SAĞLIK BİLİMLERİ ALANINDAKİ GELİŞMELERİN PERSPEKTİF AÇIDAN İNCELENMESİ

Editör
Doç. Dr. Çiğdem Müge HAYLI

Prof. Dr. Sevim ÇELİK
Doç. Dr. Elif KARAHAN
Dr. Öğr. Üyesi Sibel ALTINTAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Sevim YAĞIZ
Dr. Ahmet AKÇAY
Hemşire Nazlı KAYHAN

ISBN 978-625-5923-84-4
Ankara -2025

SAĞLIK BİLİMLERİ ALANINDAKİ GELİŞMELERİN PERSPEKTİF AÇIDAN İNCELENMESİ

EDİTÖR

Doç. Dr. Çiğdem Müge HAYLI
ORCID ID: 0000-0001-7630-9619

YAZARLAR

Prof. Dr. Sevim ÇELİK[1]

Doç. Dr. Elif KARAHAN[2]

Dr. Öğr. Üyesi Sibel ALTINTAŞ[3]

Dr. Öğr. Üyesi Sevim YAĞIZ[4]

Dr. Ahmet AKÇAY[5]

Hemşire Nazlı KAYHAN[6]

[1]Bartın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Bartın, Türkiye
scelik@bartin.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-2016-5828

[2]Bartın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Bartın, Türkiye
ekarahan@bartin.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-6371-871X

[3]Bartın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Bartın, Türkiye
sibel.alt@hotmail.com
ORCID ID: 0000-0001-9392-2423

[4]Haliç Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıp Tarihi ve Etik A.D., Eyüpsultan, İstanbul, Türkiye
sevimyagiz@halic.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-6290-4860

[5]Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye
ahmetakcaymd@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-7016-6004

[6]Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Cerrahi Hastalıklar Hemşireliği Tezli Yüksek Lisans Programı, Bartın, Türkiye,
nazkyhn@outlook.com
ORCID ID: 0009-0006-9555-2861

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.16811874

Copyright © 2025 by UBAK publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. UBAK International Academy of Sciences Association Publishing House®
(The Licence Number of Publicator: 2018/42945)

E mail: ubakyayinevi@gmail.com
www.ubakyayinevi.org
It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
UBAK Publishing House – 2025©

ISBN: 978-625-5923-84-4
August / 2025
Ankara / Turkey

ÖNSÖZ

Sağlığa ulaşmak; alandaki çalışmaların önemi ve gerekliliğine bağlı bir süreçtir. Kitabın içeriği güncel sağlık gelişmeleri dahil olmak üzere tıp ve hemşirelik alanında da bilgiler içermektedir. Kitap yazım için hazırlanırken alanda kullanılabilecek bilgileri kapsaması amaçlanmış, bu nedenle konular mümkün olduğu kadar ayrıntılardan arındırılarak yazılmıştır. Dört yazarın yer aldığı bu kitapta: Nöroşirurjide Robotik Cerrahi Uygulamaları ve Cerrahi Hemşirelerinin Rolü, Oral ve Transoral Robotik Cerrahi Örneğinden Robotik Cerrahide Etik Sorunlar, Yükümlülükler: Bir Gömülü Teori Araştırması, Akut Mezenter İskemisi: Tanısal Radyolojik Yaklaşım, Dijital İmplant Sistemleri: Klinik Uygulamalar ve Hukuki/Etik Yansımalar başlıklı çalışmalar yer almaktadır. Elinizdeki bu kitap, önemli bir konu alanına sahip olan sağlık bilimleri alanında yeni, güncel bilgilerin sağlık profesyonelleri ve sağlık bölümü öğrenciler açısından daha yararlı ve kolay işlenebilmesine katkı sağlamak amacı ile hazırlanmıştır. Bilimsel çalışmaları ile kitabımıza katkı sağlayan tüm akademisyenlere teşekkür ederiz.

13/08/2025

Doç. Dr. Çiğdem Müge HAYLI

Editör

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ 4

İÇİNDEKİLER 6

BÖLÜM 1

NÖROŞİRURJİDE ROBOTİK CERRAHİ UYGULAMALARI VE CERRAHİ HEMŞİRELERİNİN ROLÜ……....…..(8-35)

Sibel ALTINTAŞ

Nazlı KAYHAN

Sevim ÇELİK

Elif KARAHAN

BÖLÜM 2

ORAL VE TRANSORAL ROBOTİK CERRAHİ ÖRNEĞİNDEN ROBOTİK CERRAHİDE ETİK SORUNLAR, YÜKÜMLÜLÜKLER: BİR GÖMÜLÜ TEORİ ARAŞTIRMASI……...(36-67)

Sevim YAĞIZ

BÖLÜM 3

AKUT MEZENTER İSKEMİSİ: TANISAL RADYOLOJİK YAKLAŞIM.....(68-90)

Ahmet AKÇAY

BÖLÜM 4

DİJİTAL İMPLANT SİSTEMLERİ: KLİNİK UYGULAMALAR VE HUKUKİ/ETİK YANSIMALAR……..……....(91-116)

Sevim YAĞIZ

BÖLÜM 1

NÖROŞİRURJİDE ROBOTİK CERRAHİ UYGULAMALARI VE CERRAHİ HEMŞİRELERİNİN ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Sibel ALTINTAŞ
Yüksek Lisans Öğrencisi Hemşire Nazlı KAYHAN
Prof. Dr. Sevim ÇELİK
Doç. Dr. Elif KARAHAN

GİRİŞ

Son yıllarda robotik cerrahi teknolojileri, minimal invaziv tekniklere olan ihtiyacın artmasıyla birlikte sağlık hizmetlerinde önemli bir dönüşüme neden olmuştur. Nöroşirurji gibi yüksek hassasiyet gerektiren cerrahi alanlarda, robotik sistemlerin kullanımı hem cerrahi doğruluğu hem de hasta güvenliğini artırma potansiyeline sahiptir. Bu teknoloji, karmaşık kraniyal ve spinal girişimleri destekleyerek cerrahın performansını optimize ederken, aynı zamanda operasyonel yükü azaltmaktadır (Khanna ve ark., 2021; Singh ve ark., 2022).

Robot destekli cerrahi uygulamalarda, hemşirelerin rolü giderek genişlemekte ve derinleşmektedir. Hemşireler, ameliyat öncesi hazırlık aşamasından cihaz kurulumuna, ameliyat sırası ekip çalışmasından ameliyat sonrası bakım süreçlerine kadar multidisipliner ekip içinde kritik işlevler üstlenmektedir (Şenol Çelik ve ark., 2023). Ayrıca, robotik sistemlerin getirdiği teknolojik karmaşıklık (özellikle ekip dinamiği, terminoloji bilgisi ve teknik yeterlilik gerektirmesi)

hemşirelerin iş süreçlerine hem fırsat hem de stres unsuru olarak yansımaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar, özellikle perioperatif hemşirelikte "teknostres" olgusu üzerinde durmakta; hemşirelerin teknolojiyi eş zamanlı öğrenmeleri ve adaptasyon sağlamaları gerektiğini vurgulamaktadır (Sınmaz ve ark., 2025).

1. Robotik Cerrahi

Robotlar, insan yardımıyla ya da yardımsız olarak; belirlenmiş basit veya karmaşık görevleri yerine getirmek üzere programlanabilen makineler olarak tanımlanabilir (Ginoya ve ark., 2021). İnsan elleriyle yapılan uygulamaları yerine getirebilen otomatik bir makine yaratma fikri oldukça eskiye dayanmaktadır (Morrell ve ark., 2020). Bu kapsamda robot kavramı insanlık tarihi boyunca mitolojiden bilimkurguya kadar geniş bir yelpazede yer almıştır (Gharagozloo ve ark., 2021). Cerrahi alanda ise robot teknolojisinin kullanımı, yaklaşık otuz yıldır uygulama alanı bulmakta ve giderek daha yaygın hale gelmektedir (Morrell ve ark., 2020). Robotik cerrahi, diğer adıyla robot destekli cerrahi, cerrahların ameliyatları benzersiz bir hassasiyet ve kontrolle gerçekleştirmelerine olanak tanıyan, özel robotik sistemlerin kullanıldığı minimal invaziv bir cerrahi teknik olup; bu teknoloji, cerrahi alanda önemli bir paradigma değişimi olarak değerlendirilmektedir (Johansson ve ark., 2021; Reddy ve ark., 2023).

1.1. Robotik Cerrahinin Gelişimi

İlk robot destekli cerrahi uygulama, 1985 yılında Kwoh ve arkadaşları tarafından, Puma 560 adlı endüstriyel robot kolunun kullanıldığı, bilgisayarlı tomografi (BT) rehberli beyin biyopsisi ile

gerçekleştirilmiştir (Chatterjee ve ark., 2024; Gharagozloo ve ark., 2021). Ancak cihazın endüstriyel kullanım için tasarlanmış olması nedeniyle cerrahi alanda kalıcı olarak kullanılmasına izin verilmemiştir (Chatterjee ve ark., 2024). Takip eden yıllarda; 1980'lerin sonunda prostat cerrahisinde kullanılmak üzere ürolojik robotlar geliştirilmeye başlanmıştır (Chatterjee ve ark., 2024; Morrell ve ark., 2020). 1987'de laparoskopik cerrahinin klinik kullanıma girmesi, robotik cerrahinin gelişimini desteklemiştir. 1992 yılında ise protez kalça değişimi amacıyla kullanılan görüntü rehberli Robodoc Cerrahi Sistemi tasarlanmıştır (Chatterjee ve ark., 2024; Keleş ve Eke, 2025; Morrell ve ark., 2020). Daha sonra sesle komut verilen AESOP (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning) adlı ilk cerrahi robotik kol geliştirilmiştir (Gharagozloo ve ark., 2021). 1998'de Intuitive Surgical, da Vinci sistemini geliştirmiş; farklı cerrahi operasyonlarda bu sistem kullanılmış ve FDA onayı alarak (ABD Gıda ve İlaç Dairesi, robotik cerrahi cihazlar da dahil olmak üzere tıbbi cihazları denetlemektedir) ABD'deki ilk cerrahi robot olmuştur (Morrell ve ark., 2020; Dunn, 2022).

Türkiye'de robotik cerrahiye yönelik ilk araştırmalar 2004 yılında Florence Nightingale Şişli Hastanesi Kardiyovasküler Cerrahi ekibi tarafından yapılmıştır. 2005 yılında aynı hastanede Dr. Ali Rıza Kural ve ekibi bu teknolojiyi ilk kez kullanarak üroloji ameliyatı yapmıştır (Keleş ve Eke, 2025). Bu öncü uygulamalardan sonra robotik cerrahi, özellikle büyük şehirlerdeki özel hastanelerde yaygınlık kazanmaya başlamıştır. 2013-2017 yılları arasında Türkiye'de da Vinci platformları

kullanılarak gerçekleştirilen tüm robotik cerrahi vakalarının incelendiği ulusal bir çalışmada, 32 hastanede toplam 13.760 robotik operasyon yapıldığı bildirilmiştir (Esen ve ark., 2019). Sağlık Bakanlığı'nın 2025 yılı bütçe sunumuna göre, Türkiye'de 45 Robotik Cerrahi Merkezi bulunmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2024).

2. Robotik Cerrahinin Kliniğe Yansıması

Klinik uygulamalarda robotik cerrahi sistemleri üç ana kategoride sınıflandırılmaktadır: aktif, yarı-aktif ve "usta-köle" (master-slave) sistemler (Singh ve ark., 2022). Aktif sistemler, cerrahi ekip tarafından yönetilir ve programlanmış görevleri büyük ölçüde otonom şekilde yerine getirir. Yarı-aktif sistemlerde, cerrah tarafından yönlendirilen bileşen, önceden programlanmış bileşenle birleştirilmiştir (Singh ve ark., 2022; Bramhe ve Pathak, 2022). Master-slave sistemler ise ön programlama içermez ve tamamen cerrahın kontrolüne bağlıdır (Singh ve ark., 2022). Örneğin da Vinci ve ZEUS platformları, önceden programlanmış veya otonom işlev içermeyen sistemlerinin prototipidir (Bramhe ve Pathak, 2022).

Günümüzde robotik sistemler, genellikle rijit veya yarı rijit endoskoplar aracılığıyla; doğal vücut açıklıkları, karın içi ve torasik boşluklar gibi anatomik bölgelere erişim sağlanarak uygulanmaktadır (Dunn, 2022). Bununla birlikte, robotik cerrahinin kullanım alanı yalnızca minimal invaziv girişimlerle sınırlı kalmayıp; açık cerrahi, ortopedik girişimler ve nöroşirurjik operasyonlar gibi farklı disiplinlerde de etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Dunn, 2022; Fairag ve ark., 2024). Disiplinler arasında robotik cerrahi, yüksek hassasiyet

ve stabilite gerektiren nöroşirurjik prosedürlerde operasyonel doğruluğu artırarak önemli avantajlar sunması nedeniyle özellikle nöroşirurji alanında ön plana çıkmaktadır (Singh ve ark., 2022; Khanna ve ark., 2021). Her ne kadar bu teknolojilerin nöroşirurji alanında benimsenmesi diğer cerrahi disiplinlere kıyasla daha geç gerçekleşmiş olsa da, özellikle son yıllarda bu alana özgü geliştirilen robotik sistemler sayesinde teknolojik entegrasyon ivme kazanmıştır (Ball ve ark., 2021; Khanna ve ark., 2021;). Robot destekli sistemler; stereotaktik biyopsi, stereoelektroensefalografi (SEEG), spinal enstrümantasyon ve nöroendovasküler girişimler gibi pek çok nöroşirurjik uygulamalarda klinik pratikte etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Ball ve ark., 2021).

2.1. Robotik Cerrahinin Nöroşirurji Alanına Yansıması

Nöroşirurji, sinir sistemi üzerinde uygulanan cerrahi girişimleri kapsayan bir tıbbi uzmanlık alanıdır (Türk Nöroşirurji Derneği, 2025). Amerikan Nöroşirurji Kurulu nörolojik cerrahiyi şu şekilde tanımlamaktadır: Merkezi sinir sistemi, periferik sinir sistemi, otonom sinir sistemi, bu sistemleri destekleyen yapılar ve bunların damar yapıları üzerinde oluşabilecek ağrıya ya da patolojik süreçlere bağlı olarak fonksiyon veya aktivite değişikliklerinin tedavisini üstlenen bir tıbbi disiplin ve cerrahi uzmanlık alanıdır (Amerikan Nöroşirurji Kurulu, 2025).

Tarihsel süreç boyunca yaşanan çatışmalar, savaşlar ve benzeri travmatik olaylar, insanlarda çeşitli düzeylerde kafa travmalarına yol açmış; bu durum, erken dönemlerden itibaren toplumların kafa

yaralanmalarına müdahale etme ihtiyacını doğurmuştur (Goodrich ve Flamm, 2022). En eski cerrahi müdahalelerden biri olarak kabul edilen trepanasyon uygulaması, erken dönem insan topluluklarının kafa travmalarına yönelik cerrahi girişimlerde bulunma çabalarının bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Goodrich ve Flamm, 2022; Lo ve Kung, 2022). Modern anlamda nöroşirurji uygulamaları, 19. yüzyılda genel cerrahinin bir alt uzmanlık dalı olarak ortaya çıkmıştır (Goodrich ve Flamm, 2022). Nöroşirurjide robot kullanımına ise ilk olarak 1985 yılında rastlanmaktadır. Bu tarihte endüstriyel bir robot kolu BT rehberliğinde biyopsi kanüllerini yönlendirmek amacıyla kullanılmış; manuel ayarlanabilir çerçevelere kıyasla işlem süresi kısalmış ve doğruluk artmıştır (Khanna ve ark., 2021; Gharagozloo ve ark., 2021). İlk ticari nöroşirurjik robot olan Neuromate, biyopsilerde ve stereoelektroensefalografi (SEEG), derin beyin stimülasyonu (DBS) ve tümör rezeksiyonu gibi uygulamalarda kullanılmış böylece nöroşirurjide robotik cerrahi kullanımının önü açılmıştır (Khanna ve ark., 2021).

Robotik sistemlerin cerrahlara daha iyi görselleştirme, daha yüksek hassasiyet ve daha az yorgunluk gibi avantajlar sunması nedeniyle son zamanlarda beyin ve omurga cerrahisinde minimal invaziv yaklaşımlara yönelik artan taleple birlikte, beyin cerrahisinde robotik uygulamalara olan ilgi de artmıştır (Fairag ve ark., 2024; Singh ve ark., 2022). Robotik sistemlerin kullanımı nöroşirurjik literatürde stereotaktik biyopsilerde ve spinal cerrahilerde daha sık rapor edilmektedir (Stumpo ve ark., 2021). 2022 yılında yayımlanan bir

çalışmada, ABD'deki ilk 100 nöroşirurji merkezinin %30'unun kranial, %40'ının ise spinal robotik cerrahi uyguladığı bildirilmiştir (Singh ve ark., 2022). Sistematik bir derlemede, ROSA, NeuroArm ve PATHFINDER gibi sistemlerin özellikle kafatası tabanı cerrahilerinde cerrahi görüş alanını genişlettiği, hareket özgürlüğünü artırdığı ve cerrah yorgunluğunu azalttığı vurgulanmıştır (Pangal ve ark., 2022). Bir meta-analiz çalışmasında, robotik spinal sistemlerin (ör. Mazor, ROSA, ExcelsiusGPS) pedikül vida yerleştirme doğruluğunu anlamlı şekilde artırdığı, revizyon oranlarını azalttığı ve ameliyat sırası komplikasyonları düşürdüğü gösterilmiştir (Ong ve ark., 2022). Ayrıca, SEEG uygulamalarında robotik sistemlerin, çerçeveli yöntemlere kıyasla elektrot yerleşimini daha kısa sürede gerçekleştirdiği ve bu sayede ameliyat süresini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Abdallat ve ark., 2025).

Bu veriler, nöroşirurjide robotik cerrahinin yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda klinik açıdan da önemli avantajlar sunduğunu ve uygulama alanlarının giderek çeşitlendiğini açıkça ortaya koymaktadır.

2.2. Robotik Cerrahinin Nöroşirurjideki Uygulama Alanları

Robotların beyin cerrahisinde başlıca kullanım alanları arasında anatomik konumlandırma, cerrahın el hareketlerinin sabitlenmesi, derin beyin hedeflerine ulaşım için anatomik planlama ve spinal cerrahilerde pedikül vida yerleştirme yer almaktadır (Singh ve ark., 2022; Stumpo ve ark., 2021). Ayrıca nöro-onkolojide CyberKnife gibi sistemlerde, beyin sapı tümörleri için robotik yönlendirmeli kemoterapi uygulamalarında, intraventriküler tümör rezeksiyonlarında,

serebrovasküler ve endovasküler alanda (anjiyografi sistemleri, AVM ve kavernom tedavileri, anevrizma klipleme ve koil yerleştirme vb.) stereotaktik biyopsilerde, derin beyin stimülasyonu (DBS), epilepsi cerrahisi öncesi SEEG elektrot yerleşiminde, ventriküler kateterizasyon ve lazer ablasyonda da robotik cerrahiden yararlanılmaktadır (Stumpo ve ark., 2021; Ball ve ark., 2021; Khanna ve ark., 2021). Robotik sistemler kranial cerrahi uygulamalarında başlıca olarak stereotaktik işlemler için, spinal cerrahi uygulamalarında ise ağırlıklı olarak pedikül vida yerleştirme işlemleri için kullanılmaktadır (Küçükyürük ve Çalış, 2018).

Bu geniş uygulama yelpazesi içerisinde bazı robotik nöroşirurji uygulamaları klinik pratikte daha fazla öne çıkmakta ve literatürde daha ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Aşağıda, robotik sistemlerin en yaygın ve etkili şekilde kullanıldığı dört temel klinik alan incelenmiştir.

Derin Beyin Stimülasyonu: Parkinson hastalığının motor semptomlarını iyileştirmek için kullanılan etkili bir cerrahi tekniktir (Hiremath, 2020). DBS geleneksel olarak mikroelektrot kayıtlar (MER) rehberliğinde uyanık hasta üzerinde ya da uyutulmuş hasta üzerinde yapılan bir işlemdir (Ball ve ark., 2021). DBS sonrası başarılı hasta sonuçlarının temel belirleyicilerinden biri ve uygulamanın amacı; elektrotların mümkün olduğunca doğru yerleştirilmesidir (Hiremath, 2020). Robotik destek, elektrot yerleştirme işlemi sırasında ve hassasiyet sağlamak için kullanılır. Bu sayede uygulamanın başarısı arttırılmış olur. Son zamanlarda robot yardımlı teknikler DBS için giderek daha fazla benimsenmekte olup, bu yöntemler Avrupa, Asya ve

Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygınlık kazanmaktadır (Ma ve ark., 2022).

Stereotaktik Beyin Biyopsileri: İntrakraniyal lezyonlar genellikle stereotaktik biyopsiler yoluyla tanılanmayı gerektirir (Porto Junior ve ark., 2024). Derin ve erişilmesi güç lezyonların tanısında robotik stereotaktik biyopsiler milimetrik doğruluk sağlar (Khanna ve ark., 2021). Yapılan bir çalışmada robot yardımlı sterotaktik biyopsilerin ameliyat süresini kısalttığı, düşük giriş ve hedef noktası hatası ile yüksek hassasiyet sunduğu, komplikasyon oranlarını göreceli olarak düşürdüğü ve ortalama hastane yatış süresini kısalttığı görülmüştür (Porto Junior ve ark., 2024).

Omurga Cerrahisi: Tüm dünyada tıbbi başvuruların %25-30'u ve tıbbi raporların yaklaşık %15'i omurga rahatsızlıklarına atfedilmektedir. Omurga cerrahisi, konservatif tedavilere yanıt vermeyen vakalar için kritik bir müdahale yöntemi haline gelmiştir (Regmi ve ark., 2024). Robot yardımlı omurga cerrahisi, beyin cerrahları için çeşitli potansiyel avantajlar sunmaktadır. Serbest el ya da floroskopi rehberli tekniklere kıyasla pedikül vidası yerleştirmede daha yüksek doğruluk, tekrarlayan vida yerleştirme işlemlerinde yorgunluk yaşamadan çalışabilme ve daha minimal invaziv tekniklerin kullanılabilme potansiyeli bulunmaktadır (Regmi ve ark., 2024; Pham ve Brown, 2024).

Tümör Rezeksiyonları: Kraniyal tümör cerrahilerinde kullanılan MR uyumlu robotik sistemler, örneğin NeuroArm, cerraha mikroskobik düzeyde hassas diseksiyon ve cerrahi stabilite sağlayarak,

nöral yapıların korunmasına katkıda bulunmakta ve tümör rezeksiyon oranlarını artırmaktadır (Ball ve ark., 2021).

2.3. Nöroşirurjide Kullanılan Robotik Cerrahi Teknolojileri

Nöroşirurji pratiğinde robotik sistemler, cerrahi doğruluğu artırmak, işlem süresini kısaltmak, cerrah yorgunluğunu azaltmak ve hasta güvenliğini artırmak amacıyla geliştirilmiş, teknolojik olarak ileri düzey cihazlardır (Shaikh ve ark., 2024). Bu sistemler uygulamalarda farklı teknolojik prensiplerle çalışmakta olup, kullanım alanlarına göre yapılandırılmıştır (Elsabeh ve ark., 2021). Günümüzde en sık kullanılan robotik sistemler arasında ROSA, Neuromate, NeuroArm, ExcelsiusGPS, Mazor X Stealth, SpineAssist ve sınırlı olarak da Vinci yer almaktadır (Shaikh ve ark., 2024; Elsabeh ve ark., 2021; Khanna ve ark., 2021).

ROSA (Robotic Stereotactic Assistance), hem stereotaktik hem de stereotaktik olmayan yaklaşımlar için gelişmiş navigasyon işlevleri ve haptik yeteneklere sahip, görüntü kılavuzlu bir cihazdır (Elsabeh ve ark., 2021). Cerrah, prosedür sırasında hem robotun otonom olarak gerçekleştirdiği işlemleri denetleyebilir hem de cerrahi aleti doğrudan kontrol edip hareket ettirebilir (Kaewborısutsakul, 2024; Elsabeh ve ark., 2021). Bu tek kollu robot, DBS, SEEG, tekrarlayan sinir stimülasyonu (RNS) gibi işlemlerde oldukça iyi bir beceri ve doğruluk sağlar ve ameliyat süresini kısaltır (Kaewborısutsakul, 2024).

Neuromate, pasif bir sistemdir. Daha çok hareket bozukluğu cerrahisinde tercih edilir (Shaikh ve ark., 2024). Tasarımı gereği, 6

serbestlik derecesine ve bir stereotaktik sisteme sahiptir (Ginoya ve ark., 2021). Nöroendoskopi, DBS, biyopsi, transkraniyal manyetik stimülasyon, radyocerrahi ve beyin tümörlerinin rezeksiyonu gibi çeşitli nörolojik işlemlerde kullanılmaktadır (Shaikh ve ark., 2024; Ginoya ve ark., 2021).

NeuroArm, Manyetik rezonans (MR) görüntüleme ile entegre çalışabilen ilk nöroşirurjik sistemdir. Kollar, hareketli bir destek tabanı üzerine yerleştirilmiş olup, uç efektör kol mikronöroşirurji için gerekli çeşitli cerrahi aletleri tutabilecek şekilde tasarlanmıştır (Shaikh ve ark., 2024). Uzun süreli cerrahi işlemler için ergonomik olarak tasarlanmış olup hem MR görüntülerini hem de operasyon alanına ait gerçek zamanlı 3 boyutlu yüksek çözünürlüklügörüntüleri aynı anda sağlayan bir arayüze sahiptir (Ginoya ve ark., 2021).

