

SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL PERSPEKTİFLER

Editör
Doç. Dr. Seda UĞRAŞ



SAĞLIK BİLİMLERİNDE GÜNCEL PERSPEKTİFLER

Editör

Doç. Dr. Seda UĞRAŞ



Sağlık Bilimlerinde Güncel Perspektifler

Editör

Doç. Dr. Seda UĞRAŞ

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Sayfa ve Kapak Tasarımı: Duvar DESIGN

Basım Tarihi: Temmuz 2026

Yayıncı Sertifika No: 49837

E-ISBN: 978-625-8936-30-8

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir. Yayınevi ve editörler sorumlu tutulamaz."

İÇİNDEKİLER

1. Bölüm	1
Periodontolojide Siyanoakrilat Adezivleri	
Alima BUDAKÇI, Tuğçe PAKSOY	
2. Bölüm	26
Erken Mine Çürüklerinin Tedavisinde Resin İnfiltrasyonu: Güncel Yaklaşımlar	
Ayşe Tuğçe TUNAÇ	
3. Bölüm	42
İmmatür Daimi Dişlerde Travmatik Pulpa Ekspozlarının Yönetiminde Cvek	
Amputasyonu: Biyolojik Temeller, Güncel Kanıtlar ve Klinik Yaklaşımlar	
Sena SAKIN ULUBAY, Ecem Meksime GÜREL	
4. Bölüm	57
Çocuk İstismarına Adli Tıbbi Yaklaşım	
Hacı Seyit BÖLÜKBAŞI	
5. Bölüm	69
Pediatri Hemşireliğinde Yapay Zeka: Güncel Uygulamalar, Zorluklar ve	
Geleceğe Yönelik Beklentiler	
Harun ÖZBEY	
6. Bölüm	84
Dental İmplantlarda Başarıyı Etkileyen Sistemik Hastalıklar ve İlaçlar	
İzzet Melih GÜRKAN, Sibel ÖZDEMİR	
7. Bölüm	111
Periodontal Splint Çeşitleri ve Kullanım Alanları	
İzzet Melih GÜRKAN	

8. Bölüm 127

Adeziv Rezin Monomerlerin Sitotoksitesisi:

Moleküler Mekanizmalar ve Klinik Yaklaşımlar

Kerem Can IŞIK

9. Bölüm 142

Malign Plevral Mezotelyoma

Kerem KEKLİK, Suphi AYDIN, Muhammed BAYRAKTAR,

Ahmet DUMANLI

10. Bölüm 166

Elektromanyetik Dalgaların Canlı Organizmalara Etkileri

Kübra Asena TERİM KAPAKİN, Esra MANAVOĞLI KİRMAN,

Betül ORHAN

11. Bölüm 183

Endodontik Cerrahi:

Temel Kavramlar, Endikasyonlar ve Uygulamalar

Melike KALENDER

12. Bölüm 191

Soliter Pulmoner Nodüller

Muhammed BAYRAKTAR, Suphi AYDIN, Kerem KEKLİK, Ahmet DUMANLI

13. Bölüm 206

Süt Sığırlarında Vücut Kondisyon Skoru ve Ölçüm Yöntemleri

Mücahid Abdullah ŞİMŞEK, Serdar GÜLER, Uğur ÖZENTÜRK

14. Bölüm 223

Hayatı Tehdit Eden Masif Plevral Efüzyonlara Yaklaşım

Suphi AYDIN

15. Bölüm	238
İmplant Cerrahisi Sırasında Karşılaşılan Komplikasyonlar	
Tülay ÇİLEL	
16. Bölüm	251
Orofasiyal Enfeksiyonlar	
Tülay ÇİLEL	
17. Bölüm	260
Güncel Davranış Yönlendirme Teknikleri	
Sena SAKIN ULUBAY, Zehra PAMUKÇU	
18. Bölüm	280
Yaşlı Hastada Anestezi	
Zeliha DEDEBAĞI	
19. Bölüm	291
Perioperatif Ultrason	
Zeliha DEDEBAĞI	
20. Bölüm	310
Kanser Tedavisinde Kullanılan Monoklonal Antikorlar: Güncel Yaklaşımlar ve Gelecek Perspektifleri	
Ziad JOHA, Mustafa ERGÜL	

1. Bölüm

Periodontolojide Siyanoakrilat Adezivleri

Alima BUDAKÇI¹ Tuğçe PAKSOY²

1. GİRİŞ

Yara iyileşmesi, tedavi sonrasında klinik açıdan yönetim gerektiren dinamik bir süreçtir. Etkin iyileşme teknikleri ve yeni tedavi yaklaşımları geliştirmek amacıyla yara yönetimi üzerine kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir. Temel olarak yara iyileşme süreci, birbiriyle örtüşen dört farklı aşamadan oluşmaktadır: hemostaz ve pıhtılaşma, inflamasyon, proliferasyon (hücre çoğalması) ve remodeling (yeniden şekillenme ve olgunlaşma) (1). Hemostaz fazında vazokonstriksiyon, trombositlerin bölgeye agregasyonu ile degranülasyonu ve fibrin formasyonu (trombüs oluşumu) meydana gelmektedir. Yaralanmanın ilk anında başlayan bu faz, birkaç gün sürmektedir. İnflamasyon fazında ise ilgili bölgeye nötrofil ve monosit infiltrasyonu ile bu hücrelerin makrofajlara diferansiyasyonu gerçekleşmektedir; bu süreç 1. günde başlayarak yaklaşık 4-6 gün devam etmektedir. Proliferasyon fazında reepitelizasyon, anjiyogenez, kollajen sentezi ve ekstrasellüler matriks formasyonu başlamakta ve bu evre yara iyileşmesinin yaklaşık 4-14. günlerini kapsamaktadır. Remodeling fazında ise kollajen remodelingi, vasküler matürasyon ve regresyon görülmekte; süreç 8-10. günlerde başlayarak aylarca sürebilmektedir (1, 2, 3). Cerrahi girişimlerin ardından optimal iyileşmenin sağlanması için yara kenarlarının bir araya getirilerek yara yüzeyinin kapatılması ve stabilize edilmesi gerekmektedir (4). Bu klinik tablo, primer yara iyileşmesi olarak adlandırılmaktadır (1). Yara yüzeyinin kapatılması ve stabilizasyonu; hemostazın sağlanması, yaranın dış etkenler ile kontaminasyondan korunması ve nihayetinde iyileşmenin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi açısından kritik öneme sahiptir (4). Dokunun tamamen kapatılmadığı durumlarda ise sekonder yara iyileşmesi meydana gelir. Üzerinde epitel dokusu bulunmayan yaralarda bu durum; bilinçli yaklaşımlarla (örn. apikale pozisyone flep, diş çekim soketi) veya komplikasyonlar sonucu kazara (örn. sütürün kopması, örtücü materyal kaybı) gelişebilmektedir. Literatürde

¹ Doktora öğrencisi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Periodontoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0006-8890-2384

² Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-6204-7304

tanımlanan bir diğer kavram olan tersiyer yara iyileşmesinde ise öncelikle sekonder iyileşmeye bırakılan yaranın, belirli bir aşamadan sonra sütür atılarak iyileşmesini tamamlaması beklenir; ancak bu yaklaşım diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem değildir (3). Periodontal cerrahi işlemler sonrasında flebin kapatılmasında uygun teknik ve materyallerin tercih edilmesi; fleplerin öngörülen konumda sabitlenmesine, primer iyileşmenin teşvik edilmesine, yara yüzeyinin küçülmesine, kanama kontrolünün sağlanmasına ve hasta konforunun artırılmasına olanak tanır. Sütür uygulaması esnasında dikişlerin, yara kenarları arasında ölü boşluk bırakmayacak ve yeterli gerilimi sağlayacak kadar sıkı, ancak doku iskemisi veya nekrozuna yol açmayacak kadar esnek olmasına dikkat edilmelidir. Yara kenarlarının kararlı bir şekilde bir araya getirilerek sabitlenemediği ya da sütürlerin flep kenarlarına yeterli gerilimi uygulayamadığı durumlarda kanama devam edebilir; bu durum flep altında kan ve serum birikmesine, flebin alveolar kemikten uzaklaşmasına ve sonuç olarak iyileşmenin gecikmesine sebebiyet verebilir (4,5).

Sütür, uzun yıllardır yara kapatılmasında altın standart olarak kabul edilmekte ve bu yöntemle genellikle primer kapama hedeflenmektedir. Maliyet etkin bir seçenek olan sütür uygulaması; hızlı yara iyileşmesi sağlaması, minimal skar dokusu oluşturmaması ve operasyon sonrası ağrıyı en alt düzeyde tutması gibi avantajlara sahiptir. Buna karşın işlem zaman alıcıdır, yüksek teknik beceri gerektirir ve dikkat edilmediği takdirde iğne batması yaralanmalarına bağlı bulaşıcı hastalık riski barındırır. Ayrıca diş hekimliğinde posterior bölgelerde uygulanması güçtür ve multifilament sütür kullanımı gibi bazı durumlarda plak ve bakteri tutulumuna sebebiyet verebilir. Rezorbe olmayan sütürlerin kullanıldığı vakalarda, iplik uçlarının mukoza veya yanağa batması hastada rahatsızlık hissi uyandırabilir; ek olarak hastanın sütür alımı için kliniği tekrar ziyaret etmesi gerekir. Bu dezavantajlara çözüm olarak tercih edilen rezorbe olabilen sütürlerde ise ağız içi sıvılara bağlı olarak gerçekleşen hızlı erime süreçleri yara iyileşmesini olumsuz etkileyebilir. Aynı zamanda sıvı absorpsiyonu nedeniyle oluşan "Wick etkisi", sekonder enfeksiyonlara zemin hazırlayabilmektedir. Bahsi geçen bu dezavantajların önüne geçebilmek amacıyla 20. yüzyıldan itibaren zımba, bant ve doku adezivleri geliştirilmiş, bu materyallerin diş hekimliği ve periodontoloji alanındaki kullanımı yaygınlık kazanmaya başlamıştır (6).

Günümüzde doku adezivlerinin sütürlerle kombine kullanımı klinik uygulamalarda yerini almıştır. Sütürün mekanik dayanıklılığını desteklemek ve flep altına yerleştirilen biyomateryallerin ağız ortamına açığa çıkmasını önlemek amacıyla, siyanoakrilatların sütürlerle eş zamanlı uygulandığı vakalar literatürde mevcuttur. Bunun yanı sıra, siyanoakrilat adezivlerin sahip olduğu hemostatik

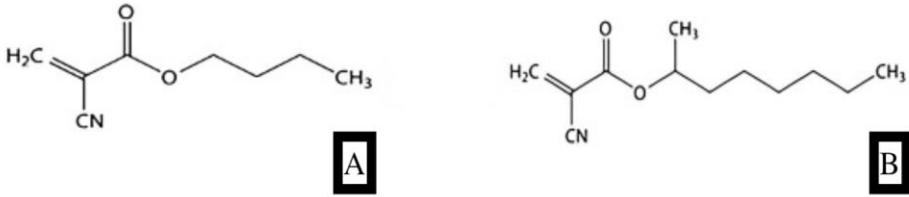
etki de bu materyallerin tercih edilmesinde önemli bir etkidir (3). Geleneksel periodontal yöntem ve biyomateriyallere güçlü bir alternatif teşkil eden siyanoakrilatlar, son yıllarda birçok bilimsel çalışmaya konu olmuştur. Bu bilgiler ışığında hazırlanan bu bölümün amacı; siyanoakrilat adezivlerin diş hekimliği ve periodontoloji alanındaki klinik kullanım senaryolarını, avantajlarını ve güncel uygulamalarını kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktır

2. SİYANOAKRİLAT ADEZİVLER

Siyanoakrilat, ilk olarak 1949 yılında Ardis tarafından sentezlenmiştir. 1958 yılında Eastman 910® (metil-2-siyanoakrilat) adıyla ilk ticari siyanoakrilat adezivi ticari pazara sunulmuş olsa da yüksek toksisitesi nedeniyle tıp alanında kullanım alanı bulamamıştır. Daha sonra çeşitli bilim insanları tarafından formülü geliştirilerek materyalin biyoyumlu ve hidrofilik yapısı elde edilmiştir. 1959 yılında Howard ve arkadaşları, gerçekleştirdikleri çalışmalarla bu materyalin medikal alandaki kullanımına öncülük etmiştir. 1960'lı yıllarda ise Vietnam Savaşı sırasında, cephedeki askerlerde kanamayı durdurma amacıyla uygulanmıştır (7). 1964 yılında Eastman Lab şirketi, zayıf bazlarla katalize olan ve ekzotermik polimerizasyon gösteren bir adeziv geliştirmiştir (6). 1970'li ve 1980'li yıllarda yürütülen çalışmalar; diş hekimliği alanındaki uygulamalar, stabilite, biyoyumluluk ve toksisite parametreleri üzerinde yoğunlaşmış, bu doğrultuda bütül siyanoakrilat ve oktil siyanoakrilat formları geliştirilmiştir. 1990'lı yıllardan itibaren ise rejeneratif diş hekimliği ve implant cerrahilerinde kullanımı yaygınlık kazanmaya başlamıştır (7). Ağustos 1998 itibarıyla Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç İdaresi (United States Food and Drug Administration, US FDA), cerrahi ve travma yaralarında siyanoakrilat adezivlerin klinik kullanımını onaylamıştır (8).

Sentetik kimyasal adezivler sınıfında yer alan bu materyaller, siyanoasetatin formaldehit ile bir katalizör varlığında kondenzasyonu yoluyla sentezlenen akrilik rezinlerdir (9). Siyanoakrilatlar, yüksek bağlantı gücü ve hızlı ekzotermik polimerizasyon özelliği sergilemektedir (3). Farmakokinetik açıdan incelendiğinde siyanoakrilat, biyobozunurluğu yüksek bir materyal olup deri ve mukoza tarafından kolaylıkla absorbe edilmekte, ardından dışkı ve idrar yoluyla vücuttan uzaklaştırılmaktadır. Çözünme süreci sonrasında açığa çıkan ürünlerin karsinogenik olmadığı bildirilmiştir. Alkil-2-siyanoakrilatın degradasyonu kimyasal veya enzimatik yollarla gerçekleşmektedir. Sulu çözeltilerdeki kimyasal çözünme, bir hidroksil iyonu atağı ile başlamakta ve ters Knoevenagel reaksiyonunu tetiklemektedir. Formaldehit ve siyanoasetat üreten bu reaksiyon, karbon-karbon bağının kırılmasına yol açar. Alkali çözeltiler ve yüksek ısı ise bu çözünme sürecini hızlandırmaktadır. Metil-2-siyanoakrilat, çözünme esnasında

hızlı formaldehit salınımına sebebiyet vermesi nedeniyle toksik kabul edilmekte ve klinik olarak kullanılmamaktadır; buna karşın yeni geliştirilen bütıl ve oktil siyanoakrilat türevleri daha güvenli bir profil sunmaktadır (7). Yapıdaki alkil zincir uzunluğunun artırılması, molekülün bozunma hızını yavaşlatıp açığa çıkan metabolit miktarını azaltarak toksisiteyi önemli ölçüde düşürmektedir. Bu nedenle bütıl ve oktil siyanoakrilatlar in vivo kullanım için uygun bulunmuştur (9). Şekil 1’de kimyasal yapıları verilen n-bütıl-2-siyanoakrilat ve oktil-2-siyanoakrilat, izoamil-2-siyanoakrilat ile son yıllarda klinikte sıklıkla başvuru alan formlar arasında yer almaktadır (10). Bu formlar arasında n-bütıl-2-siyanoakrilat; diğer siyanoakrilat türevlerine kıyasla daha hızlı polimerize olması, dokuyla daha güçlü bir bağ kurması, daha yüksek antimikrobiyal etkinlik sergilemesi ve mükemmel bir çekme dayanımına sahip olması yönüyle öne çıkmaktadır. Dolayısıyla bu spesifik form, klinik uygulamalarda öncelikli olarak tercih edilmektedir (11).



Şekil 1. A. n-bütıl-2-siyanoakrilat’ın kimyasal yapısı B. Oktil-2 siyanoakrilatın yapısı

Siyanoakrilatların polimerizasyon reaksiyonu ekzotermik bir doğaya sahip olup, ortamda suyun (nemin) varlığı reaksiyonu hızlandırıcı bir katalizör işlevi görmekle birlikte, tepkimenin başlaması için mutlak bir ön şart değildir (12). Klinik ortamda plastik pipet veya tüpler aracılığıyla visköz sıvı formda uygulanan bu adezivler, el aletlerine bulaşması durumunda yüksek bağlantı gücü nedeniyle suyla uzaklaştırılamamakta, ancak aseton yardımıyla temizlenebilmektedir. Piyasaya sunulan yeni formüllerin, ilk geliştirilen prototiplere kıyasla 9 kata kadar daha yüksek viskoziteye sahip olabilmesi, uygulama kolaylığı açısından klinik olarak önemli bir avantaj sağlamaktadır. Uygulamanın ardından siyanoakrilat adezivleri, 60 saniye içinde yara bölgesini bir film tabakası gibi örtük polimerize olmakta ve böylece hemostatik ile embolik etkiler göstermektedir. Dokularda 2 haftaya kadar kalabilen bu materyal hem yumuşak hem de sert dokulara güçlü bir şekilde tutunabilmektedir; nemli ortamlarda polimerize olabilmek özelliği sayesinde de ek bir izolasyon prosedürüne ihtiyaç duymamaktadır. Klinik uygulama süresinin oldukça kısa olmasının yanı sıra,

doku içerisinde biyorezorbe olabilme (kendiliğinden çözünbilme) özelliği, geleneksel sütür uygulamalarında karşılaşılan ve dikişlerin alınmasını gerektiren ikincil klinik müdahale ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır (6,13). Ancak biyorezorpsiyon sürecinin ardından, vücutta hipofiz bezi, beyin, tiroid ve karaciğer gibi vital dokularda materyal birikimi bildirildiğinden, sistemik etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Vücuttan eliminasyonu esas olarak dışkı ve idrar yoluyla gerçekleşmektedir. Klinik kullanım esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer kritik husus ise göz dokusunda oluşabilecek yan etkilerdir; adezivin gözle temas etmesi durumunda geri dönüşümsüz retina hasarı gelişebileceğinden, uygulama sırasında hem hastanın hem de hekimin koruyucu gözlük kullanması zorunluluk arz etmektedir (6).

Literatürde, tıbbın birçok farklı uzmanlık dalında siyanoakrilat adezivlerin kullanımına dair geniş veriler mevcuttur. Materyal; jinekoloji, gastroenteroloji, nöroloji, ortopedi, plastik cerrahi, dermatoloji, üroloji, vasküler ve kardiyak cerrahi gibi alanlarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu alanlardaki temel endikasyonları arasında özofajiyal fistül kapatılması, miyokardiyal operasyonlar, çift taraflı mamoplastiler, deri yaralanmalarının kapatılması, kemik ve kırıkta greftlemeleri, korneal greft uygulamaları, variköz ven oklüzyonları ve arteriyovenöz malformasyonların embolizasyonları yer almaktadır. Dış hekimliği alanında ise henüz kesinleşmiş tek bir net endikasyonu bulunmamakla birlikte, farklı klinik prosedürleri kapsayan çeşitli işlemlerde geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Söz konusu adezivler, beşeri tıbbın yanı sıra veteriner hekimlik bünyesinde de (örneğin kaplumbağa kabuğu onarımları gibi spesifik durumlarda) başarıyla uygulanmaktadır (14).

Materyalin klinik kontrendikasyonları arasında; hareketli eklem bölgeleri, yüksek gerilime maruz kalan dokular, sürtünme alanları ve aktif enfeksiyon barındıran dokular yer almaktadır. Ayrıca hastada gelişebilecek olası bir siyanoakrilat alerjisi de mutlak kontrendikasyon olarak kabul edilmektedir. Buna karşın, hidrofilik yapısı sayesinde kan ve tükürük gibi oral sıvıların varlığında dahi sorunsuz polimerize olabilmesi, materyalin en önemli avantajlarından biridir. Bu doğrultuda biyoçözünür, hemostatik ve antimikrobiyal özellikleri ön plana çıkmaktadır. Uygulama prosedürünün kolay ve hızlı olmasının yanı sıra, yara yüzeyinde koruyucu bir mekanik bariyer oluşturması, iyileşme sürecini kısaltması ve epitel keratinizasyonunu hızlandırması klinik başarıyı artırmaktadır. Siyanoakrilatın bazı spesifik klinik uygulamalarında, üzerinde epitel örtüsü bulunmayan açık yaralarda analjezik etki gösterdiği de gözlenmiştir (15). Ayrıca uygulama esnasında herhangi bir iğne ucu kullanılmaması, hekim açısından kesici-delici alet yaralanması riskini minimize etmekte, hastalar açısından ise enjeksiyon ve iğne fobisine bağlı anksiyeteyi ortadan kaldırarak

konforlu bir tedavi süreci sunmaktadır. Tüm bu avantajlara tezat olarak, oktil ve izoamil formlarının yüksek maliyetli olması materyalin temel dezavantajları arasında gösterilmektedir. Ayrıca bazı olgularda çekme dayanımında azalma meydana geldiği de rapor edilmiştir (8).

2.1. Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

Camacho-Alonso ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmaya, ksenogreft materyalleri kullanılarak alveoler soket koruması yapılan 140 hasta dahil edilmiştir. Söz konusu çalışmanın kontrol grubunda çekim soketi kollajen membran ile örtülürken, test grubunda ise siyanoakrilat uygulaması tercih edilmiştir. İmplantlar, diş çekiminin hemen ardından immediat prosedürle yerleştirilmiştir. Operasyondan üç ay sonra yapılan değerlendirmelerde, bukkolingual alveoler kret genişliğindeki azalmanın, kollajen membran grubunda siyanoakrilat grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla olduğu saptanmış ($p < 0,005$); ancak daha uzun takip periyotlarında gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0,005$). Klinik ataşman seviyesindeki kayıp ($p < 0,005$) ve marjinal kemik kaybı ($p < 0,001$) kollajen membran grubunda anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur. Klinik takiplerde kollajen membran uygulanan grubun beş vakasında membran ekspozisyonu (açığa çıkması) kaydedilmiştir (16).

Nevins ve arkadaşlarının 2018 yılındaki çalışmasında ise alveoler soket koruma prosedürü uygulanırken diş çekimi sonrasında allogreft yerleştirilmiş ve üzeri kollajen bariyer membran ile örtülmüştür. Bu çalışmada, membran klinik başarısının ve doku bütünlüğünün desteklenmesi amacıyla test grubunda ekspozite kollajen bariyer membran üzerine siyanoakrilat adeziv uygulamalarından faydalanılırken, kontrol grubunda ise membran açıkta bırakılmıştır. İyileşme periyodunun tamamlanmasının ardından, bölgeler 6 ay sonra implant uygulaması amacıyla cerrahi olarak tekrar açıldığında, implant frezlemesi öncesinde histolojik incelemelerin yapılabilmesi için trepan frez aracılığıyla kemik biyopsileri alınmıştır. Erken iyileşme döneminde, siyanoakrilat kullanılan test grubunda sekonder yara iyileşmesi gösteren alanlarda herhangi bir inflamasyon belirtisine rastlanmamıştır. Altıncı ayda ikinci cerrahi aşamaya geçildiğinde, test grubundaki doku konturlarının normal sınırlar içinde olduğu ve alveoler kretin düz bir yüzey sergilediği saptanırken; kontrol grubunda hem yumuşak hem de sert dokuda konkaviteğin meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 2). Elde edilen klinik sonuçlara göre, 6. ay kontrolünde siyanoakrilat uygulanan test grubunda kontrol grubuna kıyasla belirgin şekilde daha başarılı yumuşak ve sert doku konturları elde edilmiştir (13).

