalmaları ve periferik kan dolaşımına göç etmeleri için uyarılma süreci olarak tanımlanır (Bensinger, DiPersio & McCarty, 2009).

Mobilizasyon amacıyla kullanılan G-CSF uygulamalarına bağlı yaygın olarak kemik ağrısı, ateş ve halsizlik dahil olmak üzere çeşitli advers etkiler görülebilir; daha seyrek olarak ise titreme, baş ağrısı, bulantı, kusma, ishal, ödem, döküntü, dispne, plevral veya perikardiyal efüzyon ve burun tıkanıklığı görülür (Barban ve ark., 2014). Hemşireler, kök hücre mobilizasyonu sırasında gelişebilecek bu komplikasyonların önlenmesi ve advers etkilerin yönetilmesinde kritik bir rol oynar.

Bu nedenle aferez hemşiresi tüm bu işlemleri içeren hasta ve donör uygulamalarına hakim olmalıdır (Howell, 2008).

Aferez Cihazları ve Yöntemleri

Günümüzde aferez cihazları ileri teknoloji ile donatılmış, bilgisayar destekli ve yüksek otomasyon kapasitesine sahip sistemler olarak kullanılmaktadır (McLeod, 2010). Modern aferez cihazları, önceki nesil cihazlara kıyasla operatör bağımlılığını önemli ölçüde azaltmış olup, standartlaştırılmış kısa süreli eğitim programları sonrasında teknisyenler tarafından hedeflenen kan bileşenlerinin güvenli ve etkin biçimde elde edilmesine veya planlanan terapötik işlemin başarıyla uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Aferez işlemleri, özel olarak yapılandırılmış aferez ünitelerinde gerçekleştirilebildiği gibi, hastanın mobilizasyonunun mümkün olmadığı durumlarda hasta başında da uygulanabilmektedir.

Aferez cihazlarının güvenli kullanımında hemşirenin:

- Cihaz bileşenlerini tanıması,
- Alarm sistemlerini yönetebilmesi,
- Ekstrakorporeal dolaşımı izleyebilmesi,
- İşlem parametrelerini değerlendirebilmesi,
- Acil durumlara müdahale edebilmesi

gerekmektedir.

Teknik bilgi eksikliği hasta güvenliği açısından ciddi riskler oluşturabileceğinden, aferez hemşirelerinin sürekli eğitim programları ile desteklenmesi önemlidir.

Aferez yöntemleri nelerdir?

Aferez işlemlerinde temel olarak santrifüj, filtrasyon ve immünadsorbsiyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, hedeflenen kan bileşeninin güvenli şekilde ayrıştırılmasını sağlamaktadır. Günümüzde kullanılan modern aferez cihazları yüksek otomasyon kapasitesine sahip olup hasta güvenliği ve işlem etkinliğini artırmaktadır (Stegmayr, 2005; Dierickx & Macken, 2015).

Santrifüj tekniğinde plazma, yerçekimi kuvveti ile hücrelerden ayrılır. Kan komponentleri de özgül ağırlıklarına göre

birbirlerinden ayrılırlar (Stegmayr, 2005). Ülkemizde daha çok sürekli akım santrifüj bazlı cihazlar kullanılmaktadır. Hem terapötik aferez hem de sitaferez işlemleri bu yöntemle gerçekleştirilebilir.

Filtrasyon tekniğinde kan komponentleri birbirlerinden büyüklüklerine göre ayrılır. Delikli bir membrandan geçirilen hücreler, plazma membrandaki porların çaplarına göre birbirlerinden ayrılabilir. Bu teknikle immunglobulinler, immun kompleksler ve LDL kolesterol uzaklaştırılmaktadır (Stegmayr, 2005).

İmmunadsorbsiyon tekniğinde (kolon yöntemi) ise biyoaktif membranlar kullanılarak istenilen komponent plazmadan ayrılabilir. Hiperkolesterolemi, dilate kardiyomyopati ve ani işitme kaybı gibi birçok endikasyonlarda kullanılabilir (Ullrich & Kuehn, 2004).

Aferez endikasyonları nelerdir?

Son yıllarda, çeşitli kuruluşlar klinik uygulamada terapötik aferez kullanımına ilişkin kılavuzlar yayınlamaktadır. Bunların arasında American Society for Apheresis (ASFA) kılavuzu en yaygın kullanılan kılavuzdur. ASFA kılavuzunda terapötik aferez için endikasyon kategorileri (I'den IV'e) ayrılmış ve 2023 yılında yayınlanan ASFA Özel Sayısının Dokuzuncu Baskısı birçok hastalığın sınıflandırıldığı ve derecelendirildiği 91 adet terapötik endikasyon bilgi sayfası içermektedir (Connelly-Smith ve ark., 2023). Genel anlamda hayat kurtaran bir işlem olan terapötik aferez başlıca nörolojik, hematolojik, böbrek ve romatolojik hastalıklarda uygulanmaktadır (Schwartz ve ark., 2013). Nörolojik hastalıklar içerisinde myastenia gravis ve Guillain-Barre sendromu; hematolojik hastalıklar içerisinde trombotik trombositopenik purpura ve hiperviskozite sendromu; böbrek hastalıkları içerisinde böbrek nakli sonrası akut humoral rejeksiyon ve glomerulopatiler; romatolojik hastalıklar içerisinde vaskülitler ve sistemik lupus eritematosus en sık aferez endikasyonu konulan hastalıklardır.

Sürekli eğitim ve standardizasyon, aferez biliminin temel bileşenleridir. Mart 2010'da Türkiye Sağlık Bakanlığı tarafından yayımlanan Terapötik Aferez Yönetmeliği, Türkiye'deki terapötik aferez merkezlerinin kurulması ve işletilmesinin yanı sıra hem hekimleri hem de hemşireleri hedefleyen eğitim programları için standartlar belirlemiştir (Tekgündüz ve ark., 2016). Aferez uygulamalarının artan kullanım alanları, bu alanda çalışan hemşirelerin güncel bilgi ve becerilerini sürekli geliştirmesini gerekli kılmaktadır.

Aferez İşlem Süreci ve Hemşirelik Yaklaşımı

Aferez işlemleri; işlem öncesi değerlendirme, uygun vasküler erişimin sağlanması, sürecin güvenli şekilde yürütülmesi ve işlem sonrası izlemi kapsayan multidisipliner uygulamalardır. Aferez uygulamalarında hemşirenin temel amacı; hasta güvenliğini sağlamak, komplikasyonları önlemek, fizyolojik stabilizeyi korumak ve bakım kalitesini artırmaktır. Bu doğrultuda aferez hemşiresi; hasta değerlendirmesi, cihaz hazırlığı, vasküler erişim yönetimi, vital bulgu izlemi, komplikasyonların erken tanınması, enfeksiyon kontrolü, hasta eğitimi, psikososyal destek sağlanması ve kayıt süreçlerinin yürütülmesi gibi çok yönlü sorumluluklar üstlenmektedir (Howell, 2008).

Aferez hemşiresi yalnızca teknik uygulamaları gerçekleştiren bir sağlık profesyoneli değil; aynı zamanda bakımın koordinasyonunu sağlayan, komplikasyonları yöneten, hasta eğitimi veren ve hasta güvenliğinin sürdürülmesinde aktif rol alan bakım ekibinin temel üyelerinden biridir.

İşlem öncesinde hastanın vital bulguları, laboratuvar değerleri, mevcut hastalıkları, kullandığı ilaçlar ve damar yolu uygunluğu değerlendirilmelidir. Özellikle vasküler erişimin güvenli şekilde sağlanması aferez uygulamalarının temel bileşenlerinden biridir. Periferik venöz erişimin yetersiz olduğu durumlarda uygun

venöz girişim yolu planlanmalı ve gerekli durumlarda santral venöz kateter kullanımı değerlendirilmelidir (Dierickx & Macken, 2015).

Aferez hemşiresi işlem boyunca damar yolu ve kateter bakımını aseptik teknik ilkelerine uygun şekilde yürütmeli, kateter ilişkili enfeksiyon, kanama ve tromboz açısından hastayı dikkatle izlemelidir. Aynı zamanda hemodinamik izlemi sürdürmeli, vital bulguları düzenli aralıklarla değerlendirmeli ve gelişebilecek komplikasyonları erken dönemde tanılmalıdır. Venöz erişim yolunun sürekliliğinin korunması ve tüm sürecin eksiksiz biçimde kayıt altına alınması da hemşirenin temel sorumlulukları arasında yer almaktadır (Howell, 2008).

Aferez işlemlerinin güvenli şekilde yürütülmesi için işlem parametrelerinin doğru planlanması önemlidir. Aferez hemşiresinin toplam kan hacmi, toplam plazma hacmi ve ekstrakorporeal hacim gibi hesaplamalar konusunda bilgi sahibi olması gerekmektedir (Howell, 2008). Ayrıca işlem süresi, işlem sıklığı, kullanılacak antikoagülan ve replasman sıvıları gibi parametrelerin hasta özelliklerine göre değişebileceği unutulmamalıdır (Neyrinck & Vrielink, 2015).

Her ne kadar yeni nesil aferez cihazları ve eğitimli hemşireler sayesinde aferez işlemleri oldukça güvenli uygulamalar hâline gelmiş olsa da işlem sırasında bazı komplikasyonlar gelişebilmektedir (Schwartz ve ark., 2013). En sık görülen komplikasyonlar arasında hipotansiyon ilişkili semptomlar, ürtiker, sitrat toksisitesi, hipokalsemi ve kateter ilişkili komplikasyonlar yer almaktadır (Mörtzell Henriksson ve ark., 2016).

Hipotansiyon gelişmesi durumunda işlemin durdurulması, sıvı desteği sağlanması ve gerekli durumlarda farmakolojik müdahale uygulanması gerekebilir. Sitrat kullanımına bağlı gelişebilen hipokalsemi; perioral uyuşma, parestezi ve kas krampları gibi belirtilerle ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle hemşire hastayı işlem boyunca dikkatle izlemeli ve gerekli durumlarda kalsiyum desteği uygulanmasını sağlamalıdır (Weinstein, 2001).

Aferez hemşiresi bakım süreci boyunca hasta mahremiyetinin korunmasına özen göstermeli ve etik ilkelere uygun bakım sunmalıdır. Hastanın fiziksel ve psikolojik bütünlüğünün korunması güvenli bakımın temel bileşenlerinden biridir. Bu doğrultuda hemşire; hastanın kişisel bilgilerinin gizliliğini sağlamalı, bakım uygulamalarını insan onuruna saygılı şekilde yürütmeli ve profesyonel etik ilkeler doğrultusunda hareket etmelidir.

Ayrıca bilgilendirilmiş onam sürecine katkı sağlayarak hastanın işlem hakkında yeterli düzeyde bilgi almasını desteklemeli, hasta ve ailesinin sorularını uygun şekilde yanıtlamalıdır. Aferez uygulamalarında multidisipliner ekip ile etkin iletişim kurulması bakımın koordinasyonu ve hasta güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte hasta merkezli bakım anlayışı doğrultusunda hasta ve ailesinin bakım sürecine aktif katılımı desteklenmeli, bireyin bakım gereksinimleri bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

Aferez hemşiresinin teknik bilgi, klinik gözlem, iletişim, problem çözme ve hasta güvenliği becerilerine sahip olması; işlemin güvenli yürütülmesi, komplikasyonların azaltılması ve bakım kalitesinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Sürekli gelişen teknoloji ve tedavi yaklaşımları doğrultusunda aferez hemşirelerinin mesleki bilgi ve becerilerini güncel tutmaları gerekmektedir (Cojocari, 2015).

Sofistike hücresel tedavilere olan talep arttıkça, aferez bakımında hemşirelik iş gücünü genişletme ve eğitime yönünde de buna karşılık gelen bir ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Bu gelişim, hekim liderliğindeki modelden hemşire liderliğindeki bir hizmet çerçevesine geçişe yol açmış, böylece aferez hemşirelerinin liderlik rolünü güçlendirmiştir.

Sonuç

Aferez uygulamaları multidisipliner yaklaşım gerektiren kompleks işlemler olup hemşirelik bakımı sürecin merkezinde yer almaktadır. Aferez hemşiresinin teknik bilgi, klinik gözlem, iletişim, hasta güvenliği ve bakım yönetimi becerilerine sahip olması komplikasyonların önlenmesi, tedavi etkinliğinin artırılması ve bakım kalitesinin yükseltilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu nedenle aferez hemşirelerinin güncel bilgi ve becerilerle desteklenmesi, sürekli eğitim programlarının yaygınlaştırılması ve kanıta dayalı bakım uygulamalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca standardize eğitim programlarının geliştirilmesi, sertifikalı aferez hemşireliği uygulamalarının yaygınlaştırılması ve kanıta dayalı hemşirelik bakımının desteklenmesi aferez uygulamalarında bakım kalitesinin artırılması açısından önem taşımaktadır.

Kaynakça

Barban, A., Coracin, F.L., Musqueira, P.T., Barban, A., Ruiz, L.P., Ruiz, M.A., Saboya, R., Dulley, F.L. (2014) Analysis of the feasibility of early hospital discharge after autologous hematopoietic stem cell transplantation and the implications to nursing care. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 36 (4), 264-268.

Bensinger, W., DiPersio, J.F., McCarty, J.M. (2009) Improving stem cell mobilization strategies: Future directions. *Bone Marrow Transplantation*, 43 (3), 181-195.

Cojocari, E. (2015) Apheresis nursing: a Canadian perspective. *Transfusion and Apheresis Science*, 52 (1), 137-140.

Connelly-Smith, L., Alquist, C.R., Aqui, N.A., Hofmann, J.C., Klingel, R., Onwuemene, O.A., Patriquin, C.J., Pham, H.P., Sanchez, A.P., Schneiderman, J., Witt, V., Zantek, N.D., Dunbar, N.M. (2023) Guidelines on the Use of Therapeutic Apheresis in Clinical Practice - Evidence-Based Approach from the Writing Committee of the American Society for Apheresis: The Ninth Special Issue. *Journal of Clinical Apheresis*, 38 (2), 77-278.

Dierickx, D. & Macken, E. (2015) The ABC of apheresis. *Acta Clinica Belgica*, 70 (2), 95-99.

Howell, C. (2008) The challenging role of the therapeutic apheresis nurse. *Transfusion and Apheresis Science*, 38 (3), 213-215.

Ibrahim, R.B. & Balogun, R.A. (2013) Medications and therapeutic apheresis procedures: Are we doing our best? *Journal of Clinical Apheresis*, 28 (1), 73-77.

Kaplan, A. (2013). Therapeutic plasma exchange: A technical and operational review. *Journal of Clinical Apheresis*, 28 (1), 3-10.

Lee, G. & Arepally, G.M. (2012). Anticoagulation techniques in apheresis: From heparin to citrate and beyond. *Journal of Clinical Apheresis*, 27 (3), 117-125.

McLeod, B.C. (2006) Therapeutic apheresis: use of human serum albumin, fresh frozen plasma and cryosupernatant plasma in therapeutic plasma exchange. *Best Practice & Research Clinical Haematology*, 19 (1), 157-167.

McLeod, B.C. (2010) Therapeutic apheresis: history, clinical application, and lingering uncertainties. *Transfusion*, 50 (7), 1413-1426.

McLeod, B.C. (2012) Plasma and plasma derivatives in therapeutic plasmapheresis. *Transfusion*, 52 (1), 38-44.

Mörtzell Henriksson, M., Newman, E., Witt, V., Derfler, K., Leitner, G., Eloit, S., Dhondt, A., Deeren, D., Rock, G., Ptak, J., Blaha, M., Lanska, M., Gasova, Z., Hrdlickova, R., Ramlow, W., Prophet, H., Liumbruno, G., Mori, E., Griskevicius, A., Audzijoniene, J., Vrielink, H., Rombout, S., Aandahl, A., Sikole, A., Tomaz, J., Lalic, K., Mazic, S., Strineholm, V., Brink, B., Berlin, G., Dykes, J., Toss, F., Axelsson, C.G., Stegmayr, B., Nilsson, T., Norda, R., Knutson, F., Ramsaueri B., Wahlström. A. (2016) Adverse events in apheresis: An update of the WAA registry data. *Transfusion and Apheresis Science*, 54 (1), 2-15.

Neyrinck, M.M. & Vrielink, H. (2015) Calculations in apheresis. *Journal of Clinical Apheresis*, 30 (1), 38-42.

Okafor, C., Ward, D.M., Mokrzycki, M.H., Weinstein, R., Clark, P., & Balogun, R.A. (2010). Introduction and overview of therapeutic apheresis. *Journal of Clinical Apheresis*, 25 (5), 240-249.

Ozatli, D., Giden, A.O., Erkurt, M.A., Korkmaz, S., Basci, S., Ulas, T., Turgut, B., Yigenoglu, T.N., Hacibekiroglu, T., Basturk, A., Dal, M.S., Namdaroglu, S., Hindilerden, F., Hacıoglu, S.K.,

Cagliyan, G.A., Ilhan, G., Kacmaz, M., Uysal, A., Merter, M., Ekinci, O., Dursun, F.E., Tekinalp, A., Demircioglu, S., Sincan, G., Acik, D.Y., Akdeniz, A., Ucar, M.A., Yeral, M., Ciftciler, R., Teke, H.U., Umit, E.G., Karakus, A., Bilen, Y., Yokus, O., Albayrak, M., Demir, C., Okan, V., Serefhanoglu, S., Kartı, S., Ozkurt, Z.N., Eser, B., Aydogdu, I., Kuku, I., Cagiran, S., Sonmez, M., Ozet, G., Altuntas, F. (2023) International Forum: The Turkish perspective on apheresis activity: The Turkish apheresis registry report. *Transfusion and Apheresis Science*, 62 (2):103662.

Perkins, K.A. (2008) Contraindication of angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitors for patients receiving therapeutic plasma exchanges. *Nephrology Nursing Journal*, 35 (6), 571-574.

Reeves, H.M. & Winters, J.L. (2014) The mechanisms of action of plasma exchange. *British Journal of Haematology*, 164 (3):342-351.

Schwartz, J., Winters, J.L., Padmanabhan, A., Balogun, R.A., Delaney, M., Linenberger, M.L., Szczepiorkowski, Z.M., Williams, M.E., Wu, Y., Shaz, B.H. (2013) Guidelines on the use of therapeutic apheresis in clinical practice – evidence-based approach from the Writing Committee of the American Society for Apheresis: the sixth special issue. *Journal of Clinical Apheresis*, 28 (3), 145-284.

Stegmayr, B. & Wikhdal, A.M. (2003) Access in therapeutic apheresis. *Therapeutic Apheresis and Dialysis*, 7 (2), 209-214.

Stegmayr, B.G. (2005) A survey of blood purification techniques. *Transfusion and Apheresis Science*, 32 (2), 209-220.

Tan, H.K. & Hart, G. (2005) Plasma filtration. *Annals of the Academy of Medicine of Singapore*, 34 (10), 615-624.

Tekgündüz, E., Sarı, İ., Kapuağası, A., Ünal, D., Şencan, İ., Altuntaş, F. (2016) Apheresis training in Turkey. *Transfusion and Apheresis Science*, 54 (2), 173-175.

Ullrich, H. & Kuehnl, P. (2004) New trends in specific immunoadsorption. *Transfusion and Apheresis Science*, 30 (3), 223-231.

Weinstein, R. (2001) Hypocalcemic toxicity and atypical reactions in therapeutic plasma exchange. *Journal of Clinical Apheresis*, 16 (4), 210-211.

Winters, J. L. (2012). Plasma exchange: concepts, mechanisms, and an overview of the American society for apheresis guidelines. *American Society of Hematology*, 7-12.

BÖLÜM 2

HEMŞİRELİK PERSPEKTİFİNDEN HASTA GÜVENLİĞİ

EMİNE KORKMAZ¹

Giriş

Sağlık hizmetleri, bireylerin yaşam kalitesi ve iyilik hâlini doğrudan etkileyen karmaşık ve çok boyutlu hizmet alanlarından biridir. Bu hizmetlerin sunumu sırasında güvenliğin sağlanması, kaliteli bakımın temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu doğrultuda hasta güvenliği, günümüzde sağlık hizmetlerinin en önemli öncelikleri arasında yer almakta ve bakım kalitesinin temel göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Institute of Medicine (IOM) tarafından yayımlanan *To Err Is Human* raporu sonrasında hasta güvenliği kavramı, bireysel sağlık çalışanlarının sorumluluğunun ötesine geçmiş; sağlık kuruluşları ve sağlık sistemleri düzeyinde ele alınması gereken sistem temelli bir yaklaşım olarak değerlendirilmeye başlanmıştır (IOM, 2000). Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization [WHO]), hasta güvenliğini “hastaya yönelik önlenabilir zararların azaltılması ve sağlık hizmetleri sırasında oluşabilecek gereksiz zarar riskinin kabul edilebilir en düşük düzeye indirilmesi” şeklinde tanımlamaktadır

¹Dr. Öğr. Üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-7801-016X

(WHO, 2021). Günümüzde önlenabilir hasta zararları yalnızca klinik sonuçları değil; etik, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla da sağlık sistemlerini olumsuz etkilemektedir. Güvensiz bakım uygulamaları; mortalite, morbidite, uzamış hastanede yatış süresi, artan sağlık maliyetleri ve yaşam kalitesinde bozulma gibi ciddi sonuçlara neden olabilmektedir (Kohn et al., 2000).

Hasta güvenliği; yalnızca tıbbi hataların önlenmesini değil, aynı zamanda güvenli bakım kültürünün oluşturulmasını, etkili iletişim süreçlerinin geliştirilmesini, multidisipliner ekip iş birliğinin güçlendirilmesini ve kanıta dayalı uygulamaların sürdürülmesini kapsamaktadır. Bu nedenle hasta güvenliği, sağlık sistemlerinin tüm bileşenlerini kapsayan dinamik ve multidisipliner bir alan olarak değerlendirilmektedir.

Küresel sağlık iş gücünün en büyük bölümünü oluşturan hemşireler, toplam sağlık profesyonellerinin yaklaşık %59'unu temsil etmekte olup bakımın planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesinde kesintisiz rol almaktadır (WHO, 2020). Bununla birlikte hasta güvenliğinin sürdürülebilir biçimde sağlanmasında hemşirelik yönetimi ve liderliği kritik bir role sahiptir. Güvenli bakım uygulamalarının etkinliği büyük ölçüde hemşire yöneticilerin liderlik yaklaşımı, personel planlaması, iletişim süreçleri ve güvenlik kültürünü destekleme düzeyi ile ilişkilendirilmektedir. Güncel kanıtlar; güçlü hemşire liderliğinin hasta sonuçlarını iyileştirdiğini, tıbbi hataları azalttığını ve güvenlik kültürünü güçlendirdiğini göstermektedir (Anders, 2025).

Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayımlanan *Global Patient Safety Action Plan 2021–2030* raporunda, önlenabilir hasta zararlarının azaltılması ve sürdürülebilir hasta güvenliğinin sağlanabilmesi için güçlü bir hemşirelik iş gücü ve etkili hemşirelik liderliğinin temel gerekliliklerden biri olduğu vurgulanmaktadır. Raporda, hemşirelerin bakım süreçlerinin her aşamasında aktif rol üstlenmeleri nedeniyle hasta güvenliğinin geliştirilmesi, güvenlik kültürünün yaygınlaştırılması ve güvenli bakım uygulamalarının

sürdürülmesinde vazgeçilmez bir konumda oldukları belirtilmektedir (WHO, 2021).

Hasta Güvenliği Kavramı ve Kuramsal Yaklaşımlar

Hasta güvenliği, sağlık hizmetlerinin sunumu sırasında ortaya çıkabilecek önlenabilir zararların azaltılmasını ve bireylerin güvenli bakım almasının sağlanmasını amaçlayan temel bir sağlık hizmeti bileşenidir. Bu kavram; tıbbi hataların önlenmesi, risklerin erken belirlenmesi ve bakım süreçlerinin güvenli şekilde yürütülmesi yoluyla hastaların fiziksel, psikolojik ve duygusal açıdan zarar görme olasılığının en aza indirilmesini kapsamaktadır. Günümüzde hasta güvenliği, yalnızca bireysel uygulamalarla sınırlı olmayan; sağlık sistemleri, ekip iş birliği, iletişim süreçleri ve kurumsal güvenlik kültürünü kapsayan çok boyutlu bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır (Vaismoradi et al., 2020). Dünya Sağlık Örgütü, hasta güvenliğini sağlık hizmeti sunumu sırasında hastalara verilebilecek önlenabilir zararların azaltılması ve güvenli bakımın sağlanması olarak tanımlamaktadır (WHO, 2019). Bu kapsamda hasta güvenliği; ilaç uygulama hataları, sağlık bakım ilişkili enfeksiyonlar, cerrahi komplikasyonlar ve bakım süreçlerinde ortaya çıkabilecek diğer risklerin önlenmesini içermektedir. Güvenli bakımın sürdürülebilir biçimde sağlanabilmesi için etkili politika geliştirme, standart bakım protokollerinin uygulanması, sağlık çalışanlarının eğitimi, multidisipliner ekip iş birliği ve güçlü bir güvenlik kültürü büyük önem taşımaktadır (Franklin et al., 2020).

Multidisipliner ekip iş birliği, hasta güvenliğinin sürdürülebilir biçimde sağlanmasında kritik öneme sahiptir. Hemşireler; hekimler, diğer sağlık profesyonelleri ve yöneticiler ile koordinasyon içinde çalışarak bakım süreçlerinin güvenli şekilde yürütülmesine katkıda bulunmaktadır. Etkili ekip iletişimi, bakım sürekliliğinin sağlanması, klinik karar süreçlerinin desteklenmesi ve hasta bakımında oluşabilecek risklerin azaltılması açısından önemli yararlar sağlamaktadır (Reeves et al., 2017).

Hasta güvenliğinin geliştirilmesinde hasta merkezli bakım yaklaşımı önemli bir yere sahiptir. Hasta merkezli bakım; bireyin gereksinim, tercih ve değerlerinin bakım sürecine yansıtılmasını esas almakta ve hastaların karar verme süreçlerine aktif katılımını desteklemektedir. Hastaların bakım sürecine katılımının artırılması, güvenli bakım uygulamalarının güçlendirilmesine, bakım kalitesinin geliştirilmesine ve hasta memnuniyetinin artırılmasına katkı sağlamaktadır (Epstein & Street, 2011).

Hasta güvenliğinin sağlanması hemşirelik yönetiminin rolünü açıklayan temel kuramsal yaklaşımlardan biri, Avedis Donabedian tarafından geliştirilen yapı–süreç–sonuç modelidir. Bu modele göre sağlık bakım kalitesi; sağlık hizmetinin sunulduğu örgütsel yapılar, bakım süreçleri ve bakım sonuçları arasındaki dinamik ilişki çerçevesinde değerlendirilmektedir. Yapı boyutu; insan gücü, fiziksel kaynaklar, liderlik anlayışı ve kurumsal politikaları kapsarken, süreç boyutu bakım uygulamalarının nasıl yürütüldüğüne, iletişim süreçlerine, ekip iş birliğine ve klinik protokollere uyuma odaklanmaktadır. Sonuç boyutu ise enfeksiyon oranları, mortalite, hasta memnuniyeti ve bakım kalitesi göstergeleri gibi hasta çıktıları ile ilişkilidir (Donabedian, 1966).

Hemşire yöneticiler, yapı–süreç–sonuç modelinin tüm bileşenlerinde aktif rol üstlenmektedir. Güvenli bakım ortamlarının oluşturulması, uygun personel planlamasının yapılması, bakım standartlarının geliştirilmesi ve güvenlik odaklı kurum politikalarının uygulanması yapı boyutu kapsamında değerlendirilmektedir. Bunun yanında hemşire yöneticiler; ekip içi iletişimin güçlendirilmesi, klinik uygulamaların izlenmesi, olay bildirim sistemlerinin etkin kullanımı ve hasta güvenliği kültürünün desteklenmesi gibi süreç yönetiminde de önemli sorumluluklar taşımaktadır. Elde edilen bakım sonuçlarının değerlendirilmesi ve kalite iyileştirme çalışmalarına rehberlik edilmesi ise hemşirelik yönetiminin hasta güvenliğine yönelik stratejik katkıları arasında yer almaktadır.

Güncel alışmalar, hemşire yöneticilerin yalnızca bakım süreçlerini denetleyen kişiler olmadığını; aynı zamanda güvenli bakım ortamlarının oluşturulması, olay bildirim sistemlerinin etkin kullanımı ve kalite iyileştirme süreçlerinin sürdürülmesinde stratejik rol üstlendiklerini göstermektedir (Anders, 2025).

Hasta güvenliğinin sağlanmasına ilişkin bir diğer önemli kuramsal yaklaşım ise James Reason tarafından geliştirilen “İsviçre peyniri modeli”dir. Bu modelde hasta güvenliği olayları, sağlık sisteminde yer alan savunma katmanlarında bulunan gizli zayıflıkların belirli koşullar altında bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkan sistem temelli hatalar olarak açıklanmaktadır (Reason, 1990).

Politika eksiklikleri, iletişim sorunları, yetersiz denetim, iş yükü fazlalığı ve teknolojik aksaklıklar gibi faktörler savunma katmanlarında boşluklar oluşturarak hata riskini artırabilmektedir. Bu nedenle hasta güvenliği, yalnızca bireysel dikkat ve performansla değil, sistemin bütüncül işleyişiyle ilişkilendirilmektedir.

Özellikle açık iletişim kültürünü destekleyen, hata bildirimini teşvik eden ve cezalandırıcı olmayan liderlik yaklaşımlarının sistem temelli hataların erken fark edilmesini kolaylaştırdığı ve güvenlik olaylarını azalttığı bildirilmektedir (Anders, 2025).