ExcelsiusGPS ve Mazor X Stealth, omurga cerrahisinde kullanılan modern robotik sistemlerdendir. Bu platformlar, navigasyon destekli vidalama ve füzyon işlemlerinde cerraha anatomik hedefleme ve pozisyonlandırma açısından yüksek doğruluk sağlar. İntraoperatif görüntüleme ile entegre çalışarak komplikasyon oranlarını azaltmakta ve revizyon gereksinimini düşürmektedir (Ong ve ark., 2022).

da Vinci Sistemi, 3 boyutlu yüksek çözünürlüklü kameralar ve dört entegre kola sahiptir (Elsabeh ve ark., 2021). 3 ana bileşenden oluşur; cerrah konsolu, hasta arabası ve görsel arabası. En önemli avantajlarından biri, cerrahın konsoldaki el hareketlerini gerçek zamanlı olarak aletlere aktarabilmesidir. Bu sayede aletler, insan elinin hareket alanından daha geniş bir hareket kabiliyetine sahip olur. Bu

özellik, sistemin gelişmiş optiği ve ergonomik tasarımı ile birleşerek cerrahların karmaşık işlemleri olağanüstü beceri ve kontrolle gerçekleştirmesini sağlar (Johansson ve ark., 2021).

Bu sistemler yalnızca cerrahi işlemlerde hassasiyetin artırılmasına katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda cerrahın çalışma ergonomisini iyileştirmekte ve operasyonel güvenliği desteklemektedir. Ancak, bu ileri teknolojilerin klinik kullanıma geniş ölçekte entegre edilmesinin önünde; yüksek maliyet, kapsamlı eğitim gereksinimleri ve mevcut cerrahi enstrümanlarla uyumluluk sorunları gibi bazı yapısal kısıtlamalar hâlâ varlığını sürdürmektedir (Bramhe ve Pathak, 2022; Johansson ve ark., 2021).

3. Nöroşirurjide Robotik Cerrahi Uygulamalarında Hemşirelerin Rolleri

Robot destekli nöroşirurjide, perioperatif hemşirenin rolü; yüksek teknolojiyle entegre bir cerrahi ortamda hasta güvenliği, bakım kalitesi ve ekip koordinasyonunu sağlama yönünden kritik öneme sahiptir (Karasin ve ark., 2022). Hemşireler, robot destekli cerrahi uygulamalarında hem operasyon öncesi hazırlık aşamasında hem de ameliyat sırası ve ameliyat sonrası süreçlerde kritik roller üstlenmektedir. Hemşireler yalnızca teknik uygulamalardan değil; aynı zamanda hastanın psikososyal gereksinimlerinden, iletişiminden ve adaptasyon sürecinden de sorumludur (Redondo-Saenz, 2022). Hastanın uygun şekilde pozisyonlandırılması, güvenliğinin sağlanması, aseptik koşulların sürdürülebilmesi amacıyla robotik sistemin steril ve non-steril bölgelerinin bilinmesi, farklı cerrahi prosedürlere uygun

şekilde robotun konumlandırılması gibi görevler hemşirenin sorumluluğundadır. Ayrıca, ameliyat sırası süreçte oluşabilecek teknik aksaklıkları erkenden fark edebilmek adına robot sisteminde video ekranındaki hata mesajlarının dikkatle izlenmesi ve bu bilgilerin cerrahi ekibe hızlı ve doğru şekilde iletilmesi, olası bir elektrik kesintisi durumunda acil müdahale planlarının uygulanması da hemşirenin görev alanına girer. Hastanın hava yolu açıklığını sağlama, vital bulguların düzenli takibini yapma, olası kanama ve komplikasyonları erken fark etme ve önleme, yara bakımı, ağrı yönetimi, mobilizasyonun desteklenmesi ve taburculuk öncesi hasta ve bakım verenlerin eğitimi gibi çok boyutlu bir bakım sürecini yürütür. Bu kapsamda hemşirelik bakımı, robotik cerrahi süreçlerinin bütünselliğini sağlayan ve hasta güvenliğini temel alan profesyonel bir yaklaşım sunar (Karasin ve ark., 2022; Redondo-Saenz, 2022; Strzelecka ve Drewa, 2023).

Robot destekli nöroşirurjide cerrahi hemşiresinin rolü, literatür doğrultusunda; ameliyat öncesi, sırası ve sonrası dönem başlıkları altında aşağıda açıklanmış ve Şekil-1'de özetlenmiştir.

3.1. Ameliyat Öncesi Dönem

Ameliyat öncesi hemşirelik uygulamaları; hastanın kimlik doğrulamasından başlayarak fiziksel ve psikolojik hazırlığını, cerrahi ekipmanların planlanmasını ve ameliyatla ilgili eğitim süreçlerini kapsamaktadır. Hemşire, hastanın sağlık öyküsü, alerjileri, laboratuvar ve ameliyat öncesi görüntüleme sonuçlarını dikkatle inceler. Özel cerrahi gereksinimler doğrultusunda stereotaktik çerçeve, navigasyon sistemi veya robotik cihaz bağlantılarının ön hazırlığını yapar (Karasin

ve ark., 2022; Redondo Sáenz et al., 2023). Robot destekli sistemlerin hassasiyet gerektiren yapısı nedeniyle, ekipmanların tam ve doğru çalıştığının kontrol edilmesi, sistemlerin kalibrasyonunun yapılması ve cerrahi konsolun doğruluk testinin uygulanması büyük önem taşır. Hemşire bu süreçte sistematik bir kalite güvencesi anlayışıyla hareket eder (Pires ve ark., 2025). Bununla birlikte, özellikle beyin cerrahisine özgü belirsizlikler nedeniyle hasta ve ailesine yönelik bilgilendirme çok boyutlu ve tekrarlayıcı olmalıdır. Robotik cerrahinin işleyişi, olası riskler, ameliyat süreci ve ameliyat sonrası bakım hakkında açık ve anlaşılır bir şekilde bilgi verilir. Aynı zamanda bu süreç, psikososyal destek ve kaygı yönetimini de içerecek biçimde yapılandırılır (Redondo Sáenz et al., Speth, 2023; Şenol Celik ve ark., 2023).

3.2. Ameliyat Sırası Dönem

Cerrahi sırasında hemşire, robotik sistemin güvenli işleyişini sağlamakla birlikte, hastanın pozisyonunun komplikasyon risklerini azaltacak şekilde korunmasından da sorumludur. Robotik cerrahinin doğası gereği, sabitlenen robotik kollar nedeniyle hasta hareketine karşı yüksek duyarlılık söz konusudur. Bu durum, hemşirenin pozisyonlama ve stabilizasyon konusundaki dikkatini artırmasını gerektirir (Kılınç Akman ve ark., 2022). Hastanın uygun pozisyonu, bası yaraları ve vasküler sıkışmaları önleyecek şekilde ayarlanır ve robotik kolun serbest hareket alanı operasyon boyunca izlenir.

Cerrahi hemşiresi, bu pozisyonlama yönergelerini cerrahi ekibe hatırlatarak hasta güvenliğini destekler (Pires ve ark., 2025; Redondo Sáenz et al., 2023). Bu süreçte, hasta güvenliğini arttırmak için

geliştirilmiş olan "İkinci Güvenli Cerrahi Kontrol Listesi" kapsamında hemşire; cerrahi sayımların doğruluğunu ve ekipmanların çalışıp çalışmadığını kontrol etmeli, pnömatik basınç cihazına gereksinimi değerlendirmeli, odada zaman yönetimini ve yedek robotik cerrahi hemşire gerekliliğini değerlendirmelidir (Kılınç Akman ve ark., 2022).

Robotik cerrahinin doğası gereği cerrah operasyon sırasında konsoldan hastadan fiziksel olarak uzaklaşır. Bu durumda, hemşirenin ekip içi iletişimde daha aktif rol üstlenmesi gerekir. Hemşire, cerrah ile iletişimi sürdürürken aynı zamanda monitörizasyonu, steriliteyi ve hasta parametrelerini sürekli takip eder (Kılınç Akman ve ark., 2022; Speth, 2023). Bununla birlikte, robotik sistemlerin karmaşık ve çok bileşenli yapısı, hemşireler açısından "tekno-stres" olarak adlandırılan özgül bir mesleki stres kaynağı oluşturmaktadır. Ekipman arızaları, acil durumlara hızlı yanıt verme zorunluluğu ve ileri teknolojiyi kullanma sorumluluğu, hemşirelerin tükenmişlik ve hata yapma kaygılarını artırabilir (Sınmaz ve ark., 2025).

Ayrıca perioperatif ekip üyeleri robotik cerrahi ve minimal invaziv işlemler sırasındaki aksaklıklar ihtimaline karşılık her zaman açık cerrahi işlemlere geçmeye hazır olmalıdır. Bu konuda literatürde farklı görüşler bildirilse de, AORN, perioperatif ekip üyelerinin bir hastayı ameliyathane tranmsfer etmeden önce açık prosedürel işlemler için kaynakların yeterinde gözden geçirilmesi gerektiğini önermektedir (Speth, 2023). Ek olarak AORN, minimal invaziv cerrahi işlemler için oda hazırlığının açık prosedüre geçmeyi kolaylaştırmak için erişilebilir bir konumda ek malzemeler, yumuşak ürünler, enerji üreten cihazlar,

aletler ve ilaçları bulundurmayı şartlı olarak önermektedir (Speth, 2023). Bu nedenle, robotik cerrahi hemşirelerinin sürekli hizmet içi eğitimlerle desteklenmesi, simülasyon temelli senaryolarla hazırlanması ve psikolojik destek mekanizmalarının güçlendirilmesi, klinik başarı ve hemşire refahı açısından kritik önem taşımaktadır (Sınmaz ve ark., 2025; Şenol Çelik ve ark., 2023).

3.3. Ameliyat Sonrası Dönem

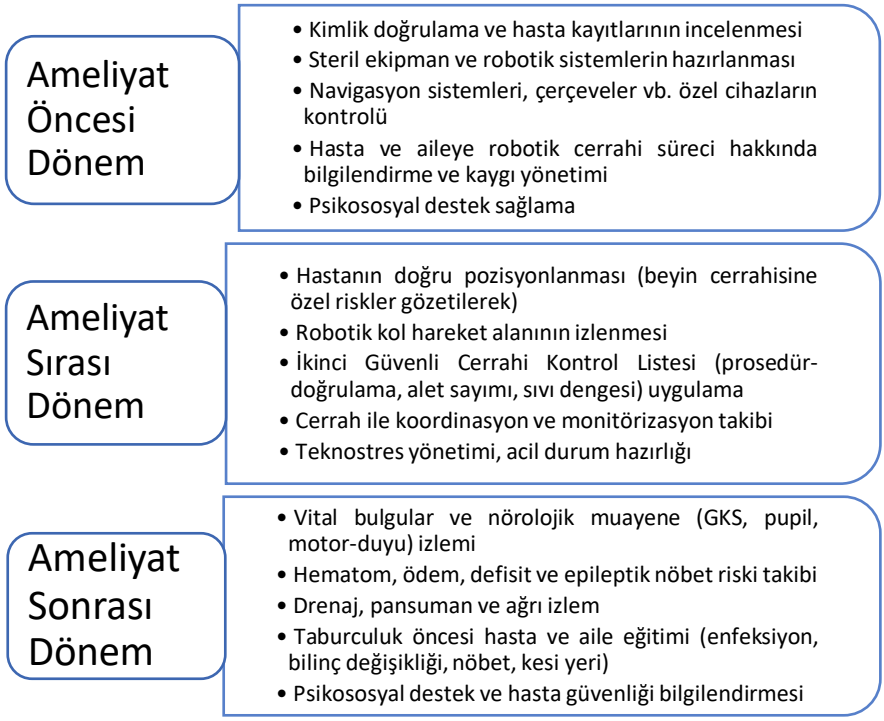
Robot destekli beyin cerrahisi sonrası ameliyat sonrası süreç, hemşirelik bakımında ileri düzeyde dikkat ve nörolojik farkındalık gerektirir. Hemşire bu dönemde, hastanın vital bulgularının izlenmesinin yanı sıra özellikle nörolojik fonksiyonların yakından takibini yapar. Kranial girişimlerden sonra en sık karşılaşılan komplikasyonlar arasında intrakraniyal hematom, beyin ödemi, nöbetler, serebrospinal sıvı kaçağı ve geçici ya da kalıcı nörolojik defisitler (motor kayıp, konuşma bozukluğu, bilinç değişiklikleri) yer alır (Strzelecka ve Drewa, 2023). Bu nedenle hemşire, Glasgow Koma Skalası, pupil yanıtı, motor ve duyu muayenesi gibi nöroşirurjiye özgü parametreleri düzenli aralıklarla değerlendirir; en küçük değişiklikte cerrahı zamanında bilgilendirerek erken komplikasyon yönetimine katkı sağlar (Karasin ve ark., 2022).

Ayrıca beyin cerrahilerinde görülebilecek problemler (epileptik nöbet riski, şiddetli baş ağrısı ya da bulantı-kusma gibi intrakraniyal basınç artışı belirtileri vb.) hemşire tarafından dikkatle izlenmeli; gerektiğinde pozisyonlama, ilaç takibi veya acil müdahale başlatılmalıdır. Cerrahi bölgeye yerleştirilen drenlerin işlevselliği,

boşaltım miktarı ve drenaj rengindeki değişiklikler de günlük olarak değerlendirilir. Özellikle posterior çukur, hipofiz bölgesi ya da derin beyin yerleşimli girişimlerde hidrosefali riski açısından nöroşirurji hemşiresinin gözlemi belirleyicidir (Karasin ve ark., 2022; Strzelecka ve Drewa, 2023).

Taburculuk öncesi ise hasta ve ailesine, kranial cerrahiye özgü komplikasyon belirtileri hakkında detaylı eğitim verilmelidir. Enfeksiyon bulguları, bilinç durumunda ani değişiklikler, şiddetli baş ağrısı, epileptik nöbet geçirme, kesi yerinde sızıntı gibi durumlar ayrıntılı şekilde anlatılmalı ve bu durumlarda nasıl davranmaları gerektiği açıkça belirtilmelidir.

Bu eğitim, hem sözlü hem de yazılı materyallerle desteklenerek hasta güvenliği güçlendirilir, yeniden hastaneye başvuru oranı azaltılır ve cerrahi iyileşme süreci desteklenmiş olur.



Şekil 1. Perioperatif Dönem Hasta İzlemi

(Karasin ve ark., 2022; Redondo Sáenz et al., 2023; Speth, 2023)

SONUÇ ve ÖNERİLER

Robotik cerrahi sistemleri, nöroşirurjide yüksek doğruluk, minimal invazivlik ve cerrahi kontrol açısından önemli avantajlar sunarak çağdaş cerrahi anlayışının temel unsurlarından biri hâline gelmiştir. Derin beyin stimülasyonu, stereotaktik biyopsiler, spinal enstrümantasyon ve tümör rezeksiyonları gibi kompleks nöroşirurjik işlemlerde robotik teknolojilerin sağladığı hassasiyet, operasyonel başarıyı ve hasta güvenliğini doğrudan etkilemektedir. Bu teknolojik dönüşüm, yalnızca cerrahi pratiği değil, ameliyat sürecine katılan tüm

sağlık profesyonellerinin rol ve sorumluluklarını da yeniden şekillendirmiştir.

Cerrahi hemşireler, bu dönüşümde pasif izleyici değil; robotik sistemin kurulumu, işleyişi, hasta güvenliği ve operasyonel koordinasyonun sağlanmasında aktif birer paydaştır. Robot destekli cerrahilerde hemşirelerin perioperatif dönem süreçlerinde üstlendiği roller; yalnızca destekleyici değil, sistem yönlendirici ve hasta odaklı bir niteliğe sahiptir. Bu kapsamda hemşirelerden, teknik yeterlilik, iletişim becerisi, klinik izlem, eğitim ve kriz yönetimi gibi çok boyutlu profesyonel yetkinlikler beklenmektedir. Ancak robotik cerrahinin getirdiği bu yüksek teknoloji ortamı, hemşireler için yeni mesleki gerekliliklerin yanı sıra bilişsel ve duygusal yükler de doğurmaktadır. Bu nedenle robotik cerrahi uygulamalarının sürdürülebilirliği, yalnızca teknolojik yatırımlarla değil, aynı zamanda hemşirelerin eğitimi, desteklenmesi ve psikososyal açıdan güçlendirilmesiyle mümkün olacaktır.

Sonuç olarak, nöroşirurjide robotik cerrahi uygulamalarının başarısı, cerrah ve teknolojinin entegrasyonu kadar, hemşirenin profesyonel donanımı ve klinik süreçteki etkinliğiyle de doğrudan ilişkilidir. Gelecekte robot destekli nöroşirurji uygulamalarına yönelik daha fazla hemşirelik temelli araştırmaya, uygulama kılavuzlarının güncellenmesine ve disiplinler arası iş birliğini güçlendirecek eğitim modellerine ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKÇA

Abdallat, M., Joswig, H., Nazer, A. R., Hammouri, M., Parrent, A. G., MacDougall, K. W., Burneo, J. G., & Steven, D. A. (2025). Robot-assisted versus manual frame-based stereoelectroencephalography. *Journal of neurosurgery*, 1–7. Advance online publication. https://doi.org/10.3171/2025.1.JNS241118

American Board of Neurological Surgery. (2025). American Board of Neurological Surgery An ABMS member board. In *American Board of Medical Specialties*. Erişim aderesi: https://www.abms.org/board/american-board-of-neurological-surgery/ Erişim tarihi:11.06. 2025

Ball, T., González-Martínez, J., Zemmar, A., Sweid, A., Chandra, S., VanSickle, D., Neimat, J. S., Jabbour, P., & Wu, C. (2021). Robotic Applications in Cranial Neurosurgery: Current and Future. *Operative neurosurgery (Hagerstown, Md.)*, *21*(6), 371–379. https://doi.org/10.1093/ons/opab217

Barrow, D. L., & Bendok, B. R. (2019). Introduction: What is neurosurgery? *Operative Neurosurgery*, *17*(Suppl 2), S1–S2. https://doi.org/10.1093/ons/opz071

Bramhe, S., & Pathak, S. S. (2022). Robotic Surgery: A Narrative Review. *Cureus*, *14*(9), e29179. https://doi.org/10.7759/cureus.29179

Chatterjee, S., Das, S., Ganguly, K., & Mandal, D. (2024). Advancements in robotic surgery: Innovations, challenges and future prospects. *Journal of Robotic Surgery, 18*(28), 1–11. https://doi.org/10.1007/s11701-023-01801-w

Dunn, D. (2022). Robotic-assisted surgery: A brief history to understand today's practices. *AORN Journal, 115*(3), 217–221. https://doi.org/10.1002/aorn.13629

Elsabeh, R., Singh, S., Shasho, J., Saltzman, Y., & Abrahams, J. M. (2021). Cranial neurosurgical robotics. *British journal of neurosurgery*, *35*(5), 532–540. https://doi.org/10.1080/02688697.2021.1950622

Esen, E., Aytac, E., Ozben, V., Bas, M., Bilgin, I. A., Aghayeva, A., Baca, B., Hamzaoglu, I., & Karahasanoglu, T. (2019). Adoption of robotic technology in Turkey: A nationwide analysis on caseload and platform used. *The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS*, *15*(1), e1962. https://doi.org/10.1002/rcs.1962

Fairag, M., Almahdi, R. H., Siddiqi, A. A., Alharthi, F. K., Alqurashi, B. S., Alzahrani, N. G., Alsulami, A., & Alshehri, R. (2024). Robotic Revolution in Surgery: Diverse Applications Across Specialties and Future Prospects Review Article. *Cureus*, *16*(1), e52148. https://doi.org/10.7759/cureus.52148

Gharagozloo, F., Tempesta, B., Meyer, M., Nguyen, D., Gruessner, S., & Redan, J. (2021). *History of robotic surgery* (pp. 21–29). Springer International Publishing.

Ginoya, T., & Maddahi, Y. (2021). *A historical review of medical robotic platforms*. *Journal of Robotics, 2021*, Article ID 6640031. https://doi.org/10.1155/2021/6640031

Gioia Morrell, A. L., Morrell-Junior, A. C., Gioia Morrell, A., Mendes, J. M. F., Tustumi, F., de-Oliveira-e-Silva, L. G., & Morrell, A. (2020). The history of robotic surgery and its evolution: When illusion becomes reality. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, *35*(1), e20202798. https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20202798

Goodrich, J. T., & Flamm, E. S. (2022). Historical overview of neurosurgery. In R. H. Winn (Ed.), *Youmans and Winn neurological surgery* (8th ed., Vol. 1, pp. 9–9.e44). Elsevier.Hiremath G. K. (2020). Robotic Deep Brain Stimulation (R-DBS)-"Awake" Deep Brain Stimulation Using the Neuromate Robot and O-Arm. *Neurology India*, *68*(Supplement), S328–S332. https://doi.org/10.4103/0028-3886.302450

Johansson, B., Eriksson, E., Berglund, N., & Lindgren, I. (2021). Robotic surgery: review on minimally invasive techniques. *Fusion of Multidisciplinary Research, An International Journal*, *2*(2), 201-210.

Kaewborisutsakul, A., Chernov, M., Yokosako, S., & Kubota, Y. (2024). Usefulness of Robotic Stereotactic Assistance (ROSA®) Device for Stereoelectroencephalography Electrode Implantation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neurologia medico-chirurgica*, *64*(2), 71–86. https://doi.org/10.2176/jns-nmc.2023-0119

Karasin, B., Hardinge, T., Eskuchen, L., & Watkinson, J. (2022). Care of the Patient Undergoing Robotic-Assisted Brain Biopsy With Stereotactic Navigation: An Overview. *AORN journal*, *115*(3), 223–236. https://doi.org/10.1002/aorn.13622

Keleş, D. H., & Eke, E. (2025). Sağlık Hizmetlerinde Robotik Cerrahinin Gelişimi ve Yapay Zeka Entegrasyonu. Hitit Sağlık Dergisi(4), 41-53. https://doi.org/10.69563/hititsaglikderg.1602921

Khanna, O., Beasley, R., Franco, D., & DiMaio, S. (2021). The Path to Surgical Robotics in Neurosurgery. *Operative neurosurgery (Hagerstown, Md.)*, *20*(6), 514–520. https://doi.org/10.1093/ons/opab065

Kılınç Akman, E., Balcı, F., & Kanan, N. (2022). Robot yardımlı cerrahi girişimlerde ikinci güvenli cerrahi kontrol listesi kullanımının önemi (The second "time-out"). *Fenerbahçe University Journal of Health Sciences*, *2*(2), 539–547. https://doi.org/10.56061/fbujohs.1141442

Küçükyürük, B., & Çalış, F. (2018). Nöroşirurji'de robotik cerrahi kullanımı [Robotic surgery in neurosurgery]. *Türk Nöroşirurji Dergisi, 28*(3), 345–349.

Lo, P.-C., & Kung, W.-M. (2022). Innovations, advances, and updates in neurosurgery. *ScienceVision*, *18*(2), 1–7. https://doi.org/10.22514/sv.2021.122

Ma, F. Z., Liu, D. F., Yang, A. C., Zhang, K., Meng, F. G., Zhang, J. G., & Liu, H. G. (2022). Application of the robot-assisted implantation in deep brain stimulation. *Frontiers in neurorobotics*, *16*, 996685. https://doi.org/10.3389/fnbot.2022.996685

Moloney, R., Coffey, A., Coffey, J. C., & Brien, B. O. (2023). Nurses' perceptions and experiences of robotic assisted surgery (RAS): an integrative review. *Nurse Education in Practice*, *71*, 103724.

Morrell, A. L. G., Morrell-Junior, A. C., Morrell, A. G., Mendes, J. M. F., Tustumi, F., DE-Oliveira-E-Silva, L. G., & Morrell, A. (2021). The history of robotic surgery and its evolution: when illusion becomes reality. *Revista do Colegio Brasileiro de Cirurgioes*, *48*, e20202798. https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20202798

Ong, V., Swan, A. R., Sheppard, J. P., Ng, E., Faung, B., Diaz-Aguilar, L. D., Pham, M. H., *et al.* (2022). *A comparison of spinal robotic systems and pedicle screw accuracy rates: Review of literature and meta-analysis*. *Asian Journal of Neurosurgery, 17*(4), 547–556. https://doi.org/10.1055/s-0042-1757628

Pangal, D. J., Cote, D. J., Ruzevick, J., Yarovinsky, B., Kugener, G., Wrobel, B., Ference, E. H., Swanson, M., Hung, A. J., Donoho, D. A., Giannotta, S., & Zada, G. (2022). Robotic and robot-assisted skull base neurosurgery: systematic review of current applications and future directions. *Neurosurgical focus*, *52*(1), E15. https://doi.org/10.3171/2021.10.FOCUS21505

Pham, M. H., & Brown, N. J. (2025). Evolution of Robotic Spine Surgery Technologies. *Neurosurgery*, *96*(3S), S75–S83. https://doi.org/10.1227/neu.0000000000003351

Pires, S., Rocha, M. L., & Figueiredo, D. (2025). Nursing interventions to promote safety in robotic surgery: A systematic literature review. *Journal of Perioperative Nursing*, 38(1), 22–30.