Oladega ve arkadaşları, mezial açılı gömülü alt çene üçüncü molar diş çekimi operasyonu uygulanan hastalarda, siyanoakrilat veya ipek sütür ile gerçekleştirilen cerrahi kapatma işlemlerinin operasyon sonrası klinik sonuçlarını ve yara iyileşme performanslarını karşılaştırmak amacıyla randomize klinik bir çalışma yürütmüştür. Katılımcıların rastgele iki gruba ayrıldığı bu çalışmada; kontrol grubuna ipek sütür atılırken, çalışma grubuna siyanoakrilat uygulanmıştır. Her gruptan toplam 60'ar hasta olmak üzere, toplam 120 kişi çalışmayı eksiksiz tamamlamıştır. Operasyon sonrası 7 günlük takip döneminde; ağrı ($p = 0,95$), şişlik ($p = 0,66$), trismus, yara dehiscensi ($p = 0,51$) veya enfeksiyon gelişimi [sadece iki hasta (%1,6)] parametreleri açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, operasyon sonrası 1. günde, siyanoakrilat kullanılan grupta sütür grubuna kıyasla anlamlı derecede daha az kanama meydana geldiği rapor edilmiştir ($p = 0,02$) (17).

Santmartí-Oliver ve arkadaşları ise alt çene üçüncü molar diş çekimi ameliyatlarında flep kapatma amacıyla siyanoakrilat ile 4.0 ipek dikişlerin etkinliğini, *split-mouth* tasarımlı randomize klinik bir çalışmada karşılaştırmıştır. Ameliyatlar, toplam 34 alt çene üçüncü molar dişe sahip 17 hasta üzerinde gerçekleştirilmiştir. İki grup arasında operasyon sonrası yapılan klinik değerlendirmelerde (ağrı, şişlik, trismus ve yara iyileşmesi) veya hastaların kendi bildirdikleri sonuç ölçütlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir ($p < 0,05$) (18).

Narsingyani ve arkadaşları, 25 hastanın 50 anatomik bölgesine uyguladığı bilateral alveoloplasti prosedürünün ardından flep kapatılması amacıyla n-bütül-2-siyanoakrilat ile ipek sütürlerin etkinliğini karşılaştırmıştır. Siyanoakrilat uygulanan grupta, istatistiksel olarak anlamlı derecede daha başarılı yara iyileşmesi sonuçları ($p = 0,000$), daha hızlı flep kapanma süresi ($p < 0,001$) ve daha kısa sürede hemostaz ($p = 0,000$) elde edilmiştir. Operasyon sonrası ödem seviyelerinin siyanoakrilat grubunda 1. ve 3. günlerde azaldığı saptanmış ($p < 0,05$); ağrı skorlarının da 3. günde ($p = 0,000$) ve 7. günde ($p = 0,009$) anlamlı ölçüde daha düşük olduğu kaydedilmiştir. Klinik takiplerde flep açılması (dehiscens) olgusu, 7. güne kadar sütür uygulanan bölgelerin %12'sinde gözlenirken, siyanoakrilat uygulanan bölgelerde bu oran %4 olarak belirlenmiştir. Yara enfeksiyonu ise postoperatif 3. günde sadece sütür bölgelerinin %8'inde izlenmiştir. Klinik komplikasyonlar incelendiğinde, üç hastada dikiş kopması bildirilirken; iki vakada siyanoakrilat materyalinin yerinden oynadığı saptanmış ve bu vakaların yalnızca birinde adezivın yeniden uygulanması gerekmiştir. Bu bulgular, siyanoakrilatın geleneksel sütür uygulamalarına kıyasla daha hızlı yara kapanması, daha düşük postoperatif morbidite ve daha başarılı iyileşme sonuçları sağladığını ortaya koymaktadır (19).

Suthar ve arkadaşları tarafından yürütülen bir diğer çalışmaya ise aynı dental arka bilateral alveoloplasti endikasyonu bulunan 20 hasta dahil edilmiştir. Bölünmüş ağız tasarımıyla gerçekleştirilen bu araştırmada, her hastanın bir tarafına geleneksel sütür, kontralateral tarafına ise siyanoakrilat uygulanmıştır. Siyanoakrilat kullanımı, hem yara kapanması için gereken süreyi (siyanoakrilat grubunda $0,91 \pm 0,37$ dakika, sütür grubunda $3,77 \pm 1,11$ dakika; $p < 0,001$) hem de kanama kontrolünün sağlanma süresini (siyanoakrilat grubunda $0,44 \pm 0,23$ dakika, sütür grubunda $2,71 \pm 1,11$ dakika; $p < 0,001$) istatistiksel olarak önemli ölçüde azaltmıştır. Siyanoakrilat uygulanan tarafta operasyon sonrası hiç ağrı bildirmeyen hasta yüzdesi (%58,8), sütür tarafına (%41,2) kıyasla daha yüksek bulunmuş olsa da bu fark istatistiksel açıdan anlamlı bir düzeye ulaşmamıştır ($p = 0,337$). Benzer şekilde, yara iyileşme skorlarının da siyanoakrilat grubunda bir miktar daha yüksek seyrettiği, ancak aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır ($p = 0,289$). Elde edilen bu veriler, n-bütül-2-siyanoakrilatın alveoloplasti operasyonları sonrası flep stabilizasyonunda geleneksel cerrahi yaklaşımlara başarılı bir alternatif olduğunu ve klinik parametreler açısından 3.0 ipek sütürlerden daha üstün bir performans sergilediğini göstermektedir (11).

Aljandan ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği hayvan çalışmasında, dört farklı deneysel grupta pulpa kuafaj materyallerinin etkinliği karşılaştırılmıştır. Deney grupları; diprogenta ile kombine edilmiş kalsiyum hidroksit (birinci grup), sadece siyanoakrilat (ikinci grup), diprogenta ve siyanoakrilat kombinasyonu (üçüncü grup) ve kontrol olarak kullanılan sadece kalsiyum hidroksit (dördüncü grup) tedavilerini içermektedir. Histolojik incelemeler neticesinde, dental dentin köprüsü oluşumu tüm deney gruplarında başarıyla gözlenirken, hiçbir grupta pulpa nekrozu gelişimine rastlanmadığı bildirilmiştir (20).

Moretti Neto ve arkadaşlarının deneysel çalışmasında ise Wistar ratları 4 gruba ayrılarak, endodontik tedavilerde başvurulmuş siyanoakrilatların farklı kimyasal formlarının canlı dokular üzerindeki irritasyon potansiyelleri incelenmiştir. Bu doğrultuda birinci grupta distile su, ikinci grupta siyanoakrilat ester, üçüncü grupta n-bütül-siyanoakrilat ve dördüncü grupta alfa-siyanoakrilat formülasyonları kullanılmıştır. Histopatolojik değerlendirmeler sonucunda en düşük irritasyon seviyesi distile su kullanılan birinci grupta, buna en yakın hafif irritasyon düzeyi ise dördüncü gruptaki alfa-siyanoakrilat formunda saptanmıştır. İkinci ve üçüncü deney gruplarında gözlenen doku irritasyon derecelerinin ise birbirine benzer nitelikte olduğu rapor edilmiştir (21).

Choi ve arkadaşlarının 2006 yılında gerçekleştirdiği, 6 tavşanın dahil edildiği deneysel modelde ise deneklerde çift taraflı maksiller sinüs perforasyonu oluşturulmuştur. Tavşanların bir tarafındaki perforasyon alanı siyanoakrilat adeziv uygulanarak cerrahi olarak kapatılırken, kontralateral taraftaki

perforasyon spontan (kendiliğinden) iyileşmeye bırakılmıştır. İki hafta sonra gerçekleştirilen histolojik analizlerde, siyanoakrilat kullanılan taraftaki perforasyon hattında yeni organize olmaya başlayan epitel hücre tabakaları rapor edilirken; spontan iyileşmeye bırakılan kontrol bölgelerinde akut sinüzit tablosuna ait belirgin histopatolojik bulgular saptanmıştır (22).

Hafeez ve arkadaşlarının 2023 yılında gerçekleştirdiği klinik çalışmaya ise, maksiller sinüs ön duvarı kırığı bulunan 10 hasta dahil edilmiştir. Cerrahi prosedürde kırılmış kemik segmentlerine n-bütül-2-siyanoakrilat adeziv uygulanmış, polimerizasyon için 60 saniye beklendikten sonra dokular 3.0 ipek sütür aracılığıyla dikilmiştir. Tedavi sonrasında elde edilen bilgisayarlı tomografi verileri incelendiğinde, 10 hastanın 7'sinde kemik iyileşmesinin tamamen sorunsuz bir şekilde tamamlandığı saptanmıştır. Ayrıca operasyon öncesinde mevcut olan infraorbital hipoestezi tablosunun da iyileşme gösteren bu 7 hastada tamamen ortadan kalktığı rapor edilmiştir ($p < 0,002$) (23).

Siyanoakrilat adezivler, dental dentin hassasiyetinin giderilmesi amacıyla da çeşitli bilimsel çalışmalara konu olmuştur. Bu uygulamalarda temel amaç, materyalin açıkta kalan dentin tübüllerini fiziksel olarak tıkayarak dentin sıvılarının hareket etmesini (yer değiştirmesini) önlemesidir. Klinik açıdan etkili, uygulaması kolay ve düşük maliyetli bir ürün olması nedeniyle siyanoakrilat adezivler, dentin hassasiyeti tedavisinde tercih edilebilir alternatif bir biyomateryal olarak değerlendirilmektedir (24).

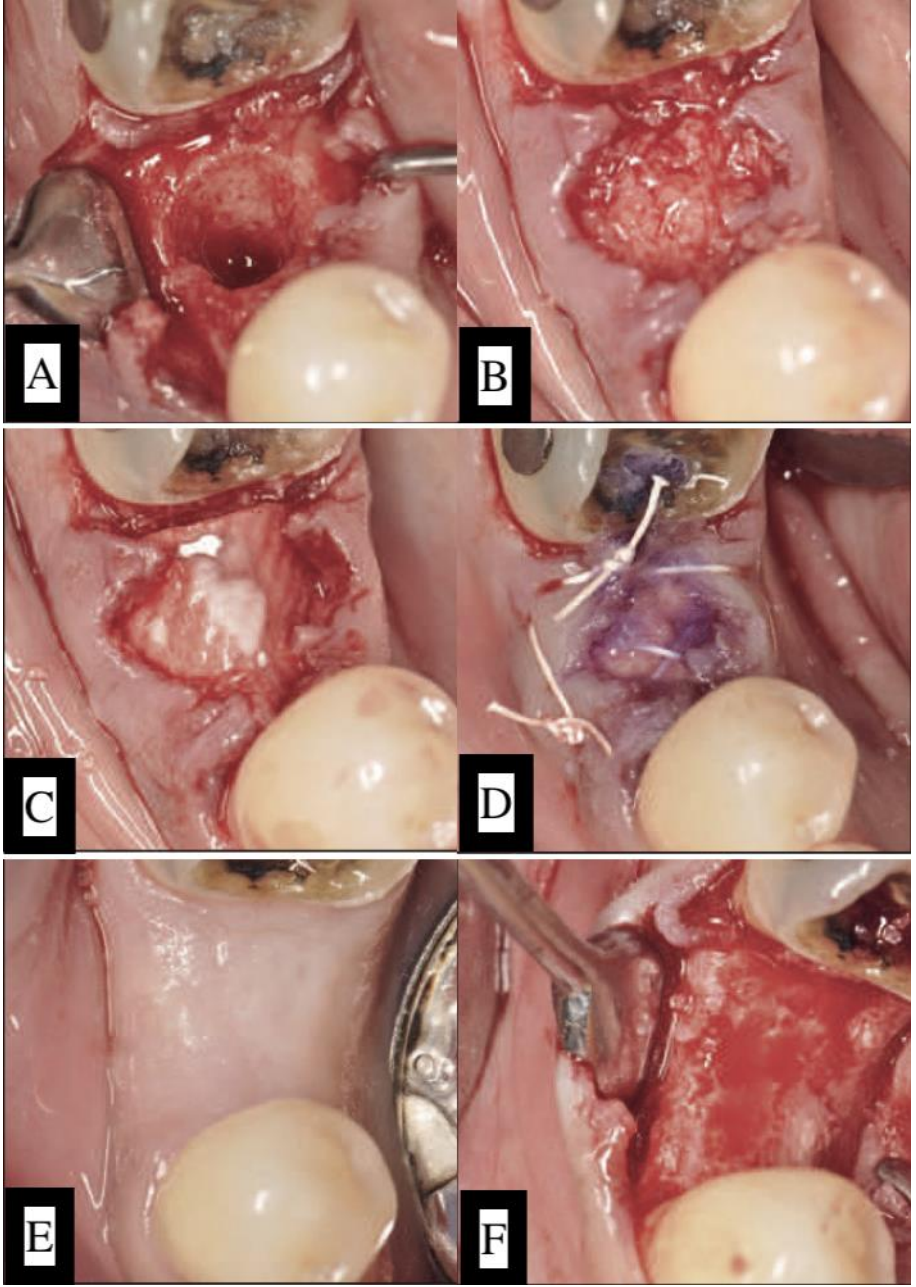
Lima ve arkadaşlarının 2017 yılında yürüttüğü *split-mouth* tasarımlı klinik çalışmada, dentin hassasiyeti şikâyeti bulunan katılımcıların belirlenen dişlerine siyanoakrilat, kontralateral dişlerine ise düşük yoğunluklu lazer tedavisi uygulanmıştır. Tedavi sonrasındaki 24. saat, 30., 90. ve 180. günlerde hava ve soğuk sprej stimülasyonu ile dişlerin hassasiyet seviyeleri kontrol edilmiş; ayrıca hastaların yaşam kalitesini değerlendirmek adına Ağız Sağlığı Etki Profili (Oral Health Impact Profile, OHIP) anketi başlangıçta ve 180. günde tekrarlanmıştır. Uzun dönem 180. gün sonuçlarında siyanoakrilat ve lazer uygulamaları benzer terapötik etkiler ortaya koymuş olsa da postoperatif 24. saat verilerine göre siyanoakrilat grubunun istatistiksel olarak daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir (hava sprejinde $p < 0,009$, soğuk sprejinde $p < 0,001$) (25).

Flecha ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği çalışmada da (2012) benzer şekilde bir grup hastaya siyanoakrilat, diğer gruba ise lazer tedavisi uygulanmıştır. Her iki tedavi yaklaşımında da dentin hassasiyetinin belirgin şekilde azaldığı ve 6 aylık klinik takipler neticesinde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı saptanmıştır. Siyanoakrilat grubunda hava spreji testinde 24. saatte elde edilen desensitizasyon etkisinin 90 gün boyunca başarıyla korunduğu; soğuk sprej testinde ise bu etkinin 30 gün boyunca devam ettiği saptanmıştır. Bu

araştırmanın bulguları, siyanoakrilat kullanımının yüksek maliyetli lazer terapileriyle benzer klinik başarı gösterdiğini kanıtlamıştır (26).

Oh ve arkadaşlarının yayınladığı vaka raporunda ise dental dentin çürüğü, sekonder çürükler ve diş eti çekilmesi gibi farklı patolojilere bağlı olarak gelişen dentin hassasiyetini azaltmak amacıyla ilgili bölgelere siyanoakrilat uygulanmış ve 30 günlük izlem sürecinde hastaların ağrı semptomlarının anlamlı ölçüde azaldığı gözlenmiştir (14).

Klinik çalışmaların yanı sıra, Bilgiç ve arkadaşlarının yürüttüğü *in vitro* bir araştırmada, çekilmiş insan premolar dişlerinin kök yüzeylerindeki dentin tübüllerine kalsiyum fosfat, siyanoakrilat veya bu iki ajanın kombine kullanımı uygulanmıştır. Yapay tükürük ortamında bekletilen kök örnekleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) altında incelendiğinde, sadece siyanoakrilat uygulanan ve siyanoakrilat ile kalsiyum fosfatın birlikte kombine edildiği deney gruplarında en yüksek düzeyde dentin tübülü kapanması (oklüzyon) meydana geldiği tespit edilmiştir ($p < 0,01$) (27).



Şekil 2. A. Çekim socketinin görüntüsü B. Çekim socketinin allogreft ile doldurulması C. Greftin üzerinin kollajen membran ile örtülmesi D. Ekspoze membranın üzerinin siyanoakrilat ile örtülmesi E. İyileşmenin 6. Ayında alveoler kretin ağız içi görüntüsü F. İyileşmenin 6. Ayında implant cerrahisi için flep kaldırılan alveoler kretin görüntüsü

2.2. Periodontolojide Kullanım Alanları

Gümüş ve Buduneli tarafından 2014 yılında gerçekleştirilen çalışmada, serbest diş eti grefti (SDG) stabilizasyonunda üç farklı klinik yöntem karşılaştırılmıştır: konvansiyonel yöntem (sütür), siyanoakrilat ve mikrocerrahi yaklaşım. Konvansiyonel grupta greft sabitlemesi 5.0 sütür ile gerçekleştirilirken; mikrocerrahi grubunda 7.0 sütür ve cerrahi lup kombinasyonundan yararlanılmıştır. Keratinize diş eti genişliği, alınan greft boyutu ve diş eti çekilmesi gibi klinik veriler başlangıçta, 1., 3. ve 6. aylarda kaydedilmiştir. Ayrıca operasyon süresi ile postoperatif ağrı miktarı Vizüel Analog Skala (VAS) aracılığıyla not edilmiştir. Takip periyotları sonucunda, keratinize diş eti genişliğindeki değişimlerin gruplar arasında birbirine yakın seyrettiği saptanmıştır. Bununla birlikte, greft boyutlarındaki büzölme oranının siyanoakrilat kullanılan grupta istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Mikrocerrahi ve konvansiyonel gruplarda gözlenen greft büzölme miktarlarının ise birbirine benzer nitelikte olduğu saptanmıştır. Siyanoakrilat grubunda alıcı yataktaki postoperatif ağrı skorları ve toplam operasyon süresi, diğer iki gruba kıyasla anlamlı derecede daha düşük olarak kaydedilmiştir (her iki parametre için de $p < 0,05$) (28).

Alhourani ve arkadaşları tarafından yürütölen çalışmada ise SDG stabilizasyonunda siyanoakrilat adezivleri (n-bütöl siyanoakrilat ve oktil siyanoakrilat kombinasyonu) ile geleneksel sütür uygulamasının klinik performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Diş eti çekilmesi ve keratinize doku yetersizliği bulunan 12 hastaya ait toplam 24 anatomik bölge araştırmaya dahil edilmiştir. Hastalara aynı seansta iki paralel bölgede SDG operasyonu uygulanmıştır; bu doğrultuda greftlerin biri dikişle sabitlenirken, kontralateral taraftaki diğeri ise siyanoakrilat adeziv ile stabilize edilmiştir. Greftlerin siyanoakrilat ile sabitlendiği bölgelerde, sütür uygulanan gruba kıyasla 3 aylık sonuçlara göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az greft büzölmesi saptanmış ($p < 0,043$) ve 2 aylık takiplerde daha başarılı bir klinik iyileşme skoru elde edilmiştir. Ayrıca postoperatif ağrının siyanoakrilat grubunda 3. günde tamamen sona erdiği, sütürla sabitlenen bölgelerde ise bu konfor düzeyine ancak 4. günde ulaşılabildiği gösterilmiştir. Araştırma bulguları, siyanoakrilatların alıcı bölgedeki serbest diş eti greftini stabilize etmede geleneksel dikiş yaklaşımlarına etkili bir alternatif biyomateryal olduğunu ortaya koymuştur (29).

Yılmaz ve arkadaşlarının çalışmasında ise SDG prosedürleri sırasında hem alıcı hem de verici bölgelerdeki greft boyutları, klinik iyileşme parametreleri ve hasta odaklı sonuçlar üzerinde siyanoakrilat uygulamasının etkileri değerlendirilmiştir. SDG operasyonu endikasyonu olan katılımcılar randomize şekilde test veya kontrol gruplarına atanmıştır. Test grubunda greft stabilizasyonu

siyanoakrilat kullanılarak gerçekleştirilmiş ve ek olarak palatinal verici bölgeye de siyanoakrilat uygulanmıştır. Kontrol grubunda ise stabilizasyon 6.0 poliviniliden florür sütür ile sağlanmış, verici bölgeye ise herhangi bir örtücü materyal uygulanmamıştır. Takip süreçlerinde gruplar arasında, greftin horizontal boyut kaybı dışındaki klinik parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (sırasıyla kontrol grubunda $p < 0,004$ ve test grubunda $p < 0,001$). Ancak horizontal boyut kaybının siyanoakrilat grubunda postoperatif altıncı ayın sonunda anlamlı derecede daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p < 0,017$). Elde edilen bulgular, siyanoakrilatın SDG operasyonlarında klinik kullanım için güvenli bir alternatif olduğunu, ancak poliviniliden florür ile gerçekleştirilen geleneksel sütürasyon yaklaşımına kıyasla üstün klinik sonuçlar sergilemediğini düşündürmektedir (30).

Tavelli ve arkadaşları, SDG alımını takiben hastaların palatinal verici bölgede bildirdikleri rahatsızlıklar üzerinde çeşitli hemostatik tedavilerin etkilerini değerlendirmiştir. Mukogingival cerrahi gereksinimi olan 50 hasta rastgele beş eşit gruba ayrılmıştır: birinci grup sadece sütürla tedavi edilen kontrol grubu, ikinci grup tek başına siyanoakrilat uygulanan grup, üçüncü grup sadece periodontal pat uygulanan grup, dördüncü grup hemostatik jelatin süngerle tedavi edilen grup ve beşinci grup ise hem jelatin sünger hem de siyanoakrilat kombinasyonunun uygulandığı gruptur. On dört günlük klinik takip periyodu boyunca, tüm deney grupları kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük VAS skorları bildirmiştir (zaman-grup etkileşimi için $p < 0,01$). Jelatin sünger ve siyanoakrilat kombinasyonunun birlikte uygulandığı grupta, takip periyodu boyunca minimum düzeyde ağrı ($VAS \leq 0,5$) kaydedilmiştir. Postoperatif 10. günde, kontrol grubunun en düşük klinik iyileşme skorlarına ($VAS = 6,8$) sahip olduğu görülürken, test gruplarının skorlarının 8,2 ile 9,0 arasında değiştiği saptanmıştır ($p = 0,0001$). Araştırmacılar, jelatin sünger ve siyanoakrilatın birlikte kullanıldığı çift katmanlı hemostatik yaklaşımın, ameliyat sonrası ağrı ve hasta rahatsızlığını en aza indirmede en etkili klinik yöntem olduğunu rapor etmiştir (31). Aynı yazarın 2019 yılında yayımlanan bir diğer çalışmasında ise SDG alımı sonrasında verici bölgedeki postoperatif ağrıyı azaltmada, tek başına hemostatik kollajen sünger uygulaması ile siyanoakrilat ile kombine edilmiş kollajen sünger uygulaması etkinliğinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. SDG operasyonu uygulanan toplam 44 hasta iki gruba ayrılmıştır; kontrol grubunda palatinal verici bölgeye sadece kollajen sünger uygulanırken, test grubunda süngere ek olarak siyanoakrilat uygulamasından yararlanılmıştır. On dört günlük postoperatif izlem döneminde, gruplar arasında ağrı algısında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir ($p < 0,01$). Test grubundaki hastaların tüm takip süreci boyunca

daha düşük ağrı seviyeleri bildirdikleri ve analjezik tüketimlerinin de test grubunda anlamlı derecede daha az olduğu saptanmıştır ($p < 0,01$). Bu durum, siyanoakrilat uygulamasının donör bölgedeki postoperatif ağrıyı en aza indirmedeki klinik etkinliğini desteklemektedir (32).