Hemşirelik yönetimi, sistemdeki bu potansiyel zayıflıkları erken dönemde belirleme ve yeni güvenlik bariyerleri oluşturma açısından önemli bir role sahiptir. Etkili liderlik; açık iletişim kültürünün desteklenmesi, düzenli denetim mekanizmalarının yürütülmesi, ekip üyeleri arasında iş birliğinin güçlendirilmesi ve sorunlara hızlı çözüm geliştirilmesi yoluyla sistem dayanıklılığını artırmaktadır. Ayrıca yöneticilerin suçlayıcı olmayan bir yaklaşım benimsemesi ve hata bildirimini teşvik etmesi, güvenlik olaylarının görünür hâle gelmesini sağlayarak benzer hataların tekrarını önlemeye katkı sunmaktadır.

Donabedian’ın yapı–süreç–sonuç modeli ile Reason’ın İsviçre peyniri modeli birlikte değerlendirildiğinde, hasta

güvenliğinin yalnızca bireysel uygulamalara bağlı olmadığı; örgütsel yapı, sistem tasarımı, iletişim süreçleri ve liderlik yaklaşımlarıyla şekillenen çok boyutlu bir kavram olduğu anlaşılmaktadır. Donabedian modeli bakım kalitesinin yapı ve süreçlerle ilişkisini vurgularken, Reason modeli sistemdeki gizli risklerin erken fark edilmesi ve zarar oluşmadan önce önlenmesine odaklanmaktadır. Her iki yaklaşım da güçlü hemşirelik liderliği ve etkili yönetim anlayışının hasta güvenliğinin sürdürülebilir biçimde sağlanmasındaki kritik önemini ortaya koymaktadır (Anders, 2025).

Hasta Güvenliğinin Önemi ve Küresel Yükü

Hasta güvenliği, sağlık hizmetlerinin kalitesini doğrudan etkileyen temel unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir. Güvenli bakım uygulamaları; tıbbi hataların, komplikasyonların ve önlenabilir zararların azaltılmasına katkı sağlarken aynı zamanda hasta memnuniyetinin artırılması, hastanede kalış süresinin azaltılması ve sağlık bakım maliyetlerinin düşürülmesi açısından da önemli yararlar sağlamaktadır. Bu nedenle hasta güvenliği, yalnızca klinik bakımın değil sağlık sistemlerinin sürdürülebilirliğinin de temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre sağlık hizmeti sunumu sırasında her 10 hastadan biri önlenabilir zarar görmektedir. Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde güvensiz bakım uygulamalarının her yıl milyonlarca ölüm ve ciddi sağlık kaybına neden olduğu bildirilmektedir (WHO, 2021). İlaç uygulama hataları, sağlık bakım ilişkili enfeksiyonlar, cerrahi komplikasyonlar, tanı hataları ve iletişim eksiklikleri önlenabilir hasta zararlarının başlıca nedenleri arasında yer almaktadır.

İlaç hatalarının dünya genelinde önemli ekonomik kayıplara yol açtığı ve hasta güvenliği açısından ciddi risk oluşturduğu belirtilmektedir. Bunun yanında sağlık bakım ilişkili enfeksiyonlar; uzamış hastanede yatış süresi, artmış antibiyotik kullanımı, morbidite ve mortalite artışı ile ilişkilendirilmektedir. Hasta

güvenliği sorunları yalnızca fiziksel zararlarla sınırlı kalmamakta; hasta ve ailelerinde güven kaybı, anksiyete, psikolojik travma ve bakım memnuniyetinde azalma gibi sonuçlara da neden olabilmektedir (WHO, 2021).

Hasta güvenliği sorunlarının küresel boyutta artması sonucunda Dünya Sağlık Örgütü tarafından “Global Patient Safety Action Plan 2021–2030” yayımlanmış ve güvenli bakımın sağlık sistemlerinin temel öncelikleri arasında yer alması gerektiği vurgulanmıştır. Bu plan doğrultusunda güvenlik kültürünün geliştirilmesi, sağlık çalışanlarının eğitiminin güçlendirilmesi, hasta katılımının artırılması, güvenli teknoloji kullanımının desteklenmesi ve sistem temelli risk yönetiminin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir (WHO, 2021).

Hasta güvenliğinin geliştirilmesinde hasta merkezli bakım yaklaşımı önemli bir yere sahiptir. Hasta merkezli bakım; bireyin gereksinim, tercih ve değerlerinin bakım sürecine yansıtılmasını esas almakta ve hastaların karar verme süreçlerine aktif katılımını desteklemektedir. Hastaların bakım sürecine katılımının artırılması, güvenli bakım uygulamalarının güçlendirilmesine, bakım kalitesinin geliştirilmesine ve hasta memnuniyetinin artırılmasına katkı sağlamaktadır (Epstein & Street, 2011).

Sağlık hizmetlerinde güvenliğin sürdürülebilir biçimde sağlanabilmesi için güçlü bir güvenlik kültürünün oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Güvenlik kültürü; sağlık çalışanlarının hasta güvenliğine ilişkin ortak değer, tutum ve davranışlarını kapsamakta olup hata bildirimine açık, öğrenmeyi destekleyen ve cezalandırıcı olmayan bir yaklaşımı temel almaktadır. Güçlü güvenlik kültürüne sahip kurumlarda hasta güvenliği olaylarının daha düşük düzeyde görüldüğü ve bakım kalitesinin daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Halligan & Zecevic, 2011).

Hasta Güvenliği Kùltürü

Hasta güvenliği kùltürü, sağlık hizmetlerinde güvenli ve kaliteli bakımın sürdürülebilmesi amacıyla benimsenen ortak değerler, inançlar, tutumlar ve davranışlar bütünü olarak tanımlanmaktadır. Güvenlik kùltürü; sağlık çalışanlarının hasta güvenliğine ilişkin farkındalık düzeylerini, hata yönetimine yönelik yaklaşımlarını ve güvenli bakım uygulamalarına ilişkin kurumsal anlayışı yansıtmaktadır (Singer et al., 2009).

Hasta güvenliği kùltürünün temel bileşenlerinden biri açık iletişimidir. Sağlık çalışanlarının hasta güvenliğini tehdit eden durumları açık biçimde paylaşabilmesi, hata ve ramak kala olayların raporlanabilmesi ve ekip üyeleri arasında etkili bilgi aktarımının sağlanabilmesi güvenli bakım uygulamalarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Özellikle cezalandırıcı olmayan yaklaşımın benimsendiği kurumlarda hata bildirim oranlarının arttığı ve güvenlik kùltürünün daha güçlü olduğu belirtilmektedir (El-Jardali et al., 2014).

Hasta güvenliği kùltürü aynı zamanda sürekli öğrenme ve kalite iyileştirme yaklaşımını da içermektedir. Sağlık kurumlarında olay bildirim sistemlerinin etkin kullanılması, kök neden analizlerinin yapılması ve güvenlik olaylarından öğrenmeye dayalı uygulamaların geliştirilmesi benzer hataların tekrarını önlemede önemli rol oynamaktadır. Bu süreçte hemşire yöneticiler; ekip üyeleri arasında güven ortamı oluşturma, açık iletişimi destekleme ve güvenlik odaklı liderlik davranışlarını sürdürme açısından kritik sorumluluk üstlenmektedir.

Multidisipliner ekip iş birliği, hasta güvenliği kùltürünün önemli bileşenlerinden biridir. Hemşireler, hekimler ve diğer sağlık profesyonelleri arasında etkili iletişim ve koordinasyonun sağlanması; bakım sürekliliğinin geliştirilmesi, klinik karar süreçlerinin desteklenmesi ve hasta bakımında oluşabilecek risklerin

azaltılması açısından önemli yararlar sağlamaktadır (Reeves et al., 2017).

Hasta güvenliğinin geliştirilmesinde hasta katılımı da önemli bir yere sahiptir. Hastaların bakım süreçlerine aktif katılım göstermeleri, tedavi planlarını anlamaları ve sağlık profesyonelleri ile etkili iletişim kurmaları güvenli bakım uygulamalarını desteklemektedir. Ayrıca hasta ve ailelerin bakım sürecine dahil edilmesi, olası güvenlik risklerinin erken fark edilmesine katkı sağlayabilmektedir.

Güçlü bir güvenlik kültürünün oluşturulabilmesi için sağlık kurumlarında düzenli değerlendirme süreçlerinin yürütülmesi gerekmektedir. Güvenlik kültürünün değerlendirilmesi; çalışanların hasta güvenliğine ilişkin algılarının belirlenmesi, güçlü ve geliştirilmesi gereken alanların ortaya konulması ve kalite iyileştirme süreçlerine rehberlik edilmesi açısından önem taşımaktadır (Smits et al., 2009).

Sonuç olarak hasta güvenliği kültürü, güvenli bakım uygulamalarının sürdürülebilir biçimde yürütülmesinde temel belirleyicilerden biridir. Güçlü güvenlik kültürü; açık iletişim, ekip iş birliği, öğrenmeye dayalı yaklaşım ve etkili liderlik davranışları ile desteklenmekte; hasta güvenliği olaylarının azaltılmasına ve bakım kalitesinin artırılmasına katkı sağlamaktadır.

Hasta Güvenliğinde Liderlik ve Güvenlik Kültürü

Hasta güvenliği kültürünün geliştirilmesinde liderlik davranışları temel belirleyiciler arasında yer almaktadır. Sağlık kurumlarında güvenli bakım uygulamalarının sürdürülebilmesi; yöneticilerin iletişim yaklaşımı, ekip yönetimi becerileri, çalışan desteği ve kalite geliştirme süreçlerine verdiği önem ile yakından ilişkilidir. Özellikle hemşire yöneticiler, bakım süreçlerinin koordinasyonu ve güvenlik kültürünün yaygınlaştırılması açısından sağlık sisteminin önemli aktörleri arasında yer almaktadır.

Günümüzde dönüştürücü (transformational) liderlik yaklaşımının hasta güvenliği kültürü üzerinde olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir. Dönüştürücü liderlik; çalışanları motive eden, ekip üyelerinin mesleki gelişimini destekleyen, açık iletişimi teşvik eden ve ortak hedefler doğrultusunda iş birliğini güçlendiren bir liderlik anlayışını ifade etmektedir. Güçlü liderlik yaklaşımına sahip kliniklerde hasta güvenliği olaylarının daha düşük düzeyde görüldüğü, çalışanların psikolojik güvenlik algısının daha yüksek olduğu ve hata bildirimine yönelik tutumların olumlu yönde geliştiği belirtilmektedir (Anders, 2025).

Hasta güvenliği açısından etkili liderlik yalnızca yönetsel süreçlerin yürütülmesini değil; aynı zamanda çalışanların desteklenmesini, güvenli çalışma ortamlarının oluşturulmasını ve ekip üyeleri arasında güven ilişkisi geliştirilmesini de kapsamaktadır. Özellikle açık iletişimin desteklenmesi, çalışanların görüşlerini ifade edebilmeleri ve hata bildiriminde bulunabilmeleri açısından önem taşımaktadır. Suçlayıcı olmayan liderlik yaklaşımı; güvenlik olaylarının görünür hâle gelmesini kolaylaştırmakta, sistem temelli risklerin erken belirlenmesine katkı sağlamakta ve benzer hataların tekrarını azaltmaktadır.

Hemşire liderler aynı zamanda güvenli personel planlaması, iş yükünün dengelenmesi ve çalışan tükenmişliğinin azaltılması süreçlerinde de önemli sorumluluk üstlenmektedir. Personel yetersizliği, yoğun iş yükü ve tükenmişlik düzeyindeki artışın hasta güvenliği olayları ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle çalışan iyi oluşunun desteklenmesi, yalnızca çalışan sağlığı açısından değil güvenli bakımın sürdürülebilirliği açısından da önemli görülmektedir (Aiken et al., 2012; Anders, 2025).

Liderlik yaklaşımının kalite iyileştirme süreçleri üzerindeki etkisi de dikkat çekmektedir. Güçlü liderlik davranışları; olay bildirim sistemlerinin etkin kullanımı, kalite göstergelerinin izlenmesi, kök neden analizlerinin yürütülmesi ve güvenlik odaklı bakım standartlarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Böylece

sağlık kurumlarında sürekli öğrenmeye dayalı bir güvenlik kültürünün oluşması desteklenmektedir.

Sonuç olarak liderlik, hasta güvenliği kültürünün oluşturulması ve sürdürülmesinde temel unsurlardan biridir. Güçlü hemşirelik liderliği; ekip iş birliğinin geliştirilmesi, çalışan dayanıklılığının desteklenmesi, güvenli bakım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve kalite iyileştirme süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından sağlık sistemlerine önemli katkılar sunmaktadır.

Hasta Güvenliği Açısından Temel Risk Alanları

Sağlık hizmetlerinin sunumu sırasında ortaya çıkan çeşitli sistemsel ve bireysel faktörler hasta güvenliğini tehdit edebilmektedir. Bu riskler; bakım kalitesinin azalmasına, önlenabilir hasta zararlarına, uzamış hastane yatışlarına ve mortalite oranlarında artışa yol açabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü, hasta güvenliğini tehdit eden olayların büyük bölümünün önlenabilir olduğunu ve güvenlik kültürünün güçlendirilmesiyle önemli ölçüde azaltılabileceğini bildirmektedir (WHO, 2021).

Hasta güvenliğini tehdit eden başlıca risk alanları arasında ilaç uygulama hataları, sağlık bakım ilişkili enfeksiyonlar, cerrahi komplikasyonlar, iletişim eksiklikleri ve hasta kimliklendirme hataları yer almaktadır. İlaç uygulama süreçlerinde yanlış ilaç, yanlış doz veya yanlış hasta uygulamaları ciddi hasta zararlarına neden olabilmektedir. Benzer şekilde etkili iletişim süreçlerinin sağlanamaması, bakımın koordinasyonunu olumsuz etkileyerek güvenlik risklerini artırabilmektedir.

Sağlık bakım ilişkili enfeksiyonlar hasta güvenliğini tehdit eden önemli sorunlardan biridir. Özellikle el hijyenine uyumsuzluk, sterilizasyon süreçlerindeki yetersizlikler ve invaziv girişimler enfeksiyon riskini artırabilmektedir. Bu enfeksiyonlar; uzamış hastane yatış süresi, artmış sağlık maliyetleri ve mortalite artışı ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle enfeksiyon kontrol önlemlerinin

etkin biçimde uygulanması güvenli bakım açısından büyük önem taşımaktadır.

Sağlık çalışanlarına bağlı insan faktörleri de önemli risk kaynakları arasında değerlendirilmektedir. Personel yetersizliği, aşırı iş yükü, yorgunluk, tükenmişlik ve düşük iş doyumu sağlık profesyonellerinin hata yapma olasılığını artırabilmektedir. Özellikle hemşire başına düşen hasta sayısındaki artışın mortalite, enfeksiyon oranları ve bakımda aksama riskini artırdığı bildirilmektedir. Buna karşılık güvenli hemşire-hasta oranlarının sağlanması; bakım kalitesinin artırılması ve hasta güvenliği olaylarının azaltılması ile ilişkilendirilmektedir (Aiken et al., 2012).

Teknolojik altyapı sorunları ve tıbbi cihazlara bağlı riskler de hasta güvenliği açısından önemli tehditler arasında yer almaktadır. Tıbbi cihazların yanlış kullanımı, bakım eksiklikleri veya teknik arızaları hasta bakım süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle yaşam destek cihazları gibi kritik ekipmanlarda ortaya çıkan sorunlar ciddi güvenlik risklerine yol açabilmektedir. Bu nedenle cihazların düzenli bakımının yapılması, güvenli kullanım protokollerinin uygulanması ve sağlık çalışanlarının cihaz kullanımı konusunda eğitilmesi gerekmektedir.

Radyolojik görüntüleme süreçlerinde teknik uygulama hataları, görüntülerin yanlış yorumlanması ve sonuçların zamanında iletilmemesi gibi sorunlar hasta güvenliği açısından önemli riskler oluşturmaktadır. Bunun yanında gereksiz görüntüleme istemleri, yinelenen çekimler ve yüksek radyasyon dozlarına maruz kalınması hem hastalar hem de sağlık çalışanları açısından güvenlik sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle radyasyondan korunmaya yönelik bilgi ve becerilerin geliştirilmesi, güvenli görüntüleme uygulamalarının sürdürülmesi açısından önem taşımaktadır (Donnelly et al., 2010; Larson et al., 2015).

Hasta ve ailelerin bakım süreçlerine yeterince katılamaması da hasta güvenliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Hastaların tedavi planlarını yeterince anlamamaları, bakım sürecine aktif katılım

göstermemeleri ve sağlık profesyonelleri ile etkili iletişim kuramamaları güvenlik risklerini artırabilmektedir. Bu nedenle hasta katılımını destekleyen yaklaşımların geliştirilmesi güvenli bakım uygulamalarının önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Ocloo et al., 2021).

Son yıllarda hasta güvenliği ile çalışan güvenliği arasındaki ilişki daha görünür hâle gelmiştir. Özellikle tükenmişlik, yoğun iş yükü ve moral distress düzeyindeki artışın hasta güvenliği olayları ile ilişkili olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle çalışan iyi oluşunun desteklenmesi, yalnızca personel sağlığı açısından değil aynı zamanda güvenli bakımın sürdürülebilirliği açısından da önemli görülmektedir (Anders, 2025).

Sonuç olarak günümüzde hasta güvenliği yaklaşımı yalnızca hatalar ortaya çıktıktan sonra müdahale etmeyi değil, riskleri önceden belirlemeyi ve sistem temelli önleyici stratejiler geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda etkili liderlik, standart bakım protokolleri, sürekli eğitim, ekip iş birliği ve güçlü güvenlik kültürü hasta güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından temel unsurlar arasında yer almaktadır.

Hasta Güvenliğinde Güncel Yaklaşımlar ve Yenilikçi Uygulamalar

Sağlık hizmetlerinde dijital dönüşüm ve teknolojik gelişmeler, hasta güvenliği uygulamalarını önemli ölçüde etkilemektedir. Yapay zekâ destekli karar sistemleri, veri analitiği, elektronik sağlık kayıtları ve erken uyarı sistemleri; hata risklerinin azaltılması, klinik karar süreçlerinin desteklenmesi ve bakım kalitesinin artırılması açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Choudhury & Asan, 2020). Özellikle yüksek riskli hastaların erken belirlenmesi, klinik kötüleşmenin izlenmesi ve bakım süreçlerinde oluşabilecek hataların önlenmesi açısından dijital sağlık

teknolojilerinin sağlık hizmetlerinde giderek daha fazla kullanıldığı gör÷lmektedir.

Elektronik sağlık kayıt sistemleri ve klinik karar destek mekanizmaları, hasta bilgilerinin doğru ve hızlı biçimde yönetilmesini sağlayarak bakım süreçlerinde oluşabilecek iletişim eksikliklerinin azaltılmasına katkı sunmaktadır. Bunun yanında dijital ilaç yönetim sistemleri, barkod uygulamaları ve otomatik ilaç doğrulama sistemleri ilaç uygulama hatalarının azaltılmasında etkili araçlar arasında yer almaktadır. Ancak bu teknolojilerin güvenli biçimde kullanılabilmesi için uygun teknik altyapının oluşturulması, veri güvenliğinin sağlanması ve sağlık çalışanlarının dijital yetkinliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Anders, 2025).

Mobil sağlık uygulamaları ve tele-sağlık hizmetleri, sağlık hizmetlerinin sunumunda hasta güvenliğini destekleyen önemli dijital yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bu teknolojiler sayesinde hastaların sağlık verilerinin uzaktan izlenmesi, tedavi süreçlerinin takip edilmesi ve sağlık profesyonelleriyle daha hızlı iletişim kurulması mümkün hâle gelmektedir. Böylece sağlık hizmetlerine erişimin kolaylaşması, bakım sürekliliğinin desteklenmesi ve hasta izleminin daha etkili yürüt÷lmesi sağlanabilmektedir (Edrees et al., 2022; List et al., 2021).

Özellikle uzaktan izlem sistemleri ve dijital iletişim teknolojileri; kronik hastalık yönetimi, evde bakım hizmetleri ve enfeksiyon kontrol÷ gibi alanlarda hasta güvenliğini destekleyen önemli uygulamalar arasında yer almaktadır. Ayrıca tele-sağlık uygulamalarının fiziksel temasın azaltılması, salgın süreçlerinde bakım sürekliliğinin sağlanması ve sağlık hizmetlerinin daha güvenli biçimde yürüt÷lmesi açısından önemli katkılar sunduğu bildirilmektedir (Blandford et al., 2020).

Robotik cerrahi sistemleri ve akıllı sağlık teknolojileri de hasta güvenliğini destekleyen yenilikçi uygulamalar arasında yer almaktadır. Robotik cerrahi uygulamaları; cerrahi işlemlerin daha hassas, kontroll÷ ve minimal invaziv şekilde gerçekleştirilmesine

katkı sağlayarak komplikasyon riskinin azaltılmasına ve iyileşme sürecinin hızlanmasına yardımcı olabilmektedir. Bunun yanında akıllı ilaç sistemleri, giyilebilir sağlık teknolojileri ve dijital izlem cihazları; hastaların tedavi süreçlerinin takip edilmesini, ilaç uyumunun artırılmasını ve klinik değişikliklerin erken dönemde fark edilmesini desteklemektedir (Chen et al., 2021; Palagonia et al., 2020).

Sağlık profesyonellerinin eğitimi de hasta güvenliğinin geliştirilmesinde temel unsurlardan biridir. Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve simülasyon temelli eğitim uygulamaları; klinik becerilerin geliştirilmesi, kriz yönetimi yetkinliğinin artırılması ve ekip içi iletişimin güçlendirilmesi açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle senaryo temelli simülasyon eğitimlerinin deneyimsiz sağlık çalışanlarında oluşabilecek tıbbi hataların azaltılmasına yardımcı olduğu bildirilmektedir (Sollid et al., 2019).

Hasta güvenliği yaklaşımı günümüzde hasta ve ailelerin bakım süreçlerine aktif katılımını da desteklemektedir. Hastaların sağlık kararlarına katılımının artırılması, kendi sağlık verilerine erişimlerinin sağlanması ve bakım sürecine aktif biçimde dahil edilmeleri güvenli bakım uygulamalarının önemli bileşenleri arasında yer almaktadır. Ayrıca sağlık profesyonelleri, yöneticiler ve politika yapımcılar arasındaki iş birliğinin geliştirilmesi; sağlık sistemlerinde sürdürülebilir güvenlik kültürünün oluşturulmasına katkı sağlamaktadır (Ocloo et al., 2021).

Teknolojik gelişmelerin hasta güvenliğine katkı sağlayabilmesi için bu uygulamaların etik ilkeler doğrultusunda, insan merkezli yaklaşımla ve kanıta dayalı biçimde sağlık hizmetlerine entegre edilmesi gerekmektedir. Bunun yanında sağlık çalışanlarının dijital sağlık okuryazarlığının artırılması, veri gizliliğinin korunması ve teknolojik altyapının güçlendirilmesi güvenli teknoloji kullanımının temel gereklilikleri arasında yer almaktadır.

Sonuç olarak dijital sağlık teknolojileri, yapay zekâ uygulamaları, simölasyon temelli eğitimler ve akıllı sağlık sistemleri; hasta güvenliğinin geliştirilmesine katkı sağlayan önemli yenilikçi yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bu uygulamaların güvenli ve etkili biçimde sağlık hizmetlerine entegre edilmesi, gelecekte hasta güvenliği uygulamalarının güçlendirilmesinde önemli rol oynayacaktır.

Sonuç

Hasta güvenliği, sağlık hizmetlerinin kalitesini belirleyen temel unsurlardan biridir. Güvenli bakımın sağlanması; sistem yaklaşımı, güçlü güvenlik költürü, etkili iletişim, ekip çalışması ve kanıta dayalı uygulamaların birlikte ele alınmasını gerektirmektedir.

Hasta güvenliğinin sağlanması hemşireler; bakım verici, gözlemci, koordinatör, eğitici, lider ve hasta savunucusu rolleri ile sağlık sisteminin merkezinde yer almaktadır. Bu doğrultuda hemşirelerin hasta güvenliği konusundaki bilgi ve farkındalık düzeylerinin artırılması, güvenlik költürünün güçlendirilmesi ve liderlik rollerinin desteklenmesi büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde dijital sağlık uygulamaları, yapay zekâ destekli sistemler, simölasyon temelli eğitimler ve akıllı sağlık teknolojileri hasta güvenliğinin geliştirilmesine katkı sağlayan önemli yenilikçi yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte teknolojik gelişmelerin güvenli biçimde sağlık hizmetlerine entegre edilmesi, sürekli eğitim programlarının yaygınlaştırılması, standart güvenlik protokollerinin güçlendirilmesi ve kanıta dayalı bakım uygulamalarının desteklenmesi hasta güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından temel gereklilikler arasında değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak hasta güvenliği; yalnızca bireysel uygulamalarla değil, liderlik, kurum költürü, ekip iş birliği ve sistem temelli yaklaşımlarla birlikte ele alınması gereken çok boyutlu bir sağlık hizmeti önceliğidir. Güncel küresel yaklaşımlar, hasta güvenliğinin sürdürülebilir biçimde sağlanabilmesi için hemşire

liderlerin güçlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Güçlü hemşirelik yönetimi; güvenlik kültürünün geliştirilmesi, çalışan dayanıklılığının desteklenmesi, güvenli personel planlamasının sağlanması ve kalite iyileştirme süreçlerinin sürdürülebilirliği açısından sağlık sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Anders, 2025).

Kaynakça

Aiken, L. H., Sermeus, W., Van den Heede, K., Sloane, D. M., Busse, R., McKee, M., & Kutney-Lee, A. (2012). Patient safety, satisfaction, and quality of hospital care: Cross-sectional surveys of nurses and patients in 12 countries in Europe and the United States. *BMJ*, 344, e1717.

Anders, R. L. (2025). Global perspectives on patient safety: The central role of nursing management. *Healthcare*, 13(24), 3240.

Blandford, A., Wesson, J., Amalberti, R., AlHazme, R., & Allwihan, R. (2020). Opportunities and challenges for telehealth within, and beyond, a pandemic. *The Lancet Global Health*, 8(11), e1364–e1365.

Chen, I.-H. A., Ghori, A. K., & Rizvi, S. A. A. (2021). The emerging role of smart technologies in patient safety and surgical care. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021, 1–9.

Choudhury, A., & Asan, O. (2020). Role of artificial intelligence in patient safety outcomes: Systematic literature review. *JMIR Medical Informatics*, 8(7), e18599.

Donabedian, A. (1966). Evaluating the quality of medical care. *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, 44(3), 166–206. <https://doi.org/10.2307/3348969>

Donnelly, L. F., Dickerson, J. M., Goodfriend, M. A., & Muething, S. E. (2010). Improving patient safety in radiology. *American Journal of Roentgenology*, 194(5), 1183–1187. <https://doi.org/10.2214/AJR.09.2873>

Edrees, H., Song, W., Syrowatka, A., Simona, A., Amato, M. G., & Bates, D. W. (2022). Intelligent telehealth in pharmacovigilance: A future perspective. *Drug Safety*, 45(5), 449–458. <https://doi.org/10.1007/s40264-022-01167-z>

El-Jardali, F., Sheikh, F., Garcia, N. A., Jamal, D., & Abdo, A. (2014). Patient safety culture in a large teaching hospital in Riyadh: Baseline assessment, comparative analysis and

opportunities for improvement. *BMC Health Services Research*, 14, 122.

Epstein, R. M., & Street, R. L. (2011). The values and value of patient-centered care. *The Annals of Family Medicine*, 9(2), 100–103.

Franklin, B. D., Liggett, A., & Reid, R. (2020). Safety and quality in health care. In R. G. Hughes (Ed.), *Patient safety and quality: An evidence-based handbook for nurses*. Agency for Healthcare Research and Quality.

Halligan, M., & Zecevic, A. (2011). Safety culture in healthcare: A review of concepts, dimensions, measures and progress. *BMJ Quality & Safety*, 20(4), 338–343.

Institute of Medicine. (2000). *To err is human: Building a safer health system*. National Academy Press.

Kohn, L. T., Corrigan, J. M., & Donaldson, M. S. (2000). *To err is human: Building a safer health system*. National Academies Press.

Larson, D. B., Kruskal, J. B., Krecke, K. N., & Donnelly, L. F. (2015). Key concepts of patient safety in radiology. *RadioGraphics*, 35(6), 1677–1693. <https://doi.org/10.1148/rg.2015150115>

List, R., Compton, M., Soper, M., Bruschwein, H., Gettle, L., Bailey, M., ... Albon, D. (2021). Preserving multidisciplinary care model and patient safety during reopening of ambulatory cystic fibrosis clinic for nonurgent care: A hybrid telehealth model. *Telemedicine and e-Health*, 27(2), 193–199. <https://doi.org/10.1089/tmj.2020.0127>

Ocloo, J., Garfield, S., Franklin, B. D., & Dawson, S. (2021). Exploring the theory, barriers and enablers for patient and public involvement across health, social care and patient safety: A systematic review of reviews. *Health Research Policy and Systems*, 19, 8. <https://doi.org/10.1186/s12961-020-00644-3>

Palagonia, E., Mazzone, E., De Naeyer, G., D'Hondt, F., Collins, J., Wisz, P., & Mottrie, A. (2020). The safety of urologic robotic surgery depends on the skills of the surgeon. *World Journal of Urology*, 38, 1373–1383. <https://doi.org/10.1007/s00345-019-02951-y>

Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.

Reeves, S., Pelone, F., Harrison, R., Goldman, J., & Zwarenstein, M. (2017). Interprofessional collaboration to improve professional practice and healthcare outcomes. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2017(6), CD000072.

Singer, S., Lin, S., Falwell, A., Gaba, D., & Baker, L. (2009). Relationship of safety climate and safety performance in hospitals. *Health Services Research*, 44(2 Pt 1), 399–421.

Slawomirski, L., Auraen, A., & Klazinga, N. (2017). *The economics of patient safety: Strengthening a value-based approach to reducing patient harm at national level*. OECD Publishing.

Smits, M., Wagner, C., Spreeuwenberg, P., Van der Wal, G., & Groenewegen, P. P. (2009). Measuring patient safety culture: An assessment of the clustering of responses at unit level and hospital level. *BMJ Quality & Safety*, 18(4), 292–296. <https://doi.org/10.1136/qshc.2007.025965>

Sollid, S. J. M., Dieckmann, P., Aase, K., Søreide, E., Ringsted, C., Østergaard, D., & Aase, K. (2019). Five topics health care simulation can address to improve patient safety: Results from a consensus process. *Journal of Patient Safety*, 15(2), 111–120.