Porto Junior, S., Meira, D. A., da Cunha, B. L. B., Fontes, J. H. M., Pustilnik, H. N., Medrado Nunes, G. S., Cerqueira, G. A., Vassoler, M. E. M., Monteiro, P. Q., da Silva da Paz, M. G., Alcântara, T., Carlos Dourado, J., & de Avellar, L. M. (2024). Robot-assisted stereotactic brain biopsy: A systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical review*, *47*(1), 886. https://doi.org/10.1007/s10143-024-03122-4

Redondo-Sáenz, D., Cortés-Salas, C., & Parrales-Mora, M. (2023). Perioperative Nursing Role in Robotic Surgery: An Integrative Review. *Journal of perianesthesia nursing : official journal of the American Society of PeriAnesthesia Nurses*, *38*(4), 636–641. https://doi.org/10.1016/j.jopan.2022.11.001

Regmi, M., Liu, W., Liu, S., Dai, Y., Xiong, Y., Yang, J., & Yang, C. (2024). The evolution and integration of technology in spinal neurosurgery: A scoping review. *Journal of clinical neuroscience : official journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, *129*, 110853. https://doi.org/10.1016/j.jocn.2024.110853

Senol Celik, S., Ozdemir Koken, Z., Canda, A. E., & Esen, T. (2023). Experiences of perioperative nurses with robotic-assisted surgery: a systematic review of qualitative studies. *Journal of robotic surgery*, *17*(3), 785–795. https://doi.org/10.1007/s11701-022-01511-9

Shaikh, S. T., Dwarakanath, T. A., & Moiyadi, A. V. (2024). Evolution of Robotics in Neurosurgery. *Asian journal of neurosurgery*, *19*(4), 598–609. https://doi.org/10.1055/s-0044-1790606

Sınmaz, T., Kara, Ö., Seyhan Ak, E., & Özbaş, A. (2025). Experiences of robotic surgery nurses regarding technostress: a qualitative study. *Journal of robotic surgery*, *19*(1), 154. https://doi.org/10.1007/s11701-025-02320-6

Singh, R., Wang, K., Qureshi, M. B., Rangel, I. C., Brown, N. J., Shahrestani, S., Gottfried, O. N., Patel, N. P., & Bydon, M. (2022). Robotics in neurosurgery: Current prevalence and future directions. *Surgical neurology international*, *13*, 373. https://doi.org/10.25259/SNI_522_2022

Speth J. (2023). Guidelines in Practice: Minimally Invasive Surgery. *AORN journal*, *118*(4), 250–257. https://doi.org/10.1002/aorn.14001

Strzelecka, I., & Drewa, T. (2023). Tasks of an operating nurse in patient care during robotic procedures. *The Journal of Neurological and Neurosurgical Nursing*, *12*(4), 183–187. https://doi.org/10.15225/PNN.2023.12.4.6

Stumpo, V., Staartjes, V. E., Klukowska, A. M., Golahmadi, A. K., Gadjradj, P. S., Schröder, M. L., Veeravagu, A., Stienen, M. N., Serra, C., & Regli, L. (2021). Global adoption of robotic technology into neurosurgical practice and research. *Neurosurgical review*, *44*(5), 2675–2687. https://doi.org/10.1007/s10143-020-01445-6

T.C. Sağlık Bakanlığı. (2024). *Sağlık Bakanlığı 2025 Yılı Bütçesi TBMM Plan Bütçe Komisyonunda Kabul Edildi*. Erişim adresi: https://erisilebilir.saglik.gov.tr/TR-106353/saglik-bakanligi-2025-yili-butcesi-tbmm-plan-butce-komisyonunda-kabul-edildi.html Erişim tarihi:22.06.2025

Türk Nöroşirurji Derneği. (2025). *Nöroşirurji nedir?* Erişim adresi: https://www.turknorosirurji.org.tr/menu/3/norosirurji-nedir Erişim tarihi: 11.06.2025

BÖLÜM 2

ORAL VE TRANSORAL ROBOTİK CERRAHİ ÖRNEĞİNDEN ROBOTİK CERRAHİDE ETİK SORUNLAR, YÜKÜMLÜLÜKLER: BİR GÖMÜLÜ TEORİ ARAŞTIRMASI

Dr. Öğr. Üyesi Sevim YAĞIZ

GİRİŞ

Robotik sistemlerin, cerrahi pratiğe, eğitimine, operasyon simülasyonu ve planlamasına katıldığı, klinik araştırmalarının da süratle arttığı bir dönem yaşıyoruz [1]. Intuitive Surgery'nin "Da Vinci" robotik cerrahi sistemi iyi bilinen örneklerdendir. Yirmi yılı aşkın süredir cerrahlar, Intuitive Surgical'ın cerrahi sistemlerini kullanarak 17 milyondan fazla cerrahi prosedür gerçekleştirdi. Yalnızca 2024 yılında Intuitive'in minimal invaziv cerrahi sistemleriyle yaklaşık 2.683.000'den fazla operasyon gerçekleştirildi. Son yirmi yılda, binlerce araştırmacı, sistemi farklı anatomik bölgede veya cerrahi işlemde kullanılabilirliğini araştırdı: 2023'e kadar, 34.000'den fazla Intuitive'in cerrahi sistemlerinin dahil olduğu; prospektif ve retrospektif klinik araştırma ve laboratuvar araştırması içeren makale yayınlandı. Robotik yaklaşım prostatektomi, uyku apnesi ve histerektomi gibi bazı vakalarda ise standart cerrahi tedaviye dönüşme eğilimi göstermektedir [2]. Sistemin operasyon alanından cerraha sunduğu görüntüler cerrahın göz-el-alet hizalamasını alışkın olduğu boyutta algılamasını sağlamaktadır. Sistem yedi serbestlik dereceli ve birbirinden bağımsız koordinatlarda çalışan, değiştirilebilir steril bileşenler içeren 3-4 kola sahiptir. Biri operasyon alanı görüntüsünü

alan ve ileten kamerayı taşımakta; Diğer iki kol cerrahi aletlerle fonksiyon görmektedir. Kolların serbestlik derecesi, el veya laporoskopik cihazın giremediği alanlarda cerrah elinin 6 Hz'den fazla titremesini de izole ederek operasyon imkânı sunar. Bir diğer kol dokuları tutma, ekarte etme, çekme gibi destek verme fonksiyonları icra eder. 2002'den itibaren araştırma silsileleri, *orofaringeal* ve *hipofaringeal* yapılara erişmede transoral robotik cerrahinin (TORS'un) uygunluğunu ve bazı durumlarda morbidite riski içeren *transmandibular/transservikal* yaklaşıma alternatif olduğunu gösterdi. 2009 yılında da FDA, da Vinci'nin *farenx, orofarenks* ve *larinkste* TORS kullanımını onayladı [2, 3]. Yoğun literatür çalışması biriken robotik cerrahinin etik ve hukuki boyutu çok az ele alınmıştır. İlgili literatür incelendiğinde; *O'Sullivan ve ark.* ve de *Steinert,* robotik cerrahinin etik ve hukuki boyutu ile ilgili tartışmaların; cerrahi sistemlerin sadece manipülatör olduğunun farkındalığıyla yürütülmesinin önemine dikkat çekmektedir [4, 5]. *Zhao ve ark.* güvenli robot yardımlı cerrahi (RAS) için; eğitim, yetkilendirme ve sertifikasyon süreçlerinin geliştirilmesine ve düzenlemelere dahil edilmesinin önemine vurgu yapmaktadır [6]. *Kaushik ve ark.* ve de *Cooper ve arkadaşlarının* çalışmaları hastanelerin robotik operasyonda oluşan sistemle ilgili komplikasyon ve adverse etkileri eksik bildirdiğini göstermektedir [7, 8]. *Dominique ve ark.,* robotik cerrahide doğrudan tüketici hedefli reklamcılığın yaygınlığına dikkat çekmektedir [9]. *Schiavone ve ark.,* hastane web sitesi tanıtımlarında robotik cerrahinin sadece perioperatif avantajlarından bahsedildiğine; risklerden, sınırlılıklardan bahsedilmediğine vurgu yapmaktadır [10]. *Curet* inovatif teknoloji

kullanımının cerrah-hasta ilişkisine bazı çıkar çatışmalarını dahil edebileceğine dikkat çekmektedir [11].

Alandaki boşluğun giderilmesine katkı verecek bu araştırmada sonuçların güvenilirliği için kapsam daraltması yapılarak *oral ve transoral* operasyonlar ile sınırlandırıldı. Legal/etik sorunlar ve yükümlülükleri tanımlama amacıyla alan cerrahları ile yüz-yüze, görüşmelerin nitel tematik analizini içeren araştırma dizayn edildi. Normatif analizde günümüz günlük tıbbi pratiğin ve olağan koşullarında en çok tercih edilen, Biyomedikal Tıp Etiği İlkeleri yaklaşımı kullanıldı.

Bu çalışma, yazarın "*Oral Ve Transoral Robotik Cerrahi Müdahalelerde Etik Sorunlar: Bir Gömülü Teori Araştırması*" başlıklı doktora tezi verilerine dayanmaktadır [12].

ARAŞTIRMA DİZAYNI VE YÖNTEMİ

Alan cerrahlarının bakış açısından *oral/transoral* cerrahi örneği baz alınarak robotik cerrahide legal/etik sorunları ve yükümlülükleri tanımlama amacıyla yürütülen araştırmada yüz yüze, yarı yapılandırılmış görüşmeler ile elde edilen verilerin nitel, tematik analizi gerçekleştirildi. Çeşitli demografik özelliklerin, deneyimlerin ve görüşlerin temsil edilmesini sağlamak için kartopu modeli ile ulaşılan katılımcılardan çeşitlilik gözetilerek örneklem grubu oluşturuldu. *Oral ve Transoral* robotik cerrahiyi aktif kullanan ve henüz kullanmayan uzmanlar ile tematik doygunluğa ulaşılana kadar görüşmelere devam edildi. Derinlemesine görüşmeler 26 Temmuz 2022'den Aralık 2022'ye uzanan tarih aralığında, her bir katılımcıyla 1 veya 3 oturumda gerçekleştirildi. Gönüllü katılımcıların bilgilendirilmiş onamları ile görüşmeler kaydedildi. Bir transkript yazılımı ile metne dönüştürüldü. Verilerde metin ve ses

kayıtlarının örtüşmesi özenle kontrol edildi. Katılımcı, kurum ve işletme bilgileri anonimleştirildi. Araştırma, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu onayıyla (*Onay no:1080181*) yürütüldü. Güvenilirliği sağlamada Lincoln&Guba-Nitel Araştırma Güvenilirlik Paradigmaları kullanıldı. Araştırma tasarımı, tanımlayıcı ve nitel tasarım tipinde dizayn edildi. Görüşme verilerinden temaların açığa çıkarılmasında Gömülü Teori yöntemi kullanıldı. Araştırma sonucunda ulaşılan temel fenomenler Tıp Etiği İlkeleri başlığında tasniflendirildi ve değerlendirildi.

Gömülü (Grounded) teori

Gömülü Teori metodu, çok çeşitli alan ve disiplinde kullanılabilen nitel araştırma yöntemidir. Charmaz, Grounded Teori'nin, sosyal alan çalışmalarında; yönerge, ilke, strateji geliştirme ve kuram oluşturmadaki başarısına dikkat çekmektedir [13, 14]. Yaklaşım, 1960'larda *Glaser ve Strauss* tarafından terminal dönem hastalarının tedavi/bakım süreçlerine dair yürüttükleri araştırmaları esnasında keşfedildi. Önerdikleri yöntem sosyal araştırmalara metodolojik strateji sunarak, bilimsel bilgi oluşturmada öncüllerden birine dönüştü. "*Time for Dying, Awareness of Dying"*, "*Status Passage", "The Discovery of Grounded Theory*" adlı eserleri yöntem tanıtımlarında öne çıkmaktadır. İki teorisyene göre; İnsan/grup davranışlarının nedenlerini, niteliklerini, etkilerini, sayılarla açıklamak güçtür. Nicel araştırmalar güçlü ve komplex istatistiksel veri analizlerinin yanısıra gerçekte çok miktarda analiz edilmemiş veriyi de içermektedir. Yaklaşım insanların olguları nasıl algıladıkları, sosyal ilişkilerini nasıl oluşturdukları gibi sorulara kendi ortamı içinde cevap aranmasını önerir. Grounded teori yaklaşımında temel amaç genelleme

yapmak değil süreçlerde etkili olan örtük ayrıntıları ortaya çıkarmak, teorik düzeye taşımak, tanımlamaktır [15]. Yöntemde araştırmacıların verileriyle sürekli etkileşimi mevcuttur. Veri toplama, analiz eş zamanlıdır ve birbirini etkilemektedir [16].

Biyomedikal Tıp Etiği İlkeleri yaklaşımı

Araştırmada ulaşılan fenomenler Biyomedikal Tıp Etiği İlkeleri yaklaşımıyla tasniflendi ve normatif açıdan analiz edildi. Bu yaklaşım *Beauchamp ve Childress* tarafından dört ana kolonu oluşturan; hasta özerkliğine saygı, zarar vermeme/yarar sağlama ve adalet ilkeleriyle dizayn edilmiştir. Günlük olağan tıbbi pratik koşullarında oluşabilen ikilemlerin çözümünde ve klinik karar süreçlerinde yaygın bir kullanıma sahiptir. İki düşünür sistemlerini Ortak Moral Değerler Yaklaşımı, Utilitaryan, Kantiyan ve Adalet teorilerinden de katkı alarak şekillendirdiler [17-20]. Yöntemlerini tanıttıkları "*Principles of Biomedical Ethics*" adlı eser, günümüzde biyoetiğin temel kaynaklarındandır [17]. Yaklaşım, genel-kabul gören, ortak moral değerler ile yapılandırılmış olup meşru kararların oluşturulmasında "*irdeleyerek varılan denge: reflective equlibrium*" yöntemini temel alan pratik uygulama modeli sunar.

Gönüllü katılımcılar

Araştırma farklı iş deneyimine sahip 10 cerrah ile yürütüldü. Katılımcıların yarısı (5 gönüllü) robotik cerrahiyi aktif kullanmaktadır. Katılımcıların seçiminde maximum çeşitlilik gözetilerek (kamu hastanesi, özel sağlık işletmesi mensubu) amaçlı örnekleme yapıldı; teknolojiyi kullanan cerrah sayısının nadir olması sebebiyle kartopu örnekleme modeli kullanıldı [21]. Veri analizi sırasında geçici teori oluşturuldu. Son

3 görüşmede veri tekrarı yaşandı ve yeni veri ortaya çıkmadı. Gömülü Teori yaklaşımının örneklem sayısı belirlemede öne çıkan ilkesi ile uyumlu olarak veri doygunluğuna ulaşıldı.

Araştırmanın güvenilirliği ve geçerliliği

Araştırma dizaynında uygun metot seçimi, iç-dış geçerlilik, güvenilirlik, objektiflik paradigmalarına titizlikle uyum korundu. Araştırmanın güvenilirliğini sağlamada Tablo:1'de yer verilen "*Lincoln&Guba Nitel Araştırmada Güvenilirlik Paradigmaları*" araştırmanın her aşamasında gözetildi.

Tablo 1: Lincoln&Guba Nitel araştırma kalite/güvenilirlik paradigmaları [22].

***Lincoln&Guba* Nitel araştırmada kalite/güvenilirlik paradigmaları**
Bulguların gerçekliği, inandırıcılığı (Credibility)
Bulguların sonuçların benzer çalışmalara aktarılabilirliği (Transferability)
Bulguların tutarlılığı, tekrar edilebilirliği (Dependability)
Bulguların önyargısız, tarafsızlığının onaylanabilirliği (Confirmability)
Açık-etik kriterlere uygunluk
Sorgulamanın (veri toplamanın) adaletle ve açıklıkla yürütülmesi (intrinsic fairness)
Katılımcıların öğrenme haklarının gözetilmesi, demokratiklik (Educative authenticit
Araştırma stratejisinde açıklığın sağlanması (Catalytic- taktik authenticity)
External etik kontrol süreçlerine dahil olma

Veri toplama ve de analiz süreci 5 ay sürdü. Veriler anonimleştirilerek biriktirildi. Denetçilerin incelemesi için korundu.

BULGULAR

Oral ve Transoral robotik cerrahide legal/etik sorunları ve yükümlülükleri tanımlamak için dizayn edilen araştırmada gönüllü katılımcı cerrahlarla yapılan yarı yapılandırılmış görüşme sözlü kayıtları ve transkript metinleri incelendi. Kodlar ve ana temalar; araştırmacı tarafından belirlendi. Kodlar ana temalar ile ilişkilendirildi. Dört başlıkta toplanabilen ana temalar ve de birbirleri ve ana temayla ilişkili alt temalar ortaya çıkartıldı. Legal/Etik sorunlar ve yükümlülükleri tanımlayıcı nihai kategoriye ulaşıldı. Gömülü verilerin açığa çıkarılmasında ilk aşamayı oluşturan **açık kodlamada** görüşme verilerinde kıyaslamalı analiz yapılarak temel kavramlar; anlam birimleri, temalar ve alt-kategoriler (sub-codes) belirlendi. Kodları içeren öznel cümleler not edildi. Transkripsiyon metninde ana temaları içeren cümleler kırmızıya dönüştürüldü. Alt-kategorileri içeren cümleler maviye dönüştürüldü. Ulaşılan birincil kodlar ve birincil kodlara dair bulgular Tablo 2'de listelendi.

Tablo 2: *Görüşme datalarında açık kodlama ile tespit edilen birincil kodlar*

Robotik cerrahide onam bilgilendirmesinde gözetilmesi gereken farklılıklar ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K2;12:30), K4: (00:13:49) (K5;10:31), (K7;10:17), (K9;11:33), (K10;15:17).
Robotik cerrahide hasta özerkliği ve verilerinin gizliliğini sağlamadaki sorunlara dair bulgular: (K1;36:19), (K2;10:20), (K3;19:16) (K4;19:03), (K5;013:30), (K6;01:40:60), (K8;21:12), (K6;01:16:02), (K9;10:22), (K10;13:04).
Robotik cerrahinin hasta-hekim ilişkisine etkisi ve çıkar çatışması riskine dair bulgular: (K1;28:05), (K1;30:34), (K3;04:48), (K3;07:20), (K3;13:03), (K5;05:03), (K4;17:48), (K6;49:38), (K8;10:13), (K8;11:35), (K9;05:59) (K10;07:03).
Hasta onamında/kararında inovatif teknolojiye dair hasta odaklı sağlık pazarlamasının etkisi ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K1;35:20), (K2;14:16), (K4;15:02), (K5;09:55), (K6;01:23:53), (K7;11:18), (K9;12:17), (K10;16:55).

Tanıtımda gerçekliğin sağlanması, tanıtımların düzenlenmesi, kontrolü ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K2;14:35), (K5;11:47), (K6;01;30:53), (K7;11:18), (K8;23:25), (K9;12:15), (K10;18:13).
Tıp eğitiminde tıp etiği eğitimlerinin yeterliliği ile ilişkili sorunlara dair bulgular: (K1;25:47), (K2;00:03), (K3;01:00), (K4;00:11), (K5;00:11), (K6;00:11), (K7;00:00), (K8;01:03), (K9;00:10), (K10;00:10).
Robotik cerrahide eğitimin gerekliliği, eğitime ulaşmada yaşanan coğrafi, finansal güçlüklere dair bulgular: (K3;05:18), (K3;14:31), (K1;27:21), (K5;01:45), (K6;13:38), (K9;02:10), (K10;02:02), (K10;22:06).
Robotik cerrahi eğitimlerinin tanınırlığı, akreditasyonunda yaşanan güçlüklere dair bulgular: (K6;05:38), (K6;06:39), (K7;03:02).
Alan robotik cerrahisi eğitimlerinin içeriği, yeterliliği ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K6;21:22), (K9:02:45), (K10;22:06), (K6;01:38:21).
Uygulama hakkında yasal düzenlemelerin netleşmemesi ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K1;29:05), (K2;03:17), (K3;08:03), (K5:02:15), (K6;21:22), (K9;03:03).
Cerrahi uygulamaların varolan etik/yasal boyutu hakkında pratikle örtüşen bilgi edinmede yaşanan güçlüklere dair bulgular: (K1;26:33), (K2;01:02), (K3;03:20), (K4;00:30), (K5;00:50), (K6;02:35), (K7;01:51), (K1;02:20), (K9;00:50), (K10;00:48).
Robotik cerrahide zarar oluştuğunda sorumlunun, sorumlu tarafın tespitindeki güçlüklere dair bulgular: (K1;28:10), (K1;28:30), (K2;03:17), (K2;10:03), (K3;07:45), (K4;03:20), (K5;02:15), (K6;17:02), (K7;03:50), (K7;09:00), (K8;06:19), (K9;03:03), (K9;09:25), (K9;10:22), (K10;03:00).
Sağlık işletmesinin teknik bakım sağlama sorumluluğu ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K1;29:18), (K1;32:43), (K2;04:18), (K3;10:30), (K4;04:33), (K5;04:03), (K7;04:38), (K8;08:02), (K9;05:07), (K10;05:02).
Cihaz üreticisi sorumluluğu, üretici ile ilişkiler ve olumsuz olay bildiriminin önündeki engeller ile ilişkili sorunlara dair bulgular: (K3;09:32), (K3;17:20), (K6;38:00), (K7;04:38), (K10;09:20); (K1;32:20), (K7;07:49), (K9;08:40), (K10;11:25), (K2;09:50), (K4;09:20), (K6;01:10:42), (K8;17:41).
Robotik cerrahide klinik araştırma, plasebo dizaynı, uluslararası çok merkezli araştırmalardaki sorunlara dair bulgular: (K1;36:46), (K2;16:20), (K3;15:15), (K3;25:01), (K4;19:26), (K5;07:53), (K7;13:18), (K9;15:47); (K2;17:06), (K4;20:21), (K5;14:30), (K7;13:20), (K6;01:43:29), (K8;27:51), (K9;15:50), (K10;23:33); (K2;09:30), (K3;14:01), (K4;08:32), (K5;07:50), (K6;01:07:18), (K7;07:45), (K8;16:27), (K9;08:35).

Teleoperasyona özel sorunlar; hastada zararın önlenmesi, güvenlilik/ teknik boyut, ülkeler arasında yasal uyumun sağlanması ile ilişkili sorunlara dair bulgular: (K1;31:46), (K2;07:31), (K3;14:01), (K5;06:18), (K6;57:50), (K6;01:09:40), (K7;06:30), (K8;12:56), (K9;06:42), (K10;09:20).
Robotik cerrahi sistemlerde siber güvenlik zaafiyeti ve yazılım saldırılarının zarar verme potansiyali ile ilişkili sorunlar: (K1;29:34), (K3;08:45), (K3;11:17), (K3;11:32), (K6;04:00), (K6;01:01:35).
Cerrahi sistemlerde otonomluk düzeyleri ile ilişkili sorunlar hakkında bulgular: (K3;08:03), (K6;04:00), (K6;58:10), (K7;07:18).
Yapay zeka ile otonomluk düzeyinin gelişmesi senaryosunda robotik sistemler için etiğin yazılımlaşmasına dair öngörüler hakkında bulgular: (K3;08:45), (K6;04:00).
Oral ve Transoral robotik cerrahinin hasta yararını arttırma-zararını azaltma odaklı kullanımından sapma ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K2;01:22), (K3;04:48), (K4;03:20), (K5;07:16), (K6;11:11), (K6;16:56), (K6;09:01), (K7;07:18), (K9;07:49).
Oral ve Transoral robotik cerrahinin hastaya sunduğu yarar ve yararın gerçekliğinde belirsizliğin varlığı ile ilgili sorunlara dair bulgular: (K2;07:50), (K2;09:01), (K5;07:16), (K6;24:50), (K6;01:03:56), (K6;01:33:09), (K6;01:43:29), (K7;07:18), (K8;12:56).
Robotik cerrahinin cerrahın yeteneklerine etkisine dair bulgular: (K1;30:47), (K2;05:20), (K2;05:45), (K3;13:18), (K4;05:45), (K5;05:20), (K6;55:37), (K8;10:30), (K9;06:10), (K10;07:38).
Robotik sistemlerin cerrahi alana katkısına dair bulgular/ Cerrahi 4.0 ve simülasyonlu cerrahinin katkısı, hastanın sanallığı algısı riskine dair bulgular: (K2;07:47), (K3;04:48), (K3;05:48), (K6;55:37), (K7;06:30), (K7;07:18), (K9;06:50), (K9;07:49); (K10;07:38)/ (K6;52:23), (K6;06:39), (K10;22:06).
Robotik cerrahinin cerrahi branşta oluşturacağı etki ve bağımlılık oluşturma riskine dair bulgular: (K1;30:47), (K2;05:55), (K4;06:16), (K5;05:48), (K6;26:45), (K8;11:49), (K9;06:10).
Robotik cerrahinin kullanımında ve araştırmalarında adaletle ilgili sorunlara dair bulgular: (K9;04:09), (K10;19:29); (K6;01:08:00),(K8;16:27).
Robotik cerrahi sistemlerin adalet açısından cerrahi branşa etkisine dair bulgular: (K3;04:28), (K6;01:36:09), (K6;01:09:40), (K7;06:30), (K10;10:00).
Robotik cerrahide sübvansiyon planlaması: Yatırımda, eğitiminde, endikasyon bazında sübvansiyon planlaması gerekliliği, ihtiyacı hakkında bulgular: (K1;29:48), (K3;06:30), (K3;23:00), (K4;17:48), (K6;01:38:21), (K6;01:33:09), (K8;24:57), (K9;13:38), (K10;13:37), (K10;19:05).