Basma ve arkadaşlarının 2023 yılında gerçekleştirdiği çalışmaya ise 72 hasta dahil edilmiştir. SDG alımını takiben dört farklı verici bölgede yara kapatma stratejisi karşılaştırılmıştır. Kontrol grubunda cerrahi sütür ile kollajen tıkaç uygulanırken; üç farklı test grubunda kollajen tıkaçla birlikte siyanoakrilat, sütürla birlikte trombositten zengin fibrin (TZF) ve şeffaf palatal plak yaklaşımları kullanılmıştır. Tüm test gruplarında, SDG sonrası verici bölgede sadece konvansiyonel kollajen tıkaç uygulanmasına kıyasla hastaların ağrı algısının önemli ölçüde azaldığı saptanmış ($p < 0.0001$), ancak test gruplarının kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Şeffaf palatal plak kullanan grubun, 14 günlük takip süresi boyunca en düşük genel ağrı skorunu elde ettiği rapor edilmiştir (33).

Özcan ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışma, SDG operasyonları sonrasında palatinal verici bölgedeki yara iyileşmesi üzerinde üç farklı klinik müdahalenin etkilerini karşılaştırmayı amaçlamıştır. SDG operasyonu uygulanan toplam 125 hasta üç gruba ayrılmıştır: bütül-siyanoakrilat ile trombositten zengin fibrin (TZF) kombinasyonu uygulanan 42 hastalık grup, tek başına siyanoakrilat uygulanan 42 hastalık grup ve steril nemli gazlı bez kompresyonu uygulanan 41 hastalık kontrol grubu. Takip süreçlerinde incelenen tüm klinik parametrelerde (postoperatif kanama, ağrı, epitelizasyon seviyesi, beslenme alışkanlıklarındaki konfor ve genel ağrı skoru); siyanoakrilat ve TZF kombinasyonu uygulanan grup lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p = 0.0001$) (34).

Stavropoulou ve arkadaşları tarafından yürütülen çalışmada ise subepitelyal bağ dokusu grefti (SBDG) alımının ardından palatinal verici bölgedeki yara kapatma prosedürlerinde siyanoakrilat doku adezivi veya politetrafloroetilen (PTFE) sütür kullanımının; hasta odaklı sonuçlar, erken dönem yara iyileşmesi ve operasyon sonrası komplikasyonlar üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması amaçlamıştır. Çalışmaya dahil edilen 36 hasta iki gruba ayrılmıştır: sürekli kilitli 6.0 PTFE sütür ile tedavi edilen grup ve cerrahi alanda hemostaz sağlanana kadar yüksek viskoziteli n-bütül ve 2-oktil siyanoakrilat karışımının uygulandığı test grubu. Gruplar arasında, operasyon sonrası ilk hafta boyunca hastalar tarafından bildirilen ağrı seviyeleri (birinci grupta ortalama VAS = 1,49 ve ikinci grupta ortalama VAS = 1,86; $p = 0,56$), analjezik tüketim miktarları veya modifiye erken yara iyileşme indeksi skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Ancak, siyanoakrilat adezivin klinik uygulama süresinin geleneksel dikiş yaklaşımlarına kıyasla önemli ölçüde daha kısa olduğu

belirlenmiştir (siyanoakrilat grubunda 2,16 dakika iken sütür grubunda 7,31 dakika, $p < 0.0001$). Bu bulgular, siyanoakrilat uygulamasının klinik sonuçlardan ödün vermeksizin palatinal verici bölge yarasının kapatılmasında zaman açısından son derece verimli bir klinik alternatif sunabileceğini göstermektedir (12).

Karimi ve arkadaşları, SDG alımını takiben palatinal verici bölgedeki yara iyileşme süreçlerinde siyanoakrilatın etkilerini değerlendirmek amacıyla randomize kontrollü bir klinik çalışma yürütmüştür. İki taraflı SDG operasyonu gereksinimi bulunan on beş hasta, *split-mouth* tasarımıyla bir tarafta geleneksel sütürla (poliglaktin 910, 4.0), kontralateral tarafta ise siyanoakrilat (n-bütül ve 2-oktil karışımı) adeziv ile tedavi edilmiştir. Yara kapatma prosedürü için gereken sürenin siyanoakrilat grubunda $2,12 \pm 1,23$ dakika, sütür grubunda ise $8,42 \pm 2,24$ dakika olduğu ve aradaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Ayrıca postoperatif bir haftalık takipte, siyanoakrilat uygulanan taraftaki ağrı skorlarının anlamlı derecede daha düşük olduğu ($-1,54$ birim; %17; $p = 0,04$), hasta rahatsızlığının azaldığı ($-1,18$ birim; %15,8; $p < 0,05$), analjezik alımının daha az gerçekleştiği ($-2,12$ tablet; %21; $p < 0,002$) ve klinik iyileşmenin anlamlı ölçüde daha başarılı seyrettiği ($+0,9$ birim; %22; $p < 0,05$) saptanmıştır. Bir haftalık takip periyodundaki greft boyut değişimlerinin ise sütür grubunda anlamlı derecede daha fazla olduğu belirlenmiştir ($+0,81$ birim; %28,9; $p < 0,01$). Elde edilen bu veriler, siyanoakrilat kullanımının SDG alımı sonrasında toplam operasyon süresi, ağrı kontrolü, doku iyileşmesi ve genel hasta konforu parametreleri açısından önemli klinik avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır (35).

Castro-Gaspar ve arkadaşlarının 2021 yılında yürüttüğü klinik çalışmada da SDG operasyonları sonrasında palatinal verici bölgenin örtülmesi amacıyla siyanoakrilat uygulanan olgular test grubunu, geleneksel sütürasyon yöntemi ise kontrol grubunu oluşturmuştur. Elde edilen sonuçlara göre siyanoakrilat kullanımı sayesinde cerrahi operasyon süresi neredeyse yarı yarıya kısalmış ve bu bulgu istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p = 0,003$). Operasyon sonrasındaki ilk 24 saatlik süreçte spontan kanama görülme oranı siyanoakrilat uygulanan grupta %11,1 olarak kaydedilirken, bu oranın sütür grubunda %88,9 seviyesinde seyrettiği saptanmıştır ($p < 0,05$). Postoperatif ağrı ve doku inflamasyonu gibi diğer klinik parametrelerde ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadığı bildirilmiştir (36).

Periodontal flep cerrahilerinde ipek sütür veya siyanoakrilat kullanımı ile flep kapatma prosedürleri, birçok araştırmacı tarafından literatürde kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Gautam ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı; periodontal flep cerrahisi sonrasında flebin kapatılmasında 3.0

ipek sütür (kontrol grubu) ile izoamil 2-siyanoakrilatın (test grubu) klinik sonuçlarını karşılaştırmaktır. Orta ila şiddetli periodontitis teşhisi konulmuş on hastaya ait toplam yirmi cerrahi bölge, faz I periodontal tedavinin tamamlanmasının ardından rastgele iki gruba ayrılmıştır. Operasyon sonrası iyileşme kalitesi, yara iyileşme hızı, sözel derecelendirme   l  e  ine göre a  rı algısı ve hastalar tarafından tüketilen analjezik tablet sayısı değerlendirilerek postoperatif 3., 5., 7. ve 14. günlerde incelenmiştir. Takip periyotlarında gruplar arasında sözel derecelendirme a  rı skorları ($p > 0,05$) veya klinik yara iyileşmesi ($p > 0,05$) açısından herhangi bir zaman diliminde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamış; ancak test grubundaki hastaların ameliyat sonrasında anlamlı ölçüde daha az analjezik ilaç tükettiği saptanmıştır (3. gün, $p = 0,004$; 5. gün, $p = 0,006$). Bu bulgular, izoamil 2-siyanoakrilatın geleneksel ipek sütür uygulamalarına geçerli bir klinik alternatif olarak kullanılabileceğini, ameliyat sonrası a  rı ve hasta rahatsızlığını belirgin şekilde azaltabileceğini göstermektedir (37).

Chandra ve arkadaşları ise orta ila şiddetli periodontitis hastası olan 40 bireyde, periodontal cerrahi sonrası flep kapatılmasında n-b  til siyanoakrilat ile 3.0 ipek s  t  rların klinik etkinliğini karşılaştırmalı olarak değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada hastalar, n-b  til siyanoakrilat uygulanan test grubu ve ipek sütürla tedavi edilen kontrol grubu olarak iki eşit gruba ayrılmıştır. Siyanoakrilat grubu, postoperatif 3. günde istatistiksel olarak anlamlı bir farkla daha başarılı bir erken dönem yara iyileşmesi sergilemiştir. Bununla birlikte, 14. ve 21. günlerdeki takiplerde gruplar arasında yara iyileşmesi parametresi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Plak birikimi ve doku inflamasyonu açısından değerlendirildiğinde, siyanoakrilat grubu postoperatif 3. ve 7. günlerde anlamlı derecede daha olumlu sonuçlar göstermiş ($p < 0,05$); ancak gruplar arasındaki bu farklar 14. ve 21. günlerde anlamlılığını yitirmiştir ($p > 0,05$). Operasyon sonrası a  rı seviyelerinin ilk 7 gün boyunca siyanoakrilat grubunda anlamlı derecede daha az seyrettiği belirlenmiş ($p < 0,05$), daha sonraki takip günlerinde gruplar arasındaki VAS skorlarında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda n-b  til siyanoakrilatın; daha başarılı bir erken yara iyileşmesi, daha az erken dönem plak birikimi, daha düşük ameliyat sonrası a  rı ve daha kısa klinik işlem süreleri sağlayarak geleneksel sütür yaklaşımlarına güvenilir bir alternatif olduğu saptanmıştır (38).

Khurana ve arkadaşları, 20 hastada periodontal cep eliminasyonu tedavisi için uygulanan periodontal flep cerrahi işlemlerini takiben izoamil 2-siyanoakrilat (test grubu) ve ipek sütürün (kontrol grubu) iyileşme sonuçlarını karşılaştırmıştır. Postoperatif 1. haftada, erken dönem iyileşme kalitesinin sütür grubuna kıyasla siyanoakrilat kullanılan grupta anlamlı derecede daha iyi olduğu saptanmış ($p <$

0,001); ancak 2. haftada gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0,109$). Operasyon sonrası 3. ayın sonundaki değerlendirmelerde; plak indeksi iyileşmesi kontrol grubunda %53,90 ve test grubunda %56,00 ($p = 0,486$), sondalamada kanama indeksi iyileşmesi sırasıyla %99,20 ve %100,00 ($p = 0,324$), sondalama cep derinliği azalması ise kontrol grubunda %68,90 ve test grubunda %71,10 ($p = 0,240$) olarak saptanmış olup bu parametrelerin hiçbiri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Hastaların bildirdiği ağrı ve rahatsızlık seviyelerinin ise sütür grubunda anlamlı derecede daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p = 0,001$). Siyanoakrilat grubundaki hastaların tamamı tedavi sonrasında estetik memnuniyet bildirirken ($p = 0,001$), her iki grupta da hiçbir katılımcı da lokal/sistemik alerjik reaksiyon veya yan etki gelişimine rastlanmamıştır. Ayrıca klinik takiplerde hiçbir hastada sütür veya adeziv kaybı gözlenmemiştir. Dikkat çekici bir diğer bulgu olarak, kontrol grubundaki vakaların tamamında ilgili cerrahi sahada 'materia alba' birikimi saptanırken, siyanoakrilat uygulanan test grubunda hiç materia alba gözlenmemiştir ($p = 0,001$). Bu sonuçlar, izoamil 2-siyanoakrilatın ipek sütüre kıyasla daha üstün bir erken iyileşme sürecini desteklediğini, ameliyat sonrası hasta konforunu artırdığını, estetik ve hijyenik klinik sonuçları optimize ettiğini ortaya koymaktadır (39).

Sadatmansouri ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen *split-mouth* tasarımlı klinik çalışmada, periodontal flep cerrahisi sonrası doku iyileşmesinde siyanoakrilat kullanımının etkileri araştırılmıştır. En az iki sekstantta cerrahi cep eliminasyonu endikasyonu bulunan hastalar çalışmaya dahil edilmiş ve her hastanın ilgili çene kadranı rastgele kontrol grubuna (sütür) veya test grubuna (siyanoakrilat) atanmıştır. Postoperatif bir haftalık takipte; ağrı (kontrol: $4,7 \pm 1,34$; test: $4,4 \pm 1,68$; $p = 0,2$), klinik iyileşme skoru (kontrol: $3,3 \pm 0,53$; test: $2,7 \pm 0,64$; $p = 0,3$) veya plak indeksi (kontrol: $3,9 \pm 0,82$; test: $3,8 \pm 0,97$; $p = 0,2$) parametreleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Benzer şekilde, altıncı haftadaki sondalama cep derinliği değerlerinde de gruplar arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (kontrol: $2,5 \pm 0,67$; test: $2,8 \pm 0,6$; $p = 0,2$). İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen elde edilen bulgular; özellikle hastaların belirlenen zamanda dikişlerin alınması için kliniğe gelmediği durumlarda, siyanoakrilatın geleneksel sütür uygulamalarına başarılı bir klinik alternatif olarak hizmet edebileceğini düşündürmektedir (40).

Gupta ve arkadaşlarının 2025 yılındaki çalışmasında ise periodontal flep cerrahisi sonrasında *Porphyromonas gingivalis* (*P. gingivalis*) düzeyleri ve hasta memnuniyeti üzerinde iki farklı materyalin (çinko oksit ojenol içerikli periodontal pat ve siyanoakrilat) etkinliğini değerlendirmek amacıyla randomize,

iki taraflı karşılaştırmalı bir klinik çalışma yürütülmüştür. Periodontitis teşhisi konulmuş on bir katılımcı çalışmaya dahil edilmiş ve her katılımcı için üç farklı kadran tedavi edilmiştir; bu doğrultuda bir kadran sadece sütürla, bir kadran sütürü takiben periodontal pat ile ve diğer bir kadran ise sadece siyanoakrilat ile kapatılmıştır. Tüm tedavi modalitelerinin, postoperatif 7. günde *P. gingivalis* Koloni Oluşturan Ünitelerinde (Colony Forming Unit, CFU) istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya yol açtığı saptanmış ($p = 0,001$), en yüksek mikrobiyolojik azalma ise siyanoakrilat grubunda gözlemlenmiştir. Hastaların bildirdiği ağrı skorlarının da diğer tedavi yöntemlerine kıyasla siyanoakrilat grubunda anlamlı derecede daha düşük seyrettiği belirlenmiştir ($p = 0,001$). Elde edilen sonuçlar, siyanoakrilatın geleneksel periodontal patlara biyoyumlu ve etkili bir alternatif olduğunu; periodontal flep cerrahilerinde üstün antimikrobiyal aktivite, azalmış ameliyat sonrası ağrı, daha yüksek hasta memnuniyeti ve klinik olarak etkili bir hemostaz sağladığını ortaya koymaktadır (41).

Pabst ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği karşılaştırmalı *ex-vivo* çalışmada, koronale pozisyonlanan flep operasyonları sonrasında flep kapatma prosedürleri için üç farklı yöntem test edilmiştir. Bu doğrultuda birinci grupta sadece cerrahi sütür, ikinci grupta sadece siyanoakrilat adeziv, üçüncü grupta ise hem sütür hem de siyanoakrilat kombinasyonu kullanılmıştır. Marjinal flep stabilitesi özel bir universal materyal test makinesi aracılığıyla biyomekanik olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre maksimum çekme kuvvetindeki artışın en fazla siyanoakrilat uygulanan grupta meydana geldiği saptanmıştır ($p < 0,001$). Ayrıca siyanoakrilat ve sütürün kombine edildiği gruptaki çekme kuvvetinin, yalnızca sütür uygulanan veya yalnızca siyanoakrilat kullanılan gruplara kıyasla istatistiksel olarak çok daha yüksek bir artış sergilediği rapor edilmiştir (sırasıyla, $p < 0,001$ ve $p < 0,001$) (42).

Palyathan ve arkadaşlarının 2025 yılında yayımlanan karşılaştırmalı çalışmasında, Miller sınıf 1 ve 2 diş eti çekilmesi bulunan hastalarda laterale pozisyone flep cerrahisi uygulanmıştır. Operasyon esnasında alınan bağ dokusu grefti, kontrol grubundaki 5 hastada rezorbe olabilen sütürlar ile sabitlenirken, test grubundaki 5 hastada ise siyanoakrilat adeziv ile stabilize edilmiştir. Klinik sonuçlar karşılaştırıldığında; iki grup arasında diş eti çekilmesi yüksekliği, çekilme genişliği, sondalama cep derinliği ve klinik ataşman seviyesi parametreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığı saptanmıştır ($p > 0,05$) (43).

Rojaz-Cortez tarafından gerçekleştirilen vaka serisi çalışmasında ise Cairo Tip 1 diş eti çekilmesi bulunan iki hastada zarf tekniği ile koronale pozisyonlanan bağ dokusu grefti operasyonu uygulanmıştır. Her iki vakada da greftin ve flebin

sabitlenmesi için sütür yerine siyanoakrilat adeziv kullanılmıştır. Beş yıllık takip süresince diş eti seviyesinin stabil kaldığı gözlenmiştir. Bu   alışma siyanoakrilatın, periodontal plastik cerrahide sütür uygulamalarına alternatif bir materyal olabileceğini düşündürmektedir (44).

Kabilamurthi ve arkadaşları tarafından yürütülen bir diğer çalışmada, dental implant tedavisinin ikinci cerrahi aşaması olan iyileşme başlığı takma uygulamasında, yumuşak doku kapatılması için izoamil 2-siyanoakrilat kullanımının geleneksel ipek s  t  rlar ile karşılaştırmalı klinik etkinliği değerlendirilmiştir. Tek bir arka alt çene molar diş bölgesinde iyileşme başlığı takılması aşamasına gelen, sistemik olarak sağlıklı yirmi hasta çalışmaya dahil edilmiştir. On hastaya yara kapatılması için ipek sütür uygulanırken, kalan on hastaya izoamil 2-siyanoakrilat uygulanmıştır. Postoperatif 3. günde gruplar arasında klinik iyileşme kalitesi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış ($p = 0,10$); ancak 7. günde siyanoakrilat grubundaki erken dönem yara iyileşmesi sonuçlarında anlamlı bir gelişme kaydedilmiştir ($p = 0,01$). Ağrı algısında (VAS) ise operasyon gününde siyanoakrilat grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuş ($p = 0,001$), ancak 3. gündeki takiplerde gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p = 0,31$). Bu sonuçlar, izoamil 2-siyanoakrilatın implant iyileşme başlığı operasyonlarında ipek sütüre kıyasla daha hızlı bir yumuşak doku iyileşmesini teşvik edebileceğini ve operasyon sonrasında oluşan hasta rahatsızlığını belirgin şekilde azaltabileceğini göstermektedir (45).

3. SONUÇ

Genel olarak siyanoakrilat adezivleri; diş hekimliğinde, özellikle de periodontoloji alanında klinik uygulama alanı her geçen gün genişleyen, çok yönlü bir biyomateryaldir. Serbest diş eti grefti sabitlemesi, donör saha   rt  m   ve periodontal flep cerrahileri gibi klinik rutinde sıklıkla başvurulan operasyonlarda, cerrahi işlem sürelerini geleneksel yöntemlere kıyasla neredeyse yarı yarıya kısaltmaktadır. Nemli oral ortamlarda ek bir izolasyon prosedürüne ihtiyaç duymadan hızla polimerize olabilmesi, yara yüzeyi üzerinde koruyucu ve mukavemetli bir mekanik bariyer oluşturmasını sağlamaktadır. Materyalin sahip olduğu üstün hemostatik özellik klinik kanama kontrolünü kolaylaştırırken; güçlü antimikrobiyal ve biyomekanik aktivitesi sayesinde de operasyon sonrasında gelişebilecek plak birikimi, enfeksiyon, doku inflamasyonu ve hastaların hissettiği ağrı/rahatsızlık parametrelerini en alt düzeye indirmektedir. Siyanoakrilat adezivlerin cerrahi sahada herhangi bir kesici-delici iğne ucu kullanımı gerektirmemesi, enjeksiyon fobisi olan hastaların kaygı düzeyini azaltmakta ve hekimler açısından mesleki yaralanma risklerini minimize

etmektedir. Ayrıca doku içerisinde biyorezorbe olabilen doğası, geleneksel sütür uygulamalarında karşılaşılan ve dikişlerin alınmasını zorunlu kılan ikincil bir klinik müdahale ihtiya  ını ortadan kaldırarak hasta ve hekim zamanını optimize etmektedir. Mevcut literatür verileri ışığında n-bütil, oktil ve izoamil gibi yeni nesil siyanoakrilat türevleri; yüksek biyoyumlulukları, doku konturlarını koruma başarıları ve postoperatif morbiditeyi azaltma potansiyelleri ile modern periodontal tedavilerde geleneksel sütürasyon yöntemlerine son derece güvenilir, etkili ve yenilikçi bir alternatif biyomateryal olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, siyanoakrilatların konvansiyonel periodontal materyallere güvenilir bir alternatif olmasının ötesine geçerek klinik standart haline gelebilmesi, gelecekte kurgulanacak uzun takipli ve çok merkezli klinik araştırmaların sonuçlarıyla desteklenmelidir.