Vaismoradi, M., Tella, S., Logan, P. A., Khakurel, J., & Vizcaya-Moreno, F. (2020). Nurses' adherence to patient safety principles: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(6), 2028.

World Health Organization. (2020). *State of the world's nursing 2020: Investing in education, jobs and leadership*. WHO.

World Health Organization. (2021). *Global patient safety action plan 2021–2030: Towards eliminating avoidable harm in health care*. WHO.

BÖLÜM 3

BASINÇ YARALARI: RİSK FAKTÖRLERİ, ÖNLEME STRATEJİLERİ VE HEMŞİRELİK BAKIMI

FERİDE KAPLAN¹

Giriş

Basınç yaraları, deri ve altta yatan yumuşak dokularda meydana gelen lokalize doku hasarları olup, çoğunlukla kemik çıkıntıları üzerinde veya tıbbi cihazların temas ettiği bölgelerde gelişmektedir. Bu yaralar, uzun süreli basınç ile basınca eşlik eden kayma ve sürtünme kuvvetlerinin etkisi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Huang et al., 2023; Wu et al., 2022). Sağlık teknolojilerindeki ilerlemelere rağmen basınç yaraları, hasta güvenliği ve bakımın kalitesi açısından önemini koruyan ve ciddi klinik sonuçlara yol açabilen bir sağlık sorunudur (Karadağ, 2021).

Basınç yaralarının prevalansı ülkeler arasında farklılık göstermekte olup, Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) hastanede yatan hastalarda %5–15 arasında değiştiği bildirilmektedir. Buna karşılık, Hindistan ve Kuzey Kore'de %19,2, Avustralya'da ise

¹Dr. Öğr. Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, İlk ve Acil Yardım Programı, Orcid: 0000-0002-4678-6913

%27,9 oranında basınç yarası prevalansı rapor edilmiştir (Aydın et al., 2021). Türkiye'de hastanede yatan hastalarda basınç yarası prevalansının %10,4 ile %12,7 arasında değiştiği bildirilmektedir (Celik et al., 2019). Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar, basınç yarası prevalansının ve insidansının yüksek düzeylerde olduğunu göstermektedir (Efteli & Güneş, 2014; Deveci et al., 2025). Efteli ve Güneş (2014) tarafından yürütülen çalışmada basınç yarası insidansının %28,6 olduğu bildirilirken, Deveci ve arkadaşlarının (2025) çalışmasında basınç yarası prevalansının %29,1 olduğu belirlenmiştir.

Basınç yaraları, yoğun bakım ünitelerinde diğer klinik alanlara kıyasla daha sık görülmektedir. Yoğun bakım hastalarının yaşam aktivitelerini bağımsız olarak sürdürememeleri, uzun süre immobil kalmaları ve tanı ile tedavi sürecinde kullanılan tıbbi cihazlara daha uzun süre maruz kalmaları, bu hasta grubunda basınç yaralarının gelişme riskini artırmaktadır (Aslan & Kant, 2023). Türkiye'de gerçekleştirilen bir çalışmada, tıbbi cihazlarla ilişkili basınç yaralarının en sık yoğun bakım ve palyatif bakım ünitelerinde görüldüğü bildirilmiştir. Aynı çalışmada, basınç yaralarının %67,6'sının tıbbi cihazlarla ilişkili olmadığı, %29,4'ünün ise tıbbi cihazlarla ilişkili olduğu saptanmıştır (Cebeci et al., 2024).

Basınç yaraları, hastanede kalış süresinin uzamasına, mortalite oranlarının artmasına ve tedavi maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır (Celik et al., 2019). Bunun yanı sıra ağrı, enfeksiyon ve yaşam kalitesinde azalma gibi olumsuz sonuçlara yol açarak hastalar ve sağlık sistemleri üzerinde önemli bir yük oluşturmaktadır (Wu et al., 2022; Gould et al., 2024). Hastane kaynaklı basınç yaralarının ABD sağlık sistemine yıllık yaklaşık 26,8 milyar dolar maliyet getirdiği, bu maliyetin yarısından fazlasının ise evre 3 ve evre 4 basınç yaralarının tedavisine bağlı olduğu bildirilmektedir (Gould et al., 2024). Ülkemizde ise basınç yaralarının yıllık ekonomik yükünün yaklaşık 11,5 milyar dolar

olduğu bildirilmiştir (Topan & Ceyhan, 2022). Basınç yaralarının tedavisi yüksek maliyet gerektirmesine rağmen, gelişimlerini önlemeye yönelik girişimlerin maliyeti oldukça düşüktür (Aslan & Kant, 2023).

Basınç yaralarının önlenmesi; hasta güvenliğinin sağlanması, bakımın kalitesinin artırılması, yaşam kalitesinin yükseltilmesi ve sağlık bakım maliyetlerinin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır (Kılıç & Sucudağ, 2017; Wu et al., 2022). Sağlık profesyonelleri, risk faktörlerini erken dönemde belirleyerek ve uygun koruyucu girişimleri uygulayarak basınç yaralarının gelişimini önlemede önemli bir role sahiptir (Celik et al., 2019). Özellikle hemşireler, risk değerlendirmesi, basıncın azaltılması, deri bütünlüğünün korunması, beslenmenin desteklenmesi ve hasta eğitimi gibi uygulamalarla önleme sürecinin merkezinde yer almaktadır (Karadağ, 2021).

Bu bölümde, basınç yaralarının en sık görüldüğü bölgeler, sınıflandırılması, gelişiminde rol oynayan risk faktörleri, önleme stratejileri ve hemşirelik bakımına ilişkin güncel yaklaşımlar ele alınarak hemşirelik uygulamalarına ve literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Basınç Yarasının En Sık Görüldüğü Bölgeler

Basınç yaraları en sık iskium, büyük trokanter, sakrum, topuk, malleol (özellikle lateral malleol) ve oksiput gibi kemik çıkıntıları üzerinde görülmekle birlikte, vücudun basınca maruz kalan herhangi bir bölgesinde de gelişebilmektedir (Acharya et al., 2023). Basınç yaralarının yerleşim bölgeleri hastanın pozisyonuna göre farklılık göstermektedir. Sırtüstü yatar pozisyonunda sakrum, kalkaneus, oksiput ve skapula; yüzüstü yatar pozisyonunda spina iliaka anterior superior, patella ve sternum; yan yatar pozisyonunda trokanter ve malleoller; oturur pozisyonunda ise iskium en fazla basınca maruz kalan anatomik bölgelerdir (Karadağ, 2021).

Literatürde basınç yaralarının en sık görüldüğü bölgelerin sakrum ve topuk olduğu bildirilmektedir. Digesa ve arkadaşlarının (2023) çalışmasında basınç yaralarının en sık sakrumda, ardından omuz bölgesinde geliştiği saptanmıştır. Benzer şekilde, Sugathapala ve arkadaşlarının (2023) çalışmasında basınç yaralarının en sık topuk (%34,1), sakrum (%27,2) ve ayak (%18,4) bölgelerinde görüldüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, basınç yaraları nadir de olsa alışılmadık anatomik bölgelerde ortaya çıkabilmektedir. Nitekim Acharya ve arkadaşları (2023), diz bölgesinde gelişen bir basınç yarası olgusunu rapor etmiştir.

Basınç Yaralarının Sınıflandırılması

Ulusal Basınç Ülseri Danışma Paneli (National Pressure Ulcer Advisory Panel [NPUAP]) ve Avrupa Basınç Ülseri Danışma Paneli (European Pressure Ulcer Advisory Panel [EPUAP]) tarafından ortaklaşa yayımlanan kılavuzda basınç yaraları sınıflandırılmıştır (Karadağ, 2021).

I. Evre (Beyazlamayan eritem): Deri bütünlüğünün korunduğu, basınç uygulandığında solmayan lokalize kızarıklık ile karakterizedir. Koyu tenli bireylerde eritemin belirlenmesi güç olabilir. Bu durumda sıcaklık artışı, hassasiyet, ağrı veya doku sertliği gibi değişiklikler görsel bulgulardan önce fark edilebilir. Derin doku hasarını düşündüren mor veya kahverengi renk değişiklikleri her zaman oluşmayabilir (Sivrikaya & Sarıkaya, 2020).

II. Evre (Dermisin kısmi kaybı ve vezikül): Dermisin kısmi kalınlıkta kaybı ile karakterize olup, yüzeysel açık ülser şeklinde görülmektedir. Sıvı dolu vezikül oluşumu gözlenebilir. Yara yatağı genellikle kırmızımı-s pembe renkte olup sarı nekrotik doku içermez. Lezyon parlak veya kuru görünümlü olabilir ve derin doku hasarı bulunmaz (Tanrıkelu & Dikmen, 2017).

III. Evre (Deri ve subkütan doku tabakalarında kayıp): Tam kalınlıkta doku kaybı ile karakterize olup, deri altı yağ dokusu görülebilir; ancak kemik, tendon veya kas dokusu açıkta değildir. Yarada cepleşmeler ve tüneller bulunabilir. Sarı nekrotik doku mevcut olabilir, ancak bu doku kaybının derinliğini tamamen örtmez. Lezyonun derinliği anatomik bölgeye göre değişiklik gösterebilir. Özellikle burun kemeri, kulaklar, oksiput ve malleoller gibi subkütan yağ dokusunun sınırlı olduğu bölgelerde III. evre ülserler daha yüzeysel görünümlü olabilir (Karadağ, 2021).

IV. Evre (Tam deri ve doku kaybı): Kemik, tendon ve kas dokusunun etkilendiği tam kat doku kaybı mevcuttur. Lezyonun derinliği, ülserin geliştiği anatomik bölgeye göre değişiklik gösterebilir. Sıklıkla cepleşme ve tünel oluşumu ile birlikte seyreder (Sivrikaya & Sarıkaya, 2020).

Evrelendirilemeyen/ Sınıflandırılmayan Evre (Deri veya dokuların tüm tabakalarında kayıp (Derinliği bilinmiyor)): Ülserin gerçek derinliğinin, yara yatağının sarı nekrotik doku veya eskar ile tamamen örtülü olması nedeniyle bilinemediği ve tüm doku tabakalarında kaybın bulunduğu evredir. Nekrotik doku veya eskar yeterli düzeyde uzaklaştırılmadan lezyonun gerçek derinliği belirlenemez (Karadağ, 2021).

Şüpheli Derin Doku Hasarı (Derinliği bilinmiyor): Sağlam deri üzerinde mor veya koyu kahverengi renk değişikliği ile karakterize, lokalize bir alan ya da alttaki dokuların basınç ve/veya yırtılma, sürtünme ve ayrılma kuvvetleriyle hasar görmesi sonucu gelişen, içi kanla dolu vezikül ile seyreden bir durumdur. Koyu tenli bireylerde derin doku hasarının saptanması zor olabilir (Karadağ, 2021).

Basınç Yaralarında Risk Faktörleri

Basınç yaraları, hastaya ait olmayan ekstresek faktörler ile hastaya ait intrinsek faktörlerin etkileşimi sonucunda gelişmektedir

(Tanrıkulu & Dikmen, 2017). Ekstresek faktörler arasında basınç, sürtünme, makaslama kuvvetleri ve nem yer almaktadır. Ekstresek risk faktörleri arasında basınç yarası gelişiminde en önemli etmen basınçtır. Dokular üzerinde uygulanan basıncın şiddeti ve süresi arttıkça basınç yarası gelişme riski de artmaktadır. Basınca ek olarak sürtünme ve makaslama kuvvetleri, özellikle derin dokularda hasara neden olabilmektedir. Sürtünme, derinin bir yüzey üzerinde hareket etmesi sonucu epidermis ve dermis tabakalarında zedelenmeye yol açarken, bunu takiben makaslama kuvvetlerinin etkisi ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca basınca maruz kalan bölgenin nemli olması da basınç yarası gelişimini kolaylaştırmaktadır. Özellikle aşırı terleme, üriner ve fekal inkontinans ile yara drenajı, cilt nemini artırarak deri bütünlüğünün bozulmasına ve basınç yarası oluşum riskinin yükselmesine katkıda bulunmaktadır (Topan & Ceyhan, 2022). İntrensek faktörler ise hastanın bireysel ve fizyolojik özellikleri ile komorbiditeleriyle ilişkilidir (Kandi et al., 2022; Velozo et al., 2025). İleri yaş, klinik durum, hareket kısıtlılığı, hemodinamik durum, arteriyel yetmezlik ve yetersiz beslenme gibi faktörler basınç yarası gelişiminde rol oynayan başlıca intrensek risk faktörleri arasında yer almaktadır (Velozo et al., 2025).

Basınç Yaralarını Önleme Stratejileri ve Hemşirelik Bakımı

Basınç yaraları, sağlık hizmetlerinde bakımın kalitesinin önemli göstergelerinden biri olup, önlenmesi ve tedavisi multidisipliner ekip yaklaşımını gerektirmektedir. Bu ekip içerisinde yer alan, hastaya 24 saat kesintisiz bakım ve izlem hizmeti sunan hemşireler, basınç yaralarının önlenmesi, erken tanınması ve yönetiminde kritik bir role sahiptir. Bu nedenle basınç yaralarının önlenmesi, hemşirelik bakımının temel amaçlarından biri olarak kabul edilmekte ve hemşirelerin öncelikli mesleki sorumlulukları arasında yer almaktadır (Çelik et al., 2017).

Hemşirelerin bu sorumluluğu etkin bir şekilde yerine getirebilmesi için basınc yaralarını nleme stratejilerine hâkim olması ve uygulaması gerekmektedir. Basınc yaralarının nlenmesine yönelik stratejiler; risk değerlendirmesi, basıncın dağıtılması ve uygun pozisyonlandırma, deri bakımı, beslenmenin desteklenmesi ile hasta, aile ve bakım verenlerin eğitimi olmak üzere beş temel bileşenden oluşmaktadır (Karadağ, 2021).

- Risk Değerlendirme: Basınc yaralarının önlenmesinde en önemli adımlardan biri risk değerlendirmesidir. Riskin doğru belirlenebilmesi için uygun bir değerlendirme aracının seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, hasta bireyin özelliklerine uygun, geçerli ve güvenilir risk değerlendirme araçlarının kullanılması; bireye özgü bakımın planlanması, izlenmesi ve sürekliliğinin sağlanması yanı sıra basınc yarası gelişiminin nlenmesine de katkı sağlamaktadır (Adıbelli & Korkmaz, 2018). Basınc yarası riskinin değerlendirilmesine yönelik geliştirilmiş birçok ölçek bulunmakla birlikte, klinik uygulamalarda en sık kullanılan ölçekler arasında Norton, Braden ve Waterlow lekleri yer almaktadır (Karadağ, 2021). Yoğun bakım ünitelerinde ise daha çok Jackson Cubbin Risk Değerlendirme leği kullanılmaktadır (Tanrıkuu & Dikmen, 2017). Norton leği; fiziksel durum, mental durum, aktivite, hareketlilik ve kontinans gibi risk faktörlerini değerlendirmektedir. Braden leği; duyuusal işlev, nem, aktivite, hareketlilik, beslenme durumu ile sürtünme ve makaslama faktörlerini kapsamaktadır. Waterlow leği ise yaş, cinsiyet, boya göre ağırlık, iştah durumu, cilt özellikleri, hareketlilik, kontinans ve özel risk faktörlerini değerlendirmektedir (Tanrıkuu & Dikmen, 2017; Kaptan & Pamuk Cebeci, 2024). Yoğun bakım hastalarına yönelik geliştirilen Jackson Cubbin Risk Değerlendirme leği; yaş, kilo, cilt durumu, mental durum, hareketlilik, beslenme, solunum durumu, kontinans, hijyen durumu ve hemodinamik durum gibi risk faktörlerini içermektedir (Tanrıkuu & Dikmen, 2017).

- Basıncın Dağıtılması ve Pozisyon Verme: Basıncın yaralarının önlenmesinde basıncın dağıtılması temel girişimlerden biridir. Bu doğrultuda, kontrendike olmadığı sürece basıncın yaraları bulunan veya basıncın yaraları gelişme riski taşıyan tüm bireylerin düzenli aralıklarla yeniden pozisyonlandırılması gerekmektedir (Karadağ, 2021). Pozisyon değiştirme sıklığı; bireyin aktivite düzeyi, mobilitesi ve bağımsız olarak pozisyon değiştirebilme yeteneği dikkate alınarak belirlenmelidir. Pozisyonlandırma sırasında tüm kemik çıkıntılarının basınçtan korunmasına özen gösterilmelidir. Hastaya pozisyon verilirken sürüklenme hareketinden kaçınılmalı, mümkün olduğunca kaldırma teknikleri kullanılmalıdır. Sürtünme ve makaslama kuvvetlerinin azaltılması için hasta lifti gibi yardımcı cihazların kullanımı da önem taşımaktadır. Hastanın klinik durumu uygun olduğunda 30° lateral yan yatış pozisyonu tercih edilmelidir. Bununla birlikte yatak başı mümkün olduğunca düşük seviyede tutulmalı ve gereksinim doğrultusunda sırtüstü, sağ veya sol yan yatış ya da yüzüstü pozisyonlar dönüşümlü olarak uygulanmalıdır. Aktiviteyi tolere edebilen hastalarda ise erken mobilizasyon desteklenmelidir (Çor & Soysal, 2024).

- Deri Bakımı: Basıncın yaralarının önlenmesinde deri bakımının sağlanması önemli bir bileşendir. Deri; renk, turgor, nemlilik, sıcaklık, kalınlık ve bütünlük açısından düzenli olarak değerlendirilmelidir (Sivrikaya & Sarıkaya, 2020). Maske, intravenöz setler, nazal kanül ve diğer tıbbi cihazların kullanıldığı hastalarda, cihazlarla temas eden bölgeler basıncın yaraları gelişimi açısından düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir (Karadağ, 2021). Özellikle sakrum, kalça, koksiks, trokanter, topuklar, dirsekler ve tıbbi cihazların altında kalan basınca maruz bölgeler günde en az bir kez gözlemlenmelidir. Koyu ten rengine sahip bireylerde deri değerlendirmesi yapılırken, çevre dokularla karşılaştırmalı olarak sıcaklık, renk tonu ve doku bütünlüğündeki değişiklikler dikkatle değerlendirilmelidir. Deri, idrar veya dışkı ile temas ettikten sonra

pH dengeli cilt temizleyicileri kullanılarak gecikmeksizin temizlenmelidir (Sivrikaya & Sarıkaya, 2020). Kuru cilde sahip bireylerde, özellikle yaşlı hastalarda, nemlendirici uygulamaları ile deri bütünlüğü desteklenmelidir. Bununla birlikte, basınç yarası gelişme riski bulunan veya kızarıklık gözlenen bölgelere masaj uygulanmasından kaçınılmalıdır (Karadağ, 2021). Ayrıca yatak ve destek yüzeylerinin uygun şekilde yerleştirilmesi, yatak çarşaflarında kırışıklık oluşmasının önlenmesi ve yatak içerisinde tedavi malzemeleri gibi yabancı cisimlerin bulundurulmaması da deri bütünlüğünün korunmasına katkı sağlamaktadır (Sivrikaya & Sarıkaya, 2020; Digesa et al., 2023).

- Beslenme: Bireyler; kilo kaybı, cilt turgorunda azalma, mukozalarda kuruluk ve idrar çıkışında azalma gibi dehidrasyon belirti ve bulguları açısından izlenmelidir. Özellikle dehidrasyon, yüksek ateş, aşırı terleme, kusma, ishal veya yoğun drenajlı yaraları bulunan bireylerde sıvı gereksinimi değerlendirilmeli ve gerektiğinde ek sıvı desteği sağlanmalıdır. Yeterli sıvı alımının sürdürülmesi basınç yarası riskinin azaltılması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca basınç yarası bulunan ya da yetersiz beslenme riski taşıyan hastalarda, günlük enerji ve protein gereksinimlerinin normal besin alımıyla karşılanamadığı durumlarda, öğün aralarında yüksek kalorili ve yüksek proteinli oral beslenme desteklerinin kullanılması önerilmektedir (Çor & Soysal, 2024). Basınç yarası bulunan bireylerde günlük enerji alımının 30–35 kcal/kg, protein alımının ise 1,25–1,5 g/kg olacak şekilde düzenlenmesi önerilmektedir (Karadağ, 2021). Ayrıca, Evre II veya daha ileri düzeyde basınç yarası bulunan ve malnütrisyonu olan erişkinlerde yara iyileşmesini desteklemek amacıyla yüksek kalorili, yüksek proteinli, arginin, çinko ve antioksidan içeren oral beslenme destekleri kullanılabilir (Çor & Soysal, 2024).

- Eğitim: Hasta, aile ve bakım verenlere; basınç yaralarının etiyolojisi ve risk faktörleri, risk değerlendirme

araçlarının kullanımı, deri değerlendirmesi ve bakımı, destek yüzeylerinin seçimi ve kullanımı, beslenme desteği, bağırsak ve mesane yönetimi ile pozisyon verme gibi konularda eğitim verilmelidir. Bu amaçla bireylerin gereksinimlerine uygun eğitim programları düzenlenmelidir (Karadağ, 2021).

Basınç yaralarının önlenmesi, kritik durumdaki hastalara bakım veren hemşirelerin karşılaştığı en önemli zorluklardan biridir. Basınç yaralarını önlemek için hemşireler, kanıta dayalı müdahaleler kullanmalı, geçerli ve güvenilir araçlar kullanarak risk oranını değerlendirmeli, neden olan faktörlere yönelik gerekli önlemleri almalı, basınç yaralarını önleme konusunda bilgi sahibi olmalı, sürekli eğitimlere katılmalı, hasta bakım ihtiyaçlarını karşılamak için bireyselleştirilmiş bir yaklaşım benimsemeli ve multidisipliner ekibi basınç yarası önleme çabalarına dahil etmelidir. Hemşireler, basınç yarası oluşmuşsa dahi iyileşmeyi sağlamalı, tekrar oluşmasını önlemek için birey ve ailesi ile birlikte hemşirelik bakımını uygulamalı ve bütüncül bir bakım sağlanması konusunda destek olmalıdır (Alshahrani et al., 2021; Bakanoğlu Kalkavan & Şendir, 2024). Ayrıca birey sağlık hizmeti almak için kabul edildiğinde veri toplama yöntemlerini (anamnez, gözlem, görüşme, fizik muayene) kullanarak hemşirelik tanımlarını belirlemeli ve bireyselleştirilmiş bakım planını oluşturmalıdır (Şendir et al., 2012). Basınç yaralarına yönelik sıklıkla kullanılan hemşirelik tanımları; deri bütünlüğünde bozulma, düşme riski, travma riski, kanama riski, enfeksiyon riski, fiziksel mobilitede bozulma, gereksinimden az beslenme, bilgi eksikliği, akut ağrı ve beden imgesinde rahatsızlık şeklinde sıralanabilir (Phelps et al., 2019). Bu tanımlar ve sürekli tanımlama doğrultusunda elde edilen veriler hastanın deri bütünlüğünü ve basınç yarası gelişim riskini belirlemede ve gerekli hemşirelik girişimlerini uygulayarak önlem almada oldukça önemlidir (Şendir et al., 2012).

Sonuç

Basınç yaraları, hasta güvenliğini, yaşam kalitesini ve sağlık bakım maliyetlerini olumsuz etkileyen önemli ancak büyük ölçüde önlenabilir komplikasyonlardır. Basınç yaralarının önlenmesinde hemşireler önemli bir role sahiptir. Hemşirelerin basınç yarası gelişim riskini azaltmak için risk değerlendirme, uygun pozisyonlandırma, deri bakımı, yeterli beslenme ve hidrasyonun sağlanması gibi temel yaklaşımları bilmesi, risk altındaki hastaları erken dönemde belirleyerek hemşirelik girişimlerini uygulaması, güncel bilgi ve kılavuz önerileri doğrultusunda mesleki bilgi ve becerilerini geliştirerek bakım vermesi oldukça önemlidir.

Kaynakça

Acharya, P., Poudel, B., Shrestha, S., & Maharjan, B. (2023). Pressure sore at an unusual site: the bilateral knee—a case report. *Ann Med Surg (Lond)*, 85(7), 3728-3730. <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000000993>

Adıbelli, Ş., & Korkmaz, F. (2018). Yetişkin hastalarda basınç yarası gelişme riskini değerlendirmede kullanılan ölçekler. *SdÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 136-140. <https://doi.org/10.22312/sdusbed.418289>

Alshahrani, B., Sim, J., & Middleton, R. (2021). Nursing interventions for pressure injury prevention among critically ill patients: A systematic review. *J Clin Nurs*, 30(15-16), 2151-2168. <https://doi.org/10.1111/jocn.15709>

Aslan, G., & Kant, E. (2023). Yoğun bakım ünitelerinde çalışan hemşirelerin basınç yarası bilgilerinin ve önleme davranışlarının incelenmesi. *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 21(1), 22-28. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3217852>

Aydın, E., Savcı, A., & Karacabay, K. (2021). Ameliyathane kaynaklı basınç yaraları önlenebilir mi?. *DEUHFED*, 14(4): 442-452. <https://doi.org/10.46483/deuhfed.909285>

Bakanoğlu Kalkavan, E. & Şendir, M. (2024). Braden ölçeği ile basınç yarası riski belirlenen hastalarda risk faktörleri ile basınç yarası arasındaki ilişkinin incelenmesi. *JHSS*, 7(1), 28-54. <https://doi.org/10.61150/jhss.2024070103>

Cebeci, S. P., Çobanoğlu, A., & Oğuzhan, H. (2024). Yoğun bakım hastalarında tıbbi cihazla ilişkili basınç yaralanması gelişimi ve etkileyen faktörler: Nokta prevalans çalışması. *Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hemşirelik Dergisi*, 6(1), 57-64. <https://doi.org/10.48071/sbuhemsirelik.1374543>

Celik, B., Karayurt, Ö., & Ogce, F. (2019). The effect of selected risk factors on perioperative pressure injury development. *AORN J.*, 110(1), 29-38. <https://doi.org/10.1002/aorn.12725>

Çelik, S., Dirimeşe, E., Taşdemir, N., Aşık, Ş., Demircan, S., Eyican, S., et al. (2017). Hemşirelerin bası yarasını önleme ve yönetme bilgisi. *Bakırköy Tıp Dergisi*, 13(3), 133-139. <https://doi.org/10.5350/BTDMJB201713305>

Çor, Z., & Soysal, G. E. (2024). Basınç yarası önleme çalışmaları: Güncel bakış. *Ahi Evran Med J.*, 8(2):242-250. <https://doi.org/10.46332/aemj.1419517>

Deveci, H., Baykara, Z. G., & Özsoy, Z. K. (2025). Bir devlet hastanesindeki basınç yaralanmaları prevalansı ve risk faktörlerinin belirlenmesi: Nokta prevalans çalışması. *Gazi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(3), 71-83. <https://doi.org/10.52881/gsbdergi.1835835>

Digesa, L. E., Baru, A., Shanko, A., Kassa, M., Aschalew, Z., Moga, F., et al. (2023). Incidence and predictors of pressure ulcers among adult patients in intensive care Units at Arba Minch and Jinka Hospitals, Southern Ethiopia. *BioMed Research International*, 9361075. <https://doi.org/10.1155/2023/9361075>

Efteli, E. Ü., & Güneş, Ü. (2014). Basınç yarası gelişiminde perfüzyon değerlerinin etkisi. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(3), 140-144. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/29668>

Gould, L. J., Alderden, J., Aslam, R., Barbul, A., Bogie, K. M., El Masry, M., et al. (2024). WHS guidelines for the treatment of pressure ulcers—2023 update. *Wound Repair Regen*, 32(1), 6-33. <https://doi.org/10.1111/wrr.13130>

Huang, L., Yan, Y., Huang, Y., Liao, Y., Li, W., Gu, C., et al. (2023). Summary of best evidence for prevention and control of

pressure ulcer on support surfaces. *Int Wound J.*, 20(6), 2276-2285.
<https://doi.org/10.1111/iwj.14109>

Kandi, L. A., Rangel, I. C., Movtchan, N. V., Van Spronsen, N. R., & Kruger, E. A. (2022). Comprehensive management of pressure injury: A review. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 33(4), 773-787.
<https://doi.org/10.1016/j.pmr.2022.06.002>

Kaptan, Z., & Pamuk Cebeci, S. (2024). Örnek görseller eşliğinde basınç yarası evrelendirme ve koruyucu bakım davranışları: Geleneksel derleme. *Türkiye Klinikleri J Nurs Sci.*, 16(3):930-42. <https://doi.org/10.5336/nurses.2024-101414>

Karadağ, E. (2021). Basınç yaraları. M. Kara Kaşıkçı & E. Akın (Eds.), *Temel hemşirelik esasları: Kavramlar, ilkeler, uygulamalar* (1. baskı, ss. 149–159). İstanbul Tıp Kitabevleri.

Kılıç, H. F., & Dağ, G. S. (2017). Basınç yarası değerlendirilmesinde sık kullanılan ölçekler. *JAREN*, 3(1):49-54.
<https://doi.org/10.5222/jaren.2017.049>

Phelps, L.L., Ralph, S.S., & Taylor, C.M. (2019). *Sparks & Taylor'in hemşirelik tanı referans el kitabı*. A. Karahan & S. Kav (Eds.). Güneş Tıp Kitabevleri.

Sivrikaya, S. K., & Sarıkaya, S. (2020). Yoğun bakım hastalarında bası ülseri, önleme ve hemşirelik bakımı. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, 24(2), 139-149.
<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1156666>

Sugathapala, R. U. P., Latimer, S., Balasuriya, A., Chaboyer, W., Thalib, L., & Gillespie, B. M. (2023). Prevalence and incidence of pressure injuries among older people living in nursing homes: A systematic review and meta-analysis. *Int J Nurs Stud.*, 148, 104605.
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2023.104605>

Şendir, M., Büyükyılmaz, F., & Aktaş, A. (2012). Doku bütünlüğünün sağlanması ve yara bakımı. T. Atabek Aştı & A. Karadağ (Eds.), *Hemşirelik Esasları Hemşirelik Bilimi ve Sanatı* (1. baskı, ss. 499). Akademi Basın ve Yayıncılık.