Yerli robotik cerrrahi sistem üretimi projelerinin geliştirilmesi ihtiyacı hakkında bulgular: (K4;18:40), (K6;01:33:09), (K6;01:39:21), (K7;06:48), (K7;05:03), (K8;26:03), (K9;14:00).
Ekonomik/Politik araç olarak robotik cerrahi sistemlerin etkisi ile ilgili sorunlar hakkında bulgular: (K1;31:05), (K2;15:10), (K3;13:45), (K5;12:34), (K6;01:33:21), (K7;11:59), (K7;06:30), (K7;06:48), (K9;13:38), (K10;19:29).
İleri teknoloji kullanımının tıp toplumunda sosyal etkisi- Tıp toplumu moral değerlerinde aşınma riskine dair bulgular: (K6;01:16:02), (K9;03:38), (K9;05:59), (K10:07:03).
Robotik cerrahi sistemlerin coğrafi yaygınlığının sağlanması ile ilgili sorunlar ve Türkiye bazında bölgesel dağılımdaki başarının sebepleri hakkında bulgular: (K1;28:55), (K2;15:04), (K3;22:55), (K4;15:34), (K5;13:05), (K6;01:33:09), (K7;11:40), (K8;24:09), (K9;12:54), (K9;04:09), (K9;04:40), (K10;18:45).
Özel sağlık işletmelerindeki ticari iş etiği anlayışı ve cerrahların tıbbi etik anlayışı arasındaki farkların oluşturduğu sorunlar ve rekabetçi piyasa koşullarının robotik sistem kullanımına etkisi hakkında bulgular: (K1;30:34), (K1;34:05), (K3;13:03), (K3;06:47), (K5;05:03), (K2;05:15), (K4;17:48), (K7;05:34) (K8;10:13), (K9;03:40), (K9;05:59), (K10:07:03).

Görüşmelerden çıkarılan 32 birincil kodun dört ana tema altında tasniflenebildikleri tespit edildi ve ikinci kodlama aşaması olan **Eksenel kodlama** gerçekleştirildi.

Tablo 3: *Araştırma verilerinde eksenel kodlama*

	Ana Temalar
Tema I	*Oral ve Transoral robotik cerrahide tıbbın Hasta Özerkliğine Saygı İlkesi çerçevesindeki hukuki/etik sorunlar ve yükümlülüklere dair fenomenler*
Tema II	

	Oral ve Transoral robotik cerrahide zarar vermeme ilkesi çerçevesindeki hukuki/etik sorunlar ve yükümlülüklere dair fenomenler
Tema III	*Oral ve Transoral robotik cerrahide tıbbın Yararlı Olma İlkesi çerçevesindeki hukuki/etik sorunlar ve yükümlülüklere dair fenomenler*
Tema IV:	*Oral ve Transoral robotik cerrahide tıbbın Adalet İlkesi çerçevesindeki hukuki/etik sorunlar ve yükümlülüklere dair fenomenler*

Üçüncü kodlama aşaması olan **Selektif kodlama** aşamasında robotik cerrahide sorunları tanımlayan Kategoriler-*tentative categories*-oluşturuldu. Katılımcı cerrahlar ile devam eden görüşmeler ile temel değişkenlerin ve temaların netliği arttırıldı. Nihai kategorilere ulaşıldı ve teorik satürasyon gerçekleşti.

Tablo 4: *Araştırma verilerinin selektif kodlanması*

Temalar	**Alt-Temalar (birincil kodlar**
Tema I: Oral ve Transoral robotik cerrahide tıbbın Hasta Özerkliğine Saygı İlkesi	Onam bilgilendirmesinde yer alması gereken farklılıklar Hasta özerkliği, tıbbi verilerinin gizliliği ile ilgili sorunlar Robotik cerrahi sistem kullanımının cerrah-hasta ilişkisinde etkisi ve çıkar çatışması riski Hasta onamında inovatif teknolojiye dair hasta odaklı sağlık pazarlamasının önyargıya varan bir etkisi

çerçevesindeki sorunlara dair fenomenler	Robotik cerrahinin tanıtımında gerçekliğin sağlanması, tanıtımların düzenlenmesi ve kontrolündeki sorunlar
Tema II: Oral ve Transoral robotik cerrahide zarar vermeme ilkesi ve hukuki-etik sorumluluklara dair fenomenler	Robotik cerrahide eğitimin gerekliliği ve ulaşmada güçlükler Robotik cerrahi eğitimlerinin tanınırlığı, akreditasyonunda güçlükler Alan robotik cerrahisi eğitimlerinin yeterliliğinin sağlanması ihtiyacı Tıp etiği eğitimlerinin yeterlilik düzeyi ile ilişkili sorunlar Uygulama hakkında yasal düzenlemelerin netleşmesi ihtiyacı Cerrahi uygulamaların etik/yasal boyutunda pratikle örtüşen bilgi edinmede güçlükler Zarar oluştuğunda sorumlu tespitinin komplex oluşu Sağlık işletmesinin teknik bakım sağlama sorumluluğu sorunlar Cihaz üreticisinin sorumluluğu, üretici firma ile ilişkiler, materiovijilans prosedürünün işletilmesi, olumsuz olay veya advers etki bildiriminde sorunlar Robotik cerrahide klinik araştırma, plasebo dizaynı, uluslararası çok merkezli araştırmalardaki sorunlar Telecerrahide sorunlar; hastada zararın önlenmesi, güvenlilik/teknik boyut, yasal uyumun sağlanması ile ilişkili sorunlar Robotik cerrahi sistemlerde siber güvenlik ve yazılım saldırılarının zarar verme potansiyali incelenmeli, test edilmeli Cerrahi sistemlere yapay zekanın entegrasyonu ile otonomluk düzeylerinin gelişmesi senaryosu için iyi klinik kılavuzlarının hazırlanması ihtiyacı Yapay zeka entegrasyonuna etik algoritmalar da katılabilecek mi?

Tema III: Oral ve Transoral robotik cerrahide tıbbın Yararlı Olma İlkesi çerçevesindeki sorunlara dair fenomenler	Oral ve Transoral robotik cerrahide hasta yararını arttırma-zararını azaltma odaklı kullanımından sapmalar Oral ve Transoral robotik cerrahinin hastaya sunduğu yarar ve yararın gerçekliğinde belirsizliğin varlığı ile ilgili sorunlar Robotik cerrahi sistemlerin cerrahın yeteneğine etkisi Robotik cerrahinin cerrahi branşa katkısına dair öngörüler/ cerrahi 4.0 ve simülasyonlu cerrahinin cerrahi alana katkısı ve hastanın sanallığı algısı riski Cerrahi alanda robotik sistemlere bağımlılık oluşma riski
Tema IV: Oral ve Transoral robotik cerrahide tıbbın Adalet İlkesi çerçevesindeki sorunlara dair fenomenler	Robotik cerrahinin kullanımında ve araştırmalarında adaletle ilgili sorunlar Sistemlerin cerrahi branşa adalet perspektifinden etkisi Robotik cerrahide sübvansiyon planlaması: Yatırımda, endikasyon ve eğitim bazında sübvansiyon planlaması ihtiyacı Üretim projeleri geliştirilmesi ihtiyacı Ekonomik-politik araç olarak robotik cerrahi sistemlerin etkisi ile ilgili sorunlar İleri teknoloji kullanımının tıp toplumunun moral değerlerinde aşınma oluşturması riski ve iyi klinik kılavuzlarının geliştirilmesi ihtiyacı Robotik cerrahi sistemlerin bölgesel dağılımı ile ilgili sorunlar Özel sağlık işletmelerinde ticari etik ve rekabetçi piyasa koşullarının robotik sistem kullanımına etkisine dair sorunlar

Son olarak analizin gücünü artırmak için belirginleşen temel kategoriler ve bunların alt kavramsal kategoriler ile ilişkisi tekrar gözden geçirildi. Dört ana tema ve kodlar Tablo 3'te ilişkilendirildi. Hipotez net aşamalarla

yoğunlaştırılarak oluşturuldu. *Oral ve transoral* robotik cerrahide legal/etik sorunları ve yükümlülükleri ifade eden açıklayıcı bütüncül, nihai modele ulaşıldı (bkz. Tablo 4).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Robotik sistemlerin; cerrahi eğitime katıldığı, cerrahi operasyonlara, operasyon planlamasına ve hasta gerçek verileri ile operasyon öncesi simülasyonuna ve ilgili klinik araştırmaların süratle arttığı bir dönem yaşıyoruz [23, 24]. Bu araştırma ile oral ve transoral robotik cerrahi kullanımında etik sorun alanları tanımlandı. Sınırlılık sağlamak amacıyla ağız, çene, yüz, baş, boyun ve *otolaringoloji* cerrahisinde kullanılan *transoral* robotik yaklaşım (TORS) baz alındı. Araştırmamızda katılımcıların neredeyse tamamı, yaygınlık kazandığında robotik cerrahi teknoloji kullanımına yönelebileceğini ifade etti. Bu da cerrahide legal ve etik boyutun robotiği de kapsayacak şekilde gözden geçirilmesi ihtiyacını göstermektedir. Görüşme datalarından çıkarılan gömülü temaların önemli bir bölümünün tıbbın Hasta Özerkliğine Saygı İlkesi kapsamında olduğu tespit edildi.

Hasta özerkliğine saygı bağlamında robotik cerrahide bilgilendirilmiş onam

Robotik cerrahinin kullanılabileceği endikasyonlar ve uygulandığı vaka sayısı her geçen gün artmaktadır. Bilgilendirilmiş onamın, yenilikler, inovasyon söz konusu olduğunda önemi daha da artar. Robotik cerrahi teknoloji kullanıldığında bilgilendirme ve onam; daha zor, daha komplex ve durumsallığın önem kazandığı bir sürece dönüşmektedir. *F.Schildberg,* cerrahide inovatif teknik ya da teknoloji kullanılan deneysel uygulamalarda bilgilendirilmiş onamın; istatistiksel bilgiye dayalı,

geleceğe yönelik incelemenin yapıldığı, titizlik ve özen gösterilerek yürütülmüş preoperatif hazırlığın ardından gerçekleştirilmesinin önemine dikkat çekmektedir [25]. Klasik metotlara göre daha yararlı ve avantajlı olduğu kanıtlanmış vakalarda hastalar; robotik yardımlı cerrahinin faydaları, olası tüm riskleri, eksiklikleri, benzeri vakalardaki performans düzeyi, alternatifleri ve sonuçları da içerecek şekilde bilgilendirilmelidir. Araştırma verilerimiz, cerrahların aydınlatılmış onamın gerekliliği ve ifasındaki bilgilendirmenin kapsamına dair kabullerindeki farklılıkları göstermektedir. Lisans eğitimi müfredatında Tıbbi Etik olanların tamamı; pratikte bilgilendirilmiş onamı önemli ve cerrahi işlemlerde olmazsa olmazlardan görmektedir. Öteyandan bunlardan bir kısmı vakit sorunu sebebiyle sadece matbu onamı yeterli görmektedir (K4;12:19). Lisans eğitiminde Deontoloji müfredatı görenler onama ve bilgilendirmeye değil; hasta yararı odaklı bakış açısına sahiptir (K3;15:17), (K1;34:05).

Katılımcı cerrahların birkaçı yeni sistemin tasarımına, geliştirilmesine dahil olma veya kullanımda öncü olma gibi saikleriyle cerrahların iyimser bir yanlılığa düşme riskini mümkün görmektedir (K8;11:35). Öteyandan aktif kullanan katılımcıların tamamında robotik cerrahinin en iyi tedavi seçeneği olduğu yanlılığına dair veri gözlenmedi. Araştırma verilerimiz tam tersi bir durumu; cerrahların yüksek teknolojik yaklaşımların üstünlüğü konusunda önyargılarının olmadığını sadece konvansiyonel teknikle mümkün olmayan ve robotik kullanımının uygun olduğu vakalarda kullanma odaklı bir bakış açısına sahip olduklarını göstermektedir. Diğer yandan verilerimiz hastaların inovatif uygulamaların daha yararlı olduğu önyargısı taşıdığını göstermektedir (K7;09:58), (K1;35:20), (K5;09:55). Bu durumun şifaya götürmede daha

etkili olan tedaviyi seçmelerinde güçlük oluşturacağı öngörülebilirdir. Katılımcılar bu önyargının oluşmasında reklam ve tanıtımın etkisine dikkat çekmektedir. Robotik cerrahi tanıtımları özel sağlık işletmesi pazarlamasıyla içiçedir. Katılımcılardan K10, robotik cerrahinin bu açıdan durumunu şu cümleler ile açıklamaktadır: "*Robotik cerrahi çok yeni… Hastanenin kalitesini ya da cerrahın kalitesini ortaya koyan bir şeymiş gibi sunuluyor bence (18:13)*." Katılımcılardan K6'ya göre ise; inovatif teknolojinin kullanımı, sağlık işletmeleri açısından sektörde öncü vizyona sahip olma, müşteri portföyünü, marka değerini, gelirini arttırmak için stratejik bir yatırım olarak görülmektedir (K6;30:53). Araştırma verilerimiz; cerrahların, ciddi yatırım yaparak bu pahalı sistemlere sahip olan hastanelerin robotik sistem kullanımını teşvik edilebileceği endişesi taşıdığını göstermektedir (K10;07:03). Katılımcıların bir kısmı tıbbi kararlarda yarar-zarar odaklı endikasyon yerine ekonomik nedenlerin öne çıkmasını mümkün görmektedir (K6;01:29:20). Bir kısmı ise bu riski şu an için; henüz sağlık işletmelerinin robotik cerrahi sistemlere sahip olma, cerrahların kullanım ehliyetine sahip olma düzeylerinin düşüklüğü ve kullanımının yaygın olmaması sebebiyle uzak görmektedir. Araştırma verilerimiz kullanımın teşvik edilmesinde kamu ve özel sektör sağlık işletmeleri arasındaki farklılığı da göstermektedir. Devlet hastanesinde görev ifa eden K3 ve K5'in açıklamaları kurumlarında robotik cerrahi sistemlerin gereksiz kullanılmaması yönündeki ihtimama dikkat çekmektedir (K3;13:03), (K5;05:03). Araştırma verileri ödeme gücü yüksek hasta grubunun risk altında olduğunu göstermektedir (K1;30:34). K7 hasta grubunu şu cümleleriyle tanımlar: "*Robotik cerrahiyi isteyen hastalar maliyeti karşılayacak hastalar. Robotik cerrahiden vazgeçmek*

istemiyorlar. Başka bir yöntem (daha iyi bir alternatif) önerseniz bile (09:58).” Cerrahların hastalarında tanık olduğu; yüksek teknoloji içeren tedavi seçeneklerinin kendileri için daha yararlı olduğu önyargısı gerçekte tıbbi hizmet pazarlama sektörünün başarısıdır. Doğrudan hasta odaklı robotik cerrahi pazarlaması ve etkisi konusu yeterince araştırılmamıştır. Günümüzün rekabetçi piyasa koşullarında sağlık işletmeleri, müşteriye/hastaya erişebilmek için çeşitli iletişim araçları ile pazarlama yapmakta ve halkla ilişkiler yöntemlerini kullanmaktadır. Bu durum, hasta ve sağlık işletmesi arasındaki ilişkiyi/iletişimi piyasa ilişkilerini yansıtan bir boyuta taşır. Hasta bilgilendirmesi çıkar çatışmalarından korunarak, doğrulukla ve kanıta dayalı bilgiler ışığında, hasta anlama kapasitesine uygun düzeyde yapıldığında; yeterli düzeyde şifaya ulaştırmayacak veya daha yararlı olmayacak hasta seçimlerin önleyecektir. Sağlık işletmelerinin hastalara yönelik tıbbi hizmet pazarlaması; sağlığı koruyucu ve geliştirici bilgilendirme/tanıtım amaçlı program ve faaliyetler kapsamında olmalıdır. Etkileri özenle düşünülerek, gerçekçi doneler ile yapılandırılmalıdır. Abartılı, yanıltıcı, bilimsel olarak doğruluğu kanıtlanmamış bilgilere veya talep yaratma amaçlı açıklamalara yer verilemez [26]. Tıpta sosyal tanıtım-bilgilendirme/pazarlama faaliyetlerinin denetlenmesi, reklamın engellenmesi, ilgili düzenlemelerin güncel tutulması, hasta zararının önlenip yararının arttırılması ve özgür seçim hakkının korunması açısından kritik öneme sahiptir.

Robotik endüstrisinin cerrahların katkısı olmadan cerrahi robotları tasarlaması, geliştirmesi güçtür. İlgili klinik araştırmaların preklinik süreçlerde güvenliliğinin kanıtlanması, hastaya şifa vermesi, şifayı engellememesi, en azından zarar vermemesi, hasta bilgilendirilmiş onamı

ile yürütülmesi gerekir. Gönüllü katılımcılardan tıp etiği eğitimi alanların bir bölümü robotik cerrahiyle yürütülen klinik araştırmalarda hasta bilgilendirilmiş gönüllü onamının varlığını, klinik öncesi laboratuvar güvenlik süreçlerinin yürütülmüş ve de maket-model, hayvan, kadavra denemeleriyle güvenliliğinin gösterilmesini, araştırma etiği açısından gerekli görmektedir (K5;14:04), (K6;01:42:04). Gönüllü katılımcıların bazısı ise hasta olurunu değil sadece güvenlilik testlerinin olumlu oluşunu ve hastanın zarar görmemesinin garantilenmesini önemli görmektedir (K9;15:47), (K2;16:20), (K4;19:26). Araştırma verileri, katılımcı cerrahların bir kısmının robotik cerrahiyle ilgili klinik araştırmalarda gerekli temel süreçleri, yasal ve etik sorumlulukları ifade etmekte güçlük yaşadığını da göstermektedir (K10:21:47), (K1;37:02). Cerrahlar uluslararası çok merkezli araştırmalarda hasta haklarının korunması konusunda çekince taşımaktadır. Katılımcıların tecrübeleri uluslararası araştırma işbirliği tekliflerinin çoğunlukla batılı ülkelerin diğer ülke hastalarını kullanma talebi içermekte olduğunu göstermektedir (K6;01:08:00), (K8;16:27). Katılımcıların tamamı cihaz araştırmalarında plasebo dizaynını sorunlu görmekte birkaçı ise hasta yararına olan sonucun sağlanması koşuluyla hastaya; standart cihaz ya da yeni teknoloji seçeneklerinden birinin kullanılabileceği bilgisinin verilmesi ve duruma dair rızası ile bu dizaynın kullanabileceği kanaatindedir (K6: 01:43:48).

Cerrahların akademik veya finansal açıdan elde edeceği faydalar, yenilikleri eleştirme konusunda daha az yetenekli kılma potansiyali oluşturur. Hasta-cerrah ilişkisinin bu etkiden korunması gerekir. Kurumun öncü imajının ya da cerrahın bu yeni alandaki yayın hedefinin, hasta yararının önünde tutulması etik ilkeleri ciddi ihlalidir. Cerrah-hasta

ilişkisinde çıkar çatışması oluşturur. *Curet* inovatif cihazın kullanılması karşılığında endüstri tarafından cerraha ödeme yapılmasının mümkün olabileceğine; hastalara ve etik kurullara bunun beyan edilmesinin, meşruiyeti sağlamakta yetersiz olduğuna dikkat çeker [11]. İnovatif cerrahi teknolojilerin kullanımındaki çıkar çatışmaları hastaları zarar görmeye açık kılmaktadır. Cerrah, oluşabilecek çıkar çatışmalarını etik uygunluk gözeterek yönetmesi gerektiğinin farkındalığına sahip olmalıdır.

Hastaya verilecek yarar ve zarar dengesi açısından robotik cerrahi

Cerrahın, robotik cerrahi eğitimi almış olması; hastaların robotik cerrahiden şifa alabilmelerinin ve zarar görmemelerinin ön koşullarındandır. FDA de bu konuda hastaları şu açıklama ile uyarmaktadır: "*FDA, piyasaya yasal yollarla arz edilmiş tıbbi cihazlar ile icra edilen tıbbi pratikleri, kullanacak hekimlerin eğitim-öğretimini, geçerliliğini ve akreditasyonlarını, denetlemez. Eğitimin verilmesi ve geliştirilmesi sorumluluğu üreticinin, doktorların ve sağlık işletmelerinin sorumluluğundadır."* [27]. Katılımcılarımızdan K6: *"(Meslekte) çok dramatik değişimler olmasına rağmen hem eğitimini alamıyoruz hem aynı zamanda nasıl kanun ve hükümlere güncel bir şekilde yaklaşacağımızı da bilmiyoruz (02.47)*." cümlesiyle durumu değerlendirmekteydi. Verilerin nitel tematik analizi sonucunda beliren fenomenler arasında robotik eğitimlerinin; içeriği, yeterliliği, güvenilirliğinin sağlanması, (K9:02:45), başarısının kontrolü, maliyetinin yüksekliği, eğitimi alacak kişilerin uzmanlık düzeyinde belirliliğin sağlanması (K6;18:39), eğitimlerde hasta başı destek sürecinin de belirli bir süre devam etmesi ihtiyacı (K10;03:00), (K6;01:27:33) gönüllü katılımcılar tarafından ifade edilenler arasında yer aldı. Eğitimin yasal olarak geçerliliği, veren kurumun güvenilirliği,

objektifliği, yetkinliğine (K4;02:10) dair çekinceler ve robotik cerrahi eğitimlerin kısmen uzmanlık eğitimine dahil edilmesi gerektiği, rotasyon yardımı ile bunun düzenlenebileceği de birçoğunca ifade edilenler arasındaydı (K3;05:18), (K10;01:40) (K5;01:20), (K8;03:48). Robotik cerrahi eğitimi almış ve kullanmakta olan K7 şu cümle ile çekincesini ifade etti. *"(Robotik cerrahi uygun endikasyonda kullanıldığında malpraktis riskini arttırmıyor. Cezai sorumluluk riskini arttırıyor. Çünkü asistan eğitim programlarında robotik cerrahiye yönelik bir şey üroloji dışında yok. Bir dava konusu olduğu zaman kullanan kişinin elini kolunu bağlıyor bu durum (K7;03:50*)."

Robotik cerrahi kullanım ehliyetini haiz olan ve kullanan cerrahlar robotik cerrahi sistemler için Türkçe yeterli kullanıcı kılavuzu olmadığını ve buna ihtiyaç olduğunu ifade etmektedir (K3;17:04), (K7;07:49), (K9;08:40). Kullanım ehliyetini haiz olan ve sistemi cerrahi pratiklerinde kullanmakta olan cerrahlara göre; sağlık işletmeleri bu sistemler için üretici firma ile yaptıkları bakım anlaşması çerçevesinde 7/24 teknik destek sağlamaktadır ve sistemin teknik bakımının yapılmasında güvenilir bir zemin sağlanmıştır. Araştırmamıza katılan cerrahların hiçbiri cihazdan kaynaklanan olumsuz olayda Sağlık Bakanlığı'nın bir cihazın ölüme sebep olma ya da sağlık zararı oluşturması durumunda işletilmesini istediği geri bildirim (materyovijilans prosedürleri) sürecini ifade etmedi. Düzenlemeler ve gerekli prosedürler hakkında bilginin hekimlere ulaşmasında bazı güçlükler yaşanmaktadır. Bu bilgilenmeyi kolaylaştırıcı süreçlerin tasarlanmasına ihtiyaç vardır.

O'Sullivan ve ark. literatürde sıklıkla robotlara öğrenen algoritmaların yüklenmesi konusuna atıf yapılsa da fütüristik öneri olmanın dışında

cerrahi robotlarda öğrenen algoritmaların kullanıldığına dair kanıt olmadığı tespitini yapmaktadır [4]. Araştırmamızda katılımcıların tamamı kullandıkları teknolojinin henüz manipülatör kategorisinde olduğunda hem fikirdir. K3 cerrahtan bağımsız ve otonom olan robotik sistem ve kol dizaynı veya bu sistemlerin bünyesinde zarar verici algoritma yüklenmiş olabileceği durum senaryolarını şu an için gerçekçi görmediğini: "*Doğru ve yerinde kullanılırsa kendi kendisine çalışan (otonom) bir alet değil. Doktorun hükmettiği bir alet. Dolayısıyla (olağan cerrahi uygulamalara göre) extra bir malpraktis oluşturacağını düşünmüyorum (08:03)"* cümleleri ile ifade etmekteydi.

Literatürde robotik cerrahinin etik boyutu hakkındaki tartışmalara öğrenen algoritma ve makine öğrenmesi konuları da dahil olmakta ve tartışmalar komplexleşmektedir. *Wachter ve ark.*, robotik sistemlerin akıllı yazılımlar ile adaletsiz, ayrımcı ve ön yargılı olabilecek kararlar alabileceğine ve tehlikeli davranışlar sergileyebilecek düzeyde dizayn edilmesinin mümkün olduğunu savunmaktadır. Yapay zekâ (AI) ya da öğrenen algoritma (ML) kullanan robotik sistemlerin tasarımcı ve üreticileri, zorunlu olarak şeffaflık ve açıklanabilirlik konusundaki tartışmaları atlayan bir yaklaşıma yönelmiş durumdadır. Şeffaflığın gerçekleşmesinde ticari sırların, fikri mülkiyet haklarının korunması gibi çözüme engel oluşturan gerekçeler söz konusudur. Bu bağlamda Wachter ve ark., AI ve ML kullanan sistemler için; güvenlik riskleri, önyargı, ayrımcılık, adalet, mahremiyet konularında hesap verebilirliği sağlamak için düzenleyici bir dizi standart geliştirmeye ihtiyaç olduğuna da dikkat çekmektedir [28]. Bu açıdan cerrahi sistemlere yapay zekanın entegrasyonu çalışmalarının başlaması senaryosuna da hazırlıklı olunmalıdır.