4. KAYNAKÇA

1. Cho YD, Kim KH, Lee YM, Ku Y, Seol YJ. Periodontal wound healing and tissue regeneration: A narrative review. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2021;14(5):456. doi: 10.3390/ph14050456.
2. Guo S, Dipietro LA. Factors affecting wound healing. *J Dent Res*. 2010;89(3):219-229. doi: 10.1177/0022034509359125.
3. Gerardi D, Burdo P, Turkyilmaz I, et al. Clinical applications and efficacy of cyanoacrylates in oral surgery and periodontology: A scoping review. *Medicina (Kaunas)*. 2025;61(7):1286. doi: 10.3390/medicina61071286.
4. Becerik S, Nizam N. Periodontal cerrahide kullanılan dikiş teknikleri ve materyalleri: Derleme. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2017;38(3):140-150.
5. Griffin TJ, Hur Y, Bu J. Basic suture techniques for oral mucosa. *Clin Adv Periodontics*. 2011;1:221-232. doi: 10.1902/cap.2011.110053.
6. Medeiros I, Pascoal S, Castro F, Macedo JP, Lopes O, Pereira J. Tissue adhesives for closure of intraoral surgical incisions: A systematic review and meta-analysis. *Int Wound J*. 2024;21(10):e70047. doi: 10.1111/iwj.70047.
7. Miranda M, Gianfreda F, Molica G, Martelli M, Gargari M, Bollero P. The use of cyanoacrylate and glubran in dentistry: A review of clinical applications and outcomes. *Materials (Basel)*. 2025;18(11):2642. doi: 10.3390/ma18112642.
8. Borie E, Rosas E, Kuramochi G, Etcheberry S, Olate S, Weber B. Oral applications of cyanoacrylate adhesives: A literature review. *Biomed Res Int*. 2019;2019:8217602. doi: 10.1155/2019/8217602.
9. Hashemzadeh H, Sakallıoğlu NU, Çiftçi OE. Yumuşak doku cerrahileri sonrası damak yaralarının iyileşmesi: Örtücü materyaller ve etkinlikleri üzerine bir derleme. *J Turkish Dent Res*. 2026;5(1):50-60. doi: 10.58711/turkishjdentres.vi.1606727.
10. PerfectSeal. N-butyl cyanoacrylate VS 2-octyl cyanoacrylate [İnternet]. Erişim tarihi: 25 Temmuz 2026. Erişim adresi: perfectseal.com
11. Suthar P, Shah S, Wankar P, Limaye G, Saha A, Sathe P. Comparing intra-oral wound healing after alveoloplasty using silk sutures and n-butyl-2-cyanoacrylate. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*. 2020;46(1):28-35. doi: 10.5125/jkaoms.2020.46.1.28.
12. Stavropoulou C, Atout RN, Brownlee M, Schroth RJ, Kelekis-Cholakias A. A randomized clinical trial of cyanoacrylate tissue adhesives in donor site of connective tissue grafts. *J Periodontol*. 2019;90(6):608-615. doi: 10.1002/JPER.18-0475.

13. Nevins M, Mendoza-Azpur G, De Angelis N, Kim DM. The biocompatibility of cyanoacrylate tissue adhesive in conjunction with a collagen membrane for providing soft and hard tissue regeneration in extraction socket preservation procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2018;38(Suppl):s37-s42. doi: 10.11607/prd.3770.
14. Oh Oh, Kubota N, Masuno K, Makita Y. Treatments of dental crown caries, root surface caries, and dentin hypersensitivity using the instant adhesive cyanoacrylate. *Clin Case Rep*. 2020;8(7):1180-1184. doi: 10.1002/ccr3.2864.
15. Veríssimo AH, Ribeiro AKC, Martins ARLA, Gurgel BCV, Lins RDAU. Comparative analysis of the hemostatic, analgesic and healing effects of cyanoacrylate on free gingival graft surgical wounds in donor and recipient areas: a systematic review. *J Mater Sci Mater Med*. 2021;32(9):98. doi: 10.1007/s10856-021-06573-z.
16. Camacho-Alonso F, Águila OG, Ferrer-Díaz P, Peñarrocha-Oltra D, Guerrero-Sánchez Y, Bernabeu-Mira JC. Cyanoacrylate versus collagen membrane as a sealing for alveolar ridge preservation: A randomized clinical trial. *J Funct Biomater*. 2024;15(10):279. doi: 10.3390/jfb15100279.
17. Oladega AA, James O, Adeyemo WL. Cyanoacrylate tissue adhesive or silk suture for closure of surgical wound following removal of an impacted mandibular third molar: A randomized controlled study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2019;47(1):93-98. doi: 10.1016/j.jcms.2018.10.018.
18. Santmartí-Oliver M, Bazal-Bonelli S, Sánchez-Labrador L, et al. Cyanoacrylate versus suture as flap closure methods in mandibular third molar surgery: a split-mouth randomized controlled clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2024;29(4):e458-e467. doi: 10.4317/medoral.26375.
19. Narsingyani RG, Patel SM, Sood RA, Bhimani KK, Makwana SV, Savani RR. Attached oral mucosal wound closure using blue glue - A prospective clinical study. *Ann Maxillofac Surg*. 2023;13(1):31-36. doi: 10.4103/ams.ams_2_23.
20. Aljandan B, AlHassan H, Saghah A, Rasheed M, Ali AA. The effectiveness of using different pulp-capping agents on the healing response of the pulp. *Indian J Dent Res*. 2012;23(5):633-637. doi: 10.4103/0970-9290.107381.
21. Moretti Neto RT, Mello I, Moretti AB, Robazza CR, Pereira AA. In vivo qualitative analysis of the biocompatibility of different cyanoacrylate-

- based adhesives. *Braz Oral Res.* 2008;22(1):43-47. doi: 10.1590/s1806-83242008000100008.
22. Choi BH, Kim BY, Huh JY, et al. Cyanoacrylate adhesive for closing sinus membrane perforations during sinus lifts. *J Craniomaxillofac Surg.* 2006;34(8):505-509. doi: 10.1016/j.jcms.2006.07.859.
 23. Hafeez AA, Furmeen SS, Durairaj D, Rajasekaran MA, Rajiah D. Application of n-butyl-2-cyanoacrylate for the treatment of comminuted fractures in the anterior wall of the maxillary sinus: A prospective clinical study. *Cureus.* 2023;15(2):e35487. doi: 10.7759/cureus.35487.
 24. Torres ADS, Martins OBL, Otoni RP, et al. Effectiveness of cyanoacrylate in the treatment of dentin hypersensitivity: A systematic review. *Int J Dent.* 2023;2023:1465957. doi: 10.1155/2023/1465957.
 25. Lima TC, Vieira-Barbosa NM, Grasielle de Sá Azevedo C, et al. Oral health-related quality of life before and after treatment of dentin hypersensitivity with cyanoacrylate and laser. *J Periodontol.* 2017;88(2):166-172. doi: 10.1902/jop.2016.160216.
 26. Flecha OD, Azevedo CG, Matos FR, et al. Cyanoacrylate versus laser in the treatment of dentin hypersensitivity: a controlled, randomized, double-masked and non-inferiority clinical trial. *J Periodontol.* 2013;84(3):287-294. doi: 10.1902/jop.2012.120165.
 27. Bilgiç ÖU, Gürbüz S, Dogan A. The occluding effects of layered calcium phosphate and cyanoacrylate on dentinal tubules: a SEM study. *BMC Oral Health.* 2025;25(1):1859. doi: 10.1186/s12903-025-07156-y.
 28. Gümüş P, Buduneli E. Graft stabilization with cyanoacrylate decreases shrinkage of free gingival grafts. *Aust Dent J.* 2014;59(1):57-64. doi: 10.1111/adj.12149.
 29. Alhourani MA, Kasem T, Hamadah O. Comparative study between using a tissue adhesive (N-BCA & OCA) and surgical sutures in free gingival graft surgery: A randomized controlled clinical trial. *Dent Med Probl.* 2022;59(2):241-248. doi: 10.17219/dmp/135382.
 30. Yılmaz M, Kayaaltı-Yüksek S, Karaduman B. The effects of cyanoacrylate on clinical healing and self-reported outcomes following free gingival graft surgery: A randomized clinical study. *Clin Exp Health Sci.* 2022;12(3):691-696. doi: 10.33808/clinexphealthsci.1012775.
 31. Tavelli L, Asa'ad F, Acunzo R, Pagni G, Consonni D, Rasperini G. Minimizing patient morbidity following palatal gingival harvesting: A randomized controlled clinical study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018;38(6):e127-e134. doi: 10.11607/prd.3581.

32. Tavelli L, Ravidà A, Saleh MHA, et al. Pain perception following epithelialized gingival graft harvesting: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2019;23(1):459-468. doi: 10.1007/s00784-018-2455-5.
33. Basma HS, Saleh MHA, Abou-Arraj RV, et al. Patient-reported outcomes of palatal donor site healing using four different wound dressing modalities following free epithelialized mucosal grafts: A four-arm randomized controlled clinical trial. *J Periodontol*. 2023;94(1):88-97. doi: 10.1002/JPER.22-0172.
34. Ozcan M, Ucak O, Alkaya B, Keceli S, Seydaoglu G, Haytac MC. Effects of platelet-rich fibrin on palatal wound healing after free gingival graft harvesting: A comparative randomized controlled clinical trial. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2017;37(5):e270-e278. doi: 10.11607/prd.3226.
35. Karimi MR, Sadatmansouri S, Anoush G, Montazeri M, Taheri N. Effect of cyanoacrylate adhesive on palatal wound healing following free gingival grafting: A clinical trial. *J Res Dent Maxillofac Sci*. 2024;9(2):71-79.
36. Castro-Gaspar C, Olmedo-Gaya MV, Romero-Olid MN, Lisbona-Gonzalez MJ, Vallecillo-Rivas M, Reyes-Botella C. Comparison between tissue adhesive cyanoacrylate and suture for palatal fibromucosa healing: A randomized controlled study. *Materials (Basel)*. 2021;14(22):7009. doi: 10.3390/ma14227009.
37. Gautam J, Sood A, Chaudhry S, Ghumman S, Chopra A. Beyond the needle: A comparative evaluation of silk sutures and cyanoacrylate for periodontal flap closure. *Cureus*. 2024;16(3):e56604. doi: 10.7759/cureus.56604.
38. Chandra S, Shashikumar P, Nisha S. Comparative evaluation of n-butyl cyanoacrylate with braided silk suture after periodontal flap surgery: A randomized controlled trial. *World J Dent*. 2021;12(3):180-184.
39. Khurana JV, Mali AM, Mali RS, Chaudhari AU. Comparative evaluation of healing after periodontal flap surgery using isoamyl 2-cyanoacrylate (bioadhesive material) and silk sutures: A split-mouth clinical study. *J Indian Soc Periodontol*. 2016;20(4):417-422. doi: 10.4103/0972-124X.194267.
40. Sadatmansouri S, Moradi S, Iranpour B. Effect of cyanoacrylate adhesive on tissue healing after periodontal surgery. *J Res Dent Maxillofac Sci*. 2020;5(2):13-19.
41. Gupta A, Bhardwaj A, Kamra S, Sharma M. Assessment of efficacy of two different periodontal dressing materials on *Porphyromonas gingivalis*

- count and patient satisfaction following periodontal flap surgery. *World J Dent.* 2025;16(1):14-21.
42. Pabst A, Becker P, Kuchen R, et al. A comparative study of cyanoacrylate-based tissue adhesive and surgical sutures on marginal flap stability following coronally advanced flap. *Clin Oral Investig.* 2024;28(5):295. doi: 10.1007/s00784-023-05390-8.
 43. Palyathan I, Ramesh D, Mani E, Pannerselvam S, Pandian DS, Pannerselvam H. Clinical outcomes of root coverage using lateral pedicle grafts with suture and isoamyl cyanoacrylate stabilisation - A comparative study. *Indian J Dent Res.* 2025;36(4):425-429. doi: 10.4103/ijdr.ijdr_652_25.
 44. Rojas J, Righesso L, Rojas-Cortez L. Use of cyanoacrylate for the stabilization of tissues in root coverage procedures: A case series report with 5 years follow up. *Int J Interdiscip Dent.* 2021;14(2):191-193. doi: 10.4067/S2452-55882021000200191.
 45. Kabilamurthi RS, Priya Lochana G, Thiyaneswaran N. Comparison of effectiveness of cyanoacrylate over conventional sutures in Implant stage II recovery procedure. A randomized controlled clinical study. *J Osseointegr.* 2022;14(2):107-111. doi: 10.23805/JO.2022.14.02.4.

2. Bölüm

Erken Mine Çürüklerinin Tedavisinde Rezin İnfiltrasyonu: Güncel Yaklaşımlar

Ayşe Tuğçe TUNAÇ¹

Özet

Diş çürüğü, dünya genelinde en yaygın kronik hastalıklardan biri olup, günümüzde tedavi yaklaşımı sağlıklı diş dokusunun korunmasını esas alan minimal invaziv yöntemlere yönelmiştir. Erken mine çürükleri, uygun zamanda tanı konulduğunda kaviteasyon gelişmeden kontrol altına alınabilen başlangıç lezyonlarıdır. Rezin infiltrasyonu, demineralize mine dokusundaki poroziteleri düşük viskoziteli rezin ile doldurarak lezyon progresyonunu durdurmayı amaçlayan mikroinvaziv bir tedavi yöntemidir. Ayrıca mine ile infiltrasyon materyali arasındaki optik uyum sayesinde beyaz nokta lezyonlarının görünümünü iyileştirerek estetik fayda da sağlamaktadır. Bu bölümde rezin infiltrasyonunun etki mekanizması, klinik endikasyonları, uygulama protokolü, klinik etkinliği, avantajları, sınırlılıkları ve güncel gelişmeler güncel literatür ışığında değerlendirilmiştir. Mevcut bilimsel kanıtlar, rezin infiltrasyonunun özellikle kaviteasyonsuz başlangıç mine lezyonlarında çürük progresyonunu azaltmada ve estetik görünümü iyileştirmede etkili ve güvenilir bir tedavi seçeneği olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte tedavi başarısı; doğru hasta seçimi, uygun izolasyon, standart uygulama protokolüne uyum ve bireyselleştirilmiş çürük risk yönetimi ile yakından ilişkilidir. Rezin infiltrasyonu, koruyucu uygulamaların yerine geçen bir yöntem değil, biyofilm kontrolü, florür uygulamaları ve remineralizasyon stratejileriyle birlikte uygulanması gereken kapsamlı çürük yönetiminin önemli bir bileşenidir.

Anahtar Kelimeler: Rezin infiltrasyonu; erken mine çürüğü, beyaz nokta lezyonu, minimal invaziv diş hekimliği, mikroinvaziv tedavi, başlangıç çürüğü

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-7175-7444

1. Giriş

Diş çürüğü, dünya genelinde en yaygın kronik hastalıklardan biri olmaya devam etmekte olup, günümüzde yalnızca kavite oluşumuna odaklanan geleneksel tedavi yaklaşımlarının yerini, hastalığın erken evrede kontrol altına alınmasını hedefleyen minimal invaziv stratejiler almaktadır. Güncel çürük yönetimi anlayışı, demineralizasyon sürecinin başlangıç aşamasında tanı konulmasını, biyolojik dokuların mümkün olduğunca korunmasını ve restoratif tedavinin yalnızca gerekli durumlarda uygulanmasını esas almaktadır (1-4).

Erken mine çürükleri, mine yüzeyinin bütünlüğünü büyük ölçüde koruduğu, ancak yüzey altı demineralizasyonun başladığı lezyonlardır. Klinik olarak genellikle opak beyaz görünümde izlenen bu lezyonlar, uygun zamanda müdahale edilmediğinde ilerleyerek kavitasyona dönüşebilmekte ve restoratif tedavi gereksinimi doğurmaktadır. Buna karşın erken dönemde uygulanan koruyucu ve mikroinvaziv tedaviler ile lezyon progresyonunun durdurulması veya geri döndürülmesi mümkün olabilmektedir (1,2).

Son yıllarda geliştirilen rezin infiltrasyonu, erken mine çürüklerinin tedavisinde minimal invaziv yaklaşımın önemli bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Bu yöntemde düşük viskoziteli rezin materyali, demineralize mine dokusundaki mikroporozitelere kapiller etki ile infiltre edilerek lezyonun difüzyon yolları kapatılmakta, böylece asit ve çözünmüş minerallerin lezyon içerisine geçişi sınırlandırılarak çürük ilerlemesi durdurulmaktadır. Ayrıca infiltrasyon sonrasında mine ile rezin arasındaki kırılma indislerinin birbirine yaklaşması sayesinde beyaz nokta lezyonlarının görünümünde estetik iyileşme sağlanabilmektedir (5-8).

Rezin infiltrasyonu; özellikle kavitasyonsuz proksimal mine lezyonları, düz yüzey başlangıç çürükleri ve ortodontik tedavi sonrası gelişen beyaz nokta lezyonlarının yönetiminde etkinliği kanıtlanmış bir tedavi seçeneğidir. Son yıllarda yayımlanan sistematik derlemeler ve meta-analizler, bu yöntemin çürük progresyonunu azaltmada ve estetik sonuçları iyileştirmede başarılı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, hasta seçimi, lezyon derinliği, izolasyon kalitesi ve uygulama protokolüne uyum gibi faktörler tedavi başarısını doğrudan etkilemektedir (8-12,13,14).

Bu bölümde, erken mine çürüklerinin tedavisinde rezin infiltrasyonunun bilimsel temelleri, etki mekanizması, klinik endikasyonları, uygulama basamakları, güncel klinik kanıtlar ile avantajları, sınırlılıkları ve gelecekteki gelişim alanları güncel literatür ışığında ele alınacaktır (1,3,11,12).

2. Erken Mine Çürüklerinin Özellikleri

Erken mine çürükleri, mine yüzeyinin bütünlüğünü koruduğu ancak yüzey altı demineralizasyonun başladığı başlangıç lezyonlarıdır. Bu lezyonlar, dış yüzeyinde uzun süreli biyofilm birikimi sonucunda bakterilerin fermente edilebilir karbonhidratlardan organik asit üretmesiyle ortaya çıkan mineral kaybının ilk klinik bulgusunu oluşturur. Demineralizasyon ve remineralizasyon süreçleri arasındaki dengenin demineralizasyon lehine bozulmasıyla birlikte mine kristallerinde çözünme meydana gelir ve zamanla yüzey altı porozitesi gelişir. Bu süreç uygun koruyucu yaklaşımlarla durdurulabilir veya geri döndürülebilirken, müdahale edilmediğinde lezyon ilerleyerek kaviteye dönüşebilir (1, 2).

Histopatolojik olarak erken mine lezyonları dört temel bölgeden oluşmaktadır: yüzey tabakası, lezyon gövdesi, karanlık bölge ve translusent bölge. Yaklaşık 20–50 µm kalınlığındaki yüzey tabakası mineral içeriğinin büyük bölümünü korurken, en fazla mineral kaybı lezyon gövdesinde görülmektedir. Bu nedenle erken mine çürükleri klinik olarak sağlam görünen bir yüzey altında önemli miktarda mineral kaybı içerebilir. Rezin infiltrasyonunun temel hedefi de yüzey altındaki bu poröz yapıya düşük viskoziteli rezin monomerlerinin penetre edilmesidir (2,6,7).

Klinik olarak erken mine lezyonları genellikle tebeşirimsi beyaz, mat ve opak görünümde izlenmektedir. Lezyonun görünümü yüzeyin nem durumundan etkilenmektedir. Islak yüzeylerde refraktif indeks farkı azalırken, kurutma sonrasında poroziteler hava ile dolduğu için beyaz görünüm belirginleşmektedir. Bu nedenle hava ile kurutma, erken mine lezyonlarının klinik değerlendirilmesinde önemli bir basamaktır. Özellikle ortodontik tedavi sonrası braket çevresinde gelişen beyaz nokta lezyonları rezin infiltrasyonunun en sık uygulama alanlarından birini oluşturmaktadır (2,14,15).

Günümüzde erken mine lezyonlarının değerlendirilmesinde yalnızca kaviteye varlığı değil, lezyon aktivitesi ve ilerleme riski de dikkate alınmaktadır. Uluslararası Caries Detection and Assessment System (ICDAS), başlangıç mine lezyonlarının standart şekilde değerlendirilmesini sağlayan en yaygın klinik sınıflandırma sistemlerinden biridir. Rezin infiltrasyonu için en uygun adaylar, yüzey bütünlüğünü koruyan ve radyografik olarak genellikle dış mine veya iç mine ile sınırlı olan kaviteyeksiz lezyonlardır. Dentin seviyesine ilerlemiş veya yüzey bütünlüğü bozulmuş lezyonlarda ise infiltrasyon tek başına yeterli olmamakta ve restoratif tedavi seçenekleri değerlendirilmelidir (4,16,17).

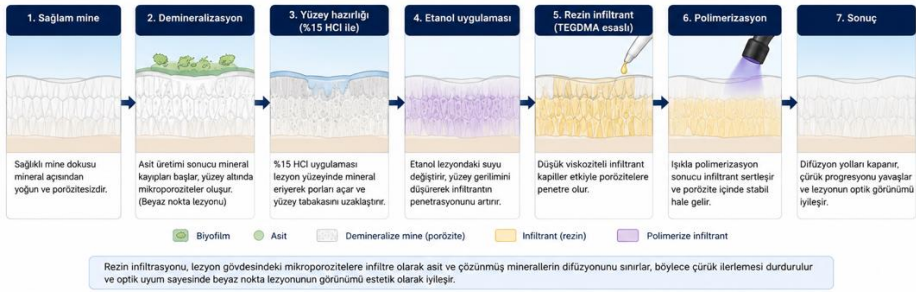
Erken mine çürüklerinin tedavisinde temel amaç yalnızca mevcut lezyonun ilerlemesini durdurmak değil, aynı zamanda hastanın çürük riskini azaltarak yeni lezyon oluşumunu önlemektir. Bu nedenle rezin infiltrasyonu, florür

uygulamaları, remineralizasyon ajanları, biyofilm kontrolü ve bireyselleştirilmiş koruyucu yaklaşımlarla birlikte değerlendirilmesi gereken minimal invaziv tedavi stratejilerinden biridir (3,11,12).

3. Rezin İnfiltrasyonunun Temel Prensipleri

Rezin infiltrasyonu, başlangıç mine çürüklerinin tedavisinde geliştirilen mikroinvaziv bir yaklaşım olup, lezyonun mekanik olarak uzaklaştırılmasını gerektirmeden çürük progresyonunu durdurmaya amaçlamaktadır. Bu yöntem, demineralize mine dokusundaki yüzey altı porozitelerin düşük viskoziteli resin monomerleri ile doldurulmasına dayanır. Böylece lezyon içerisine asitlerin ve çözünmüş minerallerin difüzyonu sınırlandırılırken, mine dokusunun doğal yapısı büyük ölçüde korunmaktadır. Rezin infiltrasyonunun etki mekanizması Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir (5–8).

Şekil 1. Rezin infiltrasyonunun etki mekanizması



Yöntemin temelini oluşturan biyofiziksel mekanizma kapiller infiltrasyon ilkesidir. Demineralizasyon sonucunda mine prizmaları arasında oluşan mikroporoziteler, sıvıların kapiller kuvvetlerle ilerleyebileceği dar kanallar meydana getirir. Yüksek penetrasyon kapasitesine sahip resin monomerleri bu poröz yapıya kendiliğinden ilerleyerek lezyon gövdesini doldurur. İnfiltrasyonun başarısı; rezinin viskozitesi, yüzey gerilimi, temas açısı ve penetrasyon katsayısı gibi fiziksel özelliklere bağlıdır. Bu nedenle infiltrasyon materyalleri, geleneksel adeziv rezinlerden daha düşük viskoziteye sahip olacak şekilde geliştirilmiştir (6,7,18,19).

Rezin infiltrasyonunda kullanılan materyallerin büyük bölümü trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) esaslıdır. TEGDMA'nın düşük molekül ağırlığı ve düşük viskozitesi, demineralize mine porozitelerine etkin şekilde penetre olmasını sağlamaktadır. Buna karşılık Bis-GMA gibi daha yüksek viskoziteli monomerlerin infiltrasyon kapasitesi sınırlıdır. Bu nedenle infiltrasyon

materyallerinde yüksek penetrasyon özelliğini koruyacak monomer kombinasyonları tercih edilmektedir (7,19,20).

Başarılı bir infiltrasyon için yalnızca uygun rezin seçimi yeterli değildir. Mine yüzeyinde bulunan hipermineralize tabaka, rezinin lezyon içerisine ilerlemesini önemli ölçüde engelleyebilir. Bu nedenle uygulama öncesinde hidroklorik asit ile gerçekleştirilen kontrollü yüzey pürüzlendirmesi, yüzey bariyerini uzaklaştırarak porozitelerin açığa çıkmasını sağlar. Takiben uygulanan etanol bazlı kurutucu ajan, porozitelerde bulunan suyun uzaklaştırılmasına yardımcı olur ve rezinin infiltrasyon derinliğini artırır. Bu hazırlık basamakları, tedavinin başarısını doğrudan etkileyen kritik aşamalardır (19,21).