Tanrikulu, F., & Dikmen, Y. (2017). Yoğun bakım hastalarında basınç yaraları: risk faktörleri ve önlemler. *J Hum Rhythm*, 3(4), 177-182. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/396716>

Topan, H. & Ceyhan, Ö. (2022). Basınç yaralarında kanıtlarla güncel tedavi yöntemleri. *YOBU Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 3(3), 358-365. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2404936>

Veloze, B. C., Hong, M. V., Bernardo, L. C., e Castro, M. C. N., Contreras-Ruiz, J., & Abbade, L. P. F. (2025). Pressure injury: update on general concepts, clinical aspects, and laboratory findings–Part I. *An Bras Dermatol.*, 100(5), 501187. <https://doi.org/10.1016/j.abd.2025.501187>

Wu, J., Wang, B., Zhu, L., & Jia, X. (2022). Nurses' knowledge on pressure ulcer prevention: An updated systematic review and meta-analysis based on the Pressure Ulcer Knowledge Assessment Tool. *Front Public Health*, 10, 964680. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.964680>

BÖLÜM 4

YAPAY ZEKÂ VE HEMŞİRELİK UYGULAMALARI

ABDULLAH BULUT¹

GİRİŞ

Yapay zekâ (YZ), insan bilişsel süreçlerini taklit edebilen bilgisayar temelli sistemler bütünü olarak tanımlanmakta; öğrenme, akıl yürütme, karar verme, örüntü tanıma ve doğal dil işleme gibi yetenekleri içermektedir. Son yıllarda sağlık alanında veri miktarının artması ve hesaplama gücündeki gelişmeler, yapay zekânın klinik süreçlere entegrasyonunu hızlandırmış ve sağlık hizmetlerinde önemli bir dönüşüm yaratmıştır. Bu dönüşüm yalnızca tanı ve tedavi süreçlerini değil, aynı zamanda hemşirelik bakımının planlanması ve klinik karar verme süreçlerini de etkilemektedir (Davenport & Kalakota, 2019; Rajkomar et al., 2019).

Sağlık hizmetlerinde dijitalleşmenin hız kazanması, büyük veri analitiği ve makine öğrenmesi algoritmalarındaki ilerlemeler, klinik karar verme süreçlerinin daha hızlı, güvenilir ve veri temelli biçimde yürütülmesine imkân sağlamıştır. Elektronik sağlık kayıtları ve sürekli izlem verilerinin yapay zekâ sistemleri tarafından analiz

¹ Öğretim Görevlisi, Şırnak Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, 0000-0002-2029-0717

edilmesi, klinik süreçlerde erken risk belirleme ve daha doğru karar desteği sunulmasına katkı sağlamaktadır (Beam & Kohane, 2018; Rajkomar et al., 2019).

Bu gelişmeler doğrultusunda yapay zekâ, yalnızca teknik bir araç olmaktan çıkarak sağlık sistemlerinin işleyişini, klinik karar süreçlerini ve bakım organizasyonunu yeniden şekillendiren stratejik bir unsur haline gelmiştir. Özellikle karar destek sistemleri ve öngörücü modeller sayesinde sağlık profesyonellerinin karar yükü azalmakta, hasta güvenliği ve bakım kalitesi daha sürdürülebilir hale gelmektedir (Topol, 2019).

Hemşirelik mesleği, bireyin bütüncül bakımını esas alan, sürekli veri toplama, değerlendirme ve klinik karar verme süreçlerini içeren bir sağlık disiplini. Bu nedenle yapay zekâ uygulamaları, hemşirelik bakım süreçlerinde önemli bir potansiyele sahiptir. Yapay zekâ destekli sistemler; hasta güvenliğinin artırılması, klinik karar verme süreçlerinin desteklenmesi, iş yükünün yönetilmesi ve bakım kalitesinin iyileştirilmesi gibi alanlarda hemşirelik uygulamalarını doğrudan etkilemektedir. Özellikle veri temelli analizlerle hastaya özgü risklerin erken belirlenmesi, hemşirelik bakımının daha proaktif ve güvenli bir yapıya dönüşmesine katkı sağlamaktadır (Organization, 2024; Topaz & Pruinelli, 2017).

Bununla birlikte bu dönüşüm yalnızca teknik bir ilerleme değil; etik, hukuki, mesleki ve eğitimsel boyutları olan çok yönlü bir süreçtir. Hemşirelikte yapay zekâ uygulamalarının kullanımı, hasta güvenliği, veri mahremiyeti, sorumluluk paylaşımı ve karar süreçlerinde şeffaflık gibi temel etik ilkeler çerçevesinde değerlendirilmelidir. Bu nedenle yapay zekâ entegrasyonu, insan merkezli bakım felsefesi ile teknolojik gelişmeler arasında dikkatli ve sürdürülebilir bir denge kurulmasını gerektirmektedir (Ebers, 2025; Organization, 2024)

Yapay Zekânın Sağlık Hizmetlerinde Gelişimi

Yapay zekânın sağlık alanındaki gelişimi üç ana evrede incelenebilir.

Kural Tabanlı Sistemler Dönemi (Rule-Based Systems Era)

Yapay zekânın sağlık hizmetlerinde kullanılmaya başlanması, büyük ölçüde kural tabanlı sistemlerin geliştirilmesiyle mümkün olmuştur. Yapay zekânın ilk dönemlerini temsil eden bu sistemler, insan uzmanların bilgi ve deneyimlerini bilgisayar ortamına aktararak klinik karar verme süreçlerini desteklemeyi amaçlamıştır. Özellikle erken dönem uzman sistemler, belirli klinik senaryolarda “eğer–ise” mantığıyla çalışarak tanı koyma, tedavi planlama ve hasta yönetimi süreçlerinde kullanılmış ve günümüzdeki klinik karar destek sistemlerinin gelişimine temel oluşturmuştur (Shortliffe & Sepúlveda, 2018; Yu et al., 2018).

Kural tabanlı sistemler, önceden tanımlanmış “eğer–ise (if–then)” kurallarına dayanarak çalışmaktadır. Bu sistemlerde klinik bilgi, bir bilgi tabanında depolanmakta ve çıkarım motoru aracılığıyla işlenmektedir. Örneğin, “Eğer hastanın vücut sıcaklığı 38°C’nin üzerinde ve lökosit sayısı yüksek ise enfeksiyon açısından değerlendirme yapılmalıdır” biçimindeki kurallar, sistemin karar verme mekanizmasını oluşturmaktadır. Böylece klinisyenlere standart, tutarlı ve kanıta dayalı karar desteği sağlanabilmektedir (Amann et al., 2020).

Tıp alanında kural tabanlı sistemler, yapay zekâ temelli klinik karar destek sistemlerinin ilk ve temel yaklaşımı olarak geliştirilmiştir. Bu sistemler, önceden tanımlanmış “eğer–ise (if–then)” kuralları aracılığıyla klinik verileri işleyerek tanı ve tedavi süreçlerine destek sağlamaktadır. Güncel çalışmalar, kural tabanlı klinik karar destek sistemlerinin özellikle standartlaştırılmış klinik protokollerin uygulanmasında ve sağlık hizmetlerinde tutarlılığın artırılmasında hâlen önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca

bu sistemlerin elektronik sağlık kayıtları ile entegrasyonu, klinik süreçlerde karar doğruluğunu ve hasta güvenliğini destekleyen hibrit yapılar oluşturmuştur (Kierner et al., 2023; Papadopoulos et al., 2022)

Hemřirelik bakımında kural tabanlı sistemler, hasta güvenliğinin artırılması, bakım süreçlerinin standartlaştırılması ve klinik karar verme süreçlerinin desteklenmesi ağısından önemli avantajlar sunmaktadır. Hemřireler, hasta değerlendirmesi, risk sınıflandırması ve bakım planlarının oluşturulması sırasında bu sistemlerden yararlanabilmektedir. Örneđin, basınç yaralanması riski taşıyan hastaların erken belirlenmesi, dűřme riskinin değerlendirilmesi veya kateter ilişkili üriner sistem enfeksiyonu riskinin izlenmesi gibi süreçlerde kural tabanlı karar destek sistemleri kullanılabilir. Bu sistemler, bakım kalitesini artırırken aynı zamanda klinik hataların azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Ceviz & Özden, 2025; Ceylan & Mete, 2023)

Hemřirelik uygulamalarında kural tabanlı sistemlerin bir diğer önemli katkısı, kanıta dayalı bakım uygulamalarının yaygınlaştırılmasıdır. Klinik rehberler ve bakım protokolleri algoritmik kurallara dönűřtürölerek hemşirelerin karar verme süreçlerine entegre edilebilmektedir. Böylece bakım uygulamalarında standardizasyon sağlanmakta ve bireysel uygulama farklılıkları azaltılabilmektedir. Özellikle yoğun bakım, evde bakım ve kronik hastalık yönetimi gibi alanlarda yapay zekâ destekli karar sistemlerinin bakım sonuçlarını iyileştirdiği bildirilmektedir (Cořkun et al., 2024; Ekinci & Başyığit, 2025). Bununla birlikte, kural tabanlı sistemlerin sağlık hizmetlerinde bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu sistemler yeni verilerden öğrenme yeteneğine sahip değildir ve yalnızca önceden tanımlanmış kurallar çerçevesinde çalışmaktadır. Klinik uygulamalarda hasta özelliklerinin çeşitliliği ve sağlık durumlarının dinamik yapısı göz önüne alındığında, katı kurallara dayalı sistemlerin esnekliği sınırlı

kalabilmektedir. Ayrıca bilgi tabanının sürekli güncellenmesi gereksinimi, sistemlerin sürdürülebilirliğini zorlaştırabilmektedir (Sinap, 2025; Sutton et al., 2020).

Günümüzde sağlık alanında yapay zekâ uygulamaları büyük ölçüde makine öğrenmesi ve derin öğrenme temelli sistemlere yönelmiş olsa da, kural tabanlı sistemler açıklanabilirlik ve güvenilirlik avantajları nedeniyle önemini korumaktadır. Özellikle hemşirelik bakımında etik karar verme, hasta güvenliği ve klinik rehberlere uyumun sağlanması gibi alanlarda kural tabanlı yaklaşımlar, modern yapay zekâ sistemleriyle birlikte hibrit modeller içerisinde kullanılmaktadır. Bu durum, gelecekte insan uzmanlığı ile yapay zekâ arasındaki iş birliğinin güçlenmesine ve hasta merkezli bakımın geliştirilmesine katkı sağlayacaktır (Blease et al., 2019).

Makine Öğrenmesi Dönemi

1990'lı yıllardan itibaren makine öğrenmesi yaklaşımları yapay zekâ araştırmalarında giderek ön plana çıkmıştır. Makine öğrenmesi, bilgisayar sistemlerinin açık biçimde programlanmaksızın verilerden öğrenmesini ve deneyimlere dayalı olarak performansını geliştirmesini sağlayan yapay zekâ alt alanıdır. Büyük veri, elektronik sağlık kayıtları ve artan hesaplama kapasitesindeki gelişmeler, makine öğrenmesinin sağlık hizmetlerinde yaygın biçimde kullanılmasına olanak sağlamıştır (Badawy et al., 2023; Yang et al., 2023)

Makine öğrenmesi, sağlık alanında hasta verilerinden örüntüleri belirleyerek tahminlerde bulunmakta ve klinik karar vermeyi desteklemektedir. Geleneksel kural tabanlı sistemlerin aksine, makine öğrenmesi algoritmaları yeni verilerden öğrenebilmekte ve zaman içinde performanslarını iyileştirebilmektedir. Denetimli öğrenme (supervised learning), denetimsiz öğrenme (unsupervised learning) ve pekiştirmeli

öğrenme (reinforcement learning) gibi yaklaşımlar, günümüzde tıp ve hemşirelik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Hong et al., 2022).

Tıp alanında makine öğrenmesi; hastalıkların erken tanınması, prognoz tahmini, klinik risk sınıflandırması ve tedavi planlamasında önemli katkılar sunmaktadır. Özellikle radyolojik görüntülerin analizi, sepsis erken uyarı sistemleri, kardiyovasküler risk tahmini ve ilaç etkileşimlerinin belirlenmesinde makine öğrenmesi tabanlı algoritmalarından yararlanılmaktadır. Bu sistemler, büyük miktardaki klinik verileri insanın analiz edebileceğinden daha hızlı işleyerek tanısal doğruluğu artırabilmekte ve klinik karar verme süreçlerini destekleyebilmektedir (Alowais et al., 2023; Khan et al., 2023).

Evde bakım ve kronik hastalık yönetiminde de makine öğrenmesi önemli uygulama alanları bulmuştur. Giyilebilir sensörler ve uzaktan izleme sistemlerinden elde edilen veriler analiz edilerek bireylerin sağlık durumlarındaki değişiklikler gerçek zamanlı olarak değerlendirilebilmektedir. Böylece hemşireler, özellikle yaşlı ve kronik hastalığı olan bireylerde erken müdahale sağlayarak komplikasyonların önlenmesine katkıda bulunabilmektedir. Bu durum, hasta merkezli bakım anlayışını güçlendirmekte ve bakımın sürekliliğini desteklemektedir (Bashshur et al., 2020; Topol, 2019)

Bununla birlikte makine öğrenmesi uygulamalarının sağlık hizmetlerinde bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Algoritmik yanlılık (algorithmic bias), veri güvenliği, mahremiyet ve karar süreçlerinin açıklanabilirliği önemli etik sorunlar arasında yer almaktadır. Özellikle hemşirelik bakımında yapay zekâ sistemlerinin insan merkezli yaklaşımın yerini almaması, klinik kararların destekleyicisi olarak kullanılması gerekmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin nihai klinik kararı vermekten ziyade hemşirelerin klinik muhakemesini destekleyen araçlar olarak değerlendirilmesi önerilmektedir (Amann et al., 2020; Buchanan et al., 2021).

Makine öğrenmesi dönemi, sağlık hizmetlerinde veriye dayalı karar verme süreçlerini dönüştürmüş ve hemşirelik bakımının daha güvenli, etkili ve kişiselleştirilmiş hâle gelmesine katkı sağlamıştır. Gelecekte açıklanabilir yapay zekâ, etik çerçeveler ve disiplinler arası iş birliğinin gelişmesiyle birlikte makine öğrenmesinin hemşirelik ve tıp uygulamalarındaki rolünün daha da artacağı öngörülmektedir.

Derin Öğrenme ve Üretken Yapay Zekâ Dönemi

Sağlık bilişiminde derin öğrenme ve üretken yapay zekâ döneminin ortaya çıkışı, yalnızca tanı süreçlerini değil, aynı zamanda hemşirelik bakımının doğasını da dönüştürmüştür. Bu dönem, verinin yalnızca analiz edildiği değil; aynı zamanda anlamlandırıldığı, öngörüldüğü ve klinik bağlama uyarlandığı bir yapıyı temsil etmektedir. Özellikle çok kaynaklı klinik verilerin (hemşire gözlemleri, vital bulgular, hasta anlatımları ve bakım kayıtları) birlikte işlenebilmesi, bakım kararlarının daha bütüncül bir temele oturmasını sağlamıştır (Esteva et al., 2019; Singhal et al., 2023).

Derin öğrenme modelleri sağlık bakımında “erken fark etme” yeteneğini öne çıkarmaktadır. Bu sistemler, tek bir kritik ölçüte odaklanmak yerine, hastanın zaman içindeki küçük değişimlerini örüntü düzeyinde değerlendirmektedir. Örneğin, hastanın bilinç düzeyi, mobilizasyon kapasitesi ve ağrı ifadesindeki mikro değişimlerin birlikte analiz edilmesi, klinik kötüleşmenin erken fark edilmesine katkı sağlayabilmektedir. Bu yaklaşım, hemşirelik bakımında “erken uyarı” kavramını sadece fizyolojik verilerle sınırlı olmaktan çıkarıp davranışsal ve fonksiyonel göstergeleri de içeren daha geniş bir çerçeveye taşımaktadır (Muralitharan et al., 2021). Hemşirelik esasları açısından bu dönüşüm özellikle “bakımın sürekliliği” ve “bütüncül değerlendirme” ilkeleriyle doğrudan ilişkilidir. Derin öğrenme destekli sistemler, hemşirenin hastayı

yalnızca anlık verilerle değil, bakım süreci boyunca oluşan eğilimlerle değerlendirmesine imkân tanınmaktadır. Bu durum, hemşirelik sürecinin değerlendirme aşamasında daha doğru önceliklendirme yapılmasını mümkün kılmakta, özellikle yoğun bakım ve acil servis gibi hızlı karar gerektiren alanlarda klinik yükü azaltmaktadır.

Üretken yapay zekâ ise hemşirelik bakımında “bilgi üretimi” boyutunu öne çıkarmaktadır. Bu sistemler yalnızca veriyi analiz etmekle kalmayıp, bakım planı taslağı oluşturma, hasta eğitimi metinleri üretme ve klinik dokümantasyonu yapılandırma gibi görevleri de destekleyebilmektedir. Örneğin, kronik hastalığı olan bir hastaya yönelik eğitim içeriği; hastanın okuryazarlık düzeyi, kültürel özellikleri ve tedavi planına göre otomatik olarak yeniden şekillendirilebilmektedir. Bu durum, hemşirelikte bireyselleştirilmiş bakım yaklaşımını daha sistematik hale getirmektedir (Singhal et al., 2023).

Hemşirelik bakımının planlama ve uygulama aşamalarında üretken yapay zekâ, özellikle “zaman yönetimi” ve “bakım dokümantasyonu” açısından önemli bir destek mekanizması sunmaktadır. Hemşirelerin günlük iş yükü içinde yer alan kayıt tutma, raporlama ve bakım notlarının yapılandırılması gibi görevler, yapay zekâ destekli sistemlerle daha standart ve hızlı şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu durum, hemşirelerin doğrudan hasta ile etkileşim süresini artırarak bakımın insani yönünü güçlendirme potansiyeli taşımaktadır (Topol, 2019). Bununla birlikte bu teknolojilerin hemşirelik bakımına entegrasyonu, bakımın temel etik ilkeleri açısından yeniden değerlendirme gerektirmektedir. Özellikle “zarar vermeme”, “özerklik” ve “adalet” ilkeleri, yapay zekâ destekli sistemlerin kullanımında kritik hale gelmiştir. Model çıktılarının klinik bağlamdan kopuk şekilde kullanılması, bakım hatalarına yol açabileceğinden, bu sistemlerin yalnızca destekleyici araçlar olarak konumlandırılması gerekmektedir. Hemşirelikte klinik sorumluluk

her zaman insana ait olmalıdır (Amann et al., 2020). Ayrıca üretken yapay zekâ sistemlerinde görülebilen “yanıltıcı bilgi üretimi” (hallucination) riski, hemşirelik bakımında kritik bir güvenlik sorunu oluşturmaktadır. Bu nedenle hemşirelerin yapay zekâ çıktılarının doğruluğunu değerlendirebilecek dijital okuryazarlık becerilerine sahip olması giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu beceri, hemşirelik eğitim müfredatında yeni bir yetkinlik alanı olarak değerlendirilmektedir. Derin öğrenme ve üretken yapay zekâ dönemi, hemşirelik bakımını yalnızca daha hızlı değil, aynı zamanda daha öngörücü ve daha kişiselleştirilmiş bir yapıya dönüştürmektedir. Ancak bu dönüşümün gerçek değeri, teknolojinin hemşirelik esasları ile uyumlu şekilde kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Hemşirelik bakımının merkezinde yer alan insan odaklı yaklaşım korunmadığı sürece, teknolojik ilerlemeler tek başına yeterli klinik fayda sağlayamayacaktır.

Hemşirelikte Yapay Zekânın Kuramsal Temelleri

Hemşirelik uygulamaları sistematik bir süreç üzerine kuruludur:

- Veri toplama
- Hemşirelik tanısı
- Planlama
- Uygulama
- Değerlendirme

Yapay zekâ sistemleri bu sürecin her aşamasında destekleyici rol üstlenmektedir (Buchanan et al., 2021).

Veri Temelli Hemşirelik Yaklaşımı

Veri temelli hemşirelik yaklaşımı, hemşirelik bakımının yalnızca klinik gözlem ve deneyime değil, aynı zamanda sistematik

olarak toplanan ve analiz edilen veriye dayandırılmasını ifade etmektedir. Bu yaklaşım, hasta bakımında karar verme süreçlerinin daha nesnel, ölçülebilir ve standardize edilebilir hale gelmesini amaçlamaktadır. Elektronik sağlık kayıtları, klinik sensör verileri, hemşirelik değerlendirme formları ve hasta bildirimleri gibi çoklu veri kaynaklarının bütünleştirilmesi, modern hemşirelik uygulamalarının temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir (Topaz & Pruinelli, 2017)

Yapay zekâ teknolojileri, veri temelli hemşirelik yaklaşımının uygulanabilirliğini önemli ölçüde artırmıştır. Özellikle büyük veri setlerinin insan kapasitesinin ötesinde hız ve doğrulukla analiz edilebilmesi, hemşirelik bakımında öngörücü ve önleyici müdahalelerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ, hemşirelik kararlarını ikame eden bir unsur değil; karar verme sürecini destekleyen bir klinik yardımcı olarak konumlanmaktadır (Topol, 2019). Veri temelli hemşirelik yaklaşımında yapay zekâ uygulamaları üç temel işlev üzerinden değerlendirilmektedir: tanımlayıcı analiz (ne oldu?), öngörücü analiz (ne olabilir?) ve önerici analiz (ne yapılmalı?). Tanımlayıcı analiz, geçmiş hasta verilerinin sistematik olarak özetlenmesini sağlarken; öngörücü analiz, hasta durumundaki olası kötüleşmeleri veya komplikasyon risklerini tahmin etmektedir. Önerici analiz ise hemşirelik bakım planlarının optimize edilmesine yönelik karar destek çıktıları üretmektedir (Sutton et al., 2020).

Hemşirelik bakım süreci açısından veri temelli yaklaşım, özellikle değerlendirme ve planlama aşamalarında kritik bir rol oynamaktadır. Hasta verilerinin sürekli izlenmesi ve analiz edilmesi, hemşirelerin bakım önceliklerini daha doğru belirlemesine yardımcı olmaktadır. Örneğin, hastanın vital bulgularındaki küçük değişimlerin zaman serisi analizi ile değerlendirilmesi, klinik kötüleşme riskinin erken dönemde fark edilmesini sağlayabilmektedir. Bu durum, hemşirelikte proaktif bakım

anlayışını güçlendirmektedir (Muralitharan et al., 2021; Shickel et al., 2017).

Veri temelli hemşirelik yaklaşımı aynı zamanda bakımın standardizasyonuna da katkı sağlamaktadır. Klinik rehberler ve hemşirelik protokolleri, veri analitiği ve yapay zekâ sistemleri aracılığıyla dijital karar destek araçlarına dönüştürülebilmektedir. Böylece hemşirelik uygulamalarındaki bireysel farklılıklar azaltılmakta ve kanıta dayalı bakımın yaygınlaşması desteklenmektedir. Bu durum özellikle yoğun bakım, acil servis ve kronik hastalık yönetimi gibi yüksek riskli alanlarda hasta güvenliğini artırmaktadır (Buchanan et al., 2021; Sutton et al., 2020). Aynı zamanda hemşirelik eğitimi ve mesleki yetkinlikler üzerinde de dönüşüm yaratmaktadır. Hemşirelerin veri okuryazarlığı, dijital sağlık sistemlerini kullanma becerisi ve yapay zekâ çıktılarının klinik bağlamda değerlendirilmesi gibi yeni yetkinlik alanları önem kazanmaktadır. Bu durum, hemşirelik eğitim müfredatlarının teknoloji entegrasyonuna uygun şekilde yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmaktadır.

Yapay zekâ teknolojileri ile birlikte hemşirelik bakımını daha öngörülebilir, ölçülebilir ve kişiselleştirilmiş bir yapıya dönüştürmektedir. Ancak bu dönüşümün başarılı olabilmesi, teknolojinin hemşirelik ile uyumlu şekilde ve hasta merkezli bakım ilkeleri çerçevesinde kullanılması ile mümkündür. Gelecekte yapay zekâ destekli veri analitiği sistemlerinin hemşirelik bakım süreçlerinin vazgeçilmez bir bileşeni haline gelmesi beklenmektedir.

Klinik Akıl Yürütme Süreci

Klinik akıl yürütme (clinical reasoning), hemşirelik ve tıp uygulamalarında hasta bakımına yönelik kararların sistematik olarak oluşturulması, değerlendirilmesi ve uygulanmasını ifade eden bilişsel bir süreçtir. Bu süreç; veri toplama, veriyi yorumlama, hipotez geliştirme, karar verme ve sonuçları değerlendirme

aşamalarından oluşmaktadır. Klinik akıl yürütme, yalnızca bilgiye dayalı bir süreç olmayıp aynı zamanda deneyim, sezgi ve klinik bağlamın bütünleştiği dinamik bir yapı olarak kabul edilmektedir (Connor et al., 2023; Son, 2023)

Klinik akıl yürütme sürecinin ilk aşaması olan veri toplama, yapay zekâ destekli sistemler sayesinde daha kapsamlı hale gelmiştir. Elektronik sağlık kayıtları, giyilebilir cihazlar ve hasta tarafından bildirilen sonuçlar (patient-reported outcomes) gibi çoklu veri kaynakları entegre edilerek daha bütüncül bir hasta profili oluşturulabilmektedir. Bu durum, hemşirelerin ve hekimlerin daha doğru klinik hipotezler geliştirmesine olanak tanımaktadır (Piwek et al., 2016; Shickel et al., 2017).

İkinci aşama olan veri yorumlama ve hipotez geliştirme sürecinde yapay zekâ, özellikle karar destek sistemleri aracılığıyla önemli bir rol oynamaktadır. Algoritmalar, geçmiş hasta verilerine dayanarak olası tanı ve bakım senaryolarını sunabilmekte, böylece klinik akıl yürütme sürecini hızlandırmaktadır. Ancak bu süreçte yapay zekâ çıktılarının mutlak doğruluk olarak değil, olasılık temelli öneriler olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Shickel et al., 2017).

Hemşirelik açısından klinik akıl yürütme, bakım sürecinin merkezinde yer alan temel bir yetkinliktir. Yapay zekâ sistemleri, hemşirelerin bu yetkinliğini ortadan kaldırmamakta; aksine bilgi işleme kapasitesini genişleterek daha karmaşık hasta durumlarının yönetilmesine yardımcı olmaktadır. Özellikle yoğun bakım ve acil servis gibi yüksek stresli ortamlarda yapay zekâ destekli sistemler, hemşirelerin bilişsel yükünü azaltarak daha doğru ve hızlı karar alınmasını desteklemektedir (Sutton et al., 2020). Fakat yapay zekâ sistemlerinin “açıklanabilirlik” düzeyinin düşük olması, klinisyenlerin karar sürecine güvenini azaltabilmektedir. Bu nedenle yapay zekâ çıktılarının klinik akıl yürütme sürecinde destekleyici araçlar olarak kullanılması kritik öneme sahiptir.

Hemşirelik eğitiminde klinik akıl yürütme becerilerinin geliştirilmesi, yapay zekâ çağında daha da önemli hale gelmiştir. Öğrencilerin yalnızca klinik bilgiye değil, aynı zamanda dijital sağlık teknolojilerini yorumlama ve eleştirel değerlendirme becerisine sahip olması gerekmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ, hem bir öğrenme aracı hem de klinik karar destek unsuru olarak hemşirelik eğitimine entegre edilmektedir (Glauber et al., 2023).

Hasta Güvenliği ve Yapay Zekâ

Hasta güvenliği, modern sağlık sistemlerinde bakımın kalitesini belirleyen en temel unsurlardan biri olarak kabul edilmektedir ve özellikle yüksek hasta yoğunluğu, karmaşık tedavi süreçleri ve insan faktörüne bağlı hatalar nedeniyle giderek daha kritik hale gelmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ, hasta güvenliğini artırmak amacıyla klinik süreçlerin daha öngörülebilir, standart ve hataya dayanıklı hale getirilmesinde destekleyici bir teknoloji olarak konumlanmaktadır.

Günlük klinik uygulamalarda hasta güvenliğini tehdit eden en önemli alanlardan biri ilaç uygulama hatalarıdır. Yapay zekâ destekli klinik karar destek sistemleri, hemşirelerin ilaç uygulama sürecinde karşılaşılabileceği riskleri gerçek zamanlı olarak analiz edebilmektedir. Örneğin bir hastaya yeni bir antibiyotik order edildiğinde sistem, hastanın böbrek fonksiyonlarını, yaşını, mevcut ilaçlarını ve alerji geçmişiyle birlikte değerlendirerek doz uyumsuzluğu veya potansiyel ilaç etkileşimi olup olmadığına dair uyarı verebilmektedir. Bu tür sistemler, özellikle yüksek riskli ilaçların kullanımında hata olasılığını azaltarak hemşirelik uygulamalarının güvenliğini güçlendirmektedir. Bununla birlikte bazı durumlarda yapay zekâ sistemlerinin aşırı uyarı üretmesi, klinik personelde alarm yorgunluğuna neden olabilmekte ve bu nedenle sistemlerin klinik iş akışına uygun şekilde optimize edilmesi gerekmektedir (Sutton et al., 2020; Topol, 2019).

Hasta güvenliği açısından bir diğer kritik alan hasta kimliklendirme süreçleridir. Yanlış hasta üzerinde işlem yapılması, sağlık hizmetlerinde ciddi ve önlenabilir hatalar arasında yer almaktadır. Günümüzde yapay zekâ tabanlı sistemler, barkod doğrulama sistemleri, elektronik bileklikler ve yüz tanıma teknolojileri ile entegre çalışarak hasta kimlik doğrulama süreçlerini güçlendirmektedir. Örneğin, hemşire ilaç uygulaması öncesinde hastanın bilekliği okuttuğunda sistem, hem hastanın kimliğini doğrulamakta hem de planlanan ilaç ile eşleşme kontrolü yaparak olası yanlış uygulamaları engelleyebilmektedir. Bu tür dijital doğrulama sistemleri, hasta güvenliği kültürünü güçlendiren önemli teknolojik araçlar arasında yer almaktadır (Organization, 2021).