Da Vinci sistemi robotik telecerrahiyi de mümkün kılmaktadır. Cerrahlar teleoperasyonun hastalar açısından zarar verici değil şifa verici olması için robotik cerrahi sistemlerin teknik yeteneklerini yeterli görmemekte, özellikle dokunsal algı ve dokuların mukavemet hissini algılama, uygulanacak kuvvet düzeyini algılama/uyarlama fonksiyonlarının olmayışının oral ve transoral bölge patolojisi ve rekonstrüksiyonunda şifayı engelleyici olduğuna dikkat çekmektedirler. İletişim kanallarının güvenliliğinin sağlanması ve bunun test edilerek kanıtlanması gerekliliğine de vurgu yapmaktadırlar (K5;06:18), (K6;59:06). Teknolojinin sunduğu şu anki koşullar çerçevesinde telecerrahinin ancak eğitim ve mentörlük amacıyla kullanılabileceğine dikkat çektiler (K9;06:42). Cerrahların bir kısmı; robotik sistemi kullanırken hasta ile aynı ortamda olduklarına, uzaktan robotik cerrahinin ise cerraha ulaşmanın mümkün olmadığı uzay, hayatı tehdit eden radyasyon, enfeksiyon bulaşısı gibi ekstrem koşullar için geliştirilmekte olduğuna, olağan tıbbi uygulamaya uygun olmadığına, eşlikçi ve bakım ekibinin temel gereklilik olduğuna dikkat çekmekteler (K1;28:02), (K9;06:42), (K10;09:20). Bir açıdan düşünüldüğünde bu gereklilikler teknoloji gelişimini tamamladığında telecerrahi hastasının nesneleşmesi algısının önüne geçmede de önem kazanır. Cerrahların bir kısmı ise eşlikçi cerrahi ekip varlığının da yeterli olmayacağına dikkat çekmektedir: "*Herhangi bir şekilde bağlantı koptuğunda ya da acil durumda, ameliyatı başka bir cerrah sürdürmek zorunda kalabilir. Başka bir cerrah ilk cerrahın başladığı ameliyatı sürdürürken oryantasyonda sorun yaşayabilir. Katmanları ayırmakta-tanımlamakta-sorun yaşayabilir. Ameliyatın önceki kısmında çözülmüş komplikasyonları değerlendirme ve kontrol*

etmede sorun yaşayabilir (K2;07:31)." Cerrahların bir kısmı ise erken bir öngörü ile başarılı fonksiyon düzeyi ve güvenliliğin sağlandığı varsayımsal durum için mesleğin icrasında uluslararası düzeyde yetki konularının adalet ve mütekabiliyetin gözetilerek düzenlenmesini ülkemiz cerrahi alanını koruma açısından önemli görmektedir (K2;07:31), (K6;01:08:00). Gönüllü katılımcıların bazısı ise telerobotik cerrahinin gelecekte cerrahi işlemlerin tek merkezden yapılmasına kadar gidebileceğini öngörmektedir (K7;06:30). Cerrahların önemli bir kısmı telerobotik cerrahi uygulamada hasta bilgilendirilmiş rızası, mahremiyetine saygı ve hastaya sağlanacak tıbbi yararı arttırıyor olması koşullarının gözardı edilebileceği endişesine sahiptir (K6;01:16:02), (K7;13:18), (K7;07:45), (K10;09:20).

Araştırma verilerinde dikkat çekici ayrıntılardan biri de cerrahların kendi alanları açısından robotik yaklaşımın yararlı seçenek oluşuna dair çekinceye sahip olduklarını göstermesi oldu. K6: "*robotik olmayan cerrahi girişimlerde ülkemizin çok yeterli olduğuna inanıyorum. Arasanız her konuda bir bilimsel çalışma bulabilirsiniz, görüşünüzü destekleyen. Eminim robotik cerrahinin daha iyi olduğunu daha başarılı olduğunu gösteren çalışmalar vardır. Ve de eminim: Klasiğin daha iyi olduğunu gösteren çalışmalar da vardır. İkisinin eşit olduğunu gösteren çalışmalar da vardır. İnsanlığın bir laboratuvarı yok. Bu tarihin cevap verebileceği bir soru. Belki ilerleyen yıllar boyu yapılacak çalışmalarla kümülatif durum oluştuğunda yıllar üzerinden bakacağız ve anlayacağız. (01:33:09).*" Araştırma verilerimiz robotik yaklaşımın başarı kıyaslamalarına dair araştırma sonuçlarında da çeşitlilik olduğunu ve alanda objektif analizlere ihtiyacı göstermektedir. *Liu ve arkadaşlarının*

literatür araştırması da *da Vinci* robotik sistemin, baş boyun bölgesinde gerçekleştirilen nerdeyse tüm cerrahi işlemlerde kullanılmakta olduğuna; Öteyandan başarı kıyaslamalarına dair araştırma sonuçlarında çeşitlilik olduğuna ve bu konuda netleşmeye ihtiyaç olduğuna dikkat çeker: Alanda yaygın kullanıldığı endikasyonlardan biri; çoklu risk faktörlerinin dahil olduğu uyku apnesi cerrahisidir. Bu endikasyonda yaygın kullanımına rağmen başarı oranı (%45) halen yetersizdir. *Liu ve arkadaşlarının* literatür araştırması TORS'un yararlı olduğu alanların sınırlı olduğuna, her endikasyona uygun olmadığı gibi uygun endikasyonlarda da her vakaya uygun olmayabileceğine ve benimsenmesinin önünde halen bazı zorluklar olduğuna da dikkat çekmektedir [2]. TORS'ta kullanılan robotik sistemdeki dokunsal algı (*haptic feedback*) eksikliği sebebiyle dokuların gücünü, esnekliğini veya nabız gibi çevresel etkileri ve kuvvetleri hissetmek mümkün değildir. Aşırı kuvvetlerin etkisiyle sutür kopması, yırtılma, neoplazma rezeksiyonu sırasında kapsül yırtılma veya parçalanması sıklığı halen yüksektir. Entegre cerrahi alet boyutlarının küçültülmesine de ihtiyaç duyulmaktadır [2, 29]. Hastaya verilecek yarar-zarar dengesi operasyon öncesinde başarılı analizi gerektirmektedir.

Adalet ilkesi perspektifinden robotik cerrahi ve bazı gelecek senaryoları

Gönüllü katılımcı cerrahlar; robotik yaklaşım ciddi hasarı önleyecekse, klasik yaklaşımdan daha yararlıysa, patolojinin lokalizasyonu sebebiyle açık operasyon travmasının katlanılamaz olduğu durumlarda ve net faydanın belirginleştiği durumlarda sübvanse edilmesini savunmaktadır. Katılımcılardan K9'un: "*Her hasta bazında değil: o hastalık bazında eğer bilimsel olarak ispatlanmış etkinlikler varsa, kar-zararı hesaplanıp, uygun*

seçilmiş hastalara bu destekler sağlanabilir [13:38]." cümleleriyle ifade ettiği gibi. Araştırma verileri sağlık politikalarında yer alacak robotik cerrahi tedavi sübvansiyonlarının düzenlenmesinde maliyet/etki dengesinin önemini de göstermektedir (K4;16:33), (K5;12:19), (K1;29:58), (K3;23:20) [K9;13:38]. *Rudmik ve arkadaşlarının* araştırması TORS'ta maliyet-etki analizi çalışmalarının henüz yetersiz olduğunu açıklamaktadır. Araştırmaları: TORS'un yaygın kullanıldığı baş boyun kanserlerinde en fazla 5 yıllık zaman aralığı içeren verilere ulaşılabildiğine; bu durumun sağlık politikaları açısından faydalı bir ölçü olan QALY'nin (Quality-Adjusted Life Years) hesaplanmasında tutarlı, doğru sonuca ulaşmaya engel olduğuna dikkat çekmektedir [30].

Gönüllü katılımcılardan robotik sistemi aktif kullananlar, Türkiye'de sağlık işletmelerinin robotik cerrahi teknolojiye sahip olmasında coğrafi yaygınlık olduğuna da dikkat çektiler (K3;22:55), (K6;01:33:09).] "*Her yerde var açıkçası. Hani bunu sadece büyük şehirlerde var gibi düşünmemek lazım. Bazen küçük ilçelerde bile yüksek teknolojili cihazların kullanıldığını görüyorum kendi branşımla ilgili*."

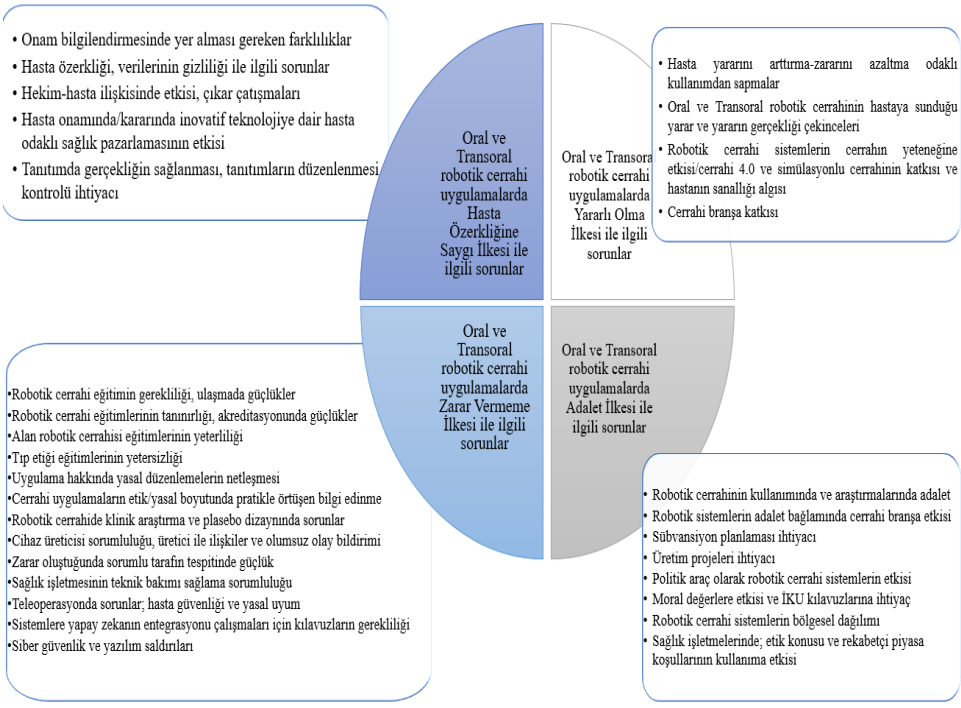
Öteyandan Araştırma verileri hasta yararının arttırılması için robotik cerrahi tedavisinin uzmanlığın yüksek olduğu merkezlerde verilmesi ve yayılımın da bu doğrultuda sağlanmasına ihtiyaç olduğunu da ortaya koymaktadır. K9: "*Bu tip sistemler belli (ihtisas) merkezler(in)de toplanmalı. Hastalar oralara aktarılmalı* [K9;00:04:09]." cümlesiyle bu ihtiyaç tarafından ifade edilmekteydi.

Araştırma verileri cerrahların robotik cerrahi sistem üretici firmalarının monopolleşmesi, ticari standartta belirleyici konuma geçişiyle ilgili endişe taşıdıklarını; düzenleyici mercilerin bu doğrultuda tedbirler geliştirmesi beklentisine sahip olduklarını göstermektedir (K5;12:34), (K7;11:59). Dahası sistemlerin satın alma ve eğitim tutarlarındaki yüksek bedelleri monopolleşmenin sonucu olarak değerlendirmekteler. Bu açıdan da farklı üreticilerin, markaların, yerli tasarım-üretim modellerinin piyasada yer almasını; rekabetçi piyasa koşullarının oluşması açısından gerekli olduğu öngörülebilirdir.

Sonuç olarak robotik cerrahinin vadettikleri ve büyüleyici gelişimi; hasta özerkliğine saygı, hasta bilgilendirilmiş onamı, hasta mahremiyeti ve verilerinin gizliliğine saygıyı, hasta yararına odaklanma, hasta haklarını gözetme, araştırma etiği, gibi değerleri ve yükümlülükleri önemsizleştirmemelidir. Bu teknolojinin kullanımının etik ve legal boyutu sistematik tartışma ve saha araştırmaları ile daha belirli ve net hale gelmelidir.

Araştırma sonuçları ile robotik cerrahide legal ve etik sorun alanlarını tanımlayan aşağıda yer alan model (bkz. Tablo 5) oluşturuldu. Gelecekte hedeflenen alt araştırmalar ışığında kapsamlandırılabilir de olan model sistem kullanıcılarına yükümlülükleri hatırlatmada pratik bir işlev görecektir.

Tablo 5: *Robotik cerrahide öne çıkan etik/legal sorunları özetleyen model*



KAYNAKÇA

1. Xia, J.J., J. Gateno, and J.F. Teichgraeber, Three-dimensional computer-aided surgical simulation for maxillofacial surgery. Atlas of the oral and maxillofacial surgery clinics of North America, 2005. 13(1): p. 25-39.

2. Liu, H.-H., et al., Robotic surgical systems in maxillofacial surgery: a review. International journal of oral science, 2017. 9(2): p. 63-73.

3. Cammaroto, G., et al., Alternative applications of trans-oral robotic surgery (TORS): A systematic review. Journal of Clinical Medicine, 2020. 9(1): p. 201.

4. O'Sullivan S, Nevejans N, Allen C, Blyth A, Leonard S, Pagallo U, et al. Legal, regulatory, and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (AI) and autonomous robotic surgery. The international journal of medical robotics and computer assisted surgery. 2019;15(1):e1968.

5. Steinert, S., The five robots a taxonomy for roboethics. International Journal of Social Robotics, 2014. 6: p. 249-260.

6. Zhao, B., et al., General surgery training in the era of robotic surgery: a qualitative analysis of perceptions from resident and attending surgeons. Surgical endoscopy, 2020. 34: p. 1712-1721.

7. Kaushik, D., et al., Malfunction of the Da Vinci robotic system during robot-assisted laparoscopic prostatectomy: an international survey. Journal of endourology, 2010. 24(4): p. 571-575.

8. Cooper, M.A., et al., Underreporting of robotic surgery complications. Journal for Healthcare Quality, 2013.
9. Thomas, D., et al., Direct-to-consumer advertising for robotic surgery. Journal of robotic surgery, 2020. 14: p. 17-20.
10. Schiavone, M.B., et al., The commercialization of robotic surgery: Unsubstantiated marketing of gynecologic surgery by hospitals. American journal of obstetrics and gynecology, 2012. 207(3): p. 174. e1-174. e7.
11. Curet, M.J., Corporate Perspective in Surgical Innovation Ethics: A Literature Review, in The SAGES Manual Ethics of Surgical Innovation, S.C. Stain and P.P. Shadduck, Editors. 2016, Springer International Publishing Switzerland. p. 111-128.
12. YAĞIZ, S., Oral ve Transoral Robotik Cerrahi Müdahalelerde Etik Sorunlar: Bir Gömülü Teori Araştırması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü 2023, İstanbul.
13. Bryant, A. and K. Charmaz, Grounded Theory in Historical Perspective: An Epistemological Account, in The Sage handbook of grounded theory. 2007, SAGE Publishing: London. p. 31-58.
14. Charmaz K, Belgrave LL. Grounded theory. In: Ritzer G, editor. The Blackwell encyclopedia of sociology: Blackwell Publishing; 2007. p. 2023-7.
15. Cresell JC. Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches. Lincoln: SAGE Publications; 2008. p.53-84.
16. Corbin JM, Strauss AL. Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory. London: SAGE publications; 2014. p.3-15.

17. Beauchamp TL, Childress JF. Principles of Biomedical Ethics. 8 ed. New York: Oxford University Press; 2019.
18. Ross WD. The right and the good: Oxford University Press; 2002.
19. Kant I. The moral law or Groundwork of the metaphysic of morals. New York: Hutchinson's Univesity Library; 1947.
20. Rawls J. A theory of justice: Revised edition: Harvard university press; 1921.
21. Patton MQ. Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice: Sage publications; 2014, p.451.
22. Lincoln YS. Emerging criteria for quality in qualitative and interpretive research. Qualitative inquiry. 1995;1(3):275-89.
23. Brancato DA, Galante JM, Rubio NA. Implant Drilling Systems. In: Galante JM, Rubio NA, editors. Digital Dental Implantology: From Treatment Planning to Guided Surgery. Switzerland: Springer; 2021. p. 91-104.
24. Kim J-Y, Kim WS, Choi EC, Nam W. The role of virtual surgical planning in the era of robotic surgery. Yonsei medical journal. 2016;57(1):265-8.
25. Schildberg, W.F., Cerrahide Etik Öğeler, in Tıbbın Gündelik Yaşamında Etik/Ethik im Alltag der Medizin Spektrum der Disziplinen zwischen Forschung und Therapie (Çev. Namal, F.Arın), D. v.Engelhardt, Editor. 2018, Nobel Tıp Kitabevleri: İstanbul. p. 261-275.
26. TTB Medya ve Sağlık Bildirgesi. Türk Tabipler Birliği. Erişim:https://www.ttb.org.tr/425yi3t. 26 Haziran 2009- TTB 58. Büyük Kongresi, Ankara.

27. FDA Recommendations for Patients and Health Care Providers about Robotically-Assisted Surgery. Available from: https://www.fda.gov/medical-devices/surgery-devices/computer-assisted-surgical-systems#3 Accessed: 18 April 2025.
28. Wachter, S., B. Mittelstadt, and L. Floridi, Transparent, explainable, and accountable AI for robotics. Science robotics, 2017; 2(6).
29. Hans S, Badoual C, Gorphe P, Brasnu D. Transoral robotic surgery for head and neck carcinomas. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2012;269:1979-84.
30. Rudmik L, An W, Livingstone D, Matthews W, Seikaly H, Scrimger R, et al. Making a case for high-volume robotic surgery centers: a cost-effectiveness analysis of transoral robotic surgery. Journal of Surgical Oncology. 2015;112(2):155-63.

BÖLÜM 3

AKUT MEZENTER İSKEMİSİ: TANISAL RADYOLOJİK YAKLAŞIM

Dr. Ahmet AKÇAY

GİRİŞ

Mezenter iskemi, bağırsaklarda akut kan akımı bozukluğu sonucu ortaya çıkan, hayatı tehdit edici acil bir durumdur. Nadir görülmekle birlikte genel toplumda insidansı yılda yaklaşık 100.000' de 6' dır ve hastane kabullerinin 1000' de beşini oluşturur. Özellikle ileri yaşta, kardiyovasküler risk faktörleri veya atriyal fibrilasyon gibi kalp hastalığı olan bireylerde görülme olasılığı daha yüksektir. Hastalık, tanı ve tedavideki gelişmelere rağmen yüksek mortalite oranına sahiptir ve mortalite ~%60' lara ulaşmaktadır (Tamme K vd., 2022). Tanıda gecikme olursa ve tam kat bağırsak nekrozu gelişirse ölüm oranı %90'a kadar çıkabilmektedir. Bununla birlikte, 2000'li yıllardan sonra erken tanı ve tedavi sayesinde mortalitede bir miktar azalma kaydedilmiştir (Tamme K vd., 2022)

Mezenter iskemi genellikle klinik muayene bulgularıyla açıklanamayan şiddetli karın ağrısı şeklinde kendini gösterir. Yani, hasta şiddetli diffüz karın ağrısı tarifler ancak erken dönemde karın muayenesinde belirgin bir bulgu saptanamayabilir. Bu bulgu ayırıcı tanıda hekimi mezenter iskemi konusunda uyarmalıdır. Laboratuvar testleri başlangıçta spesifik olmamakla birlikte; laktat, D-dimer, lökosit, amilaz gibi parametreler ilerlemiş evrelerde yükselebilir. Bu nedenle,

güçlü klinik şüphe varlığında görüntüleme ile tanının hızla doğrulanması hayati önem taşır. Mezenter iskemi tanısında en değerli yöntem bilgisayarlı tomografi anjiyografisidir (BTA) (Ronza FM vd., 2024). Çok kesitli BTA ile mezenterik damarların oklüzyonu veya daralması doğrudan gösterilebilir ve bağırsak duvarı ile mezenterde ortaya çıkan iskemi bulguları saptanabilir. BTA'nin tanısal duyarlılığı %92, özgüllüğü %99 düzeyindedir (Ronza FM vd., 2024) . Erken tanı konulup, iskemiye neden olan lezyon endovasküler veya cerrahi yöntemlerle hızla tedavi edilirse, bağırsak nekrozu önlenebilir ve sağkalım belirgin ölçüde artar. Bu kitap bölümünde mezenterik dolaşım anatomisi, akut mezenter iskeminin sınıflandırılması ve evreleri, etyolojisi, radyolojik görüntüleme bulguları ve ayırıcı tanısı güncel literatür ışığında ele alınacaktır. Kronik mezenter iskemisi konumuz dışındadır; olup genellikle uzun süreli ateroskleroza bağlı gelişir ve "abdominal angina" şeklinde postprandiyal ağrı, kilo kaybı gibi farklı klinik özellikler gösterir.

MEZENTERİK DAMARSAL ANATOMİ

Bağırsak anslarının arteriyel beslenmesi, abdominal aortadan direkt çıkan üç ana damar üzerinden sağlanır: Truncus coeliacus (çölyak trunkus), süperior mezenterik arter (SMA) ve inferior mezenterik arter (IMA). Çölyak arter mide, dalak, karaciğer, pankreas ve duodenumun proksimal kısmını kanlandırırken; SMA, duodenum distalinden transvers kolonun distal üçte birine kadar olan orta bağırsak bölümünü besler. İMA ise splenik fleksuradan itibaren rektum üst kısmına kadar olan kısmın kanlanmasını sağlar. Bu üç ana damar

arasında zengin kollateral arteriyel ağ mevcuttur: Çölyak trunkus ile SMA arasında pankreatikoduodenal ark; SMA ile IMA arasında ise Drummond'ın marjinal arteri ve Riolan arkı en önemli kollateral yollardır. Bu kollateral dolaşım sayesinde, yavaş gelişen tıkanıklıklarda alternatif kan akımı sağlanabilirken, emboli gibi ani tıkanmalarda kollateral dolaşım yetersiz kalır ve iskemi hızla gelişir. Mezenterik dolaşımda "watershed" adı verilen sınır bölgeler iskemiye en hassas kesimlerdir; iki farklı arteriyel havzanın beslediği bu bölgeler düşük akım durumlarında ilk etkilenen alanlar olur. Özellikle splenik fleksura (SMA–IMA sınırı, Griffith noktası), rektosigmoid bileşke (IMA–hipogastrik arter sınırı, Sudeck noktası) ve ileoçekal bölge bu watershed alanlara örnektir ve düşük vasküler perfüzyon koşullarında iskemiye yatkındır (Ronza FM vd., 2024).

SMA, akut mezenter iskemilerinde en sık tutulan ve klinik pratikte kritik öneme sahiptir arterdir. SMA kendi içinde pankreatikoduodenal arter ve ileokolik arter çıkışlarına göre proksimal, orta ve distal segment olarak bölümlenebilir. Tıkanıklığın bu segmentlerden hangisinde olduğu, iskemi gelişen bağırsak segmentlerinin hangi bölgelerde oluşacağını belirler. Örneğin SMA embolisi genellikle SMA orta segmentinde, orta kolik arter yakınlarında tıkanırsa proksimal jejunum kan akımı korunabilirken, ostiuma yakın bir emboli tüm ince bağırsak ve sağ kolon perfüzyonunu aniden kesintiye uğramasına neden olabilir. İki veya daha fazla ana mezenterik arterde ciddi aterosklerotik darlık bulunması, akut olmasa bile kronik hipoperfüzyon ve angina abdominalis semptomlarına yol

açabilir; böyle bir hasta grubunda akut tromboz gelişirse "kronik üzerine akut " mezenter iskemisi ortaya çıkabilir (Ronza FM vd., 2024).

Mezenterik venöz dönüşüm ise superior ve inferior mezenterik venler aracılığıyla olur. Superior mezenterik ven (SMV) direkt portal vene, inferior mezenterik ven (IMV) ise splenik ven yoluyla portal sisteme drene olur. Porto-mezenterik venöz sistem ile sistemik venöz dolaşım arasında da retroperitoneal kollateraller aracılığıyla bağlantılar mevcuttur, ancak akut tromboz durumunda bu kollateraller çoğunlukla yetersiz kalır (Ronza FM vd., 2024).

MEZENTER İSKEMİSİNİN KLİNİK SINIFLAMASI VE EVRELERİ

Klinik olarak mezenter iskemi genel anlamda akut ve kronik olmak üzere iki formda sınıflandırılabilir. Akut mezenter iskemisi (AMI), ani başlayan karın ağrısı ile karakterize, acil tedavi gerektiren klinik tablodur ve kendi içinde etiyolojiye göre alt tipleri vardır. Kronik mezenter iskemisi ise genellikle aterosklerotik darlıklara bağlı yavaş gelişir; epizodik postprandiyal ağrı, yemek yemekten kaçınma ve kilo kaybı şeklinde daha sinsi seyreder. Bu bölümde akut mezenter iskemisi ve alt tipleri üzerinde durulacaktır (Fitzpatrick LA vd.,2020)

Akut mezenter iskemisinin alt tipleri: Etiyopatogeneze göre dört temel gruba ayrılır: (1) Arteriyel iskemi, (2) Venöz iskemi (SMV trombozu), (3) Non-oklüziv mezenter iskemi (NOMİ) ve (4) Strangülasyona bağlı iskemi. Bu alt tiplerin her biri kendine özgü klinik ve radyolojik özellikler göstermekte olup ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak bahsedilecektir (Ronza FM vd., 2024).