Rezin infiltrasyonunun çürük progresyonunu durdurmadaki temel etkisi, lezyon içerisindeki difüzyon yollarını kapatmasına dayanmaktadır. Demineralize mine dokusuna infiltre olan polimerize rezin, hidrojen iyonları ile çözünmüş kalsiyum ve fosfat iyonlarının hareketini önemli ölçüde azaltır. Böylece demineralizasyon süreci yavaşlatılır ve lezyonun ilerleme riski düşürülür. İn vitro ve klinik çalışmalar, özellikle mine ile sınırlı kavitasyonsuz lezyonlarda rezin infiltrasyonunun lezyon progresyonunu anlamlı düzeyde azalttığını göstermektedir (8,18,13).

Rezin infiltrasyonunun dikkat çekici özelliklerinden biri de estetik iyileşme sağlamasıdır. Sağlam mine dokusunun kırılma indisi yaklaşık 1,62, hava ile dolu porozitelerin kırılma indisi ise yaklaşık 1,0'dır. Bu fark nedeniyle erken mine çürükleri klinik olarak opak beyaz görünmektedir. İnfiltrasyon sonrasında porozitelerin kırılma indisi yaklaşık 1,46–1,52 olan rezin ile doldurulması, sağlam mine ile lezyon arasındaki optik farkı azaltır ve ışık saçılımını düşürür. Sonuç olarak beyaz nokta lezyonlarının görünürlüğü belirgin şekilde azalır ve estetik açıdan tatmin edici sonuçlar elde edilir. Bu optik etki, özellikle ortodontik tedavi sonrası gelişen beyaz nokta lezyonlarının yönetiminde yöntemin yaygın olarak tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biridir (14,15,22).

Bununla birlikte rezin infiltrasyonu biyolojik olarak çürüğü ortadan kaldıran bir tedavi değildir. Tedavinin uzun dönem başarısı; etkin biyofilm kontrolü, uygun florür kullanımı, bireysel çürük riskinin azaltılması ve düzenli klinik takip ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle rezin infiltrasyonu, kapsamlı çürük yönetiminin tek başına değil, koruyucu uygulamalarla birlikte değerlendirilmesi gereken önemli bir bileşenidir (3,11,12).

4. Klinik Endikasyonlar ve Kontrendikasyonlar

Rezin infiltrasyonu, başlangıç mine çürüklerinin tedavisinde geliştirilen mikroinvaziv bir yöntem olmakla birlikte, tedavinin başarısı büyük ölçüde doğru endikasyon seçimine bağlıdır. Lezyonun derinliği, yüzey bütünlüğü, aktivitesi ve hastanın çürük riski tedavi planlamasında dikkate alınması gereken temel faktörlerdir. Güncel klinik rehberler ve sistematik derlemeler, rezin infiltrasyonunun özellikle kavitasyonsuz mine lezyonlarında çürük progresyonunu yavaşlatmada etkili olduğunu göstermektedir (11-13).

En önemli endikasyonlardan biri, interproksimal başlangıç çürükleridir. Klinik muayenede kavitasyon bulunmayan ve radyografik olarak dış mine (E1), iç mine (E2) veya dış dentinin yüzeyel kısmına (D1) kadar uzanan lezyonlar uygun hasta seçimi yapıldığında rezin infiltrasyonundan yarar görebilmektedir. Özellikle orta ve yüksek çürük riskine sahip bireylerde rezin infiltrasyonu, yalnızca florür uygulamalarına kıyasla lezyon ilerlemesini daha etkin şekilde kontrol edebilmektedir. Ancak dentinin daha derin tabakalarına ulaşmış veya yüzey bütünlüğünü kaybetmiş lezyonlarda restoratif tedavi seçenekleri ön plana çıkmaktadır (8-10,13,17).

Rezin infiltrasyonunun en başarılı uygulama alanlarından biri de ortodontik tedavi sonrası gelişen beyaz nokta lezyonlarıdır. Sabit ortodontik tedavi sırasında plak retansiyonunun artmasına bağlı olarak gelişen bu lezyonlar, tedavi sonrasında estetik açıdan önemli bir sorun oluşturabilmektedir. Rezin infiltrasyonu, lezyonun optik özelliklerini değiştirerek beyaz opak görünümün belirginliğini azaltmakta ve estetik iyileşme sağlamaktadır. Klinik çalışmalar, tedavi sonrasında hasta memnuniyetinin yüksek olduğunu ve estetik etkinin uzun süre korunabildiğini bildirmektedir (14,15,22,23).

Düz yüzey başlangıç lezyonları da uygun endikasyonlar arasında yer almaktadır. Özellikle vestibül yüzeylerde görülen aktif olmayan beyaz nokta lezyonlarında rezin infiltrasyonu başarılı sonuçlar verebilmektedir. Bununla birlikte uygulama öncesinde lezyonun aktif veya inaktif olduğunun değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Aktif lezyonlarda biyofilm kontrolü ve çürük risk yönetimi infiltrasyon tedavisiyle birlikte planlanmalıdır (14-20).

Son yıllarda rezin infiltrasyonu, hafif dental florozis, travmaya bağlı gelişimsel mine opasiteleri ve bazı hipomineralizasyon olgularında estetik amaçla da uygulanmaktadır. Ancak bu durumlarda bilimsel kanıt düzeyi başlangıç çürüklerine kıyasla daha sınırlıdır. Lezyonun derinliği ve etiyolojisi tedavi sonucunu önemli ölçüde etkileyebileceğinden, hasta seçiminin dikkatli yapılması gerekmektedir (14,23).

Buna karşın rezin infiltrasyonu her klinik durumda uygun bir tedavi seçeneği değildir. Kavitasyonlu lezyonlarda, mine yüzeyinin bütünlüğü bozulduğu için

infiltrasyon tek başına yeterli değildir ve restoratif tedavi gerekmektedir. Benzer şekilde geniş dentin lezyonları, pulpal semptomların eşlik ettiği çürükler ve yeterli izolasyonun sağlanamadığı klinik koşullar rezin infiltrasyonu için kontrendikasyon oluşturmaktadır. Ayrıca yoğun renklenme içeren lezyonlarda veya derin hipomineralizasyon olgularında estetik sonuçlar öngörülebilir olmayabilir (13,17,23).

Tedavi başarısını belirleyen en önemli faktörlerden biri de hasta seçimidir. Düşük çürük riskine sahip bireylerde yalnızca koruyucu uygulamalar yeterli olabileceken, orta ve yüksek çürük riskine sahip hastalarda rezin infiltrasyonu florür uygulamaları, bireyselleştirilmiş ağız hijyeni eğitimi ve düzenli takip programıyla birlikte değerlendirildiğinde daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bu nedenle rezin infiltrasyonu tek başına bir tedavi yöntemi olarak değil, kapsamlı çürük yönetiminin mikroinvaziv bir bileşeni olarak ele alınmalıdır (3,11,12). Resin infiltrasyonunun başlıca endikasyonları ve kontrendikasyonları Tablo 1'de özetlenmiştir (11–14,17,23).

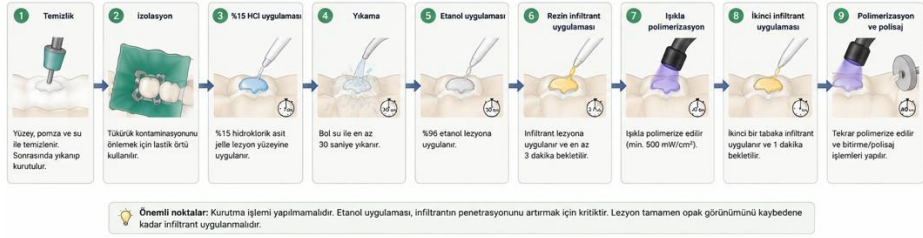
Tablo 1. Resin infiltrasyonunun endikasyonları ve kontrendikasyonları

Endikasyonlar	Kontrendikasyonlar
Kavitasyonsuz interproksimal mine lezyonları (E1–E2, seçilmiş D1)	Kavitasyonlu lezyonlar
Kavitasyonsuz düz yüzey başlangıç çürükleri	İleri dentin çürükleri
Ortodonti sonrası beyaz nokta lezyonları	Pulpal semptomların varlığı
Estetik amaçlı seçilmiş beyaz nokta lezyonları	İzolasyonun sağlanamadığı olgular
Hafif florozis ve yüzeysel opasiteler (Seçilmiş olgular)	Derin hipomineralizasyon veya yaygın yapısal mine defektleri

5. Klinik Uygulama Protokolü

Resin infiltrasyonunun klinik başarısı yalnızca materyalin özelliklerine değil, uygulama protokolünün doğru şekilde uygulanmasına da bağlıdır. Resin infiltrasyonunun standart klinik uygulama basamakları Şekil 2'de özetlenmiştir (9–12). Tedavi sırasında gerçekleştirilen her basamak, rezinin lezyon içerisine yeterli derinlikte penetre olmasını ve uzun dönem başarının sağlanmasını amaçlamaktadır. Bu nedenle üretici firma tarafından önerilen uygulama protokolüne uyulması ve yeterli izolasyonun sağlanması kritik öneme sahiptir (19,21,24).

Şekil 2. Rezin infiltrasyonunun klinik uygulama basamakları



İlk aşamada tedavi edilecek diş yüzeyi profesyonel olarak temizlenmeli ve plak ile yüzey kalıntılarından arındırılmalıdır. Özellikle interproksimal lezyonlarda uygulama alanının yeterince görülebilmesi amacıyla separasyon kama veya elastik separatörlerden yararlanılabilir. Daha sonra uygulama alanı tükürük ve nem kontaminasyonunu önlemek amacıyla tercihen rubber dam ile izole edilir. Rubber dam kullanımının mümkün olmadığı olgularda pamuk rulolar ve yüksek hacimli aspirasyon ile etkin nem kontrolü sağlanmalıdır (21,24).

Mine yüzeyinde bulunan hipermineralize tabakanın uzaklaştırılması amacıyla yaklaşık %15 hidroklorik asit içeren jel, önerilen süre boyunca lezyon yüzeyine uygulanır. Bu aşama, yüzey bariyerini kaldırarak rezinin yüzey altındaki poröz yapıya ulaşmasını kolaylaştırır. Asit uygulamasını takiben yüzey bol su ile yıkanır ve hava spreyi ile kurutulur (21).

Bir sonraki basamakta etanol bazlı kurutucu ajan uygulanarak lezyon porozitelerinde bulunan su uzaklaştırılır. Etanolün yüksek volatilitesi sayesinde rezinin infiltrasyon derinliği artarken, aynı zamanda infiltrasyon sonrasında elde edilecek estetik görünüm hakkında klinisyene ön değerlendirme yapma olanağı da sağlanır (19).

Hazırlanan yüzeye düşük viskoziteli infiltrasyon rezini uygulanır ve materyalin kapiller etki ile lezyon içerisine ilerlemesi için belirli bir süre beklenir. Daha sonra yüzeyde kalan fazla materyal uzaklaştırılır ve rezin uygun dalga boyundaki LED ışık cihazı ile polimerize edilir. İlk polimerizasyon sonrasında oluşabilecek polimerizasyon büzülmesine bağlı boşlukları azaltmak amacıyla ikinci bir resin uygulaması yapılması önerilmektedir. Son aşamada yüzey polisaj diskleri veya lastikleri ile düzeltilerek plak retansiyonu azaltılır ve yüzey parlaklığı artırılır (19,24).

Her ne kadar infiltrasyon tek seansta tamamlanan bir işlem olsa da, tedavi sonrasında hastaların çürük riski yeniden değerlendirilmeli ve florür uygulamaları, bireysel ağız hijyeni eğitimi ile düzenli klinik kontroller ihmal edilmemelidir. Rezin infiltrasyonu, koruyucu yaklaşımların yerine geçen değil, onları tamamlayan mikroinvaziv bir tedavi yöntemidir (3,11,12).

6. Klinik Etkinlik ve Bilimsel Kanıtlar

Rezin infiltrasyonunun klinik etkinliği son on beş yılda gerçekleştirilen çok sayıda randomize kontrollü klinik çalışma, sistematik derleme ve meta-analiz ile değerlendirilmiştir. Mevcut bilimsel kanıtlar, özellikle kavitasyonsuz mine lezyonlarında rezin infiltrasyonunun lezyon progresyonunu azaltmada etkili olduğunu ve birçok durumda yalnızca florür uygulamalarına göre daha başarılı sonuçlar sağladığını göstermektedir (8-12,13).

İnterproksimal başlangıç çürüklerinde yapılan uzun dönem klinik çalışmalar, rezin infiltrasyonu uygulanan lezyonların büyük bölümünde radyografik ilerlemenin durduğunu veya anlamlı ölçüde yavaşladığını bildirmiştir. Sistematik derlemeler, bu etkinin özellikle orta ve yüksek çürük riskine sahip bireylerde daha belirgin olduğunu göstermektedir. Rezin infiltrasyonu ile kapatılan mikroporozitelerin asit difüzyonunu azaltması, yöntemin biyolojik etkinliğinin temelini oluşturmaktadır (8-10,13,25).

Ortodontik tedavi sonrası gelişen beyaz nokta lezyonlarında ise rezin infiltrasyonu yalnızca çürük progresyonunu kontrol etmekle kalmamakta, aynı zamanda estetik iyileşme sağlamaktadır. Klinik çalışmalarda infiltrasyon sonrasında opak görünümün belirgin şekilde azaldığı, hasta memnuniyetinin arttığı ve estetik etkinin uzun dönem takiplerde büyük ölçüde korunduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte estetik başarının; lezyon derinliği, başlangıç renk farklılığı ve uygulama protokolünün doğruluğundan etkilendiği unutulmamalıdır (14,15,22,23,26).

Rezin infiltrasyonu sıklıkla florür vernikleri, CPP-ACP içeren ajanlar ve diğer remineralizasyon stratejileri ile karşılaştırılmıştır. Florür ve remineralizasyon ajanları esas olarak yüzey mineralizasyonunu desteklerken, rezin infiltrasyonu lezyon gövdesini fiziksel olarak stabilize etmektedir. Bu nedenle iki yaklaşım birbirinin alternatifi olmaktan çok tamamlayıcısı olarak değerlendirilmelidir. Özellikle yüksek çürük riskine sahip hastalarda infiltrasyon sonrasında florür kullanımının sürdürülmesi önerilmektedir (23,27,28).

Meta-analizlerde bildirilen ortak sonuç, rezin infiltrasyonunun uygun endikasyonlarda güvenli, minimal invaziv ve etkili bir tedavi seçeneği olduğu yönündedir. Bununla birlikte çalışmaların önemli bir kısmında takip sürelerinin sınırlı olması, farklı lezyon tiplerinin birlikte değerlendirilmesi ve uygulama protokollerindeki farklılıklar nedeniyle daha uzun süreli, yüksek metodolojik kalitede klinik araştırmalara ihtiyaç devam etmektedir (11-14,26).

7. Avantajlar ve Sınırlılıklar

Rezin infiltrasyonu, minimal invaziv diş hekimliği yaklaşımının temel prensipleri doğrultusunda geliştirilen ve sağlıklı diş dokusunun korunmasını hedefleyen tedavi yöntemlerinden biridir. Başarılı hasta seçimi ve uygun klinik uygulama ile değerlendirildiğinde hem biyolojik hem de estetik açıdan önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, her tedavi yönteminde olduğu gibi rezin infiltrasyonunun da belirli sınırlılıkları bulunmaktadır ve bu sınırlılıkların bilinmesi doğru endikasyon seçiminde büyük önem taşımaktadır (5,12-14).

Yöntemin en önemli avantajlarından biri, sağlam diş dokusunun korunmasını sağlamasıdır. Geleneksel restoratif tedavilerde çürük dokusuna ulaşabilmek amacıyla sağlıklı mine dokusunun bir kısmının uzaklaştırılması gerekebilirken, rezin infiltrasyonunda herhangi bir preparasyon yapılmaksızın lezyonun ilerlemesi kontrol altına alınabilmektedir. Bu yönüyle rezin infiltrasyonu, restoratif döngünün geciktirilmesine katkı sağlayan mikroinvaziv bir tedavi seçeneğidir (3,5,12).

Bir diğer önemli avantajı, çürük progresyonunu biyolojik olarak yavaşlatmasıdır. Demineralize mine içerisindeki porozitelerin rezin ile doldurulması, organik asitlerin ve çözünmüş iyonların lezyon içerisine difüzyonunu azaltarak mineral kaybının ilerlemesini sınırlar. Özellikle kavitsiyonsuz başlangıç mine lezyonlarında bu mekanizma klinik başarıyı belirleyen temel faktörlerden biridir (8,13,18).

Rezin infiltrasyonu aynı zamanda estetik açıdan da önemli kazanımlar sağlamaktadır. Beyaz nokta lezyonlarında rezinin kırılma indisinin mineye yaklaşması sonucu ışık saçılımı azalmakta ve opak görünüm belirgin şekilde hafiflemektedir. Bu nedenle özellikle ortodontik tedavi sonrası gelişen beyaz nokta lezyonlarında hasta memnuniyetinin yüksek olduğu bildirilmektedir. Tedavinin tek seansta tamamlanabilmesi, anestezi gerektirmemesi ve hasta konforunun yüksek olması da yöntemin önemli avantajları arasında yer almaktadır (14,15,22,26).

Bununla birlikte rezin infiltrasyonu her lezyon için uygun bir tedavi değildir. Kavitsiyonlu lezyonlarda yüzey bütünlüğünün bozulmuş olması nedeniyle infiltrasyon materyali lezyonu stabilize etmek için yeterli olmayabilir ve restoratif tedavi gerekebilir. Benzer şekilde dentinin derin tabakalarına ilerlemiş çürüklerde yöntemin etkinliği sınırlıdır. Bu nedenle klinik ve radyografik değerlendirme ile doğru hasta seçimi tedavi başarısının ön koşuludur (13,17,23).

Yöntemin başarısını etkileyen diğer önemli faktörlerden biri nem kontrolüdür. Rezin infiltrasyonu sırasında tükürük veya kan kontaminasyonu, infiltrasyon derinliğini azaltarak tedavinin etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu

nedenle özellikle interproksimal bölgelerde uygun izolasyonun sağlanması büyük önem taşımaktadır (21,24).

Uzun dönem klinik sonuçlar genel olarak olumlu olmakla birlikte, infiltrasyon materyalinin zaman içerisinde renk stabilitesi, yüzey aşınması ve yeniden renklenmeye karşı direnci konusunda farklı sonuçlar bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle çay, kahve, kırmızı şarap ve sigara gibi ekstrinsik renklendirici ajanlara uzun süre maruz kalan bireylerde yüzey renklenmelerinin gelişebileceği gösterilmiştir. Ancak uygun polisaj işlemleri ve düzenli profesyonel bakım ile bu renklenmelerin büyük ölçüde kontrol altına alınabileceği bildirilmektedir (14,22,26).

Sonuç olarak rezin infiltrasyonu, uygun endikasyonlarda uygulandığında yüksek başarı oranına sahip, güvenilir ve doku koruyucu bir tedavi yöntemidir. Bununla birlikte tedavi başarısı; doğru hasta seçimi, uygun uygulama protokolü ve etkin çürük risk yönetimi ile yakından ilişkilidir (12-14). Resin infiltrasyonunun klinik uygulamadaki temel avantajları ve sınırlılıkları Tablo 2'de özetlenmiştir (3,5,8,12–14,22,26).

Tablo 2. Resin infiltrasyonunun başlıca avantajları ve sınırlılıkları

Avantajlar	Sınırlılıklar
Sağlam diş dokusunu korur	Kaviteyolu lezyonlarda tek başına yeterli değildir
Kaviteyonsuz lezyonlarda çürük progresyonunu yavaşlatır	Doğru endikasyon seçimi gerektirir
Estetik iyileşme sağlar	Nem kontrolüne duyarlıdır
Tek seansta uygulanabilir	Derin dentin lezyonlarında etkinliği sınırlıdır
Anestezi ve preparasyon gerektirmez	Uzun dönem renk stabilitesi değişken olabilir
Hasta konforu yüksektir	Düzenli takip ve koruyucu uygulamalar gerektirir

8. Güncel Gelişmeler ve Gelecek Perspektifleri

Resin infiltrasyonu son yıllarda yalnızca başlangıç mine çürüklerinin tedavisinde kullanılan bir mikroinvaziv yöntem olmanın ötesine geçmiş, materyal bilimi ve koruyucu diş hekimliğindeki gelişmeler doğrultusunda yeni uygulama alanları kazanmaya başlamıştır. Güncel araştırmalar; infiltrasyon materyallerinin biyolojik özelliklerinin geliştirilmesi, antibakteriyel etkinliğin artırılması, estetik başarının iyileştirilmesi ve uzun dönem klinik performansın yükseltilmesine odaklanmaktadır (27-31).

Araştırmaların yoğunlaştığı alanlardan biri biyoaktif infiltrasyon materyalleridir. Günümüzde kullanılan infiltrasyon rezinleri esas olarak lezyonun fiziksel olarak stabilize edilmesini hedeflemektedir. Buna karşın yeni nesil

materyallerin yalnızca poroziteleri doldurmakla kalmayıp aynı zamanda kalsiyum, fosfat veya florür iyonları salarak remineralizasyon sürecini desteklemesi amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda biyoaktif cam, amorf kalsiyum fosfat ve farklı iyon salan partiküllerin infiltrasyon rezinlerine eklenmesine yönelik deneysel çalışmalar umut verici sonuçlar ortaya koymaktadır (29-31).

Bir diğer araştırma alanı antibakteriyel rezin infiltrasyon sistemleridir. Mevcut infiltrasyon materyalleri biyofilm oluşumunu doğrudan baskılamazken, kuaterner amonyum bileşikleri, gümüş nanopartikülleri, çinko oksit nanopartikülleri ve çeşitli antimikrobiyal monomerlerin infiltrasyon materyallerine eklenmesiyle biyofilm aktivitesinin azaltılması hedeflenmektedir (27,28).

Nanoteknoloji alanındaki gelişmeler de rezin infiltrasyonu açısından yeni fırsatlar sunmaktadır. Nanopartiküller kullanılarak mekanik dayanıklılığın artırılması, polimerizasyon büzülmesinin azaltılması ve renk stabilitesinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bununla birlikte nanopartiküllerin rezinin infiltrasyon kapasitesini olumsuz etkilememesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle güncel çalışmalar, infiltrasyon derinliği ile mekanik özellikler arasında optimum dengeyi sağlayacak materyal tasarımlarına odaklanmaktadır (29,30-35).

Son yıllarda dikkat çeken bir diğer yaklaşım ise kombine tedavi protokolleridir. Resin infiltrasyonunun florür vernikleri, CPP-ACP içeren ajanlar, biyoaktif camlar veya kendiliğinden organize olan peptitler (self-assembling peptides) ile birlikte uygulanmasının daha başarılı klinik sonuçlar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu kombinasyonlarda amaç, infiltrasyon ile lezyonun ilerlemesini durdururken eş zamanlı olarak remineralizasyon potansiyelini artırmaktır. Ancak mevcut kanıtlar bu kombinasyonların rutin klinik uygulamaya girmesi için henüz yeterli değildir (23,31-35).