Klinik süreçlerde hasta güvenliğini artıran bir diğer önemli yapı ise erken uyarı sistemleridir. Yapay zekâ tabanlı erken uyarı sistemleri, hastaların vital bulgularını, laboratuvar sonuçlarını ve hemşirelik gözlemlerini sürekli analiz ederek klinik kötüleşme riskini önceden tahmin edebilmektedir. Örneğin, bir hastanın solunum sayısında hafif artış, oksijen saturasyonunda düşüş ve bilinç durumunda değişiklik birlikte değerlendirildiğinde sistem, sepsis veya solunum yetmezliği riski olabileceğine dair erken uyarı üretebilmektedir. Bu durum, hemşirelerin müdahale süresini kısaltarak hasta sonuçlarını iyileştirme potansiyeli taşımaktadır (Muralitharan et al., 2021; Shickel et al., 2017).

Hasta güvenliği ile doğrudan ilişkili bir diğer önemli faktör hemşirelik iş yüküdür. Artan hasta sayısı, yoğun bakım gereksinimleri ve idari görevler hemşirelerin bilişsel yükünü artırmakta ve insan hatası riskini yükseltmektedir. Yapay zekâ sistemleri bu noktada özellikle dokümantasyon otomasyonu, veri girişinin sadeleştirilmesi ve klinik karar destek mekanizmaları aracılığıyla hemşirelerin iş yükünü azaltabilmektedir. Örneğin, hasta bakım sürecinde vital bulguların otomatik olarak elektronik sağlık kayıtlarına aktarılması hemşirenin zamanını doğrudan hasta

bakımına yönlendirmesine olanak sağlamaktadır (Rouleau et al., 2015; Topol, 2019).

Etik ve Hukuki Boyut

Yapay zekâ teknolojilerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu, hasta bakımının niteliğini artırma potansiyeli taşıırken aynı zamanda önemli etik ve hukuki tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Özellikle hemşirelik uygulamalarında yapay zekâ destekli sistemlerin kullanımı; hasta özerkliği, mahremiyet, veri güvenliği, sorumluluk paylaşımı ve adalet ilkeleri çerçevesinde yeniden değerlendirilmesi gereken bir alan haline gelmiştir (Organization, 2024). Etik açıdan en temel sorunlardan biri, yapay zekâ sistemlerinin karar süreçlerinde şeffaflık ve açıklanabilirlik düzeyidir. Klinik karar destek sistemleri ve makine öğrenmesi algoritmaları çoğu zaman “kara kutu” (black box) niteliği taşıyabilmekte, bu durum hemşirelerin ve diğer sağlık profesyonellerinin sistemin önerdiği kararın gerekçesini tam olarak anlayamamasına yol açabilmektedir. Bu durum, klinik sorumluluk ve güven ilişkisi açısından önemli bir etik sorun oluşturmaktadır (Amann et al., 2020; Organization, 2024).

Hasta özerkliği açısından değerlendirildiğinde, yapay zekâ destekli sistemlerin hasta bakımında kullanılması, hastanın bilgilendirilmiş onam sürecini de yeniden tanımlamaktadır. Hastaların, bakım süreçlerinde yapay zekâ algoritmalarının rolü hakkında bilgilendirilmesi ve bu teknolojilerin sınırlarının açıkça ifade edilmesi gerekmektedir. Aksi halde hasta, kendisine sunulan bakımın hangi ölçüde insan kararı, hangi ölçüde algoritmik öneri olduğunu ayırt edemeyebilir. Bu durum, özerklik ilkesinin zedelenmesine neden olabilir (Gerke et al., 2020; Khosravi et al., 2024).

Hemşirelik uygulamalarında veri mahremiyeti ve gizliliği de önemli bir etik sorun alanıdır. Yapay zekâ sistemleri büyük miktarda

hasta verisini işlediği için, bu verilerin korunması kritik hale gelmektedir. Özellikle elektronik sağlık kayıtları, giyilebilir cihaz verileri ve gerçek zamanlı izlem sistemleri, siber güvenlik risklerine açık olabilir. Bu nedenle sağlık kurumlarının güçlü veri koruma altyapıları geliştirmesi ve uluslararası veri güvenliği standartlarına uyum sağlaması gerekmektedir.

Hukuki açıdan en tartışmalı konulardan biri sorumluluk paylaşımıdır. Yapay zekâ destekli bir sistemin yanlış öneride bulunması veya hatalı bir klinik kararın desteklenmesi durumunda sorumluluğun hemşireye, hekime, kuruma mı yoksa yazılım geliştiriciye mi ait olacağı konusu birçok ülkede henüz netlik kazanmamıştır. Bu belirsizlik, özellikle hemşirelik uygulamalarında mesleki sorumluluk alanını karmaşık hale getirmektedir (Act, 2024; Gerke et al., 2020). Ayrıca yapay zekâ sistemlerinin sağlık hizmetlerinde kullanımı, düzenleyici çerçeveler açısından da sürekli güncellenen bir alanı temsil etmektedir. Avrupa Birliği Yapay Zekâ Yasası (EU AI Act) gibi düzenlemeler, sağlık alanında kullanılan yapay zekâ sistemlerini “yüksek riskli sistemler” kategorisine alarak sıkı denetim ve şeffaflık gereklilikleri getirmektedir. Bu tür düzenlemeler, hasta güvenliği ile birlikte etik sorumlulukların da yasal zeminde korunmasını amaçlamaktadır (Act, 2024). Hemşirelik mesleği açısından etik boyutun önemli bir diğer yönü, insan merkezli bakım ilkesinin korunmasıdır. Yapay zekâ sistemleri bakım süreçlerini destekleyebilir ancak hastayla kurulan empatik ilişki, klinik sezgi ve bütüncül değerlendirme gibi hemşireliğin temel unsurlarının yerini alamaz. Bu nedenle yapay zekâ, hemşirelik bakımında yalnızca destekleyici bir araç olarak konumlandırılmalı ve insan faktörünün karar süreçlerindeki merkezi rolü korunmalıdır (Buchanan et al., 2021; Organization, 2023; Topol, 2019).

Yapay zekâ, hemşirelik ve sağlık hizmetlerinde önemli fırsatlar sunarken aynı zamanda ciddi etik ve hukuki sorumluluklar da doğurmaktadır. Bu teknolojilerin güvenli ve etkili şekilde

kullanılabilmesi, yalnızca teknik gelişmelere değil; aynı zamanda güçlü etik ilkeler, açık yasal düzenlemeler ve mesleki sorumluluk bilincine bağlıdır. Gelecekte hemşirelik uygulamalarının, yapay zekâ ile uyumlu ancak insan merkezli bir etik çerçeve içinde gelişmesi beklenmektedir.

Gelecek Perspektifi

Gelecekte yapay zekâ:

- Klinik kararları daha fazla destekleyecek
- Hemşirelik iş yükünü azaltacak
- Kişiselleştirilmiş bakımı artıracak

Ancak insan merkezli bakım yaklaşımı korunmalıdır. Hemşirelikte empati, etik değerlendirme ve iletişim becerileri teknoloji ile ikame edilemez.

Sonuç

Yapay zekâ, hemşirelik uygulamalarında klinik karar destekten hasta güvenliğine, eğitimden araştırmaya kadar geniş bir etki alanına sahiptir. Bu teknolojiler, hemşirelik bakımının kalitesini artırma potansiyeli taşımakla birlikte etik ve mesleki sorumlulukların dikkatle yönetilmesini gerektirmektedir. Yapay zekâ, hemşireliğin yerini alan bir unsur değil; onu güçlendiren tamamlayıcı bir araçtır.

Kaynakça

Act, R. (2024). Regulation (eu) 2024/2847 of the european parliament and of the council. *Regulation (eu)*.

Alowais, S. A., Alghamdi, S. S., Alsuhebany, N., Alqahtani, T., Alshaya, A. I., Almohareb, S. N., Aldairem, A., Alrashed, M., Bin Saleh, K., & Badreldin, H. A. (2023). Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education*, 23(1), 689. <https://doi.org/10.1177/23333928241234863>

Amann, J., Blasimme, A., Vayena, E., Frey, D., Madai, V. I., & Consortium, P. Q. (2020). Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. *BMC medical informatics and decision making*, 20(1), 310. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01332-6>

Badawy, M., Ramadan, N., & Hefny, H. A. (2023). Healthcare predictive analytics using machine learning and deep learning techniques: a survey. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 10(1), 40. <https://doi.org/10.1186/s43067-023-00108-y>

Bashshur, R., Doarn, C. R., Frenk, J. M., Kvedar, J. C., & Woolliscroft, J. O. (2020). Telemedicine and the COVID-19 pandemic, lessons for the future. In (Vol. 26, pp. 571-573): SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.

Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Big data and machine learning in health care. *Jama*, 319(13), 1317-1318. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.18391>

Bleas, C., Kaptchuk, T. J., Bernstein, M. H., Mandl, K. D., Halamka, J. D., & DesRoches, C. M. (2019). Artificial intelligence and the future of primary care: exploratory qualitative study of UK general practitioners' views. *Journal of medical Internet research*, 21(3), e12802. <https://doi.org/10.2196/12802>

Buchanan, C., Howitt, M. L., Wilson, R., Booth, R. G., Risling, T., & Bamford, M. (2021). Predicted influences of artificial intelligence on nursing education: scoping review. *JMIR nursing*, 4(1), e23933. <https://doi.org/10.2196/23933>

Ceviz, A., & Özden, G. (2025). Yoğun bakımda yapay zekanın etik sonuçları: klinik karar verme ve hemşirelik uygulamaları üzerine bir literatür incelemesi. *Yoğun Bakım Hemşireliği Dergisi*, 29(2), 152-160. <https://doi.org/10.62111/ybhd.1606594>

Ceylan, B. K., & Mete, M. (2023). Kanıta dayalı hemşirelik kavramı ve kanıt niteliği oluşturan durumlar. *Selçuk Üniversitesi Akşehir Meslek Yüksekokulu Sosyal Bilimler Dergisi*(15), 121-132.

Connor, J., Flenady, T., Massey, D., & Dwyer, T. (2023). Clinical judgement in nursing—An evolutionary concept analysis. *Journal of clinical nursing*, 32(13-14), 3328-3340. <https://doi.org/10.1111/jocn.16469>

Coşkun, A. B., Elmaoğlu, E., Pişkin, M., & Alsaç, S. Y. (2024). Hemşirelikte dijital sağlık teknolojileri ve güncel gelişmeler. In H. E. Uyar Hazar (Ed.), *Sağlık & Bilim 2024 Hemşirelik-I* (1. ed., pp. 7-23). Efeakademi yayınları.

Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future healthcare journal*, 6(2), 94-98. <https://doi.org/10.7861/futurehosp.6-2-94>

Ebers, M. (2025). Truly risk-based regulation of artificial intelligence how to implement the EU's AI Act. *European Journal of Risk Regulation*, 16(2), 684-703. <https://doi.org/10.1017/err.2024.78>

Ekinci, İ., & Başıyigit, Ö. F. (2025). Yapay zekâ destekli klinik karar vermede hemşirelerin değişen rolü. In F. Hatipoğlu

(Ed.), *Sağlık Bilimlerinde Yeni Kavramlar ve İleri Çalışmalar* (1. ed., pp. 46-55). All Sciences Academy.

Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., Cui, C., Corrado, G., Thrun, S., & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature medicine*, 25(1), 24-29. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z>

Gerke, S., Minssen, T., & Cohen, G. (2020). Ethical and legal challenges of artificial intelligence-driven healthcare. In *Artificial intelligence in healthcare* (pp. 295-336). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818438-7.00012-5>

Glaubergerman, G., Ito-Fujita, A., Katz, S., & Callahan, J. (2023). Artificial intelligence in nursing education: opportunities and challenges. *Hawai'i journal of health & social welfare*, 82(12), 302.

Hong, N., Liu, C., Gao, J., Han, L., Chang, F., Gong, M., & Su, L. (2022). State of the art of machine learning-enabled clinical decision support in intensive care units: literature review. *JMIR medical informatics*, 10(3), e28781. <https://doi.org/10.2196/28781>

Khan, B., Fatima, H., Qureshi, A., Kumar, S., Hanan, A., Hussain, J., & Abdullah, S. (2023). Drawbacks of artificial intelligence and their potential solutions in the healthcare sector. *Biomedical Materials & Devices*, 1(2), 731-738. <https://doi.org/10.1007/s44174-023-00063-2>

Khosravi, M., Zare, Z., Mojtabaieian, S. M., & Izadi, R. (2024). Artificial intelligence and decision-making in healthcare: a thematic analysis of a systematic review of reviews. *Health services research and managerial epidemiology*, 11, 23333928241234863. <https://doi.org/10.1177/23333928241234863>

Kierner, S., Kucharski, J., & Kierner, Z. (2023). Taxonomy of hybrid architectures involving rule-based reasoning and machine

learning in clinical decision systems: A scoping review. *Journal of biomedical informatics*, 144, 104428. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2023.104428>

Muralitharan, S., Nelson, W., Di, S., McGillion, M., Devereaux, P., Barr, N. G., & Petch, J. (2021). Machine learning–based early warning systems for clinical deterioration: systematic scoping review. *Journal of medical Internet research*, 23(2), e25187. <https://doi.org/10.2196/25187>

Organization, W. H. (2021). *Global patient safety action plan 2021-2030: towards eliminating avoidable harm in health care*. World Health Organization.

Organization, W. H. (2023). *Regulatory considerations on artificial intelligence for health*. World Health Organization.

Organization, W. H. (2024). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: large multi-modal models. WHO guidance*. World Health Organization.

Papadopoulos, P., Soflano, M., Chaudy, Y., Adejo, W., & Connolly, T. M. (2022). A systematic review of technologies and standards used in the development of rule-based clinical decision support systems. *Health and Technology*, 12(4), 713-727. <https://doi.org/10.1007/s12553-022-00672-9>

Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S., & Joinson, A. (2016). The rise of consumer health wearables: promises and barriers. *PLoS medicine*, 13(2), e1001953. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001953>

Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). Machine learning in medicine. *New England Journal of Medicine*, 380(14), 1347-1358. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1814259>

Rouleau, G., Gagnon, M.-P., & Côté, J. (2015). Impacts of information and communication technologies on nursing care: an

overview of systematic reviews (protocol). *Systematic reviews*, 4(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s13643-015-0062-y>

Shickel, B., Tighe, P. J., Bihorac, A., & Rashidi, P. (2017). Deep EHR: a survey of recent advances in deep learning techniques for electronic health record (EHR) analysis. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(5), 1589-1604. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2017.2767063>

Shortliffe, E. H., & Sepúlveda, M. J. (2018). Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *Jama*, 320(21), 2199-2200. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.17163>

Sinap, V. (2025). Yapay zekâ destekli karar destek sistemleri ve yönetim bilişim sistemlerine entegrasyonu. In V. Sinap (Ed.), *Yönetim Bilişim Sistemleri Alanında Yenilikçi Çözümler ve Güncel Yaklaşımlar* (1. ed., pp. 25-68). Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub700>

Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., Mahdavi, S. S., Wei, J., Chung, H. W., Scales, N., Tanwani, A., Cole-Lewis, H., & Pfohl, S. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature*, 620(7972), 172-180. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2>

Son, H. K. (2023). Effects of simulation with problem-based learning (S-PBL) on nursing students' clinical reasoning ability: based on Tanner's clinical judgment model. *BMC medical education*, 23(1), 601. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04567-9>

Sutton, R. T., Pincock, D., Baumgart, D. C., Sadowski, D. C., Fedorak, R. N., & Kroeker, K. I. (2020). An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. *NPJ digital medicine*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.1038/s41746-020-0221-y>

Topaz, M., & Pruinelli, L. (2017). Big Data and Nursing: Implications for the Future. *Stud Health Technol Inform*, 232, 165-171. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-738-2-165>

Topol, E. (2019). *Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again*. Hachette UK.

Yang, S., Varghese, P., Stephenson, E., Tu, K., & Gronsbell, J. (2023). Machine learning approaches for electronic health records phenotyping: a methodical review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 30(2), 367-381. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocac216>

Yu, K.-H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Artificial intelligence in healthcare. *Nature biomedical engineering*, 2(10), 719-731. <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>

BÖLÜM 5

CAUSES AND PREVENTION OF MEDICATION ADMINISTRATION ERRORS

Arzu ÇİMEN¹

Introduction

Medication errors are common events across all health care settings and threaten patient safety (Naserallah et al., 2022). In 2017 the World Health Organization (WHO) launched its third Global Patient Safety Challenge under the title “Medication Without Harm” and set the goal of reducing preventable severe medication-related harm by 50% within five years. The same document estimated the annual global cost of medication errors at approximately 42 billion US dollars (WHO, 2017). Adverse drug events have been reported to prolong hospital stay by an average of 4.6 days and to add a cost per event (Shah et al., 2016).

Aronson (2009) defined a medication error as a failure in the treatment process that harms or has the potential to harm the patient. Such an error may arise at any stage of the medication-use process (prescribing, transcription, pharmacy preparation, administration, and monitoring). Among these steps, administration is the last point

¹ Dr., Bayburt University, Aydıntepe Vocational School, Department of Child Care and Youth Services, ORCID: 0000-0003-1983-9140

before the drug reaches the patient and is largely the nurse's responsibility. Precisely because of this position, Eze et al. (2025) stated that the nurse plays a decisive role in intercepting and preventing errors.

In federal hospitals in Ethiopia, 59.9% of nurses had committed at least one medication administration error in the previous year; the most frequent error was wrong-time administration (56.8%) (Mohammed et al., 2022). The picture is more severe in pediatric patients. Marufu et al. (2021) reported that administration error rates in pediatrics exceed 70% and that children are affected approximately three times more than adults.

The literature responds to the question of why errors occur in a largely consistent way. The systematic review by Keers et al. (2013), covering 54 studies, demonstrated that errors originate less from individual carelessness than from workload, communication problems, interruptions, and unfavorable working conditions. An umbrella review bringing together 27 systematic reviews found decision-making errors to be the most frequent higher-order factor, followed by organizational and environmental factors such as understaffing and distractions (Naserallallah et al., 2022). Prevention therefore targets not the individual but the work system.

The aim of this chapter is to review the causes and prevention of medication administration errors in light of the current literature. The concept and classification of errors, system- and individual-related causes, technological measures, prevention strategies, high-alert medications, and error reporting and safety culture are addressed in turn. The intended outcome is an evidence-based summary with practical relevance for nursing practice.

Method

This study is a traditional (narrative) review that contains no primary data. The national and international literature on the causes

and prevention of medication administration errors was searched. The search covered systematic reviews, meta-analyses, scoping reviews, qualitative studies, cross-sectional studies, and practice guidelines. Studies were selected according to their direct relevance to the causes, prevention, technological tools, high-alert medications, and error reporting related to medication administration errors in the nursing context. Both English- and Turkish-language sources were considered. The studies reviewed cover approximately the years 2006–2025. The findings of the selected studies were synthesized thematically in line with the chapter’s headings. As the search was not systematic, it is not exhaustive; the aim is to present a balanced summary of current evidence.

Concept and Classification of Medication Administration Errors

Definition

A medication error is a failure in the treatment process that harms or has the potential to harm the patient (Aronson, 2009). A medication administration error corresponds to the administration stage of this definition. It refers to a deviation from giving the right drug to the right patient at the right dose, route, and time. In the study by Mohammed et al. (2022), these deviations were measured under headings such as wrong drug, wrong dose, wrong time, wrong route, wrong patient, and wrong documentation.

Rights of Medication Administration

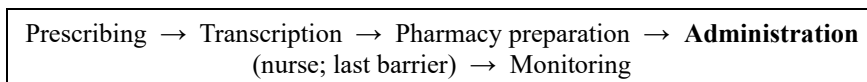
The safety of medication administration has long been anchored in clinical practice by the framework known as the “rights” of medication administration, most commonly referred to as the “five rights.” These encompass the right patient, right drug, right dose, right time, and right route (Shah et al., 2016; Young et al., 2010). Barcode medication administration systems were explicitly

designed to verify these five rights electronically at the bedside (Shah et al., 2016). However, it has been reported that the five rights alone are insufficient to prevent all medication errors. In response, the framework was expanded over time to include additional rights such as right documentation, right reason (indication), and right patient education; expanded versions, notably the nine rights, have been described in the literature (Elliott & Liu, 2010). In parallel, barcode technology has brought to light categories of error that the traditional five-rights approach overlooked (Young et al., 2010). Therefore, the five rights should not be regarded as the sole layer of error prevention.

Process-Based Classification

Medication errors are most often classified according to the stage of the process at which they occur. A common scheme distinguishes the steps of prescribing, transcription, pharmacy preparation, and administration. However, the field is not uniform. As Almanasreh et al. (2016) showed, studies use different lists of subtypes, which makes the comparison of error rates difficult. The need for a common language is the rationale for the development of the taxonomy of the National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention (NCC MERP). The taxonomy provides a standard structure for recording and monitoring errors; it serves system improvement rather than blame (NCC MERP, 1998).

Figure 1. Stages of the medication-use process and the position of the administration error



Harm-Based Classification

The second classification is based on the harm caused by the error. The NCC MERP taxonomy arranges errors from Category A

to Category I. Category A defines conditions that may give rise to an error before any error has occurred. Category B indicates an error that occurred but did not reach the patient. Category I describes the most severe error, which may have contributed to or resulted in the patient's death (NCC MERP, 1998). This graded structure provides a criterion for monitoring and for determining which errors to prioritize.

Causes of Errors

Interrelation of Individual and System Factors

The causes of medication administration errors are generally divided into two groups: those originating from the nurse and those originating from the work system. In practice this distinction is not so clear-cut. It has been reported that individual and systemic factors feed into each other and are present together in most errors (Brady et al., 2009). Inattention often has heavy workload, understaffing, or frequent interruptions behind it. Examining the causes under separate headings facilitates the narrative, but in the field they are intertwined.

Individual-Related Causes

Individual-related factors have been listed as inattention, limited drug knowledge, weakness in dose calculation, non-adherence to protocol, and fatigue (Shahrokhi et al., 2013; Jones, 2009). In a study based on nurses' views, the strongest category was nurse-related factors, and within these, insufficient attention ranked first (Shahrokhi et al., 2013).

When explaining errors, nurses most often mentioned lack of drug knowledge, fatigue, complacency, and heavy workload; contextual conditions appeared in every study reviewed (Schroers et al., 2021).

System-Related Causes

On the system side the picture is broader. Workload, understaffing, interruptions, unclear or incomplete orders, drug packaging, pharmacy processes, and poor communication are the most frequently named factors. In a systematic review covering 54 studies, the most frequent unsafe acts were found to be slips and lapses; among the conditions facilitating them were poor written communication, supply and storage problems, high workload, equipment problems, patient acuity, fatigue, stress, and interruptions (Keers et al., 2013).

Primary studies have likewise set out similar factors. Drug packaging, nurse-physician communication, pharmacy processes, staffing, and documentation errors have been directly associated with administration errors (Hammoudi et al., 2018). In federal hospitals in Ethiopia, the most frequent error types were wrong time (56.8%) and wrong documentation (33.3%); both are related more to workflow than to a single person's attention (Mohammed et al., 2022). From a higher-level perspective the ordering remains similar: first decision-making errors, then organizational and environmental factors, particularly understaffing and distractions (Naseralallah et al., 2022).

In a study conducted with 213 nurses in surgical clinics, the most frequent error was wrong-dose administration (51.6%) and the most decisive factor was heavy workload (88.7%); 61.5% of nurses attributed errors to lack of knowledge (Karaman Özlü et al., 2015).

Interruptions and Distractions

Interruptions are among the most studied of these factors. On average, 6.7 interruptions per hour were found to occur during medication administration; most of these interruptions arose from face-to-face interaction, most were initiated by the nurse herself, and they were brief; a smaller proportion stemmed from system

breakdowns such as missing medication (Biron et al., 2009). In the same review, at least one observational study showing the link between interruptions and errors was identified.

In 16 of 22 studies (73%) from nine countries, a significant positive association was found between interruptions and administration errors (Schroers et al., 2025). There is a measurement problem here: the definitions of interruption and error vary frequently from study to study. The direction of the relationship is consistent, but its magnitude cannot be reduced to a single figure.

Workload and Staffing

Workload and staffing stand out both in nurses' perceptions and in measurement-based studies. Workload has been defined as one of the principal themes of medication errors in a recent systematic review (Manaf et al., 2025). Most of the 36 studies examining the topic were of cohort or cross-sectional design, and the majority ($n = 21$) relied on self-report; few used objective sources such as barcode medication administration ($n = 5$) or electronic staffing data ($n = 5$) (Rachman & Yen, 2025). For this reason, although the staffing-error relationship is strongly felt in practice, it is difficult to measure numerically and to compare across studies.

Most of these factors can be modified through the work system. Attention, knowledge, and protocol adherence are not sufficient on their own; all of them operate within an environment built by staffing, interruptions, communication, and documentation arrangements.

Table 1. *Main causes of medication administration errors*

Factor group	Principal factors	Sources
Individual-related	Inattention, limited drug knowledge, weak dose calculation, non-adherence to protocol, fatigue, complacency	Shahrokhi et al. (2013); Jones (2009); Schroers et al. (2021)
System-related	Workload, understaffing, unclear/incomplete orders, drug packaging, pharmacy processes, poor communication, documentation problems	Keers et al. (2013); Hammoudi et al. (2018); Mohammed et al. (2022); Manaf et al. (2025); Naserallallah et al. (2022); Karaman Özlü et al. (2015)
Interruptions and distractions	~6.7 interruptions per hour; significant positive association with errors in 16 of 22 studies	Biron et al. (2009); Schroers et al. (2025)

Technological Measures

Barcode Medication Administration

Barcode medication administration (BCMA) rests on the principle of electronic verification of the drug at the bedside. When the nurse scans her own identification card, the patient's wristband, and the drug's barcode, the system checks the five core rights and generates a real-time alert or confirmation (Shah et al., 2016). The aim is to intercept the error before it reaches the patient.

The evidence has shown that BCMA reduces certain error types. In a systematic review examining ten prospective before-and-after studies, all of the studies reported a positive effect; it was concluded that the technology is particularly useful in preventing wrong-dose, wrong-drug, wrong-patient, unauthorized-drug, and wrong-route errors (Hutton et al., 2021). In a single-center before-and-after study conducted in intensive care, the error rate fell from 19.7% to 8.7%, that is, by 56%; the greater part of this reduction came from wrong-time errors (DeYoung et al., 2009). In a single-center before-and-after study carried out in an emergency

department, the error rate decreased by 10.8% and the number of drugs given in error per patient by 21% (Gauthier-Wetzel, 2022).

The effect is not the same in every setting and for every error type. In a study evaluating barcode and electronic medication administration record together, the adverse drug event rate fell from 0.26% to 0.20%; however, administration errors themselves did not change, and the reduction stemmed mainly from wrong-time and transcription errors (Truitt et al., 2016). Another systematic review reported that BCMA did not consistently lower the overall administration error rate but instead revealed error categories that the traditional five-rights approach could not detect (Young et al., 2010). BCMA reduces some error types; it also makes measurable the errors that the older method left hidden.

Smart Infusion Pumps

Smart infusion pumps aim to reduce dose errors in intravenous medications. In a multicenter before-and-after study measuring the effect of pump interoperability, total errors fell from 114.6 to 96.5 per 100 infusions, which corresponds to a reduction of approximately 16% (Skog et al., 2022). In the same study, errors related to high-alert medications fell from 12.8 to 6.8 per 100 infusions. Errors were found to be markedly more frequent with manual programming; automatic programming appears protective in this respect.

Limitations of Technology

Technology is not a solution on its own. A review addressing BCMA and smart pumps together emphasized that these tools support the workflow but do not eliminate all error types and may even create new types of error (Michalek & Carson, 2020). The same review noted that the principal factor eroding the safety gain is workaround behavior. Technology works only together with training, workflow design, and regular monitoring.

Prevention Strategies and Multicomponent Interventions

Multicomponent Approaches

The most consistent finding in the prevention literature is that not a single practice but a combination of components is what works. An overview reviewing 16 systematic reviews found that multicomponent education and risk-management strategies together with barcode technology were effective in reducing errors (Lapkin et al., 2016). A recent meta-analysis conducted in adult acute care likewise identified five intervention types from 26 studies; it reported that nurse-led interventions reduced administration errors overall and that the strongest subgroup was workflow-oriented smart technologies (Eze et al., 2025).

The effect of interventions individually differs. In a systematic review evaluating 13 studies, five studies reported a decrease in the error rate: automated dispensing (RR 0.72), computerized prescriber order entry (RR 0.51), barcode administration combined with an electronic record (RR 0.71), simulation-based nurse training (RR 0.17), and clinical-pharmacist-led education (RR 0.76). In the remaining studies the result either increased or remained uncertain, and most had methodological weaknesses (Keers et al., 2014).

Components in Intensive Care and Pediatrics

The effect of components varies by setting. In a review examining 11 studies in adult intensive care, the most effective interventions were prefilled syringes, nurse education programs, and a protocol-based programmed logic form (Mohanna et al., 2021). In a meta-analysis covering 18 studies in pediatrics and neonates, a 64% reduction in administration errors after the intervention was reported; an education component was present in the great majority of the studies (13/18) (Marufu et al., 2021).

Limitations of the Evidence

Not every intervention is equally well supported. An older meta-analysis combining seven studies could not demonstrate a clear overall reduction in administration errors by interventions and noted that the methodological quality of the included studies was low (Berdot et al., 2016). The benefit of routine double-checking on its own has also not become clear; it has been emphasized that more research is needed on this matter (Lapkin et al., 2016). Multicomponent interventions that combine components and technology accomplish more than individual policy changes when they fit the local workflow.