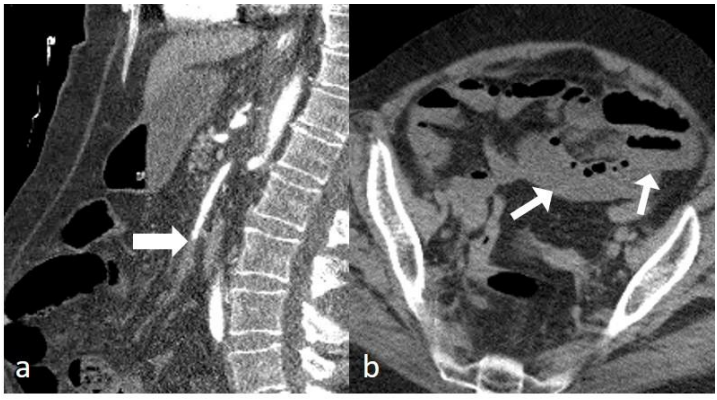
İskemi Evreleri: Akut mezenter iskemisinde bağırsak duvarı hasarı, iskemi süresine ve şiddetine bağlı olarak üç evrede incelenir. Evre I (Mukozal iskemi): En yüzeyel tabaka olan mukozayla sınırlı hasar söz konusudur. Henüz nekroz gelişmemiştir, erken dönemde reperfüzyon sağlanırsa iskemi geri dönüşlü olabilir. Evre II (Submukozal ve muskular hasar): İskemi, bağırsak duvarının submukoza ve muskularis propria tabakalarına kadar ilerlemiştir. Ödem, kanama ve yer yer nekroz odakları gelişebilir. Bu evrede Meissner ve Auerbach sinir pleksuslarının tutulumu nedeniyle bağırsak motilitesi ve sekresyonunda bozulma başlar; paralitik ileus gelişebilir. Evre III (Transmural iskemi): Tam kat nekroz söz konusudur; iskemi bağırsak duvarının tüm katmanlarını tutar. Bu aşamada bağırsakta perforasyon riski yüksektir, bakteriyel translokasyon sonucu sepsis ve septik şok gelişebilir. Evre III geri dönüşümsüzdür ve acil cerrahi rezeksiyon gerekir. Radyolojik olarak özellikle evre III'te görülen bazı bulgular nekroz lehine yüksek özgüllüğe sahiptir ve tanıda kritik önemdedir (Nakamura Y vd., 2023)

ETYOLOJİ

Arteriyel Oklüzyon

Akut mezenter iskemilerin yaklaşık %60-70'i arteriyel kaynaklıdır. Bu grubun patogenezinde emboli veya tromboza vardır. SMA embolisi, arteriyel okluzif mezenter iskemi vakalarının yaklaşık yarısını oluşturur. Emboliler çoğunlukla kardiyak (atriyal fibrilasyon, iskemik kardiyomiyopati, endokardit vb.) ya da aorta kaynaklı olabilir ve yüksek akım nedeniyle en sık SMA'yı tutar. Emboli, SMA'yi

genellikle orifisinin 3-10 cm distalinde tıkar. Bu seviye orta kolik arterin çıkışına denk gelir ve pankreatikoduodenal kollateraller sayesinde proksimal jejunum kanlanması korunabilir. Ancak emboli SMA orifisine yakın yerleşirse ince bağırsağın büyük kısmı ve sağ kolon ani olarak perfüzyonsuz kalır. Embolik oklüzyon ani geliştiği için kollateral dolaşım yeterli değildir. Bu nedenle klinik tablo anidir ve bağırsak duvarı hızla tam kat infarktüs riski altındadır. Emboliye bağlı mezenter iskemisinde, eşzamanlı olarak splenik veya renal arter embolileri de görülebilir; dalak ve böbrek enfarktları saptanması durumunda mezenterik emboli de akla gelmelidir (Tamme K vd., 2022).



Resim 1: SMA trombozuna bağlı arteyal yapıdaki dolum defekti (ok) sagittal BT imajında görülmekte (a). Aksiyel BT görüntüsünde barsak anslarında iskemiye bağlı duvar kalınlaşması (ok) ve hava sıvı seviyelenmeleri görülmekte (b).

SMA trombozu, olguların yaklaşık %20-30'unu oluşturur ve çoğunlukla yaşlı hastalarda, yaygın aterosklerotik damar hastalığı zemininde gelişir. Genellikle SMA orifisinde veya proksimal

segmentinde, önceden var olan ateromatöz plak üzerinde akut tromboz gelişir. Kronik süreçte kollateral dolaşım gelişebildiği için tromboz öncesi hastalarda kronik mezenter iskemi semptomları görülebilir. Ancak SMA ostiumunu tutan akut tromboz uzun barsak segmentinde iskemi gelişmesine neden olabilir.Kontrastlı BT anjiyografide ise damar lümeninde ani kesilme (“cut-off”) görüntüsü tipiktir. SMA trombozunda, eşlik eden çölyak trunkus veya IMA darlıkları da varsa bağırsak hipoperfüzyonu daha şiddetli olur (Ronza FM vd., 2024).

Nadir görülen bir arteriyel iskemi nedeni de SMA diseksiyonudur. Travmatik olmayan izole spontan SMA diseksiyonları genellikle orta yaşlı erkeklerde görülür ve mezenter iskemilerin <%5’ini oluşturur. SMA’nın aortadan çıkışından 1-3 cm uzaklıkta intimada yırtılma olabilir. Oluşan yalancı lümen tromboze olursa veya gerçek lümene kritik bası yaparsa akut iskemi bulguları ortaya çıkabilir. BT’de SMA diseksiyonu, damar lümeninde intimal flap, duvar içi hematom, yalancı lümen gibi bulgularla tanınır. İzole SMA diseksiyonlarında yönetim, bulguların ciddiyetine göre medikal, endovasküler stent veya cerrahi olabilir; ancak bu özel durum nadir görüldüğünden standart bir yaklaşım yoktur (Ronza FM vd., 2024).

Venöz Tromboz (Mesenterik Ven Oklüzyonu)

Akut mezenter iskemi nedenlerinin %5-15’ini mezenterik ven trombozu oluşturur ve arteriyel nedenlere göre daha genç hastalarda görülme eğilimindedir. Altta yatan hiperkoagülabilite bozuklukları (ör. antifosfolipid sendromu, protein C-S eksikliği), pıhtılaşma eğilimi yaratan durumlar (gebelik, oral kontraseptif kullanımı), portal

hipertansiyon ve siroza bağlı portal kan akımında yavaşlama, malignite veya pankreatit gibi komşu yapıların hastalıkları venöz tromboz gelişimi için risk faktörleridir. Klinik tablo arteriyel oklüzyona göre daha sinsi başlayabilir; venöz trombozda tıkanma sonrası iskemi yavaş yavaş geliştiğinden semptomlar günler haftalar içinde gelişebilir. Venöz tıkanmada bağırsak duvarında infarktüs oluşması için vasa rektanın periferik arkad düzeyinde geniş bir alanı tutması gerekir; bu nedenle tromboz kısmi ise kollateral dolaşım bir süre bağırsak viabilitesini sürdürebilir (Yu, H VD., 2023).

BT anjiyografide venöz tromboz, genellikle SMV içinde santral dolum defekti olarak saptanır. Kontrastlı incelemede tromboze ven duvarında kontrast tutulumuna bağlı ince bir halelenme görülebilir. Venöz dönüşümün engellenmesine bağlı olarak mezenterde belirgin venöz dolgunluk ve konjesyon, ince bağırsak mezenterinde ödem ve bulanıklaşma (“mezenterik kirlenme”) ve serbest sıvı (asit) sıklıkla izlenir. Bağırsak duvarı, venöz göllenme ve ödem nedeniyle kalınlaşmıştır; özellikle submukozada belirgin ödem ve duvar içinde sıvı birikimine bağlı target bulgusu venöz iskemide sık tarif edilir. Ayrıca venöz tıkanmaya bağlı bağırsak lümeni içinde gaz boşalamadığı için sıvı ile dolu, gaz içermeyen distandü bağırsak ansları görülebilir; bu bulgu mezenterik ven trombozuna spesifik kabul edilir ve arteriyel tıkanmada tipik değildir. Venöz mezenter iskemisinde genel mortalite arteriyel formdan düşüktür (~%25-40). Erken tanı konulursa ilk tedavi tercihi antikoagülasyondur ve uygun vakalarda bu tedavi ile 24-48 saat içinde klinik düzelme sağlanabilir. Ancak bağırsakta infarkt geliştiyse cerrahi girişim gereklidir. Nekroze segmentler rezeke edilir ve

genellikle sağlam uçlar primer anastomoz yapılmadan, ikinci bir oturumda birleştirilmek üzere bırakılır (Tamme K vd., 2022).

Resim 2: aksiyel BT görüntüsünde SMV trombozuna bağlı barsak iskemisi olan olguda mezenterik vasküler yapılardaki konjesyon, incebağırsak anslarındaki duvar kalınlaşması ve dilatasyon (ok)görülmektedir (a) Koronal BT görüntüsünde SMV' ye yerleştirilmiş tromboliz kateteri (ok başı) ve bağırsak anslarında sıvı ile distandü görünüm ve mezenterik kirlenme (ok) görülmektedir (b).

Non-Oklüziv Mezenter İskemi (NOMİ)

Non-oklüziv mezenter iskemisi, mezenterik damarların açık olmasına rağmen sistemik hipoperfüzyon ve splanknik vazokonstriksiyon nedeniyle gelişen intestinal hipoperfüzyon durumudur. Tüm akut mezenter iskemilerin yaklaşık %20'sini oluşturur ve özellikle yoğun bakım şartlarında kritik hastalarda ortaya çıkar. Ağır kardiyojenik şok, konjestif kalp yetmezliği, sepsis veya hipovolemik şok tablolarında vücudun kompansatuar mekanizmaları mezenterik

arterlerde şiddetli vazokonstriksiyona yol açar. Bu durum, kalp ve beyin gibi hayati organlara kan akımını korumaya yönelik refleks bir yanıttır ancak bu durum bağırsak perfüzyonunu ciddi derecede azaltır. NOMI için risk faktörleri arasında ileri yaş (>70), yaygın aterosklerotik damar hastalığı, uzun süreli vazopressör kullanımı ve büyük cerrahi operasyonlar sonrası düşük kardiyak debi sayılabilir. Klinik olarak NOMI genellikle yoğun bakım ünitesinde, altta yatan ciddi bir hastalığı olan ve sedasyon altında olabilen hastalarda geliştiği için tanınması zordur; çoğu zaman laktat yükselmesi veya nedeni açıklanamayan abdominal distansiyon gibi dolaylı bulgularla fark edilir (Ronza FM vd., 2024).

BTA'da non-oklüziv iskeminin tanısı en zor alt tiptir. Ancak dikkatli incelemede SMA ve dallarında difüz vazospazm, lümen daralması veya segmental düzensiz kalibrasyon değişiklikleri görülebilir. Bağırsak tutulumunun dağılımı da kesintili ve atlamalı olabilir; hem ince bağırsakta hem kolonda segmenter iskemi alanları olabilir. Özellikle splanknik dolaşımın uç noktaları olan watershed bölgelerde bağırsak duvarında fokal ödem ve kalınlaşma NOMI için uyarıcı bir bulgudur. BT'de ayrıca sistemik hipoperfüzyona işaret eden şok organı bulguları da sıklıkla eşlik eder: Aortanın ince kalibrasyonu, inferior vena kavanın kollabe görünümü, böbrek ve adrenal bezlerin belirgin kontrast tutulumu, karaciğer ve dalağın heterojen perfüzyonu NOMI'de görülebilir. NOMI yönetimi altta yatan nedenin düzeltilmesine dayanır. Ayrıca seçilmiş olgularda anjiyografik olarak mezenterik arterlere

vazodilatör ilaç infüzyonu yapılması önerilir. NOMI'nin prognozu ciddidir; bildirilen mortalite oranı %50-70 arasındadır (Yu, H VD., 2023).

Strangülasyon

Strangülasyon, bağırsak lümeninin mekanik obstrüksiyonuna eşlik eden mezenter basısına bağlı vasküler kompresyon durumudur. Tipik olarak **kapalı loop obstrüksiyonu** (closed-loop ileus) vakalarında görülür. Bağırsağın iki noktadan tıkanmasıyla oluşan kapalı loopta intralüminal basınç hızla artar, ilk etapta venöz dönüş engellenir, mezenterik venden drenaj bozulur; sonrasında arteriyel akım da azalır ve sonuçta ilgili bağırsak segmenti kanlanamaz hale gelir. Kısa sürede bağırsak duvarında infarkt gelişebildiği için tanı ve cerrahi aciliyet taşır (Yu, H VD., 2023).

BT bulguları, mezenterik vasküler oklüzyona bağlı iskemi ile benzerdir ancak altta yatan mekanik tıkanmaya ait ipuçları vardır. Kapalı loop obstrüksiyonunda birbirine komşu iki seviyede ani lümen daralması ve bu iki nokta arasında U- veya C-şekilli anormal dilate bir bağırsak ansı tipiktir. Ans içi sıvı birikir ve ince duvarlı distansiyon gelişir. Erken evrede tıkanan anslarda duvar ödemi ve venöz konjesyona bağlı duvar kalınlaşması görülür; reperfüzyon dönemlerinde duvar kontrastlanması artmış da olabilir. Ancak süreç ilerledikçe arteriyel perfüzyon da bozulur ve etkilenen anslarda duvar kontrastlanmasının azalması veya tamamen kaybolması alarm verici bir bulgudur. Mezenterik yağ dokusunda belirgin bulanıklaşma ve serbest sıvı meydana gelir. Strangülasyon ilerlediğinde bağırsak duvarı "kağıt

inceliğinde" hal alır ve diffüz duvar enfarktına bağlı pnömatozis intestinalis ortaya çıkabilir. Bu bulgular bağırsak nekrozu lehinedir ve acil cerrahi girişim gerektirir (Ronza FM vd., 2024).

RADYOLOJİK GÖRÜNTÜLEME BULGULARI VE BT PROTOKOLÜ

Mezenter iskemi şüphesi durumunda görüntüleme yöntemleri içinde en değerli olan BT' dir. Ancak BT öncesi klasik düz karın grafileri ve ultrasonografi de bazen ilk inceleme olarak yapılmaktadır. Direkt karın grafisi, erken dönemde spesifik olmayan ileus bulguları verebilir. İleri evrede ise pnömatozis intestinalis veya perforasyona bağlı peritonda serbest hava görülebilir. Ancak bunlar geç bulgulardır ve sensitivitesi düşüktür. Ultrasonografi (USG), özellikle akut superior mezenterik arter tıkanmalarında SMA' da kan akımı olmadığı Doppler USG ile gösterilebilir. Fakat gazlı ve ağrılı hastada USG ile hem tüm mezenterin değerlendirilmesi zor, hem de duyarlılığı düşüktür. USG daha çok ayırıcı tanıda diğer karın içi patolojileri ekarte etmek amacıyla ilk basamak olarak kullanılabilir; ancak mezenter iskemi şüphesi kuvvetliyse negatif USG ekarte edici değildir. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MR), bağırsak perfüzyonunu göstermede etkin bir yöntem olmakla birlikte acil şartlarda uygulanabilirliği kısıtlıdır. Konvansiyonel anjiyografi, geçmişte tanı için altın standart kabul edilmiş olsa da günümüzde daha çok terapötik amaçla kullanılmaktadır (Tamburrini S vd., 2020).

BTA, akut mezenter iskemisi şüphesinde hızlı ve güvenilir tanı sağlar. BTA ile hem arterial hem venöz mezenterik damarlar aynı anda

değerlendirilebilir. Ayrıca bağırsak duvarı ve çevre dokularda iskemiye bağlı değişiklikler saptanabilir. Çok kesitli BT teknolojisiyle %90'ların üzerinde tanısal doğruluk bildirilmiştir. Optimal değerlendirme için çok fazlı kontrastlı BT önerilir. Tipik olarak non-kontrast, arterial faz ve portal venöz faz görüntüleme yapılmalıdır. Kontrastsız BT, bağırsak duvarındaki yüksek dansiteli intramural hematomu veya vasküler kalsifikasyonları saptamak için faydalıdır. Ardından 30 saniye gecikmeli arterial faz ile mezenterik arterler ve erken bağırsak perfüzyonu değerlendirilir; 60-70 saniye gecikmeli portal venöz faz ile ise venöz dönüş ve bağırsak duvarının portal faz kontrastlanması izlenir. Gerek görülürse 3-5 dakika sonra gecikmiş faz da çekilerek şüpheli alanların geç kontrastlanma paternine bakılabilir. İntravenöz kontrast, iyotlu ve non-iyonik olup yüksek diğer çekimlere nispeten yüksek hızla(4-5 mL/s) enjekte edilmelidir. İnce kesitli (1 mm) görüntüler alınarak çok planlı rekonstrüksiyonlar (MPR) ve maksimum intensite projeksiyonları (MIP) oluşturulması, özellikle küçük damar trombüslerini ve ince duvar perfüzyon farklarını yakalamak açısından önemlidir. Ağızdan kontrast madde verilmesi genellikle önerilmez, zira opak oral kontrast bağırsak duvarını değerlendirmeyi zorlaştırabilir ve acil koşullarda zaman kaybına yol açabilir (Ronza FM vd., 2024).

BT Bulguları:

Akut mezenter iskemi, BT'de bir dizi damar ve bağırsak duvarı bulgusuyla kendini gösterir. Bulgular, iskeminin evresine ve etiyolojisine göre değişkenlik gösterebilir ancak temel olarak damarsal

bulgular, barsak duvarına ait bulgular ve mezenter/ekstraintestinal bulgular olarak gruplandırılabilir.

Damarsal bulgular:

Arteriyel tıkanıklık varsa SMA veya dallarında ani kontrast dolum kaybı izlenir; venöz tıkanıklıkta ise SMV'de dolum defekti saptanır. Non-oklüziv iskemide belirgin bir oklüzyon görülmez fakat SMA çapı difüz ince olabilir veya segmental spazmlar dikkati çekebilir. Bağırsak duvar bulguları, iskeminin erken veya geç olmasına göre değişir. Akut arteriyel oklüzyonun ilk döneminde refleks vazospazma bağlı ilgili bağırsak segmentlerinde peristaltik paralizi ve "gazsız karın" görünümü olabilir. Henüz submukozal ödem gelişmediği çok erken evrede bağırsak duvarı kalınlığı normal de görünebilir. Ancak kısa sürede duvar ödemi ve hemorajik infarkt başlamasıyla birlikte duvar kalınlaşması ortaya çıkar (genellikle >3 mm) (Ronza FM vd., 2024).

Bağırsak duvarı bulguları

Bağırsak duvar kontrastlanma paternleri iskemi tanısında önemli ipuçları verir: Erken evrede veya reperfüzyon durumunda mukozal hiperemi gelişebilir ve "hedef (target) işareti" oluşabilir. Hedef (Target) işareti, bağırsak duvarının iç mukozal ve dış serozal tabakalarının kontrastlanıp arada ödemli submukozanın hipodens kalmasıyla oluşan dairesel katmanlaşmadır (bull's-eye görünümü). Bu bulgu özellikle venöz tromboza bağlı konjesyonda veya arteriyel tıkanmanın reperfüze olduğu durumlarda belirgindir. Öte yandan tam tıkanıklığa bağlı ileri iskemide duvar kontrastlanması azalır veya

kaybolur. Bağırsak duvarının anjiyografik opaklanma göstermemesi ve incelmesi, kağıta benzer ince bağırsak duvarı bulgusu olarak adlandırılır ve ileri evre iskemi için oldukça spesifik kabul edilir (spesifisite ~%97-99). Özellikle sağlam bir segment ile etkilenmiş segmentin kontrastlanmasının karşılaştırılması, segmenter iskemi tanısında faydalıdır. Pnömatozis intestinalis, ileri evre iskeminin sık bir bulgusu olmakla birlikte tek başına spesifik değildir. Literatürde iskemik olmayan bağırsakta da görülebildiği bildirilmiştir. Ancak pnömatozise porto-mezenterik venöz gazın eşlik etmesi, transmural infarkt için oldukça özgül bir bulgudur ve genellikle kötü prognozu işaret eder. Geç evrede ayrıca nekroze segment perforasyonuyla batın içinde serbest hava izlenebilir (Olson MC vd., 2019).

Mezenterik ve ekstraintestinal bulgular:

Akut iskemi sürecinde mezenterik ödem ve yağlı doku bulanıklığı sık görülür. Arteriyel tıkanmada iskemik segment çevresinde bir miktar mezenterik sıvı ve hafif ödem olabilirken, venöz trombozda belirgin venöz göllenmeye bağlı mezenterik venlerde genişleme, kolaterallerde dolgunluk ve mezenterde diffüz "kirlenme" görünümü daha sıktır. Serbest peritoneal sıvı da özellikle venöz kaynaklı iskemi ve NOMI'de sık rastlanan bir bulgudur. Arteriyel tıkanmanın kısmen açıldığı veya kollaterallerle kanlandığı durumlarda reperfüzyon ödemi görülebilir. İskemik bölgenin periferinde reaktif hiperemi ve inflamasyon sonucu duvar kalınlaşması, yağlı dokuda dansite artışı ve transüda vasfında sıvı birikimi olabilir. Bu reperfüzyon fenomeni bazen hastanın klinik durumunda düzelme olduğu halde

BT'de alarm verici değişiklikler yaratabilir ve başarılı revaskülarizasyon sonrası dahi bir süre devam edebilir. Mezenter iskemiye eşlik edebilen diğer önemli bulgular solid organ infarktlarıdır. Özellikle NOMI vakalarında, bağırsak dışı organlara giden kan akımı da bozulduğundan dalak, böbrek gibi organ infarktları veya parenkimal hipoperfüzyon alanları saptanabilir. Ayrıca şok bağırsak bulguları olarak adlandırılan; inferiyor vena kava kollapsı, aorta çapında küçülme, adrenal glandların parlak kontrast tutulumu gibi sistemik hipoperfüzyon işaretleri de NOMI tanısına katkı sağlayabilir (Olson MC vd., 2019).

AYIRICI TANI

Akut mezenter iskemisi tanısı koyarken, özellikle görüntüleme bulgularının benzerlik gösterebildiği diğer bazı bağırsak patolojileri de akılda bulundurulmalıdır. Aşağıda mezenter iskemiyi taklit edebilen başlıca durumlar ve ayırt edici özelliklerinden bahsedilmiştir (Fitzpatrick LA vd.,2020).

- **Benign pnömatozis intestinalis:** Bağırsak duvarında gaz toplanması ile karakterize ancak iskemiyle ilişkili olmayan nadir bir durumdur. Genellikle *pneumatosis cystoides intestinalis* adıyla bilinen bu iyi huylu tabloda bağırsak duvarında kistik gaz boşlukları izlenir. Hastalar genelde ciddi ağrı veya sepsis tablosunda değildir ve çoğunlukla altta yatan KOAH gibi akciğer hastalığı mevcuttur. Pnömatozis odakları mezenter iskemideki gibi lineer değil, daha baloncuk tarzında olabilir ve porto-venöz gaz görülmez. Ayırıcı tanıda

klinik bulguların hafif olması ve başka ciddi bulgu yokluğu ipucu verir.

- **İnce barsak anjiyoödemi:** Özellikle ACE-inhibitörü ilaç kullanımı sonrası görülebilen bağırsak duvarı ödemidir. Yaygın submukozal ödem nedeniyle duvar kalınlaşır ve hedef işaretine benzer kontrastlanma olabilir. Karın ağrısı ve bazen ishal görülebilir ancak mezenter arterlerde tıkanıklık saptanmaz. Hastanın dudak-dil gibi bölgelerinde de anjiyoödem öyküsü olabilir. Tedaviyle ödem hızla geriler ve kontrol BT'de düzelme görülmesi tanıyı teyit eder.

- **Portal hipertansiyona bağlı bağırsak ödemi:** Uzun süreli karaciğer sirozu ve portal hipertansiyonu olan hastalarda, bağırsak duvarında venöz göllenmeye bağlı diffüz ödem gelişebilir. BT'de bağırsak duvarı hedef tarzı kontrast tutabilir, assit eşlik edebilir. Ancak mezenterik damarlar açıktır; belirgin bir segmenter iskemi alanı yoktur ve klinik aciliyet göstermez. Portal hipertansif enteropati olarak bilinen bu durumda diğer siroz bulguları ayırıcı tanıda yardımcı olur.

- **Sistemik vaskülitler:** Poliarteritis nodosa, sistemik lupus eritematozus (SLE) gibi vaskülitler mezenterik damarlarda inflamasyona yol açarak segmenter iskemi ve hatta bağırsak perforasyonlarına neden olabilir. BT'de bağırsak duvarında bölgesel kalınlaşma, ödem ve hatta pnömatozis görülebilir. Ancak genellikle hastada bilinen bir vaskülit tanısı veya eşlik eden cilt, böbrek, eklem tutulumu gibi sistemik belirtiler vardır. Tanı kesinleştirmek için anjiyografide çoklu mikroanevrizmalar veya serolojik testler yardımcı

olabilir.