Dijital diş hekimliğindeki gelişmeler de resin infiltrasyonunun geleceğini etkilemektedir. Yapay zekâ destekli görüntü analiz sistemleri, optik çürük teşhis cihazları ve kantitatif floresans yöntemleri sayesinde başlangıç mine lezyonlarının daha erken ve daha objektif şekilde belirlenmesi mümkün hâle gelmektedir. Bu gelişmeler, infiltrasyon tedavisi için uygun hastaların daha doğru seçilmesine ve tedavi başarısının artırılmasına katkı sağlayabilir (4,16).

Önümüzdeki yıllarda resin infiltrasyonunun yalnızca çürük progresyonunu durduran bir yöntem olmaktan çıkarak, biyolojik olarak aktif, remineralizasyonu destekleyen ve antibakteriyel özellikler taşıyan yeni nesil materyallerle birlikte gelişmeye devam edeceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, bu yeniliklerin rutin klinik uygulamaya aktarılabilmesi için uzun dönem takipli klinik çalışmalara gereksinim bulunmaktadır (27-35).

9. Sonuç

Erken mine çürüklerinin yönetiminde güncel yaklaşım, sağlıklı diş dokusunun korunmasını esas alan minimal invaziv tedavi prensiplerine dayanmaktadır. Rezin infiltrasyonu, bu yaklaşımın en başarılı mikroinvaziv uygulamalarından biri olarak kavitasyonsuz başlangıç mine lezyonlarında çürük progresyonunun kontrol altına alınmasına olanak sağlamaktadır. Lezyon gövdesindeki porozitelerin düşük viskoziteli rezin ile doldurulması sayesinde demineralizasyon süreci yavaşlatılırken, özellikle beyaz nokta lezyonlarında estetik görünüm de belirgin şekilde iyileştirilebilmektedir (1,3,5,12).

Mevcut bilimsel kanıtlar, uygun endikasyonlarda uygulanan rezin infiltrasyonunun hem çürük ilerlemesini azaltmada hem de estetik sonuçların iyileştirilmesinde güvenilir ve etkili bir tedavi seçeneği olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte tedavi başarısı; doğru hasta seçimi, uygun izolasyon, standart uygulama protokolüne uyum ve bireyselleştirilmiş çürük risk yönetimi ile yakından ilişkilidir (11-14).

Rezin infiltrasyonu tek başına bir tedavi yöntemi olarak değerlendirilmemeli; biyofilm kontrolü, florür uygulamaları, remineralizasyon stratejileri ve düzenli klinik takiple birlikte kapsamlı çürük yönetiminin bir parçası olarak uygulanmalıdır. Gelecekte geliştirilecek biyoaktif ve antibakteriyel infiltrasyon materyalleri ile dijital tanı sistemlerinin yaygınlaşması, bu tedavi yaklaşımının etkinliğini daha da artırabilir. Güncel kanıtlar doğrultusunda değerlendirildiğinde rezin infiltrasyonu, minimal invaziv diş hekimliğinin önemli bileşenlerinden biri olarak erken mine çürüklerinin tedavisinde güçlü bir seçenek olmaya devam etmektedir (3,11,12,27-31).

Kaynaklar

1. Pitts NB, Zero DT, Marsh PD, Ekstrand K, Weintraub JA, Ramos-Gomez F, et al. Dental caries. *Nat Rev Dis Primers*. 2017;3:17030.
2. Fejerskov O, Nyvad B, Kidd EAM, editors. *Dental Caries: The Disease and its Clinical Management*. 3rd ed. Oxford: Wiley Blackwell; 2015.
3. Schwendicke F, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing carious lesions: consensus recommendations on carious tissue removal. *Adv Dent Res*. 2016;28(2):58-67.
4. Innes NPT, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing carious lesions: consensus recommendations on terminology. *Adv Dent Res*. 2016;28(2):49-57.
5. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Amaya A, Sen A, Hasson H, et al. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2007;35(3):170-178.
6. Kielbassa AM, Muller J, Gernhardt CR. Closing the gap between oral hygiene and minimally invasive dentistry: a review on the resin infiltration technique of incipient proximal enamel lesions. *Quintessence Int*. 2009;40(7):663-681.
7. Paris S, Meyer-Lueckel H, Kielbassa AM. Resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*. 2007;86(6):662-666.
8. Meyer-Lueckel H, Paris S. Improved resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*. 2008;87(11):1112-1116.
9. Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Lueckel H. Resin infiltration of caries lesions: an efficacy randomized trial. *J Dent Res*. 2010;89(7):823-826.
10. Meyer-Lueckel H, Bitter K, Paris S. Randomized controlled clinical trial on proximal caries infiltration: three-year follow-up. *Caries Res*. 2012;46(5):544-548.
11. Martignon S, Ekstrand KR, Gomez J, Lara JS, Cortes A. Infiltrating/sealing proximal caries lesions: a 3-year randomized clinical trial. *J Dent Res*. 2012;91(3):288-292.
12. Dorri M, Dunne SM, Walsh T, Schwendicke F. Micro-invasive interventions for managing proximal dental decay in primary and permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(10):CD010431.
13. Domejean S, Ducamp R, Leger S, Holmgren C. Resin infiltration of non-cavitated caries lesions: a systematic review. *Med Princ Pract*. 2015;24(3):216-221.

14. Paris S, Bitter K, Naumann M, Dörfer CE, Meyer-Lueckel H. Resin infiltration of proximal caries lesions differing in ICDAS codes. *Eur J Oral Sci.* 2011;119(2):182-186.
15. Meyer-Lueckel H, Chatzidakis A, Naumann M, Dörfer CE, Paris S. Influence of application time on penetration of an infiltrant into natural enamel caries. *J Dent.* 2011;39(6):465-469.
16. Paris S, Dörfer CE, Meyer-Lueckel H. Surface conditioning of natural enamel caries lesions in deciduous teeth in preparation for resin infiltration. *J Dent.* 2010;38(1):65-71.
17. Paris S, Meyer-Lueckel H. Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration: a clinical report. *Quintessence Int.* 2009;40(8):713-718.
18. Paris S, Meyer-Lueckel H. Inhibition of caries progression by resin infiltration in situ. *Caries Res.* 2010;44(1):47-54.
19. Meyer-Lueckel H, Paris S. Infiltration of natural caries lesions with experimental resins differing in penetration coefficients and ethanol addition. *Caries Res.* 2010;44(4):408-414.
20. Cebula M, Jazdzewska A, Lussi A, Cieplik F, Wierichs RJ. Resin infiltration of non-cavitated proximal caries lesions in primary and permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med.* 2023;12(2):727.
21. Bourouni S, Dritsas K, Kloukos D, Wierichs RJ. Efficacy of resin infiltration to mask post-orthodontic or non-post-orthodontic white spot lesions or fluorosis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2021;25(7):4711-4719.
22. Xie Z, Yu L, Li S, Li J, Liu Y. Comparison of therapies of white spot lesions: a systematic review and network meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2023;23(1):346.
23. Lamorgese M, Veiga N, Correia MJP, Gomes ATPC, Lopes S, Lopes-Rocha L, et al. White spot lesion treatment options: a systematic review of different techniques for masking these lesions. *Gels.* 2025;11(16):371.
24. El Meligy OAES, Alamoudi NM, Allazzam SM, El-Housseiny AA. Effect of resin infiltration application on early proximal caries lesions in primary molars: an in vitro study. *Saudi Dent J.* 2021;33(7):1101-1108.
25. Srikumar GPV, Sundararajan S, Natanasabapathy V, Kalaiselvam R. An in vitro evaluation of Icon resin infiltrant penetration into artificial enamel caries lesions. *J Conserv Dent.* 2024;27(16):523-528.
26. Zaazou MH, Niazy MA, El-Baz MA, El Askary FS. Effectiveness of low-viscosity resin infiltration (Icon) on color change of enamel white spot lesions: 1-year follow-up clinical study. *Bull Natl Res Cent.* 2024;48:72.

27. Predapramote V, Srisomboon S, Kongkiatkamon S, Poolthong S. Evaluation of resin infiltration for inhibiting initial caries progression: an in vitro study using micro-computed tomographic analysis. *Saudi Dent J.* 2024;36(6):1032-1038.
28. Diab E, Al-Ani A, Gomez J, Paris S, Schwendicke F. A retrospective clinical study on the resin infiltration of proximal carious lesions: operator training and clinical outcomes. *Clin Oral Investig.* 2021;25(9):6029-6037.
29. Meyer-Lueckel H, Wardius A, Krois J, Bitter K, Moser C, Paris S, et al. Proximal caries infiltration: pragmatic randomized controlled trial with 4 years of follow-up. *J Dent.* 2021;108:103733.
30. Stahl L, Schätzle M, Papageorgiou SN, Eliades T. Outcomes of resin infiltration for white spot lesions at different follow-up periods: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2026;48(3):cjag021.
31. Yu J, Huang X, Zhou X, Han Q, Zhou W, Liang J, et al. Anti-caries effect of resin infiltrant modified by quaternary ammonium monomers. *J Dent.* 2020;97:103355.
32. Huang X, Yu J, Li F, Han Q, Zhou W, Liang J, et al. Novel dental resin infiltrant containing smart monomer dodecylmethylaminoethyl methacrylate. *Front Cell Infect Microbiol.* 2022;12:1063143.
33. Souza AF, Souza MT, Damasceno JE, Ferreira PVC, Cerqueira GA, Aguiar FHB, et al. Effects of the incorporation of bioactive particles on physical properties, bioactivity and penetration of resin enamel infiltrant. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2023;15:31-43.
34. Dai Z, Xie X, Zhang N, Li S, Yang K, Zhu M, et al. Novel nanostructured resin infiltrant containing calcium phosphate nanoparticles to prevent enamel white spot lesions. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;126:104990.
35. Meng Q, Wang Y, Li J, Zhang X, Zhou X, Li M. The effect of combined use of resin infiltration with different bioactive calcium phosphate-based approaches on enamel white spot lesions: an in vitro study. *J Dent.* 2024;143:104909.

3. Bölüm

İmmatür Daimi Dişlerde Travmatik Pulpa Ekspozlarının Yönetiminde Cvek Amputasyonu: Biyolojik Temeller, Güncel Kanıtlar ve Klinik Yaklaşımlar

Sena SAKIN ULUBAY¹, Ecem Meksime GÜREL²

1. Giriş

Travmatik dental yaralanmalar, çocuk ve genç erişkinlerde daimi dişlerin pulpa ve destek dokularını etkileyebilen önemli klinik durumlardır (Andreasen et al., 2019; Bourguignon et al., 2020). Daimi dişlenmeyi etkileyen travmatik yaralanmaların prevalansı, epidemiyolojik çalışmalarda çocuk ve ergenlerde yaklaşık %20 düzeyinde bildirilmektedir (Andersson, 2013). Özellikle pulpa ekspozu ile sonuçlanan komplike kron kırıkları, kök gelişimi tamamlanmamış immatür daimi dişlerde pulpa canlılığının korunmasını önemli bir tedavi hedefi hâline getirmektedir (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026).

İmmatür daimi dişlerde vital pulpa dokusunun korunması, yalnızca mevcut pulpanın canlılığının devamı açısından değil; dentin oluşumu, kök gelişimi ve apikal kapanmanın sürdürülebilmesi açısından da önem taşımaktadır (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026; Fong & Davis, 2002). Güncel endodontik yaklaşımda pulpa, yalnızca patolojik durumlarda uzaklaştırılması gereken bir doku olarak değil, uygun koşullarda iyileşme ve onarım kapasitesine sahip biyolojik bir yapı olarak değerlendirilmektedir (Duncan, 2022; Seale & Glickman, 2008). Travmatik pulpa ekspozlarının tedavisinde amaç, hasarlanmış veya kontamine olmuş yüzeyel pulpa dokusunu uzaklaştırırken korunabilir vital pulpanın mümkün olduğunca muhafaza edilmesidir (Bimstein & Rotstein, 2016; Cvek, 1978). Cvek amputasyonu veya parsiyel pulpotomi, bu prensibe dayanan ve özellikle immatür daimi dişlerde apeksogenez sürecinin devamını hedefleyen konservatif bir tedavi yaklaşımıdır (Cvek, 1978; Fong & Davis, 2002).

Bu derlemenin amacı, immatür daimi dişlerde travmatik pulpa ekspozu sonrası uygulanan Cvek amputasyonunun biyolojik temelini, klinik uygulama

¹ Öğretim Görevlisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı, ORCID: 0000-0003-4086-1502

² Araştırma Görevlisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı, ORCID: 0009-0005-1613-1093

prensiplerini, kullanılan materyalleri, başarıyı etkileyen faktörleri ve güncel kanıtları değerlendirmektedir.

2. İmmatür Daimi Dişlerde Pulpa Biyolojisi ve Cvek Amputasyonunun Biyolojik Temeli

İmmatür daimi dişlerde pulpa dokusu, diş gelişiminin devamı açısından kritik biyolojik işlevlere sahiptir. Pulpa-dentin kompleksi; odontoblastlar, fibroblastlar, bağışıklık hücreleri, damar yapıları ve hücre dışı matriks bileşenlerinden oluşan dinamik bir sistemdir (Goldberg & Smith, 2004). Travmatik pulpa ekspozu, pulpa dokusunun dış ortamla temasına neden olarak inflamatuvar yanıtı başlatabilir. Ancak pulpanın travmaya yanıtı yalnızca inflamasyonla sınırlı değildir. Uygun koşullarda pulpa dokusu onarım süreçlerini aktive ederek mineralize doku oluşumuna katkı sağlayabilir (Goldberg & Smith, 2004; Qiao et al., 2025). Cvek amputasyonunun biyolojik temeli, yüzeyel olarak etkilenmiş pulpa dokusunun uzaklaştırılması ve daha derindeki vital pulpanın korunmasına dayanır (Cvek, 1978; Ricucci et al., 2019). Böylece pulpa canlılığının sürdürülmesi; kök gelişiminin devam etmesine, dentin duvarlarının kalınlaşmasına ve apikal kapanmanın gerçekleşmesine katkı sağlar (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026; Fong & Davis, 2002).

3. Tanı, Endikasyonlar ve Olgu Seçimi

Cvek amputasyonunda başarılı bir sonuç elde edilebilmesi için en önemli basamaklardan biri doğru olgu seçimidir. Tedavi kararı yalnızca pulpa ekspozunun varlığına göre değil; travmanın özellikleri, dişin gelişim evresi, pulpanın klinik durumu ve dişin restoratif olarak sürdürülebilirliği birlikte değerlendirilerek verilmelidir (Andreasen et al., 2019; Bourguignon et al., 2020).

Klinik değerlendirmede kırığın tipi, ekspozite pulpa alanının özellikleri, dişin mobilitesi, perküsyon ve palpasyon bulguları ile çevre dokuların durumu incelenmelidir (Andreasen et al., 2019). Radyografik inceleme kök gelişim düzeyi, apikal bölge ve olası patolojik değişiklikler hakkında bilgi verebilmektedir (Bourguignon et al., 2020). İmmatür daimi dişlerde açık apeks ve devam eden kök gelişimi, pulpa koruyucu tedavilerin önemini artırmaktadır (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026; Fong & Davis, 2002).

Travma sonrası pulpa duyarlılık testlerinin dikkatle yorumlanması gerekir. Ancak immatür dişlerde sinirsel gelişimin tamamlanmamış olması ve travmaya bağlı geçici nörovasküler değişiklikler nedeniyle negatif yanıtlar her zaman pulpa nekrozunu göstermeyebilir (Bourguignon et al., 2020). Bu nedenle tedavi kararı tek bir test sonucuna göre verilmemelidir; klinik bulgular, radyografik

değerlendirme ve takip süreci birlikte ele alınmalıdır (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026).

Pulpanın klinik görünümü ile histolojik durumu arasında her zaman tam bir uyum bulunmaması, vital pulpa tedavilerinde önemli bir değerlendirme güçlüğü yaratır (Ricucci et al., 2019). Ancak işlem sırasında pulpa dokusunun görünümü, kanamanın kontrol edilebilirliği ve kalan dokunun özellikleri tedavi kararını destekleyen önemli bulgular arasında yer almaktadır (Duncan et al., 2019).

Travmadan tedaviye kadar geçen süre ve pulpa ekspozunun özellikleri değerlendirilmesi gereken diğer faktörler arasındadır. Ancak bu parametreler tek başına tedavi kararını belirlemez. Pulpanın mevcut biyolojik durumu, kontaminasyon düzeyi ve iyileşme potansiyeli birlikte değerlendirilmelidir (Bimstein & Rotstein, 2016; Cvek, 1978).

4. Cvek Amputasyonunun Klinik Uygulaması

Cvek amputasyonu uygulamasının temel basamakları; uygun izolasyonun sağlanması, etkilenmiş pulpa dokusunun uzaklaştırılması, hemostaz kontrolü, uygun örtü materyalinin uygulanması ve etkili koronal restorasyonun gerçekleştirilmesidir (Duncan et al., 2019; Hilton, 2009).

İşlem öncesinde yeterli lokal anestezi sağlanmalı ve çalışma alanı izole edilmelidir. Rubber dam izolasyonu, tükürük ve mikroorganizmaların tedavi alanına ulaşmasını engelleyerek yeniden kontaminasyon riskini azaltır (Duncan et al., 2019). Cvek amputasyonunda amaç, travmadan ve yüzeysel kontaminasyondan etkilenmiş koronal pulpa dokusunun uzaklaştırılmasıdır (Cvek, 1978). Orijinal teknikte belirli miktarda koronal pulpa dokusunun uzaklaştırılması tanımlanmış olsa da günümüzde temel yaklaşım, sabit bir derinlikten çok korunabilir vital pulpa dokusuna ulaşmaya dayanmaktadır (Bimstein & Rotstein, 2016). Doku uzaklaştırılması sırasında gereksiz mekanik ve termal travmadan kaçınılmalıdır. Yetersiz doku uzaklaştırılması etkilenmiş dokunun kalmasına neden olabilirken, aşırı doku uzaklaştırılması yöntemin konservatif amacını azaltabilir (Cvek, 1978; Duncan, 2022).

Pulpa dokusu uzaklaştırıldıktan sonra hemostaz sağlanmalıdır. Hemostaz, tedavi alanının değerlendirilmesine ve örtü materyalinin uygun koşullarda uygulanmasına olanak sağlar (Duncan et al., 2019). Hemostaz genellikle sodyum hipoklorit ile nemlendirilmiş steril pamuk peletlerin pulpa yüzeyine kontrollü uygulanmasıyla sağlanır ve kanamanın yaklaşık 5 dakika içerisinde kontrol altına alınması hedeflenir. Hemostazın sağlanamaması, kalan pulpa dokusunun inflamasyon düzeyi hakkında klinik bilgi sağlayarak daha ileri pulpa dokusu uzaklaştırılması veya farklı tedavi seçeneklerinin değerlendirilmesini gerektirebilir (Madhumita et al., 2022). Hemostaz sonrasında pulpa yüzeyi uygun

bir materyal ile kapatılır ve koronal restorasyon ile etkili bir sızdırmazlık sağlanır. Restorasyonun bütünlüğü, uzun dönem başarı açısından kritik öneme sahiptir; çünkü mikrosızıntı ve yeniden kontaminasyon pulpal iyileşmeyi olumsuz etkileyebilir (Hilton, 2009).

5. Pulpa Örtü Materyalleri

Pulpa örtü materyalinin temel amacı, pulpa dokusunu dış ortamdan korumak, biyolojik uyumu sağlamak ve iyileşme sürecini destekleyen uygun bir ortam oluşturmaktır (Hilton, 2009). İdeal bir materyal biyouyumlu olmalı, mineralize doku oluşumunu desteklemeli ve mikrobiyal geçişi sınırlandırmalıdır.

5.1. Kalsiyum Hidroksit

Kalsiyum hidroksit, Cvek amputasyonunun tarihsel temelini oluşturan materyallerden biridir. Cvek'in özgün çalışmasında travmatik pulpa ekspoza bulunan genç daimi dişlerde kullanılmış ve pulpa canlılığının korunabileceği gösterilmiştir (Cvek, 1978).

Kalsiyum hidroksit, kimyasal formülü Ca(OH)_2 olan beyaz, kokusuz bir tozdur (Mohammadi & Dummer, 2011). Yapısındaki OH^- (hidroksil) iyonlarının oluşturduğu yüksek pH, güçlü antibakteriyel özellikler sağlayarak bakterilerin pulpa penetrasyonunu en aza indirmektedir. Bu yüksek pH pulpa dokusunda irritasyona neden olmakta ve açığa çıkmış pulpa yüzeyinde yüzeysel, üç tabakalı bir nekroz oluşturmaktadır. Bu nekrotik bölgenin hemen altında mineralizasyonu uyarak sert doku oluşumunu teşvik etmekte ve dentin köprüsü oluşumuna katkı sağlamaktadır. Ayrıca Ca^{2+} iyonları, mineralizasyonun başlaması ve devam etmesi için gerekli kalsiyum kaynağını sağlayarak bu sürecin uyarılmasında önemli rol oynamaktadır (Chen & Suh, 2017).

Yüksek alkalitesi nedeniyle bakteriyel kontrol ve mineralize doku oluşumunu destekleyen kalsiyum hidroksit, uzun yıllar vital pulpa tedavilerinde yaygın olarak kullanılmıştır (Hilton, 2009). Bununla birlikte çözünürlük ve mekanik özelliklerindeki sınırlılıklar nedeniyle alternatif biyomateryaller geliştirilmiştir (Parirokh & Torabinejad, 2010). Yüksek çözünürlüğünün yanı sıra diş dokusuna adezyon göstermemesi, asitle pürüzlendirme sonrasında degradasyona uğrayabilmesi ve oluşan tamir dentininde tünel defektlerinin görülebilmesi bu materyalin başlıca dezavantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca, aşırı dentin oluşumuna bağlı olarak pulpa odasında obliterasyona neden olabilmesi de klinik kullanımını sınırlayan önemli faktörlerden biridir (Qureshi, 2014).

5.2. Mineral Trioksit Agregat (MTA)

MTA, esas olarak trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat ve trikalsiyum alüminattan oluşan kalsiyum silikat esaslı bir biyoseramik materyaldir. Yapısına radyoopaklık vermesi amacıyla bizmut oksit eklenmektedir (Hilton, 2009). MTA biyolojik sıvılarla temas ettiği zaman başta kalsiyum (Ca^{2+}) olmak üzere çeşitli iyonlar salmakta ve salınan kalsiyum iyonları doku sıvısındaki fosfat iyonları ile reaksiyona girerek hidroksiapatit benzeri kristaller oluşturmaktadır. Bu hidroksiapatit oluşumu MTA'nın üstün sızdırmazlık özelliği, biyouyumluluğu ve dentin oluşumunu uyarıcı (dentinojenik) etkisinin temelini oluşturmaktadır (Sarkar et al., 2005).

MTA, biyouyumluluğu ve sert doku oluşumunu destekleyen özellikleri nedeniyle modern vital pulpa tedavilerinde önemli bir materyal hâline gelmiştir (Torabinejad & Parirokh, 2010). İnsan pulpası üzerine yapılan çalışmalar, MTA ile pulpa örtülmesi sonrasında biyolojik olarak uyumlu yanıtların ve mineralize doku oluşumunun geliştiğini göstermiştir (Nowicka et al., 2013).