Table 2. *Selected prevention interventions and their reported effects*

Intervention	Reported effect	Study type	Source
Barcode administration (BCMA)	Reduction in wrong dose, drug, patient, unauthorized-drug, and route errors	Systematic review of 10 before-and-after studies	Hutton et al. (2021)
BCMA (intensive care)	Error rate 19.7% → 8.7% (56% reduction)	Single-center before-and-after	DeYoung et al. (2009)
BCMA (emergency department)	10.8% error rate reduction; 21% reduction per patient"	Single-center before-and-after	Gauthier-Wetzel (2022)
BCMA + electronic record	ADE 0.26% → 0.20%; administration errors unchanged	Before-and-after	Truitt et al. (2016)
Smart pump interoperability	~16% reduction in total errors	Multicenter before-and-after	Skog et al. (2022)
Automated dispensing	RR 0.72	Systematic review	Keers et al. (2014)
Computerized prescriber order entry (CPOE)	RR 0.51	Systematic review	Keers et al. (2014)
Simulation-based nurse training	RR 0.17	Systematic review	Keers et al. (2014)
Pharmacist-led education	RR 0.76	Systematic review	Keers et al. (2014)
Pediatric/neonatal interventions	64% reduction	Meta-analysis	Marufu et al. (2021)
Routine double-checking (alone)	Benefit unclear	Systematic review	Lapkin et al. (2016); Berdot et al. (2016)

High-Alert Medications

High-alert medications are drugs that carry a high probability of serious harm when administered incorrectly. In this group, safety relies on layered system measures rather than on memory. The

principal recommended controls have been listed as computerized prescriber order entry, Tall Man lettering, ready-made order sets, independent double-checking, and proactive patient monitoring (Cajanding, 2017).

Details at the level of administration are decisive. The Institute for Safe Medication Practices (ISMP) has published consensus-based best practices for hospitals; these still focus on errors that lead to fatal harm. Vincristine and other vinca alkaloids are prepared in a minibag rather than a syringe so that they remain in the intravenous route only. Oral methotrexate is dosed weekly by default, and a fixed checkpoint is placed for daily orders. Patient weights are measured only in metric units. Neuromuscular blockers are stored separately from other drugs (ISMP, 2024).

In a study conducted with 300 nurses in surgical intensive and critical care, nurses' level of knowledge and practice regarding high-alert medications was found to be below the adequate standard; the reported error experience was approximately 25.3% (Aly et al., 2023). In a qualitative study, three themes determining safety stood out: organizational safety culture, collaboration, and the nurse's competence. In the same study, distractions, workload, and patient acuity were seen as the principal error factors; it was found that behaviors bypassing barcode scanning and independent double-checking were common (Sessions et al., 2019).

Error Reporting and Safety Culture

Barriers to Reporting

The first condition for reducing errors is to make them visible, yet reporting rates are low. In a systematic review covering 38 studies, barriers were grouped into two: organizational barriers (culture, the reporting system, and management's attitude) and personal and professional barriers (fear, accountability concerns, and the nurse's characteristics) (Vrbnjak et al., 2016). An integrative

review combining 14 studies makes a similar distinction: inadequate reporting systems, management's attitude, and the ambiguity of the error definition are organizational barriers; fear of management, colleagues, or legal action is an individual barrier (Afaya et al., 2021).

In a study conducted with 367 nurses in a hospital, the principal barriers to reporting were administrative response, fear of reporting, and disagreements about the definition of an error (Hammoudi et al., 2018). In a study from Turkey, 69.5% of nurses stated that when an error occurs, management focuses on the individual rather than the system (Karaman Özlü et al., 2015). In another hospital study, nurses admitted that they had not reported some medication errors over the course of their careers (Semiz Aydın et al., 2017). The problem is often not the nurse's unwillingness but an environment that makes reporting difficult.

Safety Culture and Reporting Intention

As safety culture strengthens, reporting increases. In a study conducted with 247 nurses in Israel, a significant and positive relationship was found between patient safety culture and the error-reporting rate. In the same study, half of the nurses said they reported their own errors "rarely or sometimes," and 6% said they never reported them (Kagan & Barnoy, 2013). In a study carried out with 171 nurses in South Korea, safety climate stood out as a significant predictor of the intention to report errors ($\beta = 0.26$); nursing organizational culture was also associated with intention (Lee & Lee, 2021).

When Culture Changes, Reporting Increases

There are examples showing that culture can be changed. After a quality-improvement program aimed at establishing a non-punitive culture, error reporting rose from 14 to 72 per month (Force

et al., 2006). The principal factor hindering reporting is not individual negligence but the fear of retaliation and humiliation.

Limitations

This review and the evidence base on which it rests have several limitations. The study is a traditional review; the search is not systematic and does not cover all relevant studies. The evidence base itself is also not homogeneous. The definitions of interruption and error have been reported to vary from study to study (Schroers et al., 2025). Most staffing and workload studies relied on self-report rather than objective data (Rachman & Yen, 2025). In some intervention studies the methodological quality was reported to be low and the risk of bias high (Berdot et al., 2016). The most striking figures concerning technology come mostly from single-center before-and-after studies, which limits generalizability (DeYoung et al., 2009; Gauthier-Wetzel, 2022). It has been emphasized that more research is needed, particularly on the benefit of some interventions such as routine double-checking (Lapkin et al., 2016).

Conclusion

Medication administration errors are among the common and preventable safety problems in nursing care. Errors arise mostly not from individual carelessness but from system factors such as workload, interruptions, communication, documentation, and culture. Prevention should therefore not be limited to warning the individual but should target the work environment.

Technological tools are an important part of this effort. Barcode medication administration and smart pumps reduce certain error types, but none is sufficient on its own, and they may generate new errors when used incorrectly. The most consistent result comes from multicomponent interventions that combine education, risk management, and technology; these interventions are effective when

they fit the local workflow. For high-alert medications, safety should rely on layered and forcing system measures rather than on memory.

No measure can correct an error that is not reported. When a non-punitive, learning safety culture is established, nurses report errors more, the source of problems becomes visible, and the system improves. Medication safety is achieved together with a strong system and an open culture that support individual effort.

References

Afaya, A., Konlan, K. M., & Do, H. (2021). Improving patient safety through identifying barriers to reporting medication errors among nurses: An integrative review [Preprint]. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-271752/v1>

Almanasreh, E., Moles, R., & Chen, T. F. (2016). The medication reconciliation process and classification of discrepancies: A systematic review. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 82(3), 645–658. <https://doi.org/10.1111/bcp.13017>

Aly, N. A. E.-F. M., El-Shanawany, S. M., Ghanem, M., Elbiaa, M. A., Mohamed, H. A. A., & Lotfy, W. M. (2023). Medication safety climate: Managing high-alert medication administration and errors among nurses in intensive and critical care units. *Egyptian Nursing Journal*, 20(2), 228–236. https://doi.org/10.4103/enj.enj_16_23

Aronson, J. K. (2009). Medication errors: What they are, how they happen, and how to avoid them. *QJM: An International Journal of Medicine*, 102(8), 513–521. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcp052>

Berdot, S., Roudot, M., Schramm, C., Katsahian, S., Durieux, P., & Sabatier, B. (2016). Interventions to reduce nurses' medication administration errors in inpatient settings: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 53, 342–365. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2015.08.012>

Biron, A., Loiselle, C., & Lavoie-Tremblay, M. (2009). Work interruptions and their contribution to medication administration errors: An evidence review. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 6(2), 70–86. <https://doi.org/10.1111/j.1741-6787.2009.00151.x>

Brady, A.-M., Malone, A.-M., & Fleming, S. (2009). A literature review of the individual and systems factors that contribute

to medication errors in nursing practice. *Journal of Nursing Management*, 17(6), 679–697. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2834.2009.00995.x>

Cajanding, J. M. R. (2017). Administering and monitoring high-alert medications in acute care. *Nursing Standard*, 31(47), 42–52. <https://doi.org/10.7748/ns.2017.e10849>

DeYoung, J. L., VanderKooi, M. E., & Barletta, J. F. (2009). Effect of bar-code-assisted medication administration on medication error rates in an adult medical intensive care unit. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 66(12), 1110–1115. <https://doi.org/10.2146/ajhp080355>

Elliott, M., & Liu, Y. (2010). The nine rights of medication administration: An overview. *British Journal of Nursing*, 19(5), 300–305. <https://doi.org/10.12968/bjon.2010.19.5.47064>

Eze, A. U., Marufu, T., Amagyei, A., Nelson, D., Laparidou, D., & Manning, J. C. (2025). Assessing the effectiveness of interventions implemented by nurses to reduce medication administration errors in hospitalised acute adult patient settings: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Nursing*, 35, 1104–1124.

Force, M. V., Deering, L., Hubbe, J., Andersen, M., Hagemann, B., Cooper-Hahn, M., & Peters, W. (2006). Effective strategies to increase reporting of medication errors in hospitals. *Journal of Nursing Administration*, 36(1), 34–41. <https://doi.org/10.1097/00005110-200601000-00009>

Gauthier-Wetzel, H. E. (2022). Barcode medication administration software technology use in the emergency department and medication error rates. *Computers, Informatics, Nursing*, 40(6), 382–388. <https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000846>

Hammoudi, B., Ismaile, S., & Abu Yahya, O. (2018). Factors associated with medication administration errors and why nurses fail to report them. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 32(3), 1038–1047. <https://doi.org/10.1111/scs.12546>

Hutton, K., Ding, Q., & Wellman, G. (2021). The effects of bar-coding technology on medication errors: A systematic literature review. *Journal of Patient Safety*, 17(3), e192–e206. <https://doi.org/10.1097/PTS.0000000000000366>

Institute for Safe Medication Practices. (2024). *ISMP targeted medication safety best practices for hospitals (2024–2025)*. ISMP.

Jones, S. W. (2009). Reducing medication administration errors in nursing practice. *Nursing Standard*, 23(50), 40–46. <https://doi.org/10.7748/ns2009.08.23.50.40.c7213>

Kagan, I., & Barnoy, S. (2013). Organizational safety culture and medical error reporting by Israeli nurses. *Journal of Nursing Scholarship*, 45(3), 273–280. <https://doi.org/10.1111/jnu.12026>

Karaman Özlü, Z., Eskici, V., Aksoy, D., Özer, N., Yayla, A., & Avşar, G. (2015). Cerrahi kliniklerde çalışan hemşirelerin ilaç uygulama hatalarına yönelik görüş ve deneyimlerinin belirlenmesi. *Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(1), 83–103. https://doi.org/10.1501/Asbd_00000000052

Keers, R. N., Williams, S. D., Cooke, J., & Ashcroft, D. M. (2013). Causes of medication administration errors in hospitals: A systematic review of quantitative and qualitative evidence. *Drug Safety*, 36(11), 1045–1067. <https://doi.org/10.1007/s40264-013-0090-2>

Keers, R. N., Williams, S. D., Cooke, J., Walsh, T., & Ashcroft, D. M. (2014). Impact of interventions designed to reduce medication administration errors in hospitals: A systematic review.

Drug Safety, 37(5), 317–332. <https://doi.org/10.1007/s40264-014-0152-0>

Lapkin, S., Levett-Jones, T., Chenoweth, L., & Johnson, M. (2016). The effectiveness of interventions designed to reduce medication administration errors: A synthesis of findings from systematic reviews. *Journal of Nursing Management*, 24(6), 845–858. <https://doi.org/10.1111/jonm.12390>

Lee, H. Y., & Lee, E.-K. (2021). Safety climate, nursing organizational culture and the intention to report medication errors: A cross-sectional study of hospital nurses. *Nursing Practice Today*, 8(4), 262–272. <https://doi.org/10.18502/npt.v8i4.6704>

Manaf, S. A., Japar, S., Abdul Halain, A., Mohd Mustafa, N. F., & Kunjukunju, A. (2025). Navigating the impact of nurse workload on medication errors: A systematic review. *International Journal of Education, Psychology and Counseling*, 10(58). <https://doi.org/10.35631/ijepc.1058007>

Marufu, T. C., Bower, R., Hendron, E., & Manning, J. C. (2021). Nursing interventions to reduce medication errors in paediatrics and neonates: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Pediatric Nursing*, 62, e139–e147. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2021.08.024>

Michalek, C., & Carson, S. L. (2020). Implementing barcode medication administration and smart infusion pumps is just the beginning of the safety journey to prevent administration errors. *Farmacia Hospitalaria*, 44(3), 114–121.

Mohammed, T., Mahmud, S., Gintamo, B., Mekuria, Z. N., & Gizaw, Z. (2022). Medication administration errors and associated factors among nurses in Addis Ababa federal hospitals, Ethiopia: A hospital-based cross-sectional study. *BMJ Open*, 12(12), e066531. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-066531>

Mohanna, Z., Kusljic, S., & Jarden, R. J. (2021). Investigation of interventions to reduce nurses' medication errors in adult intensive care units: A systematic review. *Australian Critical Care*, 35(4), 466–479. <https://doi.org/10.1016/j.aucc.2021.05.012>

Naseralallah, L., Stewart, D., Ali, R. A., & Paudyal, V. (2022). An umbrella review of systematic reviews on contributory factors to medication errors in health-care settings. *Expert Opinion on Drug Safety*, 21(11), 1379–1399. <https://doi.org/10.1080/14740338.2022.2147921>

National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention. (1998). *NCC MERP taxonomy of medication errors*. NCC MERP. <https://www.nccmerp.org/sites/default/files/taxonomy2001-07-31.pdf>

Rachman, M., & Yen, P.-Y. (2025). The influence of nurse staffing and workload on medication administration errors: A scoping review. *Journal of Advanced Nursing*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/jan.70341>

Schroers, G., Ross, J. G., & Moriarty, H. (2021). Nurses' perceived causes of medication administration errors: A qualitative systematic review. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, 47(1), 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.jcjq.2020.09.010>

Schroers, G., Huggins, E., Sasangohar, F., & O'Rourke, J. (2025). Associations between interruptions and medication administration errors among nurses in hospital settings: A scoping review of quantitative studies. *Journal of Advanced Nursing*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/jan.70032>

Semiz Aydın, S., Akın, S., & Işıl, Ö. (2017). Bir hastanede çalışan hemşirelerin ilaç hatası bilgi düzeyi ve ilaç hatalarının

raporlanması ile ilgili görüşlerinin değerlendirilmesi. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 14(1), 14–24.

Sessions, L. C., Nemeth, L. S., Catchpole, K., & Kelechi, T. J. (2019). Nurses' perceptions of high-alert medication administration safety: A qualitative descriptive study. *Journal of Advanced Nursing*, 75(12), 3654–3667. <https://doi.org/10.1111/jan.14173>

Shah, K., Lo, C., Babich, M., Tsao, N. W., & Bansback, N. J. (2016). Bar code medication administration technology: A systematic review of impact on patient safety when used with computerized prescriber order entry and automated dispensing devices. *The Canadian Journal of Hospital Pharmacy*, 69(5), 394–402. <https://doi.org/10.4212/cjhp.v69i5.1594>

Shahrokhi, A., Ebrahimipour, F., & Ghodousi, A. (2013). Factors effective on medication errors: A nursing view. *Journal of Research in Pharmacy Practice*, 2(1), 18–23. <https://doi.org/10.4103/2279-042X.114084>

Skog, J., Rafie, S., Schnock, K. O., Yoon, C., Lipsitz, S., & Lew, P. (2022). The impact of smart pump interoperability on errors in intravenous infusion administrations: A multihospital before and after study. *Journal of Patient Safety*, 18(3), e666–e671. <https://doi.org/10.1097/PTS.0000000000000905>

Truitt, E., Thompson, R. W., Blazey-Martin, D., NiSai, D., & Salem, D. (2016). Effect of the implementation of barcode technology and an electronic medication administration record on adverse drug events. *Hospital Pharmacy*, 51(6), 474–483. <https://doi.org/10.1310/hpj5106-474>

Vrbnjak, D., Denieffe, S., O’Gorman, C., & Pajnkihar, M. (2016). Barriers to reporting medication errors and near misses among nurses: A systematic review. *International Journal of*

Nursing Studies, 63, 162–185.
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2016.08.019>

World Health Organization. (2017). *Medication without harm: WHO global patient safety challenge*. World Health Organization.

Young, J., Slebodnik, M., & Sands, L. (2010). Bar code technology and medication administration error. *Journal of Patient Safety*, 6(2), 115–120.
<https://doi.org/10.1097/PTS.0b013e3181de35f7>

BÖLÜM 6

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO NURSING SKILLS EDUCATION: AN EXPLORATORY SCOPING REVIEW

ARZU ÇİMEN¹

Introduction

Clinical skills represent one of the most difficult areas to teach in nursing education. Students acquire these skills only by practicing them sufficiently in a safe environment. Skills laboratories, simulation, and supervised clinical practice establish the traditional ground for this repetition. These methods are effective, but they depend on instructor time, limited clinical opportunities, and the number of students. How many times a student can attempt the same skill is often determined by these constraints. In recent years, artificial intelligence (AI) based tools have been added to this foundation.

A wide range of studies has tested chatbots, virtual patients, AI-supported virtual reality, and automated feedback systems in this field (Alrazeeni et al., 2026; Ma et al., 2025; El Arab et al., 2025). In some of these applications, students interacted with a chatbot

¹ Dr., Bayburt University, Aydıntepe Vocational School, Department of Child Care and Youth Services, ORCID: 0000-0003-1983-9140

through text, whereas in others they encountered a virtual patient embodied in a 3D avatar or a scenario progressing within a virtual reality environment (Labrague & Al Sabei, 2025; Kouka et al., 2025). Underlying all of this diversity is the goal of offering students more opportunities for repetition and faster feedback.

These opportunities offer important advantages for skills learning. For example, Shorey et al. (2019) combined a natural language processing based counseling application with a three-dimensional avatar, enabling students to improve their communication skills through repeated scenarios. Similarly, Benfatah et al. (2024) showed that AI-enhanced feedback increased students' self-confidence, knowledge, and skill scores. These findings suggest that AI applications may make important contributions to the development of skills that particularly require repetition and feedback.

At the same time, the available evidence is still limited. Most studies were conducted with small samples, used short follow-up periods, and relied on measurement tools that varied across studies (Ma et al., 2025; Priya et al., 2025). While positive findings cluster mostly in areas such as communication skills, clinical reasoning, and satisfaction, results regarding knowledge acquisition are not consistent. In addition, the extent to which the acquired skills transfer to real clinical settings has not been evaluated in most studies. In some studies, no significant difference was found between the intervention and control groups. Therefore, despite the high expectations placed on AI, the current evidence is not at a level that fully supports this optimism.

Although many reviews have been conducted on AI and nursing education, most of these studies address education from a general perspective. The first of the two main points distinguishing this chapter is that it places its focus directly on skills education. The second is that it evaluates the findings within the framework of the

progressive development of competence, thereby revealing the distinction between gains achieved in the classroom setting and their transfer to clinical practice.

In this chapter, skills education is treated as the process through which the student acquires clinical and communicative skills in an applied manner.

This study aims to map the use of AI in nursing skills education through a scoping review. Because the evidence in this area is scattered and heterogeneous, the study focuses on presenting an overview of this information rather than calculating effect sizes. Accordingly, the study sought answers to the following questions: which types of applications are used in AI-based skills education, which learning outcomes these applications affect, what kinds of advantages and limitations they present, and where the gaps in the evidence are concentrated. The findings obtained were interpreted within a stepwise competence framework extending from the level of "knowing" to real clinical practice (Yoon et al., 2026).

Method

Because the body of knowledge in the field is rapidly increasing and diversifying, this study was designed as a rapid scoping review. Such reviews are used to map the evidence in a field, identify key concepts, and reveal knowledge gaps (Arksey & O'Malley, 2005). The aim of this study was not to conduct a comprehensive, multi-database systematic review, but rather to rapidly extract the general overview and evidence gaps of the field. The review process was carried out in line with the recommendations of Levac et al. (2010); reporting was organized according to the PRISMA-ScR criteria (Tricco et al., 2018).

The research questions were defined in the Introduction. The literature search was conducted through Semantic Scholar, a broad academic index. The search strategy was based on three concept

blocks: population (nursing student, nursing education), AI applications (artificial intelligence, chatbot, virtual patient, generative AI, large language model, ChatGPT, virtual reality, machine learning), and outcome/context (skill, competence, clinical reasoning, assessment, learning outcome). These concept blocks were queried in different combinations, and the records obtained were evaluated for eligibility.

Several criteria guided record selection. Relevance to nursing education, addressing AI applications, and touching on skill development were the core conditions. No distinction was made between systematic reviews and primary studies; both were included. Only English-language publications were included, and records whose bibliographic details could not be verified were excluded. Records that were not directly related to the topic, that fell outside nursing, or that lacked complete bibliographic information were removed. Screening and selection were carried out by a single researcher. This is, of course, a limitation, and it is noted separately in the relevant section.

Topic-based searches returned a total of 86 records. After removing duplicates, 47 unique publications remained. During the synthesis stage, seven further studies were excluded; these were attitude and perception studies whose findings largely overlapped with those of the reviews already included. Thus, the synthesis was carried out over 40 publications. For the methodological and conceptual framework, Arksey and O'Malley (2005), Levac et al. (2010), Tricco et al. (2018), and Miller (1990) were added by hand-searching. Figure 1 shows the observed flow.



Figure 1. Source search and selection flow (PRISMA-ScR).

Most of the publications were published between 2024 and 2026. In terms of type, systematic and scoping reviews predominated. Alongside these were randomized controlled trials, quasi-experimental designs, cross-sectional surveys, and qualitative studies.

The data were first tabulated according to bibliographic details, type, sample, and main findings. The studies were then grouped by type of AI application and read across in terms of learning outcomes. The synthesis remained descriptive; effect sizes were not pooled, and only the direction and consistency of the findings were considered. In evaluating the outcomes, the stepwise competence approach of Yoon et al. (2026) was drawn upon.

The limitations of the method are clear. The search was conducted on a single index by a single researcher. Inevitably, studies in other databases may have been missed, and subjectivity may have entered the screening. For this reason, the study should be regarded not as a comprehensive systematic account of the field, but as a map showing the direction of the current evidence.

Conceptual Framework

In skills education, the ultimate goal is competence. But competence is not a single, undivided thing. The fact that a student knows a skill does not mean that they can perform it on a real patient. This is the real issue: how is the distance between knowing and doing to be closed? To see this distance, a framework that addresses competence step by step is needed. We therefore used Miller's pyramid of clinical competence (Miller, 1990).

Miller's pyramid defines competence at four levels. The lowest "knows" level covers basic knowledge and is generally measured by written examinations. The second level, "knows how," is the application of knowledge to a situation; case solving and clinical reasoning fall within this level. The third level, "shows," is the demonstration of a skill in a controlled environment; standardized patient exercises, simulation, and the objective structured clinical examination (OSCE) measure this level. The highest "does" level is the demonstration of the skill in a real clinical environment, with a real patient. The lower two steps of the pyramid represent the cognitive aspect of competence, and the upper two steps its behavioral aspect. These steps and the distribution of AI evidence across the levels are summarized in Figure 2.

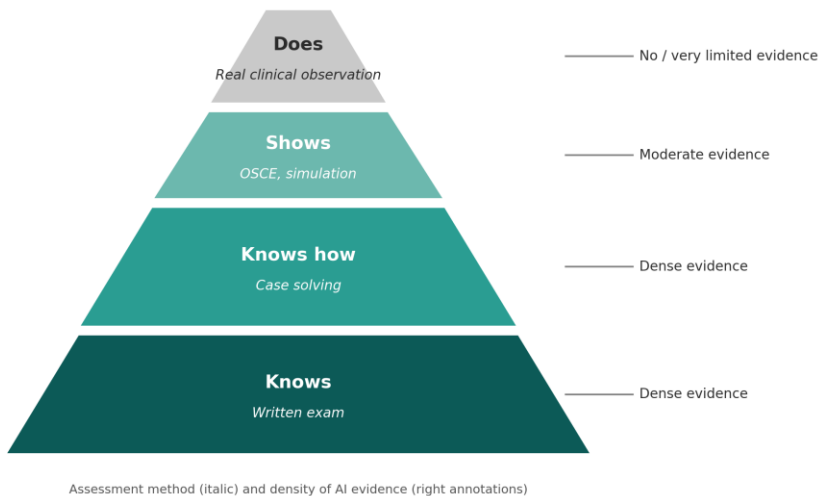


Figure 2. Miller's pyramid and the distribution of AI evidence across the levels.

These steps align with the assessment tools used in nursing education. It has been reported that the OSCE is widely used to assess clinical competence in nursing students and corresponds to the "shows" level (Garrido-Bueno et al., 2026). It has been noted that core competencies in the simulation environment are mostly measured through observation (Lavoie et al., 2018). The "does" level at the top of the pyramid, that is, performance in real patient care, is the most difficult and least measured step.

This framework was useful in evaluating the AI studies. For a study to say "we obtained a positive result" is not enough; the step of the pyramid at which that result was obtained also matters. When the studies were placed across the levels, a clear distribution emerged. Knowledge-based outcomes remain in the lower two steps. Studies looking at communication and history-taking (Shorey et al., 2019; Jiang et al., 2026) and at simulation performance (Benfatah et al., 2024; Liaw et al., 2025) settle at the "shows" level. At the very

top, that is, at the "does" level, it has been reported that no study measuring performance in real patient care was found (Yoon et al., 2026).

Types of AI Applications

AI enters nursing skills education not through a single route, but through several doors at once. In this section, by AI we mean natural-language chatbots, generative large language models, machine-learning-based assessment tools, and AI-driven virtual reality environments. Classic virtual reality and simulation that do not involve AI are addressed only as a comparison context. We grouped the applications under five headings: virtual patient, chatbots, generative AI, virtual reality and simulation, and skills assessment. The headings sometimes overlap; for example, a virtual patient may at the same time function as a chatbot. The five types, the studies representing them, and the reported outcomes are summarized in Table 1.

Table 1. Types of AI applications and representative studies.

Application type	Representative study(ies)	Design / sample	Main reported outcomes
Virtual patient	Shorey et al. (2019); Jiang et al. (2026)	Development study; systematic review (15 studies, 645 learners)	Communication, history-taking, clinical decision-making
Chatbots	Go & Lee (2026); Kestel et al. (2025); Han et al. (2025); Chang et al. (2026)	Systematic review (7 studies); RCT (82); program development; mixed methods (112)	Clinical reasoning, self-confidence, questioning; variable for knowledge
Generative AI	Arkan et al. (2025); J. Liu et al. (2023)	Single-blind RCT (96); review	Problem-solving, nursing-process competence, satisfaction
Virtual reality and simulation	Kim & Park (2024); Lin et al. (2024); Liaw et al. (2025)	Meta-analysis (11 RCTs); meta-analysis (8 RCTs); hybrid study (147)	Clinical skill performance, knowledge, self-confidence; between-group difference variable
Skills assessment	Z. Liu et al. (2023); Bradley et al. (2024); Nissan et al. (2026)	Machine learning (52 clinicians); pilot (27); computer vision	Automated scoring, reduced rater bias

Virtual Patient

A virtual patient is a patient simulation with which the student interacts via a computer. AI adds natural language understanding and response generation here. Thus the student is not confined to memorized scenarios; they can ask questions and receive answers as if truly speaking with a patient.

One of the earliest examples of this approach in nursing education is Shorey et al. (2019). The team combined a natural language processing counseling application with a 3D avatar and enabled students to practice their communication skills over and

over. That was the main advantage: the student could attempt the same interview an unlimited number of times. Capturing this intensity of practice in real patient interaction is nearly impossible.

The impact of virtual patients has begun to be examined more broadly in recent years. Jiang et al. (2026) conducted a systematic review of generative-AI-supported virtual patients, examining 15 studies and 645 learners. In controlled comparisons, the virtual patient group performed better than the control group in clinical decision-making and history-taking skills. This review looks at health education in general; the findings are not specific to nursing alone. However, because history-taking and decision-making are central skills for nursing, the results are directly relevant to the topic. The same caveat applies to other reviews based on multi-professional samples.

Nursing-specific reviews say similar things. A narrative review reported that virtual patient applications were mostly used in the form of 3D avatars, and that the targeted outcomes were self-efficacy, knowledge, satisfaction, and attitude (Kouka et al., 2025). Generative AI has expanded this use. Reed and Dodson (2024) used generative AI to create pre-simulation patient histories and prepared a detailed patient story specific to each scenario. What all of these studies have in common is this: virtual patients are most useful for skills based on reciprocal interaction, such as communication and history-taking.

Chatbots

A chatbot is a conversational agent with which the student interacts in written or spoken form. In nursing education it asks questions, gives answers, enacts dialogue, or guides the learning process. Its difference from a virtual patient is that it does not always have to imitate a patient. It can also function like a tutor or a practice partner.

The review-level evidence points in a positive direction. A systematic review examining AI-based conversational agents in nursing education covered seven studies (Go & Lee, 2026). Five of these studies reported significant improvement both in cognitive outcomes (knowledge, clinical reasoning, critical thinking, problem-solving) and in affective outcomes (self-confidence, self-efficacy). Another systematic review covered 33 studies and found gains in clinical reasoning, personalized learning, and student engagement (Ghaffar et al., 2026). A scoping review found that chatbots were most often used for learning and skill development, simulation support, tutoring, and assessment (Labrague & Al Sabei, 2025).

Primary studies make this picture concrete, but they also show that not every outcome improves to the same degree. Kestel et al. (2025) tested chatbot-supported instruction with 82 first-year students. The chatbot group performed better on certain questioning components, but the students' overall stress level did not change. Han et al. (2025) developed a chatbot education program on mechanical ventilation. The experimental group's clinical reasoning, self-confidence, and training satisfaction rose, while the knowledge score did not increase markedly. Chang et al. (2026) implemented AI-chatbot-supported flipped learning with 112 students and found improvement in both knowledge and verbal performance on patient handover.

These studies yield a consistent pattern. Chatbots provide a more regular contribution to clinical reasoning, self-confidence, and performance-based skills. Their effects on raw knowledge scores, however, are variable. Some outcomes, such as stress, do not change at all.