- **Radyasyon enteriti:** Pelvik veya abdominal bölgeye radyoterapi almış hastalarda aylar-yıllar içinde gelişen kronik bir bağırsak duvar hasarıdır. Radyasyonun etkilediği segmentlerde duvar fibrozisi ve ödemi, lümen darlıkları ve bazen fistüller oluşur. BT'de bağırsak duvar kalınlaşması, azalmış duvar kontrastlanması ve mezenterde çekinti bulguları olabilir. Ayrıcı tanıda, hastanın radyoterapi öyküsü ve tutulumun ışınlama alanıyla uyumlu dağılım göstermesi belirleyicidir.

- **Graft-versus-host hastalığı:** Allojenik kemik iliği nakli sonrası görülen bu komplikasyonda bağışıklık hücreleri alıcının bağırsak mukozasına saldırarak şiddetli inflamasyon yapar. Sonuçta diffüz mukozitte bağırsak duvarı ödemi, lümen dilatasyonu ve bazen pnömatozis gibi bulgular görülebilir. Ağır ishal ve cilt döküntüsü, karaciğer fonksiyon bozukluğu gibi sistemik belirtiler de vardır. Radyolojik olarak özellikle kolon tutulumu ön plandadır ve iskemiyle karışabilir; ancak GVHH, transplant bağlamında düşünüldüğünde tanıya gidilir.

- **İnflamatuvar bağırsak hastalıkları:** Crohn hastalığı başta olmak üzere ağır inflamatuvar kolit tabloları, özellikle akut alevlenmelerde mezenterik iskemiyi taklit edebilir. Crohn'da atlamalı bağırsak duvar kalınlaşmaları, "hedef" işareti şeklinde kontrast tutulumu, mezenterik yağ dokusunda kirlenme ve hatta

mikroperforasyona bağlı serbest hava görülebilir. Ancak Crohn tipik olarak genç hastada, kronik bir öykü ve perianal lezyonlar gibi kendine özgü belirtilerle seyreder. Ayrıca BT'de mezenterik vasküler yapılar belirgin (comb sign) olarak görülebilir ve damar lümenleri açık kalır. Ülseratif kolit gibi diğer kolitlerde de diffüz kolon tutulumu, psödopolipler ve toksik megakolon gibi farklı radyolojik bulgular ayırt edicidir (Fitzpatrick LA vd.,2020).

- **Enfeksiyöz enterokolitler:** Örneğin Clostridioides difficile'ye bağlı psödomembranöz kolit, iskemik koliti çok andıran radyolojik ve klinik tablo yapabilir. Kalınlaşmış kolon duvarı, başparmak işareti, pnömatozis intestinalis C. difficile kolitinde de tarif edilmiştir. Ancak bu durum tipik olarak hastane enfeksiyonu olarak antibiyotik kullanımı sonrası gelişir ve dışkı testlerinde C. difficile toksini pozitif bulunarak teşhis konur. Diğer enfeksiyöz kolitler (örn. CMV koliti, amipli kolit, EHEC enfeksiyonu) de özellikle bağışıklık sistemi baskılanmış hastalarda benzer bağırsak duvar değişiklikleri yapabilir. Ayırıcı tanının yapılabilmesi için klinik anamnez bulguları, kültür/seroloji sonuçları ve bazen endoskopik biyopsi gerekebilir.

SONUÇ

Akut mezenter iskemisi, nadir ancak tanısı atlandığında ölümcül seyredebilen kritik bir klinik durumdur. Erken dönemde bulguları spesifik olmadığından, klinik şüphe durummunda, fizik muayene bulgularıyla açıklanamayan şiddetli karın ağrısı vakalarında mezenter iskemi mutlaka düşünülmelidir. Bu hastalarda acilen kontrastlı BT

anjiyografi yapılarak tanı konulabilir ve etyoloji belirlenebilir. BT, sadece tanıyı koymakla kalmaz, aynı zamanda iskeminin arteriyel mi yoksa venöz mi olduğunu, hangi segmentleri tuttuğunu ve nekroz gelişip gelişmediğini de ortaya koyarak tedavi planına yön verir. Erken evrede saptanan arteriyel oklüzyonlarda endovasküler tedavi (trombektomi, stent, fibrinolitik uygulama) ve uygun hastalarda cerrahi revaskülarizasyon (embolektomi, bypass) ile bağırsak kurtarılabilir ve mortalite dramatik şekilde düşürülebilir. Venöz trombozda antikoagülasyon ile tam kat infarktüs önlenebilir. Non-oklüziv iskemide altta yatan şok/hipotansiyon hızla düzeltilerek mezenter perfüzyonunun sağlanması temel hedeftir. Transmural infarkt gelişmişse zaman kaybetmeden nekrotik bağırsak segmentlerinin rezeksiyonu gerekir. Multidisipliner yaklaşım, mezenter iskemisinde başarının anahtarıdır; radyoloji, genel cerrahi, kalp-damar cerrahisi ve yoğun bakım uzmanlarının koordinasyonu ile günümüzde eskisiye nazaran daha iyi sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Yine de akut mezenter iskemide genel mortalite oranı halen %50'ler civarındadır ve tanıda gecikme prognozda temel belirleyici faktördür (Tamme K vd., 2022). Dolayısıyla, bu klinik tabloya yönelik farkındalığın artırılması ve görüntüleme bulgularının iyi bilinmesi, hem tanının doğru konulması hem de gereksiz laparotomi yapılan non-iskemik olguları ayırt edebilmek adına hayati öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

Tamme K, Reintam Blaser A, Laisaar KT, et al. Incidence and outcomes of acute mesenteric ischaemia: a systematic review and meta-analysis. BMJ Open. 2022;12(10):e062846. Published 2022 Oct 25. doi:10.1136/bmjopen-2022-062846

Ronza FM, Di Gennaro TL, Buzzo G, et al. Diagnostic Role of Multi-Detector Computed Tomography in Acute Mesenteric Ischemia. Diagnostics (Basel). 2024;14(12):1214. Published 2024 Jun 7. doi:10.3390/diagnostics14121214

Fitzpatrick LA, Rivers-Bowerman MD, Thipphavong S, Clarke SE, Rowe JA, Costa AF. Pearls, Pitfalls, and Conditions that Mimic Mesenteric Ischemia at CT. Radiographics. 2020;40(2):545-561.

Nakamura, Y.; Kondo, S.; Narita, K.; Maeda, S.; Fonseca, D.; Honda, Y.; Tani, C.; Fukumoto, W.; Mitani, H.; Ishibashi, M.; et al. Understanding CT imaging findings based on the underlying pathophysiology in patients with small bowel ischemia. Jpn. J. Radiol. 2023, 41, 353–366.

Yu, H.; Kirkpatrick, I.D.C. An Update on Acute Mesenteric Ischemia. Can. Assoc. Radiol. J. 2023, 74, 160–171.

Tamburrini, S.; Serra, N.; Lugara, M.; Mercogliano, G.; Liguori, C.; Toro, G.; Somma, F.; Mandato, Y.; Guerra, M.V.; Sarti, G.; et al. Ultrasound Signs in the Diagnosis and Staging of Small Bowel Obstruction. Diagnostics 2020, 10, 277.

Olson MC, Fletcher JG, Nagpal P, Froemming AT, Khandelwal A. Mesenteric ischemia: what the radiologist needs to know.

Cardiovasc Diagn Ther. 2019;9(Suppl 1):S74-S87. doi:10.21037/cdt.2018.09.06

BÖLÜM 4

DİJİTAL İMPLANT SİSTEMLERİ: KLİNİK UYGULAMALAR VE HUKUKİ/ETİK YANSIMALAR

Dr. Öğr. Üyesi Sevim YAĞIZ

GİRİŞ

Dijital teknolojilerdeki gelişmeler, sundukları operasyonel kolaylıklar ve hassasiyet avantajları ile tıbbi pratiği giderek daha fazla şekillendirmektedir. Tıp ve yanı sıra cerrahi branşlar, veri odaklı ve robot destekli yeni bir döneme doğru ilerlemektedir. Diş hekimliği cerrahisi de bu dijitalleşme, robotikleşme sürecinden etkilenen disiplinlerden biridir. Bilgisayar destekli sistemlerin sunduğu avantajlar alanı yeni bir dönemin eşiğine taşımaktadır. Robotik sistemler, üç boyutlu görüntüleme teknolojileri, sanal planlama ve simülasyon yazılımları ve otomatik veri kaydı sağlayan dijital altyapılar; oral cerrahiyi daha öngörülebilir, daha az invaziv ve daha hasta odaklı hale getirmektedir. Alan literatürü; açık kaynaklı kontrol sistemleri ve robotik destek sistemlerinin geliştirilmesi ya da farklı disiplinlerdeki tasarımların dental alana adapte edilmesinde artan bir ilgiyi göstermektedir. Bu eğilim, yazılımsal ya da robotik teknolojideki gelişmelerin yakın gelecekte dental işlemleri önemli ölçüde kolaylaştıracağı, mesleğin tabiatını değiştireceği beklentisini de beraberinde getirmektedir.

Cerrahi alanda halihazırda farklı tipte robotik sistemler kullanılmaktadır. En bilinen örneklerden biri, Intuitive Surgical'in geliştirdiği 'da Vinci' robotik cerrahi sistemidir [1]. *Cammaroto ve arkadaşlarının* literatür taraması bu sistemin, transoral tekniklerle baş-boyun cerrahisinde ve diseksiyonlarında; oral bölgede ise dil tabanı redaksiyonu, palatoplasti, palatal yarık tamiri, submandibular glanddan sialotomi ve dil tabanı neoplazmalarının çıkarılması gibi cerrahi işlemlerde kullanıldığına yer vermektedir [2]. Diş hekimliğinde robotik sistemlerin kullanımına dair en erken örneklerden biri 2001 yılında tanıtılan OraMetrix-Suresmile ortodontik sistemidir. Bu sistemdeki robotik mekanizma, ark teli bükme işlemini gerçekleştirmektedir [3]. *Van Riet ve arkadaşlarının* yaptığı literatür taramasına göre; 2020'ye kadar, robotik sistemlerin en çok kullanıldığı diş hekimliği branşı ortodontidir; bu alanda yayımlanan 21 makale ile ilk sırayı almaktadır. Öteyandan bunu 17 makaleyle implant cerrahisi izlemektedir [4]. Bilgisayar destekli implant cerrahisi (CAIS) ve ilişkili robotik sistemlerin araştırılması ve kullanımı yaygınlaşmaktadır: *Kasahara ve ark. ve de Syed ve arkadaşlarının* çalışmaları, telerobotik yaklaşımlar ile kemik içi implant yatağı hazırlığında dokunsal geri bildirim (haptik feedback) gibi fonksiyonları incelemektedir [5, 6]. *Yuan ve arkadaşları* ise, implant yatağını ultra kısa atımlı lazerle hazırlayan robotik sistemler üzerine çalışmaktadır [7]. 2017 yılında FDA onayı alan ve ticari olarak da kullanıma sunulan Mozer'in YOMİ robotu hem planlama hem de osteotomi ve implant yerleştirme süreçlerini yöneten bir sistemdir [8]. Literatürde YOMI ile statik ve dinamik navigasyonlu dijital implant cerrahisinde planlama sapmalarını analiz eden çalışmalar

yer almaktadır. Buna ek olarak, dijital implant planının ağız içine doğrulukla aktarılması için geliştirilen indirekt ve direkt bilgisayar kılavuzluğu teknikleri de artan çeşitlilik göstermektedir [9-12].

Dijital dental implant sistemleri hem klinik süreçleri hem de hasta deneyimini iyileştiren köklü değişimleri beraberinde getirmektedir. CAD/CAM destekli tasarım ve üretim, dijital tarayıcılar ve 3D görüntüleme ile daha hassas, öngörülebilir ve konforlu tedaviler mümkün hale gelmiştir. Bu dönüşüm yalnızca teknik kolaylıklar ortaya koymasıyla değil; aynı zamanda etik, hukuki yükümlülükleri de etkilemektedir. Başarılı hekimlik teknik verimlilikten fazlasıdır. Bu bağlamda çalışma, bilgisayar destekli oral cerrahi sistemlerinin alandaki kullanımını, klinik etkinliğini literatür taraması ile kısaca tanıtmayı ve bu bilgiler ışığında etik-hukuki yönlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç ile literatür ve düzenleyici belgeler de taranmıştır; Biyomedikal Tıp Etiği İlkeleri temelinde yürütülen normatif analiz ile sistemlerin kullanımında gözetilmesi gereken etik ve hukuki yükümlülükler yaklaşımın sistematiğine uygun biçimde ortaya konmuştur.

ARAŞTIRMA DİZAYNI VE YÖNTEMİ

Dijital dental implant sistemleri; ağız içi tarayıcılar, bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile 3 boyutlu görüntüleme, bilgisayar destekli tasarım/üretim (CAD/CAM) ve dijital cerrahi kılavuzlar gibi teknolojileri entegre ederek implant planlama ve uygulama süreçlerini dönüştürmektedir. Bu sistemler ile implant tedavisinin her aşaması dijital olarak planlanabilmekte, tüm anatomik yapılar için katmanlı

olarak simüle edilebilmekte, cerrahi işlemler daha hassas ve öngörülebilir bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu araştırmada, söz konusu sistemlerin klinik uygulamalarına ilişkin literatür taraması yapılmış; ayrıca etik ve hukuki boyutları da değerlendirilmiştir. Çalışmada *Beauchamp ve Childress*'ın yaygın kabul gören "*Biyomedikal Etik Prensipleri*" yaklaşımı temel alınarak normatif analiz yapıldı [13]. Yaklaşım, olağan koşulların klinik pratiği için hekimlere meşru kararlara ulaşmada teorik açıdan güçlü bir metot sunar. İki teorisyen, genel kabul gören ahlak ilkeleri ile tıp geleneğinden yola çıkarak tanımladıkları dört ilkeyi; Hasta özerkliğine saygı gösterme, yarar sağlama, zarar vermeme ve adalet ilkelerini öne çıkarmaktadır. Özerklik, bireyin kendi yaşamı üzerinde belirleyici olma hakkını ifade eder. Bu ilke, tıbbi hizmet alan kişinin özerk bir birey olarak ele alınmasını ve hekim tarafından yapılan bilgilendirme doğrultusunda, kendisiyle ilgili tıbbi prosedürlere dair özgür iradesiyle karar vermesini gerektirir. Bu etik ilkeye göre, birey kendisine uygulanması planlanan tıbbi girişim ve olası alternatifler hakkında; faydalar, zararlar, riskler ve komplikasyonlar açısından eksiksiz ve doğru biçimde bilgilendirilmelidir. Nihai karar ise bireyin kendisi tarafından verilmelidir. Yarar sağlama ve zarar vermeme ilkeleri hastanın çıkarını korumaya ve zarar riskini en aza indirmeye odaklanır. Zarar vermemek; yalnızca doğrudan zarardan kaçınmayı değil, potansiyel riskleri önlemeyi, varsa bu zararları ortadan kaldırmayı ve aynı zamanda yararı olabildiğince arttırmayı da içerir. Bu ilkeler, uygulamada yarar, zarar ve risklerin dikkatlice tartılmasını ve dengelenmesini gerektirir. Eylemden doğabilecek olumlu sonuçların

olumsuz sonuçlara ağır bastığı bir denge gözetilmelidir. Değerlendirmede somut veriler esas alınmalı ve sübjektif yargılardan kaçınılmalıdır. Adalet ilkesi ise, tıbbi müdahalelerden doğan yararların ve külfetlerin bireyler arasında hakkaniyetli biçimde dağıtılmasını esas alır. Bu ilke her bireyin sağlık hizmetlerine eşit erişim hakkı bulunduğu kabulüyle, ayrımcılığın önlenmesine ve kaynakların adil paylaşımına yön verir.

Bilgisayar destekli dental implant cerrahisi sistemlerinin ufuk açıcı evrimi

Görüntüleme, planlama ve cerrahi operasyonun yürütülmesi gibi ardışık süreçlere bilgisayar sistemlerinin dahil olmasıyla birlikte, dental implantolojide inovatif bir paradigma değişimi yaşanmaktadır. Geleneksel robotik cerrahi sistemlerinden biri olan da Vinci robotu, her ne kadar yaygın kullanıma sahip olsa da operasyon planlaması yapmamaktadır. Robotik kolların hareketleri cerrah tarafından yönlendirilir ve nihai karar cerrahın kontrolündedir. Buna karşılık, dijital dental implant sistemlerinde yazılımlar, kendilerine tanımlanan algoritmalar doğrultusunda operasyonun hem planlama hem de uygulama aşamalarında daha aktif rol üstlenmektedir. Cerrah halen fiziksel olarak kesici aleti kullanmakla birlikte, dijital sistemin kılavuzluğundan sapmadıkça planlamanın dışına çıkması da mümkün değildir. Bu durum, sistemlerin karar alma ve operasyonel otonomi düzeylerinde önemli bir fark yaratmakta; yalnızca diş hekimliği alanı için değil, diğer cerrahi disiplinler için de ilham verici olmaktadır [14-19].

Dijital sistemler, kişiye özgü verileri analiz edebilen, cerrahi planlamayı ve rehberliği kolaylaştıran entegre çözümler sunarak dental implant uygulamalarında yüksek hassasiyet ve öngörülebilirlik sağlamaktadır. Bu sistemlerin evrimi, tedavi kalitesini artırma, komplikasyonları azaltma, simüle edilmiş gerçek sonuçlarda hasta tercihini mümkün kılmayı vadetmektedir. Bilgisayar destekli cerrahi sistemler, maksillofasiyal ve oral cerrahi hastalarının tedavisinde çığır açacak olanaklar sunmaktadır. Sistemlerin görüntüleme, cerrahi planlama ve navigasyon süreçlerine entegre edilmesi, kişiye özel implant üst yapılarının da dijital olarak tasarlanması, üç boyutlu yazıcılarla cerrahi kılavuzların üretilmesi, rijit fiksasyon tekniklerinin optimize edilmesi ve bazı vakalarda mikrovasküler serbest doku rekonstrüksiyonlarının daha hassas planlanması gibi ileri düzey uygulamaların önünü açmıştır. *Mish ve Resnik,* implant tedavisinin uzun dönem başarısı için 50'den fazla kriterin göz önünde bulundurulması gerektiğini vurgular [17, 20]. Kriterlerin ayrıntılı olarak tanımlanması algoritmaların ve sistemlerin geliştirilmesini de mümkün kıldı. Bu çoklu kriterleri tek başına değerlendirmek uzman olmayan klinisyen açısından zorlayıcı olabileceğinden, dijital sistemlerin katkısı burada kritik bir rol almaya adaydır. Geliştirilen yazılım sistemleri, hastanın ağız içi anatomisini ve anatomik katmanları segmente de ederek üç boyutlu olarak modelleyebilmekte, bu verilerle cerrahi planlama, tasarım ve kılavuzluk fonksiyonlarını entegre biçimde yürütmektedir. Süreç, protez ve implantın birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayarak, tedavi sonucunun başlangıçta öngörülmesini mümkün kılar [21].

Tohme ve Hani'ye göre, bu yazılım sistemlerinin gelişiminde iki önemli görüntüleme teknolojisi ön plana çıkmaktadır: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve dijital ölçüler (STL). Geleneksel iki boyutlu periapikal ya da panoramik radyografiler, hekime sınırlı bilgi sunarken; CBCT teknolojisi, ağız-çene-yüz bölgesini üç boyutlu olarak tarayarak yüksek doğrulukta bilgi sunar [10]. *Peretz ve arkadaşları,* geleneksel radyografilerin sıklıkla üst üste binmiş ve bozulmuş görüntüler sunduğunu, bu durumun CBCT teknolojisinin gelişimini tetiklediğini belirtmektedir [22]. American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, dental implant planlamasında radyasyon dozunu minimize ederken yeterli anatomik bilgiyi sağlayacak şekilde, görüntüleme alanı (Field of View-FOV) boyutlarını alt ve üst ark için 10x10 cm, yalnızca alt ya da üst tek ark için ise 10x5 cm olarak önermektedir [23]. Elde edilen CBCT görüntüleri, sıkıştırılmamış DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında hazırlanmakta; hekime fiziksel olarak CD ortamında ya da çevrim içi veri transfer platformları (örn. WeTransfer) aracılığıyla iletilmektedir. Bu üç boyutlu dijital veriler, implant planlamasında kemik yoğunluğu, genişliği ve yüksekliği gibi anatomik parametrelerin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlar. Böylece hekim, mevcut kemik dokusundaki yetersizlikleri veya fazlalıkları doğru biçimde analiz ederek, cerrahi sürece gerekli modifikasyonları entegre edebilmektedir [24].

Dijital implant istemlerinin geliştirilmesinde önemli basamaklardan biri de interaktif bilgisayarlı tomografi (ICT) sistemlerinin klinik uygulamalara entegrasyonu olmuştur. Bu sistemler, hekimin görüntü

verileriyle aktif etkileşim kurmasını mümkün kılarak; kemik yoğunluğu haritalaması, alveolar yapıların boyutsal analizi, anatomik yapıların üç boyutlu tanımlanması ve radyografik gri tonlamaların kontrast eşik değerlerine göre ayarlanması gibi işlemleri hassas biçimde gerçekleştirmeye olanak tanımaktadır [20]. Radyografik gri tonlamaların kontrast eşik değerlere göre ayarlanması, hekimin bilgisayar ekranında gördüğü kemik yapılarının ve anatomik detayların görsel netliğini ve çözünürlüğünü artırarak; farklı dokular arasındaki ayrımı daha belirgin hâle getirir. Böylece kemik kalitesi, yoğunluğu ve potansiyel patolojik alanların sınırları daha kesin olarak belirlenebilmekte ve implant yerleştirme bölgeleri çok daha hassas biçimde planlanabilmektedir. ICT sistemleri, farklı boyutlardaki implantları sanal ortamda simüle etme imkânı sunarak hekimin ideal implant tipi ve sayısını belirlemesini kolaylaştırmaktadır [25].

Bilgisayar tabanlı implantolojide, çeşitli yazılımlar hasta dijital ölçüleri (STL dosyaları) ve CBCT taramaları (DICOM dosyaları) yardımıyla diş hekiminin kullanımına sunulan üç boyutlu hasta modeli oluşturulur. Bu modeller üzerinde ideal implant yerleşimi planlanmakta ve nihai dentisyon hedefi belirlenmektedir [26]. STL verileri, ağız içi tarayıcılarla doğrudan veya klasik ölçülerden elde edilen modellerin masaüstü tarayıcılarda dijitalleştirilmesiyle elde edilir. Dişli arklarda, bu ölçülerin doğruluğu oldukça yüksekken; dişsiz arklarda klasik ölçü tekniklerinin tercih edilmesi önerilmektedir. Ancak, serbest sonlu vakalarda yapılan karşılaştırmalı araştırmalar, intraoral tarayıcıların da yüksek doğruluk sağlayabildiğini ortaya koymaktadır [10]. İmplant planlamasında kullanılan yazılımlar temel olarak benzer prensiplerle

çalışsa da; ek fonksiyonlar bakımından çeşitlilik gösterirler. Bilgisayar destekli dental implant sistemlerinin örnekleri arasında; Nobel Clinician, 3Shape Implant Studio, Dental Wings coDiagnostiX, Blue Sky Plan ve Sirona Galileos gibi sistemler yer almaktadır. Bu yazılımlar, CBCT'den gelen DICOM verileri üzerinden kemik hacmi ve dansitesini değerlendirir, anatomik komşulukları tanımlar ve hekimin planlamada güvenlik sınırlarını ihlal etmemesini sağlayacak algoritmik uyarılar sunar. Örneğin mandibular arkta inferior alveolar kanalın haritalanması ya da sinir yakınlığında otomatik alarm sistemleri gibi özellikler hekime yönlendirme sağlar [10].

Sistemin implantlar arası minimum mesafeleri koruyacak şekilde kullanıcıyı yönlendirmesi, sanal implant renginin değişmesi gibi görsel uyarılarla desteklenmektedir. Bazı ileri düzey dental yazılımlar, radyolusent ve radyoopak anatomik yapıların dijital olarak işaretlenmesini ve üç boyutlu segmentasyonunu da mümkün kılar. Bu sayede, sinüs boşlukları, mandibular kanal gibi kritik anatomik yapılar detaylı biçimde ayrıştırılabilir. Elde edilen veriler, cerrahi şablon tasarımı ve üretim süreçlerine doğrudan entegre edilerek kişiselleştirilmiş implant planlamasına olanak tanır [26]. Bu tür planlamalar doğrultusunda oluşturulan cerrahi kılavuzlar, hem implantların ideal pozisyonlarda yerleştirilmesini mümkün kılmakta hem de operasyon esnasında cerraha yönlendirme desteği sunarak, komplikasyon riskini azaltmaktadır. Kılavuzlar da dijital olarak modellenmekte ve 3D yazıcılarla ya da CAD/CAM sistemleriyle fiziksel forma dönüştürülmektedir. Böylelikle planlama sürecinde elde edilen hassasiyet, uygulama aşamasına da doğrudan yansıtılmakta;

gelişmiş dijital iş akışları sayesinde laboratuvarlara anlık veri aktarımı ve protez üretimi de mümkün hale gelmektedir. Sanal planlama, yüksek öngörülebilirlik sunarak komplikasyonları azaltmakta ve tedavi başarısını artırmaktadır [11].