Bununla birlikte uzun sertleşme süresi, uygulama zorlukları ve bazı klinik durumlarda renklenme potansiyeli kullanım sırasında dikkate alınmalıdır (Parirokh & Torabinejad, 2010).

Travmatik pulpa ekspozu bulunan daimi dişlerde uygulanan Cvek parsiyel pulpotomisinin klinik başarısı üzerine yapılan bir derlemede kalsiyum hidroksit kullanılan olgularda yaklaşık %91, mineral trioksit agregat (MTA) kullanılan olgularda ise yaklaşık %93 başarı oranı bildirilmiştir. İki materyal arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Bimstein & Rotstein, 2016).

5.3. Biodentine

Biodentine, kalsiyum silikat esaslı biyouyumlu bir materyaldir. Toz bileşeni başlıca trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikattan oluşurken, kalsiyum karbonat, zirkonyum oksit ve demir oksit gibi bileşenleri de içermektedir. Sıvı bileşeni ise kalsiyum klorür, suda çözünebilen polimer ve sudan oluşmaktadır (Kaur, 2017).

Biodentine'in toz ve sıvı bileşenlerinin karıştırılmasıyla birlikte bir hidrasyon reaksiyonu başlar. Bu reaksiyon sonucunda kalsiyum (Ca^{2+}) ve hidroksil (OH^-) iyonları açığa çıkmaktadır. Salınan Ca^{2+} iyonları, materyalin biyoaktif özellik kazanmasına katkıda bulunurken apatit oluşumunu desteklemektedir. Bunun yanı sıra, pulpa hücrelerinin farklılaşmasını uyarak pulpa yüzeyinde reparatif dentin köprüsü oluşumunu teşvik etmektedir. OH^- iyonlarının salınımı ise ortamın pH değerini yükselterek antibakteriyel bir etki oluşturmakta ve doku iyileşmesi ile onarım süreçlerinin aktive edilmesine katkı sağlamaktadır (Arandi & Thabet, 2021).

Materyalin mekanik özellikleri, kullanım kolaylığı ve pulpa-dentin kompleksi ile biyolojik etkileşimi klinik kullanımını desteklemektedir (Malkondu et al., 2014; Nowicka et al., 2013).

Direkt pulpa kuafajında uygulanan kalıcı dişlerin klinik değerlendirmesine ilişkin meta-analizde, biodentin ile yapılan restorasyonların 3-6 ay sonraki sağkalım oranı %98,75 iken, 10-12 aylık takip süresinden sonra %97,78 olarak bildirilmiştir (Fontenele et al., 2024).

Biodentine'in düşük radyoopasite göstermesi, materyalin radyografik olarak ayırt edilmesini güçleştirebildiğinden tedavi sonrası radyografik takibin zorlaşmasına neden olabilmekte ve bu durum materyalin dezavantajlarından biri olarak değerlendirilmektedir (Kunert & Lukomska-Szymanska, 2020).

Günümüzde kalsiyum silikat esaslı biyomateryallerin biyolojik uyumlulukları ve sert doku oluşumunu destekleyen özellikleri nedeniyle vital pulpa tedavilerinde kullanım eğilimi artmıştır. Bununla birlikte mevcut kanıtlar, uzun dönem klinik başarının yalnızca materyal seçimine bağlı olmadığını; uygun vaka seçimi, doğru klinik teknik ve etkili restoratif sızdırmazlığın tedavi sonucunda belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Duncan, 2022; Malkondu et al., 2014).

6. Cvek Amputasyonunda Başarıyı Etkileyen Faktörler

Cvek amputasyonunun başarısı, birçok biyolojik ve klinik faktörün birlikte etkilediği çok yönlü bir süreçtir. Tedavi sonucunu yalnızca kullanılan materyal değil; pulpanın başlangıçtaki durumu, doğru vaka seçimi, uygulama tekniği, mikrobiyal kontrol ve restoratif yaklaşım belirlemektedir.

6.1. Pulpanın başlangıçtaki biyolojik durumu

Cvek amputasyonunun temel koşulu, korunacak pulpa dokusunun canlı ve iyileşme kapasitesine sahip olmasıdır (Cvek, 1978). Klinik değerlendirmede, açığa çıkan pulpa dokusunun kırmızı renkli ve canlı görünümü, kanlanmanın devam etmesi ve nekrotik değişiklik düşündüren alanların bulunmaması gerekmektedir (Duncan, El-Karim, et al., 2023). Bununla birlikte, klinik olarak gözlenen pulpa özellikleri dokunun gerçek histolojik durumunu her zaman tam olarak yansıtmayabilir. Bu nedenle Cvek amputasyonunda tedavi kararı, tek bir klinik bulguya değil; pulpanın genel görünümü, kanama kontrolü ve diğer klinik değerlendirme bulgularının birlikte yorumlanmasına dayanmalıdır (Cvek, 1978; Matsuo et al., 1996).

Pulpanın başlangıçtaki durumu, Cvek amputasyonunda uzun dönem başarının belirlenmesinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Canlılığını ve iyileşme kapasitesini koruyan pulpalarda vital pulpa tedavileri tercih edilirken, geri dönüşümsüz hasar veya nekroz bulguları bulunan olgularda farklı tedavi

seçenekleri değerlendirilmelidir (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026).

6.2. Travmadan tedaviye kadar geçen süre ve ekspoz zellikleri

Travmatik pulpa ekspozlarında yaralanma ile tedavi arasındaki süre, pulpanın oral ortamla temas süresini ve buna bağlı bakteriyel kontaminasyon riskini etkileyebilecek önemli klinik faktörlerden biridir. Ekspoz sonrası geçen sürenin uzaması pulpa dokusunun kontaminasyona maruz kalma olasılığını artırabilse de güncel yaklaşımlar tedavi zamanlamasının tek başına prognozu belirleyen kesin bir kriter olarak değerlendirilmemesi gerektiğini belirtmektedir (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026).

Cvek amputasyonunun travmatik pulpa ekspozu sonrası gecikmiş olgularda da uygulanabileceği bildirilmiştir. Amerikan Pediatric Diş Hekimliği Akademisi, uygun klinik koşullarda parsiyel pulpotominin ekspoz sonrası yaklaşık 9 güne kadar uygulanabileceğini; ancak bu sürenin ötesindeki gecikmelerin tedavi sonuçları üzerindeki etkisine ilişkin yeterli kanıt bulunmadığını belirtmektedir (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026).

Tedavi zamanlamasının pulpa canlılığı üzerindeki etkisinin değerlendirildiği güncel çalışmalarda erken müdahalenin kontaminasyonun sınırlandırılması açısından avantaj sağlayabileceği ancak tedavi kararının yalnızca geçen sreye göre verilmemesi bildirilmiştir (Cheng et al., 2024; Shahmohammadi et al., 2021).

Pulpa ekspozunun boyutu, travmatik yaralanmaların değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken diğer bir parametredir. Bununla birlikte ekspoz alanının genişliği, pulpanın daha derin bölgelerindeki inflamasyonun yaygınlığını her zaman doğrudan yansıtmayabilir (Ricucci et al., 2019). Yapılan çalışmalarda kalan pulpa dokusunun canlılığını koruduğu durumlarda ekspoz büyüklüğünün tedavi sonucunu belirleyen temel faktörlerden biri olmadığı gösterilmiştir (Cvek, 1978; Fuks et al., 1987, 1993).

6.3. Kök geleişim evresi

İmmatür daimi dişlerde pulpanın korunması, apeksogenez sürecinin devam edebilmesi açısından büyük önem taşır (Fong & Davis, 2002). Canlı pulpa dokusunun devamlılığı; kök uzunluğunun artmasına, dentin duvarlarının kalınlaşmasına ve apikal kapanmanın gerçekleşmesine katkı sağlar (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026). İmmatür dişlerde pulpanın zengin vaskularizasyonu ve yüksek rejeneratif kapasitesi, vital pulpa tedavilerinin başarısını destekleyen önemli biyolojik avantajlar arasında yer almaktadır (Goldberg & Smith, 2004; Qiao et al., 2025).

Bu nedenle Cvek amputasyonu, özellikle kök gelişimi tamamlanmamış dişlerde yalnızca mevcut semptomların giderilmesini değil, dişin doğal gelişim potansiyelinin korunmasını amaçlayan bir tedavi yaklaşımıdır (Fong & Davis, 2002). Bununla birlikte, uygun vaka seçimi ve doğru tedavi protokolü uygulandığında Cvek parsiyel pulpotomisinin matür daimi dişlerde de benzer başarı oranlarıyla uygulanabildiği bildirilmiştir (de Blanco, 1996).

6.4. Teknik uygulama ve restoratif sızdırmazlık

Vital pulpa tedavilerinde klinik uygulama kalitesi başarı üzerinde önemli bir belirleyicidir. Yeterli izolasyon, kontrollü doku uzaklaştırılması, uygun hemostaz ve doğru materyal uygulaması tedavinin temel basamaklarıdır (Duncan et al., 2019).

Koronal restorasyonun kalitesi uzun dönem prognoz açısından kritik öneme sahiptir. Pulpa tedavisi sonrasında oluşabilecek mikrosızıntı ve yeniden bakteriyel kontaminasyon, pulpal iyileşmeyi olumsuz etkileyebilir (Hilton, 2009).

7. Güncel Klinik Kanıtlar ve Başarı Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Cvek amputasyonu, travmatik pulpa ekspozu bulunan immatür daimi dişlerde uzun klinik geçmişe sahip konservatif bir tedavi yaklaşımıdır. İlk olarak Cvek'in 1978 yılında yayımladığı çalışmada, komplike kron kırığı bulunan daimi kesici dişlerde parsiyel pulpotomi uygulanmış ve pulpa canlılığının korunabileceği gösterilmiştir (Cvek, 1978).

Sonraki çalışmalar, yöntemin başarısının uygun vaka seçimi ve doğru klinik uygulama ile yakından ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (Bimstein & Rotstein, 2016; Fong & Davis, 2002). Özellikle genç daimi dişlerde parsiyel pulpotominin başarılı sonuçlar göstermesi, pulpa koruyucu yaklaşımların klinik önemini artırmıştır (Camoni et al., 2023).

Yakın dönemde yayımlanan sistematik derleme ve meta-analizler, vital pulpa tedavilerinin uygun koşullarda yüksek başarı oranları gösterebildiğini desteklemektedir (Camoni et al., 2023; Cushley et al., 2021; Pusa et al., 2025). Bu kapsamda Matoug-Elwerfelli ve ark. tarafından travmatik pulpa ekspozu bulunan daimi dişlerde uygulanan vital pulpa tedavilerinin değerlendirildiği sistematik derlemede, toplam 14 klinik çalışma ve 1081 daimi diş incelenmiştir. Derlemede, Cvek amputasyonunun en sık uygulanan vital pulpa tedavisi olduğu (%71,4; 10/14 çalışma) ve değerlendirilen çalışmalarda %82,9 ile %100 arasında değişen klinik başarı oranlarına sahip olduğu bildirilmiştir (Matoug-Elwerfelli et al., 2022). Ancak bu çalışmaların sonuçları değerlendirilirken hasta grubu, kullanılan materyal ve takip sürelerindeki farklılıklar dikkate alınmalıdır.

Çürüğe bağlı pulpa ekspozu veya matur daimi dişlerde gerçekleştirilen vital pulpa tedavilerini inceleyen çalışmalar, pulpa koruyucu yaklaşımların genel başarısını desteklemektedir; ancak travmatik ekspoz bulunan immatür daimi dişlerde Cvek amputasyonuna özgü doğrudan kanıtların daha sınırlı olduğu unutulmamalıdır (Aguiar & Linsuwanont, 2011; Cushley et al., 2019).

8. Klinik ve Radyografik Takip, Başarı Kriterleri ve Başarısızlık Bulguları

Cvek amputasyonu sonrası takip süreci, tedavinin başarısının değerlendirilmesinde önemli bir aşamadır. Başarı yalnızca semptomların ortadan kalkması ile değil; pulpa canlılığının devamı, kök gelişiminin sürdürülmesi ve periapikal dokuların sağlığının korunması ile değerlendirilmelidir (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026; Fong & Davis, 2002).

Klinik takipte spontan ağrı, perküsyon hassasiyeti, şişlik ve fistül oluşumu gibi patolojik bulgular değerlendirilmelidir (Bourguignon et al., 2020). Bununla birlikte immatür dişlerde duyarlılık testlerinin sınırlılıkları nedeniyle tek bir negatif yanıt pulpa nekrozu için kesin kanıt olarak kabul edilmemelidir (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026).

Radyografik değerlendirme; kök gelişiminin devam edip etmediğinin ve periapikal patoloji oluşup oluşmadığının belirlenmesinde önemlidir (Fong & Davis, 2002). Başarılı tedavi sonucunda kök gelişiminin devam etmesi, dentin duvarlarının kalınlaşması ve apikal kapanmanın ilerlemesi beklenmektedir.

Başarısızlık bulguları arasında pulpa nekrozu, semptomatik apikal periodontitis, radyografik patoloji ve kök gelişiminin durması yer almaktadır (Duncan et al., 2019; Duncan, Kirkevang, et al., 2023). Bununla birlikte, olumsuz sonuçların değerlendirilmesinde yalnızca pulpal yanıt değil, restorasyonun uzun dönem durumu ve diş çevresi dokuların klinik değerlendirmesi de dikkate alınmalıdır. Bu yaklaşım, başarısızlığın doğrudan pulpa tedavisi ile ilişkili olup olmadığının veya koronal sızdırmazlık kaybı gibi ek faktörlerden kaynaklanıp kaynaklanmadığının belirlenmesine yardımcı olur. Ayrıca başarılı kabul edilen olgularda dahi zaman içerisinde pulpa nekrozu veya pulpa kanal obliterasyonu gibi değişikliklerin gelişebileceği bildirildiğinden, Cvek amputasyonu uygulanan dişlerde uzun dönem klinik ve radyografik takip gereklidir (American Academy of Pediatric Dentistry, 2026; Madhumita et al., 2022).

9. Tartışma: Güncel Yaklaşım ve Gelecekteki Yönelimler

Cvek amputasyonu, günümüzde minimal invaziv ve biyolojik endodonti yaklaşımının önemli örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Pulpanın uygun koşullarda iyileşme ve onarım kapasitesine sahip olduğu anlayışı, vital

pulpa tedavilerinin gelişimini desteklemiştir (Duncan, 2022; Seale & Glickman, 2008).

Literatürdeki çalışmalar arasında hasta özellikleri, kullanılan materyaller, takip süreleri ve başarı kriterleri açısından farklılıklar bulunsa da mevcut kanıtlar, uygun seçilmiş olgularda Cvek amputasyonunun başarılı sonuçlar sağlayabileceğini göstermektedir (Camoni et al., 2023; Cvek, 1978; Pusa et al., 2025).

Materyal teknolojisindeki gelişmeler sayesinde geliştirilen MTA ve Biodentine gibi kalsiyum silikat esaslı materyaller biyolojik uyumlulukları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Malkondu et al., 2014; Torabinejad & Parirokh, 2010). Ancak materyal seçimi, tedavi başarısının tek belirleyicisi değildir.

Gelecekteki araştırmaların önemli hedeflerinden biri, pulpanın gerçek biyolojik durumunu değerlendirebilecek daha güvenilir tanısal yöntemlerin geliştirilmesidir (Qiao et al., 2025). Ayrıca travmatik pulpa ekspozu bulunan immatür daimi dişlerde farklı materyal ve teknikleri karşılaştıran uzun dönem, standardize klinik çalışmalara ihtiyaç devam etmektedir (Pusa et al., 2025).

10. Sonuç

Travmatik pulpa ekspozu bulunan immatür daimi dişlerde pulpa canlılığının korunması ve fizyolojik kök gelişiminin devam ettirilmesini amaçlayan Cvek amputasyonu, biyolojik temelli konservatif bir vital pulpa tedavisi yaklaşımıdır (Cvek, 1978; Fong & Davis, 2002). Tedavinin başarısı; doğru vaka seçimi, uygun cerrahi teknik, etkin enfeksiyon kontrolü, biyouyumlu pulpa örtü materyallerinin kullanımı ve yeterli koronal sızdırmazlığın sağlanması ile yakından ilişkilidir (Bimstein & Rotstein, 2016; Duncan et al., 2019).

Güncel klinik çalışmalar ve sistematik derlemeler, uygun endikasyonlarda uygulanan Cvek amputasyonunun travmatik pulpa ekspozu bulunan daimi dişlerde yüksek klinik başarı oranları bildiren etkili bir vital pulpa tedavisi olduğunu göstermektedir (Matoug-Elwerfelli et al., 2022). Bununla birlikte, mevcut literatürde çalışmalar arasındaki metodolojik heterojenite, örneklem büyüklüklerinin sınırlı olması, takip süreleri ile başarı kriterlerindeki farklılıklar nedeniyle elde edilen bulgular dikkatle değerlendirilmelidir (Pusa et al., 2025). Bu nedenle, Cvek amputasyonunun uzun dönem klinik başarısını ve tedavi sonuçlarını daha güçlü kanıtlarla ortaya koyabilmek amacıyla, standardize protokoller kullanılarak yürütülecek, geniş örneklemli ve uzun dönem takipli klinik çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Aguilar, P., & Linsuwanont, P. (2011). Vital Pulp Therapy in Vital Permanent Teeth with Cariously Exposed Pulp: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, 37(5), 581–587. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.12.004>
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2026). *Pulp Therapy for Primary and Immature Permanent Teeth: Indications and Objectives*.
- Andersson, L. (2013). Epidemiology of Traumatic Dental Injuries. *Journal of Endodontics*, 39(3), S2–S5. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.021>
- Andreasen, J. O. ., Andreasen, F. M. ., & Andersson, Lars. (2019). *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth*. Wiley-Blackwell.
- Arandi, N. Z., & Thabet, M. (2021). Minimal Intervention in Dentistry: A Literature Review on Biodentine as a Bioactive Pulp Capping Material. *BioMed Research International*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/5569313>
- Bimstein, E., & Rotstein, I. (2016). Cvek pulpotomy – revisited. *Dental Traumatology*, 32(6), 438–442. <https://doi.org/10.1111/edt.12297>
- Bourguignon, C., Cohenca, N., Lauridsen, E., Flores, M. T., O’Connell, A. C., Day, P. F., Tsilingaridis, G., Abbott, P. V., Fouad, A. F., Hicks, L., Andreasen, J. O., Cehreli, Z. C., Harlamb, S., Kahler, B., Oginni, A., Semper, M., & Levin, L. (2020). International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. *Dental Traumatology*, 36(4), 314–330. <https://doi.org/10.1111/edt.12578>
- Camoni, N., Cagetti, M., Cirio, S., Esteves-Oliveira, M., & Campus, G. (2023). Partial Pulpotomy in Young Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Children*, 10(9), 1447. <https://doi.org/10.3390/children10091447>
- Chen, L., & Suh, B. I. (2017). Cytotoxicity and biocompatibility of resin-free and resin-modified direct pulp capping materials: A state-of-the-art review. *Dental Materials Journal*, 36(1), 1–7. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-107>
- Cheng, J., Li, J., Li, C., Zhang, X., Zhao, X., & Song, G. (2024). Treatment outcomes of permanent teeth with uncomplicated and complicated crown fractures and factors associated with pulp survival: A retrospective study. *Dental Traumatology*, 40(3), 306–315. <https://doi.org/10.1111/edt.12907>
- Cushley, S., Duncan, H. F., Lappin, M. J., Chua, P., Elamin, A. D., Clarke, M., & El-Karim, I. A. (2021). Efficacy of direct pulp capping for management of cariously exposed pulps in permanent teeth: a systematic review and meta-

- analysis. *International Endodontic Journal*, 54(4), 556–571. <https://doi.org/10.1111/iej.13449>
- Cushley, S., Duncan, H. F., Lappin, M. J., Tomson, P. L., Lundy, F. T., Cooper, P., Clarke, M., & El Karim, I. A. (2019). Pulpotomy for mature carious teeth with symptoms of irreversible pulpitis: A systematic review. *Journal of Dentistry*, 88, 103158. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.06.005>
- Cvek, M. (1978). A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fracture. *Journal of Endodontics*, 4(8), 232–237. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(78\)80153-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(78)80153-8)
- de Blanco, L. P. (1996). Treatment of crown fractures with pulp exposure. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 82(5), 564–568. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(96\)80204-6](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(96)80204-6)
- Duncan, H. F. (2022). Present status and future directions—Vital pulp treatment and pulp preservation strategies. *International Endodontic Journal*, 55(S3), 497–511. <https://doi.org/10.1111/iej.13688>
- Duncan, H. F., El-Karim, I., Dummer, P. M. H., Whitworth, J., & Nagendrababu, V. (2023). Factors that influence the outcome of pulpotomy in permanent teeth. *International Endodontic Journal*, 56(S2), 62–81. <https://doi.org/10.1111/iej.13866>
- Duncan, H. F., Galler, K. M., Tomson, P. L., Simon, S., El-Karim, I., Kundzina, R., Krastl, G., Dammaschke, T., Fransson, H., Markvart, M., Zehnder, M., & Bjørndal, L. (2019). European Society of Endodontology position statement: Management of deep caries and the exposed pulp. *International Endodontic Journal*, 52(7), 923–934. <https://doi.org/10.1111/iej.13080>
- Duncan, H. F., Kirkevang, L., Peters, O. A., El-Karim, I., Krastl, G., Del Fabbro, M., Chong, B. S., Galler, K. M., Segura-Egea, J. J., & Kebschull, M. (2023). Treatment of pulpal and apical disease: The European Society of Endodontology (ESE) S3-level clinical practice guideline. *International Endodontic Journal*, 56(S3), 238–295. <https://doi.org/10.1111/iej.13974>
- Fong, C. D., & Davis, M. J. (2002). Partial pulpotomy for immature permanent teeth, its present and future. *Pediatric Dentistry*, 24(1), 29–32.
- Fontenele, GA., Bastos, MC., Filho, EL., Silva, PG., & Rolim, JP. (2024). Clinical and radiographic success of pulpotomy and pulpectomy in primary and permanent teeth: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e1120–e1128. <https://doi.org/10.4317/jced.61346>

- Fuks, A. B., Chosack, A., Klein, H., & Eidelman, E. (1987). Partial pulpotomy as a treatment alternative for exposed pulps in crown-fractured permanent incisors. *Dental Traumatology*, 3(3), 100–102. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1987.tb00610.x>
- Fuks, A. B., Gavra, S., & Chosack, A. (1993). Long-term followup of traumatized incisors treated by partial pulpotomy. *Pediatric Dentistry*, 15(5), 334–336.
- Gelbier, M. J., & Winter, G. B. (1988). Traumatized incisors treated by vital pulpotomy: a retrospective study. *British Dental Journal*, 164(10), 319–323. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4806440>
- Goldberg, M., & Smith, A. J. (2004). C & E <scpxtracellular> M <scpatrices of> D <scpentin and> P <scxulp> A B <scxiological> B <scxasis for> R <scxepair and> T <scxissue> E <scxngineering>. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 15(1), 13–27. <https://doi.org/10.1177/154411130401500103>
- Hilton, T. J. (2009). Keys to Clinical Success with Pulp Capping: A Review of the Literature. *Operative Dentistry*, 34(5), 615–625. <https://doi.org/10.2341/09-132-0>
- Kaur, M. (2017). MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/25840.10374>
- Kunert, M., & Lukomska-Szymanska, M. (2020). Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping—A Review Article. *Materials*, 13(5), 1204. <https://doi.org/10.3390/ma13051204>
- Madhumita, S., Chakravarthy, D., Vijayaraja, S., Kumar, A. S., & Kavimalar, D. (2022). The Outcome of Partial Pulpotomy in Traumatized Permanent Anterior Teeth – A Systematic Review and Meta-Analysis. *Indian Journal of Dental Research*, 33(2), 203–208. https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_1150_21
- Malkondu, Ö., Kazandağ, M. K., & Kazazoğlu, E. (2014). A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material. *BioMed Research International*, 2014, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/160951>
- Matoug-Elwerfelli, M., ElSheshtawy, A. S., Duggal, M., Tong, H. J., & Nazzal, H. (2022). Vital pulp treatment for traumatized permanent teeth: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 55(6), 613–629. <https://doi.org/10.1111/iej.13741>
- Matsuo, T., Nakanishi, T., Shimizu, H., & Ebisu, S. (1996). A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *Journal of*