Generative AI

Although ChatGPT comes to mind first when generative AI is mentioned, the term covers all large language models that can

generate text. The point at which it differs from rule-based chatbots is this: it does not settle for pre-written answers but takes the question and generates text from scratch, explains, drafts, and gives feedback. This flexibility makes it suitable for multiple purposes in skills education.

Reviews reveal the breadth of the range of use. J. Liu et al. (2023) observed that the themes of personalized learning, simulation scenarios, instant feedback, and reducing instructor workload came to the fore. Other scoping and systematic reviews give a similar list: personalized learning, simulation scenario preparation, instant feedback, and nursing-process teaching (Kim et al., 2025; Gunawan et al., 2024).

One of the studies that most robustly measures the effect on skills education comes from Arkan et al. (2025). The team conducted a single-blind randomized controlled trial with 96 nursing students. The group that received ChatGPT-supported nursing-process training surpassed the group that received standard training in problem-solving, process competence, attitude toward AI, and satisfaction. This shows us that generative AI can make a direct contribution to a structured skill such as the nursing process.

But Tam et al. (2023) noted that these tools also have problematic sides: risks such as over-reliance, plagiarism, and the weakening of critical thinking were highlighted. These concerns are examined later in the chapter.

Integration of Virtual Reality and Simulation

Virtual reality places the student inside a three-dimensional clinical environment and lets them practice the skill there. When AI becomes involved, this environment becomes more lifelike: scenarios change according to the student's decisions, virtual characters speak, and feedback can be delivered immediately. This

keeps the simulation from being fixed to a single viewpoint and instead prompts interaction from different angles.

The contribution of virtual reality to skills education has also been confirmed by meta-analyses. Kim and Park (2024), in an analysis combining 11 randomized studies, reported a moderate-to-high improvement in clinical skill performance. Lin et al. (2024), in another meta-analysis covering eight randomized studies, found gains in knowledge, skill, self-confidence, and learning satisfaction, but evaluated the effect on self-efficacy as limited. One must keep in mind that a significant portion of these results belongs to virtual reality in general and cannot be attributed directly to AI.

Studies looking directly at AI are both fewer and more variable in their results. Liaw et al. (2025) tested an AI-supported virtual reality application with 147 graduating students in clinical-deterioration recognition training. The AI group scored higher on knowledge of deterioration recognition and on interprofessional communication, but no significant difference emerged between the two groups overall. The students found the application acceptable, yet expressed a wish for improvement in the AI's conversational flow and stability.

Another stage at which AI shows itself in simulation is feedback. Benfatah et al. (2024) applied post-simulation AI-supported debriefing with 40 students and observed improvement in self-confidence, knowledge, skill, and satisfaction. Almagharbeh et al. (2026), in their scoping review on haptic and AI-based virtual simulation, reported a contribution to psychomotor performance, decision-making, and clinical reasoning. But the same review also noted that the results could not be pooled because the studies were not homogeneous.

A further weakness of the evidence in this area lies at the level of evaluation. Wu (2026), in a review examining AI-supported

virtual humans, showed that the literature remained largely at the reaction and learning levels, while behavior change and clinical outcomes were rarely measured. In short, virtual reality and simulation are useful in preparing the student for practice; but whether this preparation translates into performance at the real patient's bedside remains an open question.

Skills Assessment

Skills assessment in nursing education still relies largely on observation. The instructor watches and scores according to a checklist. It has been noted that the OSCE is one of the most widespread and reliable tools for this work (Garrido-Bueno et al., 2026). But a known problem with observational assessment is that the validity and reliability of the tools used have mostly not been tested, and that different tools are used from study to study (Lavoie et al., 2018). It is precisely at this point that AI may come into play, with the possibility of more consistent scoring.

Z. Liu et al. (2023) collected data from 52 clinicians on a sensor-equipped cannulation simulator and trained a machine-learning model. The model predicted the students' skill level with high accuracy. Bradley et al. (2024) scored 27 newly graduated nurses with AI analytics within immersive virtual reality scenarios and measured the C-CEI and AACN competence frameworks without rater bias. Nissan et al. (2026) captured students' level of empathy in video-recorded simulations using computer-vision data; they reported that the physical-contact algorithm was moderately consistent with observer scores, while the smile algorithm showed a negative association.

A review addressing machine learning in nursing reported that education and competence development could be situated within this technology's larger area of use (Kosmidis et al., 2025). Even so, its use in assessment is still in its infancy. Most of the studies are

small-sample and limited to simulation. As for core competencies, they still rely predominantly on observation (Lavoie et al., 2018).

In short, AI is still in a complementary role in skills assessment. Although it is useful in scoring and feedback, there is no convincing evidence that it can replace human judgment in measuring real clinical competence. Among the five application types in this section, this is also the least mature.

Learning Outcomes and Effectiveness

Although the application types differ, the reported outcomes gather in a few common areas: clinical reasoning and decision-making, communication, self-confidence and satisfaction, knowledge, and real clinical performance. The picture is consistent, but it is hard to call it balanced. In some outcomes the gain is clear; in others the results go back and forth.

The strongest signal comes from performance-based skills. Almagharbeh et al. (2026), mentioned earlier, reported in their review covering 19 haptic and AI-based studies that these tools support decision-making, communication, and clinical reasoning in complex scenarios. Alrazeeni et al. (2026), in their systematic review of 28 studies spanning 2010-2025, drew a similar picture: studies cluster around personalized learning, simulation, automated assessment, and instant feedback, and they contribute to decision-making especially in high-acuity scenarios. Bozkurt et al. (2025), in another systematic review, found positive associations between AI interventions and knowledge acquisition, skill development, and attitude toward AI.

Affective outcomes are also positive in most studies. It has been observed that self-confidence, self-efficacy, satisfaction, and engagement are among the most frequently reported gains of AI-supported education (Bozkurt et al., 2025; Almagharbeh et al., 2026). There are exceptions in this area as well. A meta-analysis

combining eight randomized studies found the effect of virtual reality on self-efficacy to be limited (Lin et al., 2024). Affective gains are common, but they are not of the same strength on every measure.

Labrague and Al Sabei (2025) saw improvement in knowledge retention and acquisition. Arkan et al. (2025) clearly demonstrated the gain in the nursing process, a structured task. But within the same framework there are also those who found the opposite. Han et al. (2025) advanced clinical reasoning and self-confidence with a chatbot, yet the knowledge score showed no marked change. Liaw et al. (2025), although they found a rise in a few knowledge averages in AI-supported virtual reality, detected no significant between-group difference. The effect is narrow, almost always confined to the task. Kestel et al. (2025) present a similar picture: the chatbot improved certain questioning components but had no effect on the overall stress level.

There is no proper study measuring the transfer of the skill to real clinical practice. Almost everyone settles for looking at performance in the classroom or in simulation. What this corresponds to at the patient's bedside has not yet been demonstrated (Yoon et al., 2026). This is precisely the largest gap in the field.

In reading these results, we must also take the quality of the evidence into account. Priya et al. (2025) state it explicitly: the findings come from small samples and short follow-ups, longitudinal studies are almost nonexistent, and measurement validity is weak. Ma et al. (2025) make a similar point: the evidence is not homogeneous, and most of it is short-lived. Studies that find no significant between-group difference are by no means rare. For this reason, the most honest stance here is a measured one. We do not have enough data to say that AI raises nursing competence as a whole. The data point rather to this: AI can provide improvement in specific learning tasks and in student experience within short-term

simulations. But the durability of these gains and their transfer to real clinical performance remain uncertain. Table 2 summarizes the direction and consistency of the evidence by outcome area.

Table 2. Learning outcomes and the consistency of the evidence.

Outcome area	Direction of evidence	Representative sources
Clinical reasoning and decision-making	Consistently positive	Almagharbeh et al. (2026); Alrazeeni et al. (2026); Han et al. (2025)
Communication	Consistently positive	Jiang et al. (2026); Shorey et al. (2019)
Self-confidence, self-efficacy, satisfaction	Mostly positive, with exceptions	Bozkurt et al. (2025); Benfatah et al. (2024); Lin et al. (2024, limited for self-efficacy)
Knowledge	Variable	Labrague & Al Sabei (2025, positive); Han et al. (2025, no effect)
Transfer to real clinical performance	Not measured / no evidence	Yoon et al. (2026)

Advantages

The place where AI truly makes a difference is the points at which traditional methods become blocked.

First comes the opportunity for repetition. A skill settles in through repetition, but there are not enough patients or clinical opportunities for every student. AI-supported environments stretch precisely this limit. Shorey et al. (2019) built an application in which the student could repeat the same interview an unlimited number of times. Moreover, this repetition is risk-free: even if the student makes a mistake, there is no real patient in front of them. Especially for stressful or rarely encountered scenarios, this safe space is invaluable.

Second is the speed of feedback. In classic education the student waits for the instructor to be available in order to receive feedback. AI does not wait; it gives the answer instantly. Reviews already count instant feedback among the most fundamental uses of these tools (Alrazeeni et al., 2026). Benfatah et al. (2024) also showed that this kind of feedback improves outcomes.

There is also personalization. It is not possible for a single instructor in a crowded classroom to meet each student at their level. AI, by contrast, can adjust content and difficulty according to the answers the student gives. Labrague and Al Sabei (2025) and Ma et al. (2025) show personalized learning to be among the most frequently reported uses.

Scalability makes these advantages even more valuable. A chatbot or a virtual patient can serve many students at once. This reduces to some extent the dependence on instructor time and clinical opportunities; reviews count the reduction of workload among AI's institutional contributions (Ma et al., 2025). In this respect, AI is seen not as a tool that replaces hands-on teaching, but as a scalable layer of practice and feedback. The realization of this contribution depends on infrastructure, a matter addressed in the following section.

Consistency in assessment is no small matter either. In observation-based scoring, variation from rater to rater is almost inevitable. AI can smooth out the variability on this side of the work. Bradley et al. (2024) performed scoring with AI in immersive virtual reality scenarios and measured the competence frameworks without rater bias entering in.

All of these advantages are genuine. But this too must be said: most of them are things proven in controlled settings. The real question is whether they can be properly embedded within real

education programs. And that depends on proper integration and oversight.

Challenges and Ethical Concerns

As much as AI adds to skills education, it also brings difficulties. Although these concerns appear at first glance to relate to general education, they find concrete expression in skills education. A student's over-reliance on AI, or the internalization of incorrect information, produces serious consequences especially in applied skills. The concerns are not only technical; they also touch institutional, professional, and ethical dimensions.

At the head of the ethical concerns comes data privacy. AI-supported tools collect and process student data. A review examining the ethical dimension of AI in nursing education lists privacy, bias, accountability, and equitable access as the principal concerns (Sengul et al., 2025). The same review also brings dimensions such as moral reasoning and cultural sensitivity to the fore. Privacy concern is also seen in student studies. Shen et al. (2025) found that students appreciate personalization but are anxious about data privacy.

The accuracy problem carries a separate weight for nursing. Generative AI sometimes produces incorrect or incomplete information; in clinical knowledge, this concerns patient safety. Reviews list the risk of misinformation and hallucination as a recurring concern (Ma et al., 2025). Institutional barriers are added as well. An umbrella review points to limited digital infrastructure, insufficient AI literacy, and fragmented regulatory oversight as the principal barriers (Almagharbeh et al., 2025).

These difficulties are not independent of one another. Privacy, accuracy, and infrastructure often come into play at the same time. The common recommendation of the reviews is clear: without explicit institutional policies, faculty development, and the

teaching of responsible use, AI remains in the gap between benefit and distrust (Sengul et al., 2025; Almagharbeh et al., 2025).

Gaps and Future Directions

The map drawn by the previous sections shows that the field is broad but shallow in some places. AI has entered nursing skills education through many routes, but the evidence is concentrated at certain points and is almost absent at others. These gaps also determine the direction of future research.

The largest gap is real clinical transfer. Most studies measure classroom or simulation performance, not performance in real patient care; there is no study at the level of real practice (Yoon et al., 2026). For this reason, the most needed type of research is longitudinal studies that track the durability and clinical transfer of the gains. Designs that follow students' real clinical performance after AI-supported practice could directly produce the evidence currently lacking.

Methodological weakness is the second major gap. Studies are mostly small-sample and short-follow-up, and the measurement tools differ from one another (Priya et al., 2025; Ma et al., 2025). Future studies need larger-sample, multicenter designs that use validated measurement tools. Common measurement tools would also make studies easier to compare and combine.

The third gap is that it is not known which tool is suitable for which skill. Existing studies test different types of AI on different skills, but do not compare them directly. For this reason, it is not clear whether a chatbot or virtual reality is more effective for a given skill. Studies comparing types of AI by skill area could help education programs choose the right tool.

The type of evidence also creates a limit. The field is still dominated by reviews and opinion pieces. In a scoping review of

generative AI, 44 of 103 articles were discussion or opinion pieces (Hardie et al., 2026). A review examining AI-supported virtual humans also found that the literature remained mostly at the reaction and learning levels, with behavior and clinical outcomes rarely measured (Wu, 2026). This picture shows the need for more, and more rigorous, primary studies.

The final gap concerns institutional readiness. For AI to settle soundly into education, a standard curriculum, explicit policies, and faculty development are needed; an umbrella review pointed to the absence of these as a principal barrier (Almagharbeh et al., 2025). Faculty development should cover not only the use of the tools but also the verification of outputs and the teaching of responsible use. A priority accompanying this is equitable access and cultural adaptation. Ethics reviews have counted equitable access and cultural sensitivity among the issues to be resolved (Sengul et al., 2025). Neglecting these aspects may lead to AI working only in well-resourced institutions.

When these gaps are considered together, a single priority stands out. The real value of AI in nursing skills education will be understood when it is shown whether in-class gains turn into real clinical competence. Without longitudinal, well-designed studies to show this, the field remains promising but unproven.

Conclusion

The map of the previous sections shows that the field is broad but shallow in places. The evidence is concentrated at certain points and is almost absent at others. These gaps determine the direction of future research.

The largest gap is real clinical transfer. Most studies measure classroom or simulation performance, not performance in real patient care; there is no study at the level of real practice (Yoon et al., 2026). For this reason, the most needed type of research is

longitudinal studies that track the durability and clinical transfer of the gains.

Methodological weakness is the second gap. Studies are mostly small-sample and short-follow-up, and the measurement tools differ (Priya et al., 2025; Ma et al., 2025). The field is also dominated by reviews and opinion pieces; in one scoping review, 44 of 103 articles were discussion or opinion pieces (Hardie et al., 2026). Future studies need larger-sample, multicenter, rigorous primary designs that use valid measurement tools.

The third gap is that it is not known which tool is suitable for which skill. Studies test different types of AI on different skills, but do not compare them directly. Studies comparing types of AI by skill area would help programs choose the right tool.

All these gaps point to a single priority: the real value of AI will be understood when it is shown that in-class gains turn into real clinical competence. Without that evidence, the field remains promising but unproven.

References

Almagharbeh, W. T., Alharrasi, M., Rony, M. K. K., Kabir, S., Ahmed, S. K., & Alrazeeni, D. M. (2025). Ethical and institutional readiness for artificial intelligence in nursing: An umbrella review. *International Nursing Review*, 72(4), e70111. <https://doi.org/10.1111/inr.70111>

Almagharbeh, W., Ahmed, W. R., Alfanash, H., Alnawafleh, K., & Tajoury, O. (2026). Touching the future: How haptic technology and AI are revolutionizing nursing simulations: A systematic scoping review. *Journal of Professional Nursing*, 63, 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2025.12.010>

Alrazeeni, D. M., Alharrasi, M., Rony, M. K. K., Biswas, R., Tama, I. J., Halder, C. R., Deb, B., Bashar, F., & Akter, F. (2026). Transforming nursing education with artificial intelligence: A systematic review (2010-2025). *SAGE Open Nursing*, 12. <https://doi.org/10.1177/23779608261424597>

Arkan, B., Erbay Dalli, Ö., & Varol, B. (2025). The impact of ChatGPT training in the nursing process on nursing students' problem-solving skills, attitudes towards artificial intelligence, competency, and satisfaction levels: Single-blind randomized controlled study. *Nurse Education Today*, 152, 106765. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2025.106765>

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>

Benfatah, M., Youlyouz-Marfak, I., Saad, E., Hilali, A., Nejjar, C., & Marfak, A. (2024). Impact of artificial intelligence-enhanced debriefing on clinical skills development in nursing

students: A comparative study. *Teaching and Learning in Nursing*, 19(3), e574-e579. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2024.04.007>

Bozkurt, S. A., Aydoğan, S., Dursun Ergezen, F., & Türkoğlu, A. (2025). A systematic review and sequential explanatory synthesis: Artificial intelligence in healthcare education, a case of nursing. *International Nursing Review*, 72, e70018. <https://doi.org/10.1111/inr.70018>

Bradley, C. S., Pitzl, K., Marien, L., & Toomey, L. (2024). Competency assessment of new registered nurses using immersive virtual reality. *AACN Advanced Critical Care*, 35(3), 215-218. <https://doi.org/10.4037/aacnacc2024866>

Chang, W., Lin, C.-C., Lee, H.-C., Juan, Y., Xu, H., Chen, L.-C., & Han, C.-Y. (2026). Effectiveness of artificial intelligence chatbot-assisted flipped learning on patient handover for nursing students: A mixed-methods study. *Nurse Education in Practice*, 93, 104787. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2026.104787>

El Arab, R. E., Al Moosa, O. A., Sagbakken, M., Ghannam, A. K., Abuadas, F. H., Somerville, J., & Al Mutair, A. (2025). Integrative review of artificial intelligence applications in nursing: Education, clinical practice, workload management, and professional perceptions. *Frontiers in Public Health*, 13, 1619378. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1619378>

Garrido-Bueno, M., Romero-Castillo, R., & Pabón-Carrasco, M. (2026). Application of the objective structured clinical examination in undergraduate nursing students: A systematic review with meta-synthesis. *Teaching and Learning in Nursing*, 21(1), e340-e358. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2025.08.024>

Ghaffar, T., Balakrishnan, R., & Javaid, M. A. A. (2026). Importance of AI chatbot in nursing education: A systematic review.

Biological and Clinical Sciences Research Journal, 7(4), 2271.
<https://doi.org/10.54112/bcsrj.v7i4.2271>

Go, J., & Lee, Y. (2026). The effectiveness of AI-based conversational agents in nursing education: A systematic review. *Nurse Education in Practice*, 93, 104728.
<https://doi.org/10.1016/j.nepr.2026.104728>

Gunawan, J., Aungsuroch, Y., & Montayre, J. (2024). ChatGPT integration within nursing education and its implications for nursing students: A systematic review and text network analysis. *Nurse Education Today*, 141, 106323.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2024.106323>

Han, J.-W., Park, J., & Lee, H. (2025). Development and effects of a chatbot education program for self-directed learning in nursing students. *BMC Medical Education*, 25, 825.
<https://doi.org/10.1186/s12909-025-07316-2>

Hardie, P., Darley, A., Derwin, R., Eustace-Cook, J., Kearns, S., Mc Brien, B., Siddiquee, A., Zheng, D., & Mooney, M. (2026). Applications, attitudes and ethical considerations of generative artificial intelligence (Gen AI) in nursing education: A scoping review. *BMC Nursing*, 25, 148. <https://doi.org/10.1186/s12912-025-04253-9>

Jiang, J., Ye, M. Z., Kwok, T., & Wong, J. Y.-H. (2026). GenAI-supported virtual patients in health care education: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 28, e82756. <https://doi.org/10.2196/82756>

Kestel, S., Çalık, A., & Kuş, M. (2025). The effect of chatbot-supported instruction on nursing students' history-taking questioning skills and stress level: A randomized controlled study. *Journal of Professional Nursing*, 56, 123-131.
<https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2025.07.004>

Kim, J. E., Jung, S.-O., & Pang, Y. (2025). Leveraging ChatGPT for current nursing education: A scoping review. *Health Professions Education*, 11(4), Article 9. <https://doi.org/10.55890/2452-3011.1365>

Kim, Y., & Park, H. (2024). Effects of virtual reality training on clinical skill performance in nursing students: A systematic review, meta-analysis and meta-regression. *International Journal of Nursing Practice*, 30(6), e13284. <https://doi.org/10.1111/ijn.13284>

Kosmidis, D., Simopoulos, D., Anastasopoulos, K., & Koutsouki, S. (2025). Machine learning in nursing: A cross-disciplinary review. *Cureus*, 17(7), e87181. <https://doi.org/10.7759/cureus.87181>

Kouka, A., Giannelou, E., Konstantinidis, K., & Apostolakis, I. (2025). Implementation of artificial intelligence in nursing education: A narrative review. *Health and Research Journal*, 11(1), 29-37. <https://doi.org/10.12681/healthresj.36795>

Labrague, L. J., & Al Sabei, S. (2025). Integration of AI-powered chatbots in nursing education: A scoping review of their utilization, outcomes, and challenges. *Teaching and Learning in Nursing*, 20(1), e285-e293. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2024.11.010>

Lavoie, P., Michaud, C., Bélisle, M., Boyer, L., Gosselin, É., Grondin, M., Larue, C., Lavoie, S., & Pepin, J. (2018). Learning theories and tools for the assessment of core nursing competencies in simulation: A theoretical review. *Journal of Advanced Nursing*, 74(2), 239-250. <https://doi.org/10.1111/jan.13416>

Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science*, 5, 69. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>

Liaw, S. Y., Rusli, K. D. B., Tan, J. Z., Wee, Y. H. C., Neo, N. W. S., & Chua, W. L. (2025). Artificial intelligence-enabled virtual reality simulation for clinical deterioration training: An effectiveness-implementation hybrid study. *Nurse Education in Practice*, 84, 104462. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104462>

Lin, M.-Y., Huang, M.-Z., & Lai, P.-C. (2024). Effect of virtual reality training on clinical skills of nursing students: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nurse Education in Practice*, 81, 104182. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.104182>

Liu, J., Liu, F., Fang, J., & Liu, S. (2023). The application of Chat Generative Pre-trained Transformer in nursing education. *Nursing Outlook*, 71(6), 102064. <https://doi.org/10.1016/j.outlook.2023.102064>

Liu, Z., Bible, J., Petersen, L., Zhang, Z., Roy-Chaudhury, P., & Singapogu, R. (2023). Relating process and outcome metrics for meaningful and interpretable cannulation skill assessment: A machine learning paradigm. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 236, 107429. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2023.107429>

Ma, J., Wen, J., Qiu, Y., Wang, Y., Xiao, Q., Liu, T., Zhang, D., Zhao, Y., Lu, Z., & Sun, Z. (2025). The role of artificial intelligence in shaping nursing education: A comprehensive systematic review. *Nurse Education in Practice*, 84, 104345. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2025.104345>

Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*, 65(9 Suppl), S63-S67. <https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045>

Nissan, S., Lahan, T., Fire, M., Rappoport, N., Cohen, O., & Avraham, R. (2026). Detecting nursing students' empathy in video-

recorded simulation using computer vision approach. *Clinical Simulation in Nursing*, 110, 101876. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2025.101876>

Priya, T. A., Philo, J. A., Beutlin, R., Hestrin, S., Jemila, A. A., & Rejani, R. (2025). Advancing nursing through artificial intelligence: A systematic literature review of current evidence. *Cureus*, 17(12), e100317. <https://doi.org/10.7759/cureus.100317>

Reed, J. M., & Dodson, T. M. (2024). Generative AI backstories for simulation preparation. *Nurse Educator*, 49(4), 184-188. <https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000001590>

Sengul, T., Sarıköse, S., & Gul, A. (2025). Ethical decision-making and artificial intelligence in nursing education: An integrative review. *Nursing Ethics*, 32(8). <https://doi.org/10.1177/09697330251366600>

Shen, M., Shen, Y., Liu, F., & Jin, J.-W. (2025). Prompts, privacy, and personalized learning: Integrating AI into nursing education—A qualitative study. *BMC Nursing*, 24, 470. <https://doi.org/10.1186/s12912-025-03115-8>

Shorey, S., Ang, E., Yap, J., Ng, E., Lau, S., & Chui, C. (2019). A virtual counseling application using artificial intelligence for communication skills training in nursing education: Development study. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e14658. <https://doi.org/10.2196/14658>

Tam, W., Huynh, T., Tang, A., Luong, S., Khatri, Y., & Zhou, W. (2023). Nursing education in the age of artificial intelligence powered chatbots (AI-Chatbots): Are we ready yet? *Nurse Education Today*, 129, 105917. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105917>

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T.,

Weeks, L., Hempel, S., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>

Wu, H.-S. (2026). AI virtual humans empowering nursing education: Opening a new paradigm for immersive teaching. *The Journal of Nursing*, 73(1), 1-6. <https://doi.org/10.6224/JN.26103>

Yoon, Y.-S., Baek, W., Jo, H., Hong, C., & Ji, Y. (2026). The potential impact of generative AI across Miller's pyramid of clinical competence: A systematic review. *Nurse Education in Practice*, 84, 104775. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2026.104775>

BÖLÜM 7

Acı Kavun Ekstresi Yüklü Biyoaktif PLA Nanolifleri: Antioksidan Aktivite, Yapısal Karakterizasyon ve Fonksiyonel Performans

Emine Sevinç Postacı¹

Mert Akgün²

Canan Özyurt³

Giriş

Geleneksel terapötik yaklaşımlara yönelik artan küresel ilgi, hem tıp hem de biyomalzeme araştırmalarında bitki kaynaklı özlere yönelik bilimsel ilgiyi yeniden canlandırmıştır. Bu artan ilgi, büyük ölçüde bitkisel bileşiklerin elverişli biyoyumumluluğuna, doğal kökenine ve nispeten düşük yan etki sıklığına atfedilebilir. Sonuç olarak, yıllarda hemşirelik bakım uygulamalarında da geleneksel olarak kullanılan şifalı bitkilerin araştırılmasına yönelik kapsamlı çabalar sarf

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Orcid: 0000-0002-2816-4029

² Araştırmacı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Orcid: 0000-0002-9878-8566

³ Dr. Öğretim Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Lapseki Meslek Yüksekokulu, Orcid:0000-0002-3735-1213

edilmiştir. Bunlar arasında *Momordica charantia*, önemli terapötik öneme sahip öne çıkan bir aday olarak ortaya çıkmıştır (Sagástegui-Guarniz ve ark., 2021; Oyelere ve ark., 2022).

Cucurbitaceae familyasına ait *Momordica charantia*, Afrika, Asya ve Karayipler dahil olmak üzere tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir ve genellikle acı kavun veya acı kabak olarak adlandırılır. Bitki, besin değeri ve çeşitli farmakolojik özellikleri nedeniyle yüzyıllardır tanınmaktadır. Çok sayıda çalışma, *M. charantia*'nın önemli biyolojik etkiler gösterebilen zengin çeşitlilikte biyoaktif bileşikler içerdiğini ortaya koymuştur (Salami ve ark., 2021; Alippilakkotte ve ark., 2017). Geleneksel tıpta *M. charantia*, viral enfeksiyonlar, diyabet, iltihaplanma, kanser, ülserler ve HIV ile ilişkili semptomlar gibi çok çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Meyveleri ve yapraklarının glikozitler, saponinler, alkaloidler, fenolik bileşikler, sabit yağlar, organik asitler ve indirgen şekerler içerdiği bilinmektedir (Liu ve ark., 2024; Hu ve ark., 2024).).

M. charantia özütlerinin tip 2 diabetes mellitus hastalarında glikoz düzenleyici potansiyeli hakkında kapsamlı raporlar bulunmaktadır (Salami ve ark., 2021). Diabetes mellitus, insülin salgılanmasının bozulması, insülin duyarlılığının azalması veya her ikisiyle karakterize, karbonhidrat, lipit ve protein metabolizmasında anormalliklere yol açan kronik bir metabolik bozukluktur. Diyabetin en zorlu komplikasyonlarından biri, genellikle uzun süreli tedaviye,

artan sağlık maliyetlerine ve ciddi vakalarda uzuv amputasyonuna yol açan gecikmiş yara iyileşmesidir. Oksidatif stres, doku onarım mekanizmalarını bozan aşırı serbest radikal üretimini teşvik ederek bu süreçte merkezi bir rol oynar. Bu bağlamda, çok sayıda bitki özütünün oksidatif strese karşı koyma ve diyabetik durumlarda yara iyileşmesini potansiyel olarak destekleme yeteneği gösterdiği için, bitki kaynaklı antioksidanlar giderek artan bir ilgi görmektedir (Forman & Zhang, 2021; Zhao ve ark., 2024).

Zengin biyoaktif bileşimi, hipoglisemik etkileri ve güçlü antioksidan kapasitesi göz önüne alındığında, *M. charantia* hem geleneksel ilaçlar hem de ileri biyomedikal uygulamalar için değerli bir doğal kaynak teşkil etmektedir. Bu zellikleri, onu diyabetle ilişkili iyileşme bozukluklarını gidermek için tasarlanmış polimer bazlı yara pansumanlarına dahil edilmesi açısından özellikle cazip kılmaktadır. Son yıllarda, polimerik nanomalzemeler, hücre dışı matriksi taklit etme ve biyolojik performansı artırma yetenekleri nedeniyle biyomedikal mühendisliğinde önemli bir yer edinmiştir (Xue ve ark., 2019; CeCe ve ark., 2024). Biyobozunur polimerler arasında, poli(laktik asit) (PLA), uygun mekanik mukavemeti, termoplastik davranışı, işlenebilirliği, optik berraklığı ve çevresel sürdürülebilirliği nedeniyle büyük ilgi görmüştür. PLA, toksik yan ürünler oluşturmadan hidrolitik ve enzimatik yollarla bozunur ve ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından biyomedikal kullanım için onaylanmıştır (Pan ve ark., 2024).