Statik ve Dinamik Cerrahi Navigasyon Sistemleri

Dijital dental implant sistemleri, operasyon esnasında statik ve dinamik olmak üzere iki temel cerrahi navigasyon yaklaşımı sunar. Statik sistemler, operasyon öncesinde planlanan implant yerleşimini fiziksel bir cerrahi şablon aracılığıyla uygulama sahasına aktarır. Dinamik sistemler ise operasyon esnasında gerçek zamanlı görsel rehberlik sağlayarak, implantın planlandığı lokasyona hassasiyetle yerleştirilmesini mümkün kılar [4].

Statik şablonlar; destek tipine (mukoza, kemik, diş veya kombine), cerrahi alan görünürlüğüne (açık veya kapalı) ve uygulanan delme tekniğine göre sınıflandırılabilirler [17]. Mukoza destekli şablonlar genellikle tam dişsiz vakalarda, flepsiz cerrahi stratejilerle tercih edilir ve postoperatif ağrı, ödem, morbiditeyi azaltır [12, 27]. Ancak yeterli keratinize doku bulunmadığında veya flep açılması gereken durumlarda kontrendikedir [28]. Kemik destekli şablonlar, mukozaya göre daha rijit olup flepli cerrahi gerektirir. Bu yaklaşım, kemik düzeltme işlemi gerektiren vakalar için uygundur [10, 17, 29]. Diş destekli kılavuzlar, sabitleme pinine ihtiyaç duymaksızın kronlardan destek alarak stabilite sağlayabilmektedir. Parsiyel dişsiz olgularda kombine destekli şablonlar önerilir. Kılavuzlar görünürlüğe göre de tasniflenebilirdir; Açık tasarımlar, kemik ve mukozayı görmeyi sağlar. Planlama

hatalarının düzeltilmesine imkân verir. Kapalı tasarım şablonlardaysa klinisyen implant operasyonu esnasında cerrahi alanı, mukoza ve kemiği göremez. Yatağın hazırlanması tamamen sanal planlamayı yansıtan şablon kontrolündedir. Kapalı şablonlar, sadece planlanan doğrultuda işlem yapılmasına olanak tanır. Literatürde Açık tasarımların soğutmayı kolaylaştırdığı; Öteyandan kapalı sistemlerde ise yetersiz irrigrasyon sebebiyle osseointegrasyonun olumsuz etkilenebileceği bildirilmektedir [30, 31].

Dinamik navigasyon sistemleri ise üç boyutlu modelleme ile cerrahi prosedürlerin gerçek zamanlı takibini sağlar. Şablon kullanılmaz; sistem, CBCT ve dijital ölçüler (STL) yardımıyla sanal planlamaya dayalı yönlendirme sunar. Frez hareketi, stereolitografik teknolojiler ve kamera sistemleri ile eş zamanlı olarak izlenir [42]. Bu yaklaşımda cerrah, frezin pozisyon, açı ve derinliğini anlık olarak değerlendirip müdahale edebilirdir. Navigasyon öncesinde hastanın referans noktaları ile sanal model arasında geometrik eşleştirme yapılır.

Referans noktalar kemiğe sabitlenebileceği gibi, harici çerçeveler, vakumlu aparatlar gibi invaziv olmayan seçenekler de literatürde önerilmiştir [32, 33]. Dinamik sistemler, implantın planlanan konumuna daha yüksek hassasiyetle yerleştirilmesini sağlar. Ancak yazılımın yanlış eşleşmeler nedeniyle cerrahi hatalara yol açabileceği de öne sürülmektedir [34]. Bu risklerin azaltılmasında kullanıcıya eğitim ve deneyim kazandıracak programlar önemlidir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Etik ve Hukuki bağlamda Dijital implant sistemleri

Dijital implant sistemleri; konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), intraoral tarayıcılar, planlama yazılımları ve dinamik/statik navigasyon sistemleri gibi çok katmanlı teknolojilerle desteklenen, ileri düzey dijital iş akışlarını da içeren tıbbi uygulamalardır. Bu sistemler, tedavi planlamasından cerrahi uygulamaya kadar birçok aşamada karar destekleyici nitelik taşır. Dijital cerrahi sistemlerin artan kullanımı, etik ve hukuki yükümlülüklerin yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılmaktadır.

Tıbbi işlevi olan dijital yazılımlar mevzuat kapsamında tıbbi cihaz statüsüne dahildir. Türkiye'de bu kapsamdaki ürünlerin geliştirilmesi, dağıtımı ve klinik kullanımı gibi işlemler, Tıbbi Cihaz Yönetmeliği (TCY) çerçevesinde denetlenmektedir [35]. Bu yönetmelik, Avrupa Birliği'nin 2017/745 sayılı Tıbbi Cihaz Regülasyonu (EU-MDR) ile uyumludur. Tıbbi cihaz düzenlemeleri teşhis, tedavi, izleme, rehabilitasyon gibi fonksiyon icra ediyorsa yazılımları tıbbi cihaz olarak tanımlamaktadır. Regülasyon'da, bu husus açıkça belirtilmiş ve şu tanımlama yapılmıştır: "*Tıbbi cihaz; insan üzerinde kullanılmak üzere üreticisi tarafından amaçlanan ve esas fonksiyonunu farmakolojik, immünolojik ya da metabolik etkilerle sağlamayan; hastalıkların tanısı, önlenmesi, izlenmesi, tahmini, prognozu, tedavisi veya hafifletilmesi amacıyla kullanılan her türlü alet, aparat, donanım,* ***yazılım****, implant, reaktif veya benzeri ürünleri ifade eder (EU-MDR-2017/745, Madde 2(1).*" [36]. Yasal zeminde yazılımların bir sisteme entegre veya münferit kullanımı aktif tıbbi cihaz statüsünü

değiştirmemektedir. Öteyandan sağlık işletmelerinde sıklıkla kullanılan veri depolama, iletişim, organizasyon, hasta bilgi sistemleri, randevu yazılımları ve eğitim amaçlı yazılımlar ise genel yazılım olarak tanımlanır; Tıbbi cihaz mevzuatına tabi tutulmaz [37]. Tıbbi Cihaz Yönetmeliği'nde de klinik karar destek sistemleri, algoritmik analiz yazılımları veya görüntüleme analiz sistemleri aktif tıbbi cihaz olarak sınıflandırılmaktadır (TCY, Md.3). İmplant yazılımları da özünde cerrahi karar destek sistemidir. Hekimlerin ve sağlık işletmelerinin tıbbi cihaz kullanımındaki yükümlülükleri yazılımlar için de geçerlidir. Tıbbi cihaz kategorisindeki yazılım sistemleri, insan sağlığı üzerinde doğrudan etki gösterme potansiyeline sahip olmaları sebebiyle düzenleyici gerekliliklere tabidir. Avrupa Birliği'nde, CE işareti alması zorunludur. CE işareti, cihazın yürürlükteki gerekliliklere uygun geliştirildiğini/üretildiğini; risk yönetimi, klinik değerlendirme ve kalite yönetim sistemi (QMS) gibi süreçlerin eksiksiz yürütüldüğünü ifade eder. Sistemlerinin Avrupa Birliği tıbbi cihaz veri tabanı; EUDAMED'e kaydedilmesi ve Tekil Cihaz Kimliklendirme (UDI) sistemiyle izlenebilirliğinin de sağlanması gerekir [36]. Türkiye'de ise tıbbi cihazların Ulusal Ürün Takip Sistemi'ne (ÜTS) kayıt edilmesi ve olumsuz olaylara yönelik düzeltici, önleyici faaliyetlerin ve geri bildirim süreçlerinin açık biçimde tanımlanmış olması gerekmektedir (TCY, Md. 10). Tıbbi cihaz olarak kabul edilen bir dijital sistem ya da yazılımın CE sembolü alabilmesi için risk sınıflaması (I, IIa, IIb, III) tanımı yapılmalıdır. Bu sınıflandırma, Tıbbi Cihaz Yönetmeliği'nde ve de EU-MDR-745 Regülasyonun'da Ek VIII -Kural 11 kapsamında ayrıntılı olarak açıklanır; Bir yazılım teşhis ya da tedaviye yönelik karar

alma sürecinde bilgi sağlıyorsa, en az Sınıf IIa olarak tanımlanır. Bu bilgi hastanın sağlık durumunda ciddi bir kötüleşmeye veya cerrahi müdahaleye neden olabilecekse Sınıf IIb olarak; geri dönüşü olmayan sağlık kaybı veya ölüm riski oluşturuyorsa Sınıf III olarak tasniflendirilmektedir. Bunun yanısıra bir yazılım sisteminin CE sembolü alması geliştirme sürecinin, ISO 14971 standardında tanımlanan Risk Yönetimi İlkeleri'ne ve ISO 13485 kapsamında düzenlenmiş Kalite Yönetim Sistemi'ne uygun şekilde yürütüldüğünü göstermektedir. İşaret, yazılımın güvenli ve etkili olduğunu ve de yasal olarak piyasaya arz edilebileceğini gösterir. Türkiye'de de araştırma amaçlı ve ısmarlama cihazlar haricinde tüm tıbbi cihazlar için risk yönetimi, kalite yönetimi, klinik araştırma, değerlendirme ve piyasaya arz sonrası klinik takip (PMCF) süreçlerinin işletilmesi zorunludur. Dağıtıcılar cihazın CE işareti taşıdığını doğrulamak ve ÜTS kaydını gerçekleştirmekle yükümlüdür (TCY, Md. 10). Yazılımlar için de geçerli olan bu süreçler hastaların zarar görmemesi için önemlidir.

Dijital implant sistemleri, yalnızca teknik uygulamalarda değil, hasta bilgilendirmesi ve aydınlatılmış onam süreçlerinde de köklü değişiklikler yaratmaktadır. Bu sistemler, tedavi planının sanal ortamda simülasyonunu ve nihai protez görüntüsünü hasta ile paylaşılmasını mümkün kılmakta; Tedaviye yönelik beklentilerin daha açık ve somut şekilde ortaya konmasını sağlamaktadır. Bu durum, özerklik ilkesinin gereği olan bilgilendirilmiş onam sürecini daha sağlam ve gerçekçi bir zemine taşır [13]. Özellikle simülasyon temelli planlama araçları sayesinde, hasta planlanan tedavi sonucunu tedavi öncesinde üç boyutlu olarak görebilmekte; implant yerleşim lokasyonu, sayısı, protez tipi ve

tedavi süresi gibi detayları daha iyi kavrayabilmektedir. Bu görselleştirme, hastanın müdahaleye ilişkin soyut tıbbi açıklamaları somut bir çerçeveye oturtmasını sağlar. Böylece tedavinin cerrahi ve protetik yönleriyle ilgili riskler, alternatifler ve sınırlılıklar hakkında daha açık ve anlaşılır bir bilgilendirme mümkün olur**.** *Kühl ve arkadaşları*, bu sürecin hasta anksiyetesini azaltmakta, tedaviye katılımını arttırmakta ve hasta-hekim ilişkisinde güveni desteklemekte olduğuna dikkat çekmektedir [31]. Öte yandan hastanın tedaviden beklentileri ile teknik olarak ulaşılabilecek mümkün sonuçlar arasındaki olası uyumsuzlukları daha tedavi başlamadan önce ortaya koyarak, hasta-hekim ilişkisinde potansiyel çatışmaları engelleyici bir fonksiyon da görmektedir.

Dijital implant uygulamalarında hastaya yönelik işlemler dijital veri dosyalarına dönüştürülerek sistematik biçimde kayıt altına alınmakta ve arşivlenmektedir. Bu durum, işlemlerin şeffaf biçimde belgelenmesini, hukuki olarak geriye dönük izlenebilirliğini sağlamaktadır. Mesleki özen yükümlülüğünün yerine getirildiğinin belgelenmesini de mümkün kılmakta; hukuki savunulabilirlikte sağlık profesyonellerini desteklemektedir. Öteyandan hasta özerkliğine saygılı olma ilkesinin gereği olarak tedavi planlamaları, uygulamaları ve de hastaya ait bilgileri içeren dataların korunmasına, hasta mahremiyetinin sağlanmasına ihtimam gösterilmelidir. Yaşadığımız dönem cihazlara ve sistemlere öğrenen algoritmaların dahil olduğu ya da en azından ilgili araştırmaların yürütüldüğü bir dönemdir. Dijital implant sistemleri aracılığı ile biriken dataların gelecekte bu sistemlere öğrenen algoritmaların dahil edilebilmesinde zemin olacağı da öngörülebilirdir.

Avrupa Birliği'nin Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) ve Türkiye'de yürürlükte olan 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK), bireylere ait kişisel verilerin korunmasını temel haklar çerçevesinde ele almaktadır. İki düzenleme de sağlık verilerini "Özel Kategori Verileri" arasında tanımlar ve özel hükümlere bağlar. GDPR, hasta tıbbi verilerinin işlenmesine yalnızca belirli koşullar altında izin vermektedir: Söz konusu verilerin işlenebilmesi için bireyin açıkça bilgilendirilmiş ve özgür iradesiyle rıza beyan etmesi, veri işleme faaliyetinin yasal bir zorunluluk kapsamında gerçekleşmesi ya da kişinin hayati çıkarlarının korunması amacıyla veri kullanımı meşrudur. Ayrıca, toplum sağlığını ilgilendiren bilimsel veya istatistiksel araştırmalar çerçevesinde kişisel sağlık verilerinin işlenebilmesi için, veri işlemenin yasal bir temele dayanması, anonimleştirme uygulanması ya da uygun teknik ve idari güvenlik önlemlerinin alınmış olması ve veri gizliliğinin ihlal edilmemesi gerekmektedir. Bu düzenleme, bireylerin mahremiyetini korurken; kamu sağlığına hizmet eden bilimsel çalışmalarda veri işlemeyi hukuki, etik ve güvenlik temelleriyle sınırlı olarak mümkün kılar [38]. Benzer şekilde, 6698 sayılı KVKK (Md. 6) da sağlık verilerini "Özel Nitelikli Kişisel Veri" olarak tanımlar ve ancak açık rıza bulunması veya kanunda öngörülen istisnalar kapsamında örneğin kamu sağlığının korunması, koruyucu hekimlik ya da sağlık hizmetlerinin yürütülmesi gibi amaçlarla işlenmesine izin verir [39].

Her iki düzenleme de bireyin mahremiyetini korumayı esas alırken, veri işleme faaliyetlerinin meşru amaçlarla, belirli süre ve kapsamla sınırlı

olmasını, ayrıca teknik ve idari güvenlik tedbirlerinin alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Dijital implant sistemleri, uzman olmayan hekim pratiklerinde implant operasyonlarının risk düzeyini düşürdüklerinden hasta zararının önlenmesine katkı sağlamaktadır; Öte yandan bazı araştırmalar, deneyimsiz kullanıcıların sistem kaynaklı hatalara açık olduğunu, bunun ise hastalar açısından zararlı sonuçlara neden olabileceğini göstermektedir [32, 33]. Teknolojilerin güvenli ve etkin biçimde kullanımı ve zarara yol açmaması için bu sistemlerin kullanımıyla ilgili sağlık profesyonellerinin yeterli düzeyde eğitim alması, pratik deneyim kazanması ve bu eğitiminin belgelendirilmesi gerekir. Ayrıca kullanıcı eğitimlerini kontrol mekanizmaları da oluşturulmalıdır.

Tıbbın adalet ilkesi açısından bakıldığında ise; dijital implant sistemleri alan uzmanlarının bulunmadığı bölgelerde hasta güvenliğine katkı verici boyuta sahiptir. Daha az invaziv, daha öngörülebilir ve hasta merkezli bir diş hekimliği vizyonu vadetmektedirler. İnovatif tedavilerde, yalnızca teknik doğruluk değil, aynı zamanda yükümlülükler ve hasta haklarının korunması eşliğinde yol alınması, mesleki güvenin korunması açısından kritik öneme sahiptir.

KAYNAKÇA

1. The da Vinci ® Surgery Experience, Intuitive Robotics fact sheet. Retrieved 28-1-2023. Erişim: https://www.intuitive.com/en-us/about-us/newsroom/robotics-research.
2. C Cammaroto G, Vicini C, Montevecchi F, Meccariello G, D'Agostino G, Pelucchi S, et al. Alternative applications of trans-oral robotic surgery (TORS): A systematic review. Journal of Clinical Medicine, 2020;9(1):201. doi:10.3390/jcm9010201
3. Mah J, Sachdeva R. Computer-assisted orthodontic treatment: the SureSmile process. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2001;120(1):85–87. doi:10.1067/mod.2001.113447
4. van Riet TC, Poldervaart JM, Karssemakers LHE, Forouzanfar T, van der Poel M, Visscher CM, et al. Robot technology in dentistry, part two of a systematic review: an overview of initiatives. Dental Materials. 2021;37(8):1227–1236. doi:10.1016/j.dental.2021.05.011
5. Kasahara Y, Okamoto S, Hara K, Kawashima K. Telerobotic-assisted bone-drilling system using bilateral control with feed operation scaling and cutting force scaling. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, 2012. 8(2):221-229. doi:10.1002/rcs.450
6. Syed AA, Khusro S, Ali H, Rauf A, Ahmad A, Ullah K, et al., Tele-robotic assisted dental implant surgery with virtual force

feedback. Telkomnika Indonesian Journal of Electrical Engineering, 2014. 12(1):450-458. doi:10.11591/telkomnika.v12i1.4170

7. Yuan F, Shen Y, Zhang J, Luo Y, Zhou Z, Liu J, et al., Preliminary study on the automatic preparation of dental implant socket controlled by micro-robot. Zhonghua kou Qiang yi xue za zhi= Zhonghua Kouqiang Yixue Zazhi= Chinese Journal of Stomatology, 2018. 53(8):524-528. doi:10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2018.08.005
8. Mozer, P.S., Accuracy and Deviation Analysis of Static and Robotic Guided Implant Surgery: A Case Study. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2020;35(5). doi:10.11607/jomi.8262
9. Yu K, Lee D, Kim Y, Lee J, Park S, Kim H, et al. Stereo vision-based robot navigation system using modulated potential field for implant surgery. In: Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT); 2015 Mar 17–19; Seville, Spain. Piscataway, NJ: IEEE; 2015. p. 2863–2868. doi:10.1109/ICIT.2015.7125537
10. Tohme, H. and G. Lawand, Navigation and Guided Surgery, in Navigation in Oral and Maxillofacial Surgery: Applications, Advances, and Limitations. 2022, Springer: Switzerland. p. 97-133. doi:10.1007/978-3-030-76614-6_6
11. Kaewsiri D, Panmekiate S, Subbalekha K, Mattheos N. The accuracy of static vs. dynamic computer-assisted implant surgery in single tooth space: A randomized controlled trial.

Clinical oral implants research, 2019. 30(6):505-514. doi:10.1111/clr.13443

12. Arısan, V., C.Z. Karabuda, and T. Özdemir, Implant surgery using bone-and mucosa-supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques. Clinical oral implants research, 2010. 21(9):980-988. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.01941.x
13. Beauchamp, T.L. and J.F. Childress, Principles of Biomedical Ethics. . 8 ed. 2019, New York: Oxford University Press.
14. Camarillo, D.B., T.M. Krummel, and J.K. Salisbury Jr, Robotic technology in surgery: past, present, and future. The American Journal of Surgery, 2004. 188(4):2-15. doi:10.1016/j.amjsurg.2004.06.026
15. Yeotikar S, Parimi AM, and Rao Y.D. Automation of end effector guidance of robotic arm for dental implantation using computer vision. in 2016 IEEE Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER); 2016 Aug 13–14; Mangalore, India. Piscataway, NJ: IEEE; 2016. p. 140–145. doi:10.1109/DISCOVER.2016.7806226
16. Tao Y, Lin H, Chen Y, Song Y, Li Z, Zhang X, et al. A compact asymmetrical manipulator for robotic dentistry. In: 2019 IEEE 9th Annual International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER); 2019 Jul 29–31; Suzhou, China. Piscataway, NJ:IEEE; 2019. p. 1170–1175. doi:10.1109/CYBER46603.2019.9066667

17. Misch, CE and Resnik RR. Available bone and dental implant treatment plans. In: Resnik RR, editor. Misch's Contemporary Implant Dentistry. 4th ed. Canada: Elsevier Inc.; 2021. p. 415–436.
18. Iijima T, Kobayashi Y, Oka K, Kaneko M, Mitsukura Y, Shinozuka K, et al. Development of a multi DOF haptic robot for dentistry and oral surgery. In: 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII); 2020 Jan 12–15; Honolulu, HI, USA. Piscataway, NJ: IEEE; 2020. p. 998–1003. doi:10.1109/SII46433.2020.9025962
19. Jung, RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CH, et al. Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2009(24):92-109.
20. Resnik, R.R., Interactive Computed Tomography and Dental Implant Treatment Planning, in Misch's contemporary ımplant dentıstry. 4th ed. 2021, Canada: Elsevier Inc.; 2021. p. 384–415.
21. Chiarelli T, Carinci F, Giovinco G, Orsini G, Piattelli A, Bramanti E, et al. From implant planning to surgical execution: an integrated approach for surgery in oral implantology. The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery, 2012. 8(1): p. 57-66. doi:10.1002/rcs.432
22. Peretz, B., M. Gotler, and I. Kaffe, Common errors in digital panoramic radiographs of patients with mixed dentition and patients with permanent dentition. International journal of dentistry, 2012;2012:1–5. doi:10.1155/2012/262956

23. Tyndall DA, Price JB, Tetradis S, Ganz SD, Hildebolt C, Scarfe WC, et al.Position statement of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography. Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology, 2012. 113(6):817-826. doi:10.1016/j.oooo.2012.03.005

24. Dreiseidler T, Neugebauer J, Ritter L, Lingohr T, Rothamel D, Mischkowski RA, et al.CBCT device dependency on the transfer accuracy from computer-aided implantology procedures. Clinical oral implants research, 2012. 23(9):1089-1097. doi:10.1111/j.1600-0501.2011.02272.x

25. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hämmerle CH, et al. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE): Quality-assessed Reviews [Internet], 2009. Erişim: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK76274/

26. Rubio NA. CAD: computer-assisted design. In: Galante JM, Rubio NA, editors. Digital Dental Implantology: From Treatment Planning to Guided Surgery. Switzerland: Springer Nature Company; 2021. p. 19–44. doi:10.1007/978-3-030-76361-9_2

27. Amorfini L, Storelli S, Romeo E. Immediately loaded implants in rehabilitation of the maxilla: A two-year randomized clinical trial of guided surgery versus standard procedure. Clinical

Implant Dentistry and Related Research, 2017. 19(2):280-295. doi:10.1111/cid.12462

28. Deeb JG, Bencharit S, Crawford B, Deeb GR, Laskin DM, Lin WS, et al. Do implant surgical guides allow an adequate zone of keratinized tissue for flapless surgery? Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2018. 76(12):2540-2550. doi:10.1016/j.joms.2018.06.003

29. Vercruyssen M, Coucke W, Naert I, Jacobs R, Teughels W, Quirynen M. Depth and lateral deviations in guided implant surgery: An RCT comparing guided surgery with mental navigation or the use of a pilot-drill template. Clinical Oral Implants Research, 2015. 26(11):1315-1320. doi:10.1111/clr.12460

30. Liu YF, Wu J, Zhang CY, Li YY, Zhou ZC. Numerical and experimental analyses on the temperature distribution in the dental implant preparation area when using a surgical guide. Journal of Prosthodontics, 2018. 27(1):42-51. doi:10.1111/jopr.12552

31. Kühl S, Payer M, Zitzmann NU, Lambrecht JT, Filippi A. Accuracy of full guided vs. half-guided implant surgery. Clinical oral implants research, 2013. 24(7):763-769.

32. Block, M.S., et al., Implant Placement Accuracy Using Dynamic Navigation. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2017. 32(1).

33. Sun TM, Lee HE, Lan TH. Comparing accuracy of implant installation with a navigation system (NS), a laboratory guide

(LG), NS with LG, and freehand drilling. International journal of environmental research and public health, 2020;17(6):2107. doi:10.3390/ijerph17062107

34. Brief J, Edelhoff D, Hassfeld S, Staehle HJ, Volland R. Accuracy of image-guided implantology. Clinical oral implants research, 2005;16(4):495-501. doi:10.1111/j.1600-0501.2005.01123.x

35. TCY, T.C. Sağlık Bakanlığı. Tıbbi Cihaz Yönetmeliği (Resmî Gazete Tarihi: 2.06.2021, Sayı: 31499). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210602-10.htm. 2021.

36. E.U, European Parliament & Council of the European Union. (2017, April 5). Regulation (EU) 2017/745 of the European Parliament and of the Council of 5 April 2017 on medical devices. Official Journal of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32017R0745. 2017.

37. MDCG, Medical Device Coordination Group MDCG 2019-11: Guidance on qualification and classification of software in Regulation (EU) 2017/745 and Regulation (EU) 2017/746. European Commission. https://health.ec.europa.eu/system/files/2021-10/md_mdcg_2019_11_guidance_en_0.pdf. 2019.

38. General Data Protection Regulation (GDPR). Official Legal Text (2025). Erişim: https://gdpr-info.eu/.

39. Kişisel Verilerin Korunması Kanunu No 6698. (2016).. 29677 Resmî Gazete, Türkiye. http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6698.pdf Tarihi: 10.06.2025).

SAĞLIK BİLİMLERİ ALANINDAKİ GELİŞMELERİN PERSPEKTİF AÇIDAN İNCELENMESİ