Elektrospinning, mikro ila nano ölçekte çaplara sahip polimerik liflerin üretimi için çok yönlü ve maliyet etkin bir tekniktir (Xue ve ark., 2019; CeCe ve ark., 2024). Bu işlem, bir şırınga iğnesi aracılığıyla verilen polimer çözeltisine yüksek gerilimli bir elektrik alanının uygulanmasını içerir ve bu sayede topraklanmış bir toplayıcı üzerine biriken sürekli liflerin oluşumu sağlanır (Xue ve ark., 2019). Elektrospun nanofiberler, olağanüstü yüksek yüzey alanı ve hacim oranlarına sahiptir, bu da onları yara pansumanları, ilaç verme sistemleri ve doku mühendisliği iskeletleri gibi uygulamalar için özellikle uygun hale getirir (Xue ve ark., 2019; Pan ve ark., 2024). Mevcut çalışma, biyoaktif nanofiber yapılar üretmek için *Momordica charantia* özütünün (MCE) bir PLA matrisine dahil edilmesine odaklanmaktadır.

2. MATERYAL VE METHOD

2.1. Malzemeler

Poli(laktik asit) (PLA; Ingeo™ Biopolymer 4043-D) NatureWorks LLC (Minnesota, ABD) tarafından temin edilmiştir. Diklorometan (DCM, susuz, $\geq 99,8$) Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Darmstadt, Almanya) tarafından temin edilmiştir. Tüm kimyasallar ve çözücüler, ilave saflaştırma yapılmaksızın alındıkları haliyle kullanılmıştır.

2.2. PLA ve PLA/MCE Nanofiberlerinin Hazırlanması

Elektrospinning tekniği kullanılarak, %10, 20, 30 ve 50 (a/h) konsantrasyonlarında *Momordica charantia* özütü (MCE) içeren saf PLA ve PLA nanofiberler hazırlanmıştır. Her formülasyon için, 0,4 g PLA, DCM/THF/DMF (4/0,5/0,5, v/v/v) bileşiminden oluşan 5 mL üçlü çözücü sisteminde çözüldü. Çözeltiler, tamamen çözünene ve homojen hale gelene kadar oda sıcaklığında 2 saat boyunca manyetik olarak karıştırıldı. Hazırlanan polimer çözeltilerinin bileşimleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Numune	PLA (g)	MCE (g)	Çözücü Sistemi (mL)
Saf PLA	0.4	0.00	5
PLA/%10MCE	0.4	0.04	5
PLA/%20MCE	0.4	0.08	5
PLA/%30MCE	0.4	0.12	5
PLA/%50MCE	0.4	0.20	5

Tablo 1. Hazırlanan Polimer Çözeltilerinin Bileşimleri

2.3. Elektrospinning Süreci

Elektrospinning, ortam koşullarında bir IDASONIC NanoWeaver®-Pro cihazı kullanılarak gerçekleştirildi.

18 cm'lik sabit uç-toplayıcı mesafesi ve 1,5 mL/h'lik çözelti akış hızı ile 20 kV'luk bir voltaj uygulandı. Elde edilen nanofiber matlar, topraklanmış bir levha toplayıcı üzerinde toplandı.

2.4. Karakterizasyon

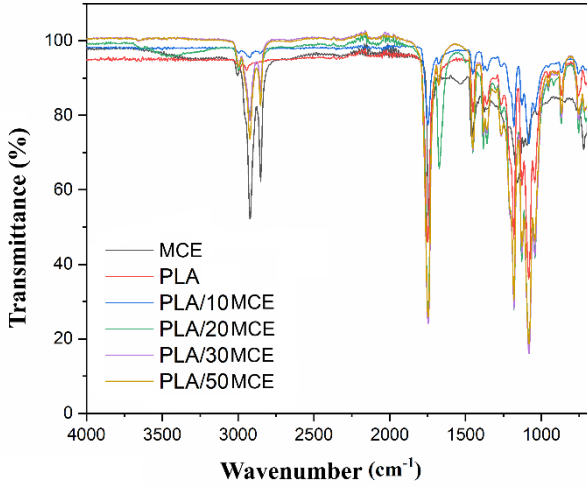
Nanofiberlerin kimyasal yapısı FTIR (Cary 630, Agilent Technologies) ile, termal stabilitesi TGA (PerkinElmer TGA-8000) ile, yüzey morfolojisi SEM (JEOL JSM-7100F) ile ve kristal yapısı XRD (Malvern PANalytical) ile incelenmiştir. Antibakteriyel aktivite disk difüzyon yöntemiyle, antioksidan aktivite ise DPPH testi ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kimyasal Yapı Analizi (FTIR)

Saf PLA, saf MCE ve farklı oranlarda MCE içeren PLA/MCE kompozit nanofibrelere ait FTIR spektrumları Şekil 1'de sunulmuştur. PLA içeren tüm örneklerde yaklaşık 3600 cm^{-1} civarında gözlenen geniş absorpsiyon bandı, PLA zincirlerinin uç kısımlarında bulunan hidroksil gruplarına ait -OH gerilme titreşimlerine karşılık gelmektedir. PLA'nın karakteristik yapısını doğrulayan $-\text{CH}_3$ gruplarına ait asimetric ve simetric gerilme titreşimleri sırasıyla 2996 cm^{-1} ve 2946 cm^{-1} 'de gözlenmiştir. Ester karbonil gruplarına ait güçlü $\text{C}=\text{O}$ gerilme titreşimi 1742 cm^{-1} 'de belirlenmiş olup, bu pik PLA omurgasının temel karakteristik bantlarından biridir.

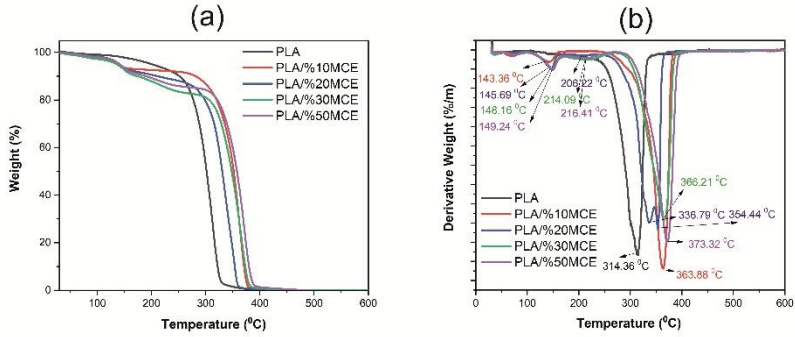
Ayrıca yaklaşık 1080 cm^{-1} 'de gözlenen absorpsiyon bandı, ester bağlarına ait asimetrik C–O–C gerilme titreşimlerinden kaynaklanmakta ve polimer yapısındaki ester bağlarının varlığını doğrulamaktadır. MCE ilavesi sonrasında PLA'ya ait karakteristik piklerin konumlarında belirgin bir değişim veya yeni bir absorpsiyon bandı gözlenmemiştir. Bu durum, MCE ile PLA arasında yeni bir kimyasal bağ oluşmadığını ve MCE'nin polimer matrisi içerisinde fiziksel olarak dağıldığını göstermektedir. Bununla birlikte, MCE miktarının artmasına bağlı olarak bazı bantların şiddetlerinde küçük değişimler meydana gelmiştir. Bu değişimler, kompozit yapı içerisindeki MCE oranının artması ve bileşenler arasındaki fiziksel etkileşimlerle ilişkilendirilebilir. Elde edilen FTIR sonuçları, MCE'nin PLA matrisi içerisine başarılı bir şekilde dahil edildiğini ve PLA'nın temel kimyasal yapısının korunduğunu göstermektedir (Samokhin ve ark., 2023; Scaffaro & Lopresti, 2018).



Şekil 1. Saf PLA, MCE ve farklı oranlarda MCE içeren PLA nanofiberlerin FTIR spektrumları.

3.2. Termal Davranış (TGA/DTG)

Saf PLA ve PLA/MCE nanofiberlerin termogravimetrik analiz eğrileri Şekil 2’de gösterilmiştir. Saf PLA, maksimum bozunma hızının 314,36 °C’de gerçekleştiği tek aşamalı bir bozunma profili sergilemiştir. PLA/MCE nanofiberleri, yaklaşık 140-220 °C aralığında MCE’nin uçucu bileşenlerine atfedilen ek bir kütle kaybı aşaması sergilemiştir. Kompozit nanofiberlerin ana bozunma sıcaklığı (T_{max}), saf PLA ile karşılaştırıldığında daha yüksek sıcaklıklara kaymıştır, bu da MCE’nin termal stabilite üzerindeki etkisini göstermektedir.



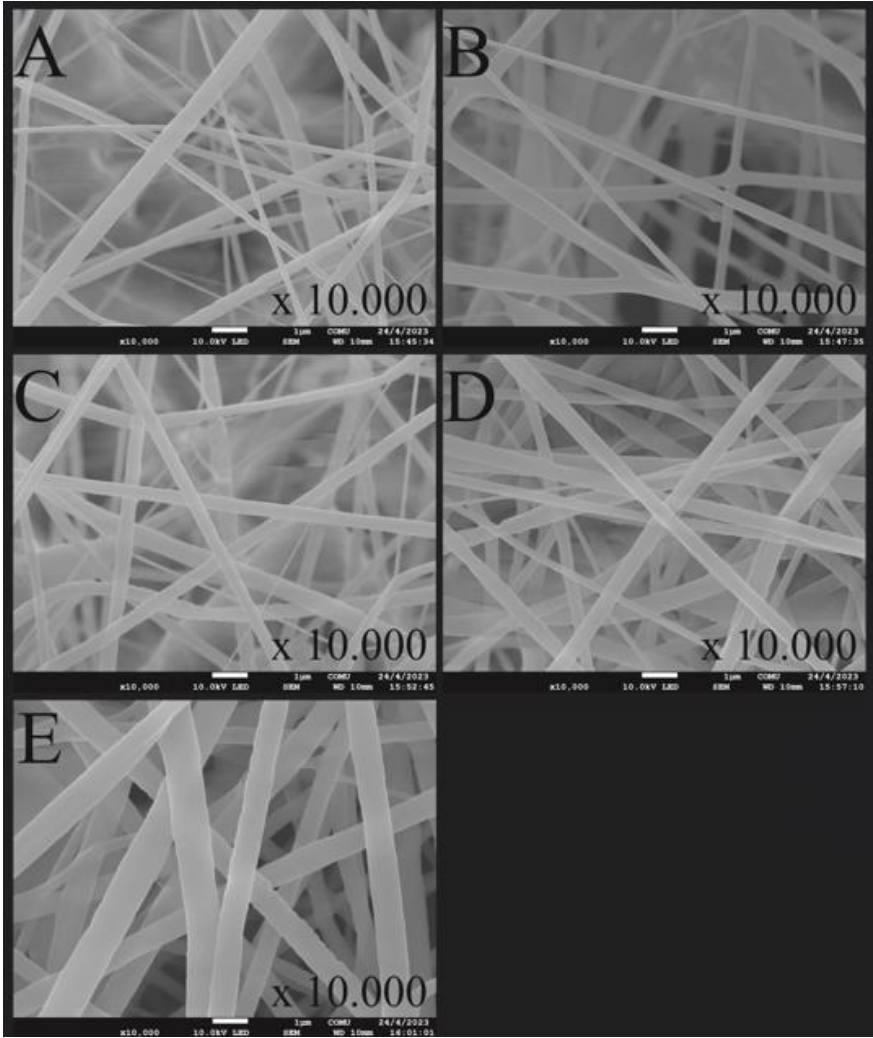
Şekil 2. (a) TGA ve (b) DTG eğrileri; saf PLA ve MCE yüklü nanofiberlerin termal bozunma profilleri.

3.3. Morfolojik Karakterizasyon (SEM)

Nanofiberlerin yüzey morfolojisi Şekil 3’te sunulmuştur. Saf PLA nanofiberleri pürüzsüz ve homojen bir yapı sergilerken, MCE içeriğinin artmasıyla birlikte lif çaplarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, polimer çözeltisinin viskozitesindeki artışa bağlanabilir. %50 MCE yüklemesinde bile lif yapısının korunduğu ve topaklanma olmadığı görülmektedir.

SEM mikrografları (Şekil 3), MCE yükleme oranına bağlı olarak lif morfolojisinde meydana gelen belirgin değişimleri ortaya koymaktadır. Saf PLA nanolifleri (Şekil 3A), kararlı elektrospinning koşullarının karakteristik bir göstergesi olarak, düzgün yüzeyli, boncuksuz ve homojen bir yapı sergilemektedir. MCE’nin yapıya dahil edilmesiyle birlikte (Şekil 3 B-E), lif çapında kademeli ve düzenli bir artış gözlenmiştir. Bu kalınlaşma etkisi özellikle %30 ve %50 MCE içeren örneklerde daha belirgin hale gelmiştir.

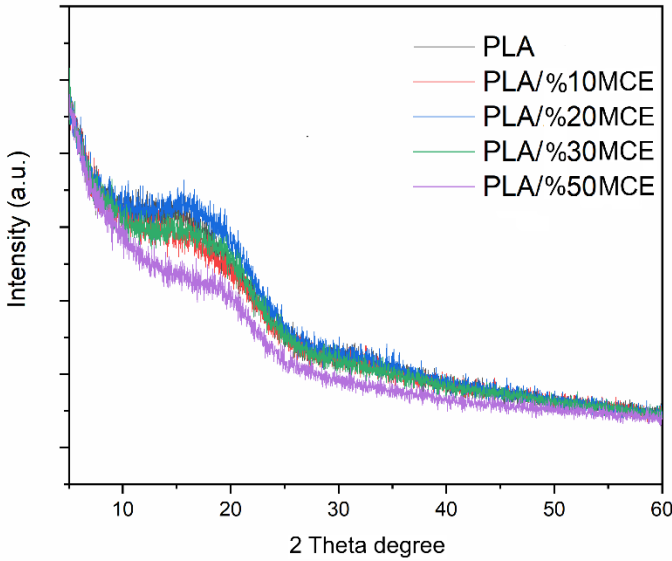
Lif çapındaki artış temel olarak eğirme çözeltisinin reolojik ve elektrohidrokinamik özelliklerinde meydana gelen değişikliklere bağlanabilir. MCE konsantrasyonunun artmasıyla birlikte polimer çözeltisinde viskozite artışı, yük hareketliliğinde azalma ve elektrospinning sırasında jetin uzama kapasitesinde sınırlanma meydana gelmektedir. Bu etkilerin ortak sonucu olarak elektrospinning jeti yeterince gerilememekte ve daha kalın liflerin oluşumu gerçekleşmektedir. Benzer lif çapı artışları, organik dolgu maddelerinin olduğu çalışmalarda polimer çözeltisinin yoğunluğunu artmasıyla ilişkilendirildiği bilinmektedir. (Benito-González ve ark., 2020; Xue ve ark., 2019; Pan ve ark., 2024) Bununla birlikte, yüksek MCE konsantrasyonlarında dahi boncuk oluşumu veya jet kararsızlığı gözlenmemiştir. Bu durum, PLA/MCE karışımlarının sürekli nanolif oluşumunu sürdürebilecek yeterli viskoelastik özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca MCE'nin PLA matrisi içerisinde iyi dağıldığını ve homojen nanolif yapıların elde edilmesine olanak sağladığını düşündürmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, ince ve düzgün PLA liflerinden daha kalın PLA/MCE nanoliflerine doğru gözlenen morfolojik değişim, dolgu maddesi miktarının elektrospinning davranışı üzerindeki doğrudan etkisini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, MCE ilavesinin hem polimer çözeltisinin fiziksel özelliklerini hem de elde edilen nanoliflerin mimarisini önemli ölçüde değiştirdiğine dair güçlü kanıtlar sunmaktadır.



Şekil 3. Nanofiberlerin SEM görüntüleri (10.000x büyütme). A: Saf PLA, B: %10 MCE, C: %20 MCE, D: %30 MCE, E: %50 MCE.

3.4. Kristal Yapı (XRD)

XRD desenleri (Şekil 4), tüm numunelerin amorf bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. 10° ile 25° (2θ) arasındaki geniş saçılma bölgesi, MCE ilavesiyle değişmemiştir. Bu, MCE'nin polimer matrisi içinde moleküler düzeyde dağıldığını ve PLA'nın yarı-kristal yapısını bozmadığını kanıtlamaktadır.

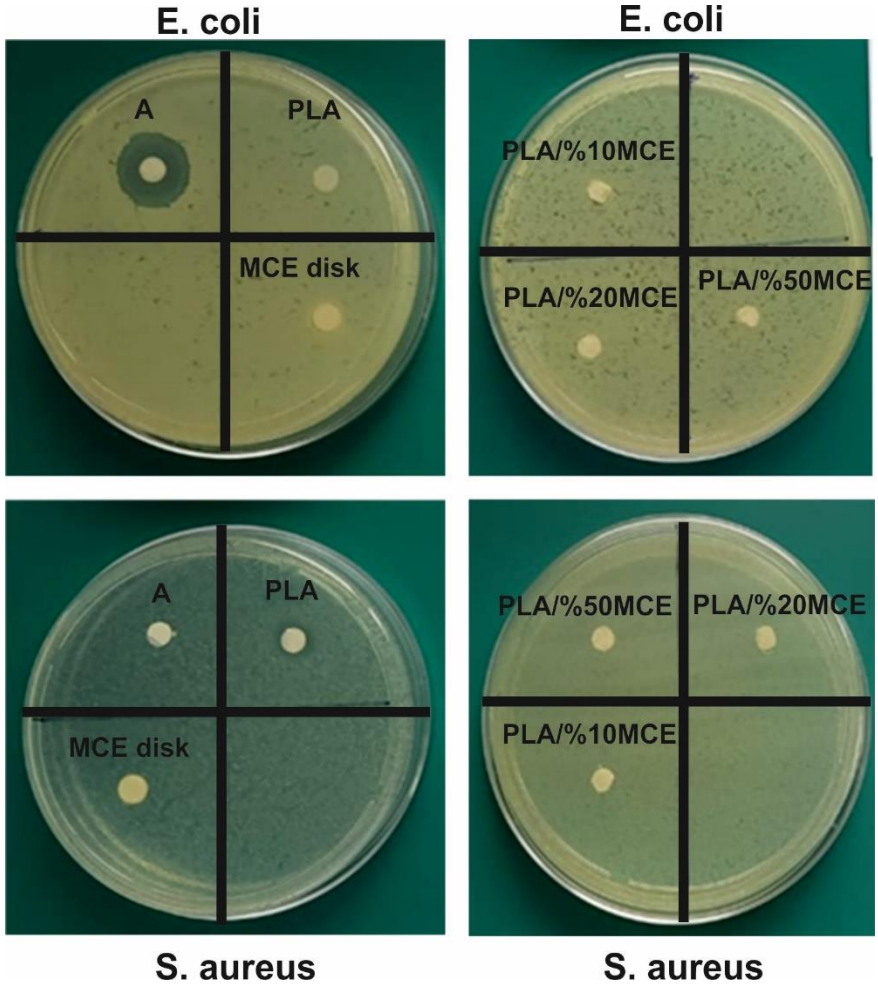


Şekil 4. Saf PLA ve PLA/MCE nanofiberlerin XRD desenleri

3.5. Antibakteriyel ve Antioksidan Performans

Yapılan çalışmalar sonucunda kudret narı ekstraktı emdirilmiş ticari disklerin ve aynı ekstrakt ile farklı derişimlerde hazırlanan PLA örneklerinin *E. coli* örneklerinde zon oluşumuna neden olmazken,

kontrol olarak PLA'ya uygulanan antibiyotiğin zon oluşumu yarattığı görülmüştür. S. Aureus için de benzer sonuçlar elde edilirken ilgili bakterinin kullanılan kontrol antibiyotiğe duyarlılığının daha düşük olması nedeni ile antibiyotik içeren PLA uygulaması sonrası E. coli'ye nazaran daha küçük çapta zon oluşumu gözlenmiştir (Şekil 5). Antibiyotik içeren PLA örneklerinin zon oluşturmaları, antibiyotiğe ilişkin antibakteriyel etkinin PLA'ya entegrasyonunun başarı ile gerçekleştirildiğini ve projenin temel amaçlarından olan antibakteriyel etki potansiyeli olan bir bileşiğin PLA'ya entegre edilmesinde önerilen yöntem ve geliştirilen cihazın başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Kudret narının kontrol olarak kullanıldığı çalışmada da zon belirlenmemiş olmasının ekstrakt kaynaklı olabilecek bir durumu işaret ettiği düşünülmektedir. İleriki çalışmalarda farklı fazlarda ve farklı firmalardan temin edilmiş KNE ekstraktları ile antibakteriyel hipotez tekrar denenebilecek nitelikte olup geliştirilen yöntemin farklı antibakteriyel ürünler için de geniş bir bakteriyel skalada kullanılabilirliği araştırılmaya değerdir.



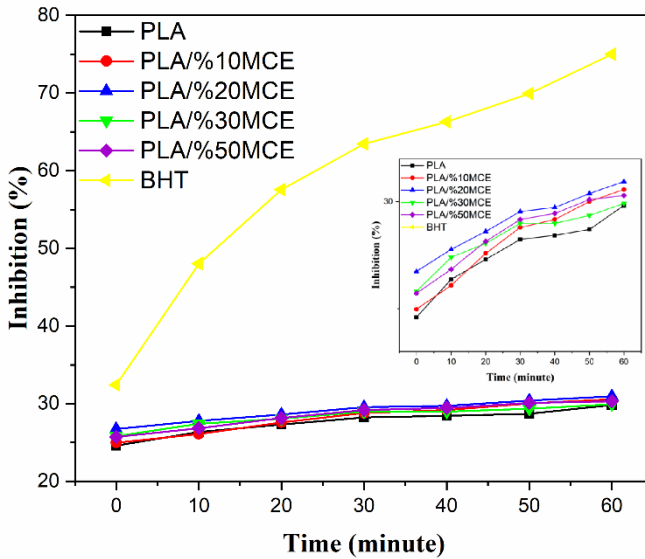
Şekil 5. Disk difüzyon yöntemiyle elde edilen antibakteriyel aktivite görüntüleri.

Çalışmada antioksidan aktivitenin belirlenmesi için DPPH analiz gerçekleştirildi (Şekil 6).

DPPH serbest radikal giderme analizi sonuçlarına göre, saf PLA nanolifleri oldukça düşük antioksidan aktivite göstermiştir. Bu durum beklenen bir sonuçtur; çünkü PLA yapısında serbest radikalleri etkisiz hale getirebilecek fonksiyonel gruplar bulunmamaktadır. Buna karşılık, MCE'nin PLA matrisi içerisine dahil edilmesiyle birlikte antioksidan aktivitede belirgin bir artış gözlenmiştir. MCE'nin doğal olarak fenolik bileşikler, flavonoidler ve triterpenoidler içermesi nedeniyle, PLA/MCE kompozitlerinde elde edilen daha yüksek inhibisyon değerleri bu biyoaktif bileşenlerin radikal süpürücü özelliklerine bağlanabilir.

MCE miktarının artmasıyla inhibisyon yüzdesinde genel olarak yükselme eğilimi görülmesine rağmen, bu artış tamamen doğrusal bir davranış sergilememiştir. Özellikle yüksek MCE yüklemelerinde gözlenen sapmalar, ekstraktın nanolif matrisi içerisinde kısmen agregasyon göstermesi ve aktif bileşenlerin test ortamına difüzyonunun sınırlanması ile açıklanabilir. Benzer doygunluk davranışları, doğal ekstrakt içeren polimerik nanolif sistemlerinde daha önce de rapor edilmiştir (Kong ve ark., 2010; Metwally ve ark.,2019). Ek olarak PLA/MCE kompozitlerinin antioksidan aktiviteleri BHT standardı ile karşılaştırıldığında daha düşük inhibisyon değerleri sergilediği belirlenmiştir. Bu durum, BHT'nin güçlü sentetik bir antioksidan olmasına karşın, MCE'nin doğal kaynaklı ve nispeten daha düşük antioksidan etkinliğe sahip bileşenler içermesiyle ilişkilendirilebilir.

Bununla birlikte, doğal bitki ekstraktlarının biyoyoumlu ve toksik olmayan yapısı, PLA/MCE kompozitlerini özellikle biyomedikal uygulamalar ve gıda ambalajlama sistemleri açısından avantajlı hale getirmektedir. Genel olarak elde edilen sonuçlar, MCE'nin PLA nanolif yapısına başarıyla entegre edildiğini ve ekstrakt miktarındaki artışın antioksidan kapasiteyi artırdığını göstermektedir. Bu gelişme, PLA/MCE kompozit nanoliflerinin yara örtüleri, biyobozunur gıda ambalajları ve antioksidan özellik gerektiren diğer uygulamalarda kullanılma potansiyelini desteklemektedir.



Şekil 6. Zaman bağılı DPPH radikal temizleme aktivitesi.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, *Momordica charantia* ekstresi yüklü PLA nanofiberler başarıyla üretilmiş ve karakterize edilmiştir. MCE'nin dahil edilmesi, nanofiberlere güçlü antioksidan özellikler kazandırmış, bu da bu malzemeleri özellikle diyabetik yara iyileşmesi gibi oksidatif stresin yoğun olduğu durumlar için ideal bir aday haline getirmiştir. Gelecekteki çalışmalar, bu biyoaktif nanofiberlerin in vivo etkinliğini ve hücre çoğalması üzerindeki etkilerini araştırmaya odaklanmalıdır. Bu bulgular, daha önce bildirilen *Momordica charantia* temelli yara iyileşmesi çalışmalarını desteklemektedir (Salami ve ark., 2021; Sagástegui-Guarniz ve ark., 2021).

Teşekkür: “Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: THD-2022-4063.

KAYNAKLAR

Ajaghaku, D., & Chinwuba, P. (2025). Endocrine disruption and therapeutic potential of *Momordica charantia*: A comprehensive review. *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 26, 18–34. <https://doi.org/10.9734/JOCAMR/2025/v26i8688>

Alippilakkotte, S., Kumar, S., & Sreejith, L. (2017). Fabrication of PLA/Ag nanofibers by green synthesis method using *Momordica charantia* fruit extract for wound dressing

applications. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 529, 771–782.
<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.06.066>

Benito-González, I., Jaén-Cano, C. M., López-Rubio, A., Martínez-Abad, A., & Martínez-Sanz, M. (2020). Valorisation of vine shoots for the development of cellulose-based biocomposite films with improved performance and bioactivity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 1540–1551. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.240>

Bortolotti, M., Mercatelli, D., & Polito, L. (2019). *Momordica charantia*, a nutraceutical approach for inflammatory related diseases. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 486.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00486>

CeCe, R., Grigsby, W. J., & Kong, L. (2024). An overview of the electrospinning of polymeric nanofibers for biomedical applications. *Advanced Engineering Materials*, 26(8), 2301297. <https://doi.org/10.1002/adem.202301297>

Forman, H. J., & Zhang, H. (2021). Targeting oxidative stress in disease: Promise and limitations of antioxidant therapy. *Nature Reviews Drug Discovery*, 20(9), 689–709.
<https://doi.org/10.1038/s41573-021-00233-1>

Geißler, S., Tiainen, H., & Haugen, H. J. (2016). Effect of cathodic polarization on coating doxycycline on titanium surfaces. *Materials Science and Engineering C*, 63, 359–366. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.03.012>

Hu, Z., Luo, Y., Wu, Y., Qin, D., Yang, F., Luo, F., & Lin, Q. (2024). Extraction, structures, biological effects and potential mechanisms of *Momordica charantia* polysaccharides: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 268, 131498. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131498>

Kong, K. W., Rajab, N. F., Prasad, K. N., Ismail, A., Markom, M., & Tan, C. P. (2010). Lycopene-rich fractions derived from pink guava by-product and their potential activity towards hydrogen peroxide-induced cellular and DNA damage. *Food Chemistry*, 123(4), 1142–1148. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.077>

Liu, J., Guo, Y., Sun, J., Lei, Y., Guo, M., & Wang, L. (2024). Extraction methods, multiple biological activities, and related mechanisms of *Momordica charantia* polysaccharide: A review. *International Journal of Biological*

Macromolecules, 263, 130473.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.130473>

Metwally, S., & Stachewicz, U. (2019). Surface potential and charges impact on cell responses on biomaterials interfaces for medical applications. *Materials Science and Engineering C*, 104, 109883. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109883>

Oyelere, S. F., Adebayo, A. H., & Ojo, O. A. (2022). A detailed review on the phytochemical profiles and anti-diabetic mechanisms of *Momordica charantia*. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 840855. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.840855>

Pan, X., Zhang, H., & Wang, Y. (2024). Biomedical applications of poly(lactic acid) electrospun nanofibers: A review. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.37861>

Sagástegui-Guarniz, W. A., Silva-Correa, C. R., Villarreal-La Torre, V. E., Calderón-Peña, A. A., Silva-Correa, H. P., & Del Prado-Audelo, M. L. (2021). Wound healing by topical application of *Momordica charantia* L. formulations on mice. *Veterinary World*, 14(11), 2986–2993. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2986-2993>

- Salami, M. S., Bahrami, G., Arkan, E., Izadi, Z., Miraghaee, S., & Samadian, H. (2021). Co-electrospun nanofibrous mats loaded with bitter gourd (*Momordica charantia*) extract as wound dressing materials: In vitro and in vivo study. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1), 111. <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03284-4>
- Scaffaro, R., & Lopresti, F. (2018). Processing, structure, property relationships and release kinetics of electrospun PLA/carvacrol membranes. *European Polymer Journal*, 100, 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.01.035>
- Samokhin, Y., Korniienko, V., Pogorielov, M., Hryshchenko, N., & Dzhyvak, V. (2023). Fabrication and characterization of electrospun chitosan/polylactic acid nanofiber scaffolds for biomedical applications. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(8), 414. <https://doi.org/10.3390/jfb14080414>
- Teoh, S. L., Latiff, A. A., & Das, S. (2009). The effect of topical extract of *Momordica charantia* on wound healing in nondiabetic rats and in rats with diabetes induced by streptozotocin. *Clinical and Experimental Dermatology*, 34(7), 815–822. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2230.2008.03117.x>

Xue, J., Wu, T., Dai, Y., & Xia, Y. (2019). Electrospinning and electrospun nanofibers: Methods, materials, and applications. *Chemical Reviews*, 119(8), 5298–5415. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00593>

Zhao, D., Zhang, Y., Li, X., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, J. (2024). Metabolomics revealed the effects of *Momordica charantia* saponins on diabetic wound healing. *Foods*, 13(19), 3163. <https://doi.org/10.3390/foods13193163>