- Endodontics*, 22(10), 551–556. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80017-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80017-3)
- Mohammadi, Z., & Dummer, P. M. H. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International Endodontic Journal*, 44(8), 697–730. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01886.x>
- Nowicka, A., Lipski, M., Parafiniuk, M., Sporniak-Tutak, K., Lichota, D., Kosierkiewicz, A., Kaczmarek, W., & Buczkowska-Radlińska, J. (2013). Response of Human Dental Pulp Capped with Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics*, 39(6), 743–747. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.01.005>
- Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action. *Journal of Endodontics*, 36(3), 400–413. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.009>
- Pusa, N., Chailertvanitkul, P., Krisanaprakornkit, S., Ngamjarus, C., Kantrong, N., & Samaksamarn, T. (2025). Clinical success of vital pulp therapy for pulp-exposed permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Oral Science*, 67(3), 24–0452. <https://doi.org/10.2334/josnusd.24-0452>
- Qiao, L., Zheng, X., Xie, C., Wang, Y., Ye, L., Zhao, J., & Liu, J. (2025). Bioactive Materials in Vital Pulp Therapy: Promoting Dental Pulp Repair Through Inflammation Modulation. *Biomolecules*, 15(2), 258. <https://doi.org/10.3390/biom15020258>
- Qureshi, A. (2014). Recent Advances in Pulp Capping Materials: An Overview. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/7719.3980>
- Ricucci, D., Siqueira, J. F., Li, Y., & Tay, F. R. (2019). Vital pulp therapy: histopathology and histobacteriology-based guidelines to treat teeth with deep caries and pulp exposure. *Journal of Dentistry*, 86, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.05.022>
- Sarkar, N. K., Caicedo, R., Ritwik, P., Moiseyeva, R., & Kawashima, I. (2005). Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, 31(2), 97–100. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000133155.04468.41>
- Seale, N. S., & Glickman, G. N. (2008). Contemporary Perspectives on Vital Pulp Therapy: Views From the Endodontists and Pediatric Dentists. *Journal of Endodontics*, 34(7), S57–S61. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.02.034>

- Shahmohammadi, R., Sheikhnezami, M., Moradi, S., Jafarzadeh, H., & Azarpazhooh, A. (2021). Treatment Outcomes of Permanent Immature Teeth with Crown Fracture: A Retrospective Cohort Study. *Journal of Endodontics*, 47(11), 1715–1723. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.08.010>
- Torabinejad, M., & Parirokh, M. (2010). Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part II: Leakage and Biocompatibility Investigations. *Journal of Endodontics*, 36(2), 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.010>

4. Bölüm

Çocuk İstismarına Adli Tıbbi Yaklaşım

Hacı Seyit BÖLÜKBAŞI¹

Giriş

Çocuk istismarı ve ihmali, tüm dünyada çocuk sağlığını tehdit eden en önemli önlenemez morbidite ve mortalite nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization; WHO), çocuk istismarını ve ihmali; ebeveyn, bakıcı, güven ilişkisinin bulunduğu herhangi bir kişi yada tanımadığı biri tarafından gerçekleştirilen ve çocuğun sağlığına, yaşamına, gelişimine veya onuruna zarar veren ya da zarar verme potansiyeli taşıyan her türlü fiziksel, cinsel ve duygusal kötü muamele ile ihmal davranışı olarak tanımlamaktadır (World Health Organization, 2022). Bu tanım, yalnızca fiziksel yaralanmaları değil, çocuğun psikososyal gelişimini olumsuz etkileyen tüm davranış biçimlerini kapsamaktadır.

Çocukluk döneminde maruz kalınan istismar ve ihmal, yalnızca akut yaralanmalara neden olmakla kalmamakta; erişkin dönemde çeşitli kronik durumlara yol açtığı bilinmektedir. Özellikle çocukluk çağı olumsuz yaşantılarının yaşam boyu sağlık üzerindeki etkileri çok sayıda epidemiyolojik çalışma ile ortaya konmuştur. Bu nedenle çocuk istismarı yalnızca pediatri ve adli tıp disiplinlerini ilgilendiren bir konu olmayıp, aynı zamanda toplum sağlığı, ruh sağlığı, hukuk, sosyal hizmetler ve eğitim alanlarını kapsayan önemli bir halk sağlığı problemidir.

Uluslararası epidemiyolojik çalışmalar çocuk istismarının gerçek sıklığının bildirilen olguların oldukça üzerinde olduğunu göstermektedir. Bildirim eksikliği, çocuğun yaşının küçük olması, failin çoğunlukla aile bireylerinden biri olması, istismarın gizli gerçekleşmesi ve sosyal damgalanma gibi nedenler olguların önemli bir kısmının sağlık sistemine hiç yansımamasına neden olmaktadır. WHO verilerine göre her yıl milyonlarca çocuk fiziksel, cinsel veya duygusal istismara maruz kalmakta, yüz binlerce çocuk ise istismara bağlı nedenlerle yaşamını kaybetmektedir. Özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde çocuk koruma sistemlerinin yetersizliği nedeniyle gerçek insidansın mevcut kayıtların oldukça üzerinde olduğu düşünülmektedir.

¹ Uzm.Dr., Tunceli İl Sağlık Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı
ORCID No: 0000-0001-6371-5693

Adli tıp uygulamalarında çocuk istismarı olguları, hem tıbbi hem de hukuki açıdan en hassas değerlendirme gerektiren vakalar arasında yer almaktadır. Hekim, yalnızca yaralanmanın tanısını koymakla yükümlü değildir; aynı zamanda yaralanmanın oluş mekanizmasını değerlendirmek, istismar olasılığını araştırmak, ayırıcı tanıyı yapmak, adli delilleri uygun şekilde toplamak ve bilimsel esaslara uygun raporlama gerçekleştirmek zorundadır. Yapılacak değerlendirmelerde temel ilke, çocuğun üstün yararının korunmasıdır.

Çocuk istismarı olgularında adli değerlendirmenin başarısı büyük ölçüde multidisipliner iş birliğine bağlıdır. Çocuk sağlığı ve hastalıkları uzmanı, adli tıp uzmanı, çocuk psikiyatrisi uzmanı, çocuk cerrahı, radyoloji uzmanı, kadın hastalıkları ve doğum uzmanı, çocuk gelişim uzmanı, psikolog, sosyal hizmet uzmanı, hemşire, kolluk kuvvetleri ve adli makamların koordineli çalışması; hem çocuğun güvenliğinin sağlanması hem de hukuki sürecin sağlıklı yürütülebilmesi açısından vazgeçilmezdir.

2. Çocuk İstismarı Türleri

Çocuk istismarı, çocuğun fiziksel, ruhsal, duygusal, cinsel ve sosyal gelişimini olumsuz etkileyen, sağlığını ve güvenliğini tehdit eden her türlü davranış ve ihmal biçimini kapsayan geniş bir kavramdır. Günümüzde en yaygın kabul gören sınıflandırmaya göre çocuk istismarı; fiziksel istismar, cinsel istismar, duygusal istismar ve ihmal olmak üzere dört temel başlık altında incelenmektedir (World Health Organization, 2022; International Society for the Prevention of Child Abuse and Neglect (ISPCAN), 2016). Bununla birlikte bu sınıflandırma kesin sınırlarla birbirinden ayrılmamaktadır. Çocuk istismarı olgularında farklı istismar türleri sıklıkla bir arada görülmekte, fiziksel istismar mağdurlarında duygusal istismar ve ihmal, cinsel istismar mağdurlarında ise psikolojik travma ve duygusal istismar eş zamanlı olarak bulunabilmektedir (Gilbert ve ark., 2009). Bu nedenle çocuk istismarının değerlendirilmesinde bütüncül bir yaklaşım benimsenmeli ve yalnızca görünen fiziksel yaralanmalara odaklanılmamalıdır.

İstismar türlerinin doğru sınıflandırılması; olgunun klinik değerlendirilmesi, uygun tedavi planının oluşturulması, adli delillerin eksiksiz toplanması ve çocuğun tekrar istismara uğramasının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca istismar türünün doğru belirlenmesi, düzenlenecek adli raporun bilimsel niteliğini artırmakta ve hukuki sürecin sağlıklı yürütülmesine katkı sağlamaktadır (Jenny, 2011).

2.1. Fiziksel İstismar

Fiziksel istismar, çocuğa kasıtlı olarak fiziksel zarar verilmesi veya zarar verme riski taşıyan davranışlarda bulunulması şeklinde tanımlanmaktadır (WHO, 2022). Yaralanmanın ağırlığı hafif yumuşak doku lezyonlarından yaşamı tehdit eden çoklu organ yaralanmalarına kadar değişebilmektedir.

Adli tıbbi açıdan fiziksel istismarın değerlendirilmesinde yalnızca mevcut yaralanmaların tanımlanması yeterli değildir. Yaralanmanın oluş mekanizması, çocuğun gelişimsel özellikleri ve bakım veren tarafından verilen öykünün klinik bulgularla uyumu birlikte değerlendirilmelidir. Öykü ile yaralanmanın uyumsuz olması, sağlık kuruluşuna başvuruda açıklanamayan gecikme bulunması, farklı iyileşme evrelerinde çok sayıda ekimoz veya kırığın saptanması, yürümeyen bebekte morluk bulunması ve anatomik olarak kazayla yaralanmanın beklenmediği bölgelerde lezyonların görülmesi fiziksel istismar açısından önemli uyarıcı bulgulardır (Christian ve Crawford-Jakubiak, 2015).

Ekimozların yerleşim yeri tanısız açıdan önem taşımaktadır. Günlük aktiviteler sırasında meydana gelen kazalarda morluklar sıklıkla alın, dirsek, diz ve tibia ön yüzü gibi kemik çıkıntıları üzerinde görülmektedir. Buna karşın kulak kepçesi, boyun, yanak, sırt, gluteal bölge, genital bölge ve uyluk iç yüzünde bulunan ekimozlar kazara yaralanmalardan ziyade fiziksel istismar olasılığını artırmaktadır (Sugar ve ark., 1999). Benzer şekilde kemer, kablo, elektrik kablosu, sopa veya el izi şeklinde karakteristik lezyonların bulunması travmanın uygulama şekli hakkında önemli ipuçları verebilmektedir.

İskelet sistemi yaralanmaları fiziksel istismarın değerlendirilmesinde özel öneme sahiptir. Posterior kosta kırıkları, metafizer köşe kırıkları, skapula, sternum ve vertebra kırıkları çocuk istismarı açısından yüksek özgüllüğe sahip lezyonlar olarak kabul edilmektedir (Kleinman, 2015). Özellikle iki yaş altındaki çocuklarda farklı zamanlarda oluşmuş çok sayıda kırığın bulunması, ayrıntılı adli değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır.

Fiziksel istismarın en ağır tablolarından biri istismara bağlı kafa travmasıdır. Bu olgularda subdural hematoma, retinal hemoraji ve diffüz beyin hasarı birlikteliği görülebilmekte; mortalite ve kalıcı nörolojik sekeller oldukça yüksek oranlara ulaşabilmektedir (American Academy of Pediatrics, 2023). Bu nedenle açıklanamayan nörolojik bulgularla başvuran bebeklerde istismar olasılığı mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Bununla birlikte fiziksel istismar tanısı konulmadan önce osteogenezis imperfekta, D vitamini eksikliğine bağlı raşitizm, metabolik kemik hastalıkları, koagülasyon bozuklukları, vaskülitler ve bazı dermatolojik hastalıklar ayrıntılı tanıda değerlendirilmelidir. (Jenny, 2011).

2.2. Cinsel İstismar

Çocuk cinsel istismarı, çocuğun gelişimsel olarak anlayamayacağı, hukuken onay verme yetisinin bulunmadığı herhangi bir cinsel etkinliğe dahil edilmesi olarak tanımlanmaktadır (WHO, 2022). Temas içeren davranışların yanı sıra teşhircilik, pornografik materyal gösterilmesi, çevrim içi cinsel sömürü ve çocuğun cinsel içerikli görüntülerinin üretilmesi gibi temas içermeyen davranışlar da cinsel istismar kapsamında değerlendirilmektedir.

Araştırmalar, cinsel istismar olgularının büyük bölümünde failin çocuğun tanıdığı veya güvendiği bir kişi olduğunu göstermektedir. Bu durum olayın açıklanmasını güçleştirmekte ve bildirim oranlarını azaltmaktadır (Gilbert ve ark., 2009).

Adli tıbbi değerlendirmede en önemli noktalardan biri, normal genital muayene bulgularının cinsel istismarı dışlamadığıdır. Çalışmalar, doğrulanmış cinsel istismar olgularının büyük çoğunluğunda muayene sırasında spesifik genital bulgu bulunmadığını göstermektedir (Adams ve ark., 2018). Bunun nedeni genital dokuların hızlı iyileşmesi, penetrasyon olmaması veya muayenenin olaydan günler sonra yapılmış olmasıdır. Bu nedenle değerlendirme yalnızca fizik muayeneye dayandırılmamalı; çocuğun anlatımı, adli görüşme kayıtları, psikososyal değerlendirme ve biyolojik deliller birlikte yorumlanmalıdır.

2.3. Duygusal (Psikolojik) İstismar

Duygusal istismar; Sürekli aşağılanma, küçümsenme, tehdit edilme, reddedilme, korkutulma, sosyal izolasyona maruz bırakılma ve aile içi şiddete tanık olma duygusal istismarın en sık görülen biçimleridir.

Duygusal istismarın tanısı çoğu zaman güçtür çünkü fiziksel bulgular genellikle bulunmamaktadır. Bununla birlikte kronik kaygı, depresyon, dikkat eksikliği, davranış sorunları, okul başarısında düşme, sosyal ilişkilerde bozulma, uyku bozuklukları ve kendine zarar verme davranışları önemli klinik belirtiler arasında yer almaktadır (Norman ve ark., 2012). Uzun süreli psikolojik travmanın çocuk beyninin gelişimini etkileyebileceği ve erişkin dönemde psikiyatrik hastalık riskini artırdığı gösterilmiştir (Felitti ve ark., 1998).

2.4. İhmal

İhmal, bakım veren kişinin çocuğun temel fiziksel, duygusal, eğitimsel ve sağlık gereksinimlerini sürekli olarak karşılamaması şeklinde tanımlanmaktadır (WHO, 2022). İhmal; fiziksel ihmal, tıbbi ihmal, eğitim ihmali ve duygusal ihmal olarak sınıflandırılmaktadır.

Adli tıbbi değerlendirmede büyüme geriliği, malnütrisyon, tedavi edilmemiş kronik hastalıklar, kötü hijyen, aşılama eksiklikleri, sık tekrarlayan kazalar ve sağlık kuruluşuna geç başvurular ihmal açısından önemli ipuçlarıdır (Jenny, 2011). Bununla birlikte ihmal değerlendirilirken yoksulluk ile bakım ihmali birbirinden ayrılmalıdır. Ailenin sosyoekonomik koşulları, sağlık hizmetlerine erişim olanakları ve bakım kapasitesi birlikte değerlendirilmeden yalnızca ekonomik yetersizlik temel alınarak ihmal tanısı konulmamalıdır (Gilbert ve ark., 2009).

Sonuç olarak ocuk istismarı türleri birbirinden bağımsız değildir ve aynı çocukta birden fazla istismar türü birlikte bulunabilir. Bu nedenle adli tıbbi değerlendirme yalnızca mevcut yaralanmaların belirlenmesiyle sınırlı kalmamalı; çocuğun fiziksel, ruhsal ve sosyal durumu multidisipliner bir yaklaşımla kapsamlı olarak ele alınmalıdır.

3.1. Adli Tıbbi Yaklaşımın Amacı

ocuk istismarı olgularında adli tıbbi yaklaşımın temel amacı, çocuğun fiziksel ve ruhsal sağlığını korurken aynı zamanda olayın hukuki boyutunun bilimsel yöntemlerle değerlendirilmesini sağlamaktır. ocuk istismarı yalnızca tıbbi bir tanı süreci olmayıp, ocuk koruma sistemi, adli merciler ve sosyal hizmet birimlerinin koordinasyonunu gerektiren multidisipliner bir süreçtir. Bu nedenle adli tıbbi değerlendirme; tanı koymanın ötesinde çocuğun güvenliğinin sağlanması, yeniden istismarın önlenmesi, delillerin korunması ve adalet sistemine güvenilir bilimsel veri sunulması gibi çok yönlü amaçlar taşımaktadır (Jenny, 2011).

Adli tıp uygulamalarında temel ilke, değerlendirmenin tarafsız, objektif, bilimsel ve kanıta dayalı olarak yürütülmesidir. Hekim, olayın failini belirlemek veya hukuki sorumluluğa karar vermekle yükümlü değildir. Hekimin görevi; mevcut tıbbi bulguları ortaya koymak, yaralanmaların özelliklerini tanımlamak, bunların bildirilen olay mekanizması ile uyumunu değerlendirmek ve ulaşılan sonuçları bilimsel veriler ışığında adli rapora aktarmaktır (Christian ve Crawford-Jakubiak, 2015). Bu yönüyle adli tıbbi değerlendirme, yargı makamlarının karar verme sürecini destekleyen bağımsız bir bilimsel inceleme niteliğindedir.

ocuk istismarı olgularında ilk hedef çocuğun yaşamını tehdit eden durumların belirlenmesi ve gerekli acil tıbbi müdahalenin yapılmasıdır. Özellikle istismara bağlı kafa travması, batin ii organ yaralanmaları, ciddi yanıklar, solunum yolu yaralanmaları ve masif kanamalar gibi yaşamı tehdit eden tablolar öncelikli olarak değerlendirilmelidir. Acil tedavi gereksiniminin karşılanması hiçbir zaman adli değerlendirme ile ertelenmemelidir. Hekimin

öncelikli görevi yaşam kurtarmak olup, adli deliller mümkün olduğunca tedavi süreci ile eş zamanlı korunmalıdır (American Academy of Pediatrics, 2023).

Adli tıbbi yaklaşımın ikinci temel amacı, istismar olgusunun doğru biçimde tanımlanmasıdır. Bu süreç yalnızca fizik muayene bulgularının değerlendirilmesini değil; ayrıntılı öykü alınmasını, çocuğun gelişimsel özelliklerinin göz önünde bulundurulmasını, laboratuvar ve radyolojik incelemelerin planlanmasını ve gerekli durumlarda psikiyatrik değerlendirmeyi de kapsamaktadır. Özellikle küçük çocuklarda öykü çoğunlukla bakım verenlerden alınmakta olup, anlatılan olayın çocuğun gelişimsel kapasitesiyle uyumlu olup olmadığı mutlaka sorgulanmalıdır (Jenny, 2011).

Çocuk istismarının değerlendirilmesinde önemli amaçlardan biri de yanlış tanıların önlenmesidir. Fiziksel istismar lehine yorumlanabilecek bazı bulgular osteogenezis imperfekta, D vitamini eksikliğine bağlı raşitizm, metabolik kemik hastalıkları, koagülasyon bozuklukları, vaskülitler veya bazı dermatolojik hastalıklarda da görülebilmektedir. Benzer şekilde cinsel istismar olgularında normal genital muayene bulgularının istismarı dışlamadığı bilinmektedir. Bu nedenle değerlendirme yalnızca tek bir bulguya dayanılarak yapılmamalı; tüm klinik veriler birlikte analiz edilmelidir (Adams ve ark., 2018; Christian ve Crawford-Jakubiak, 2015).

Adli tıbbi yaklaşımın bir diğer önemli amacı, uygun adli delillerin zamanında ve doğru yöntemlerle toplanmasını sağlamaktır. Özellikle cinsel istismar olgularında biyolojik örneklerin uygun süre içerisinde alınması, materyallerin muhafaza kurallarına uygun biçimde saklanması hukuki sürecin sağlıklı yürütülmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Adli değerlendirmenin bir başka amacı ise çocuğun tekrar istismara maruz kalmasını önlemektir. Yapılan araştırmalar, çocuk istismarı mağdurlarında uygun koruyucu önlemler alınmadığında yeniden istismar riskinin belirgin şekilde arttığını göstermektedir (Gilbert ve ark., 2009). Bu nedenle hekim yalnızca mevcut yaralanmaları tedavi etmekle yetinmemeli; çocuğun güvenliğinin sağlanması için ilgili sosyal hizmet birimleri ve adli makamlarla iş birliği içinde hareket etmelidir. Gerekğinde koruyucu ve destekleyici tedbirlerin uygulanması konusunda ilgili mercilere bildirim yapılmalıdır.

Çocuk istismarı olgularında düzenlenecek adli rapor, hukuki sürecin en önemli bilimsel belgelerinden biridir. Bu nedenle raporda öykü, fizik muayene bulguları, laboratuvar ve görüntüleme sonuçları ayrıntılı biçimde belirtilmeli; yorumlar yalnızca elde edilen objektif bulgulara dayandırılmalıdır.

Sonuç olarak adli tıbbi yaklaşımın amacı yalnızca istismarın varlığını ortaya koymak değildir. Aynı zamanda çocuğun yaşamını korumak, tekrar istismarı önlemek, delilleri bilimsel esaslara uygun şekilde toplamak, multidisipliner

çocuk koruma sürecini başlatmak ve adalet sistemine güvenilir bilimsel katkı sunmaktır.

3.2. Çocuğun Üstün Yararı İlkesi

Çocuk istismarı olgularında adli tıbbi değerlendirmenin temelini oluşturan en önemli etik ve hukuki ilke, çocuğun üstün yararı ilkesidir. Bu ilke, çocuğu ilgilendiren tüm tıbbi, idari ve hukuki işlemlerde alınacak kararların öncelikle çocuğun fiziksel, ruhsal ve sosyal iyilik hâlini koruyacak şekilde planlanmasını ifade etmektedir.

Çocuğun üstün yararı ilkesi, ilk kez uluslararası düzeyde Birleşmiş Milletler Çocuk Haklarına Dair Sözleşme'nin 3. maddesinde açık şekilde düzenlenmiştir. Buna göre, çocukları ilgilendiren bütün faaliyetlerde, kamu kurumları, mahkemeler, idari makamlar ve sağlık kuruluşları tarafından alınacak kararlarda öncelikle çocuğun üstün yararı gözetilmelidir (United Nations, 1989). Türkiye, söz konusu sözleşmeyi 1990 yılında imzalamış ve 1995 yılında yürürlüğe koymuştur. Dolayısıyla çocuk istismarı şüphesi bulunan her olguda sağlık çalışanlarının bu ilke doğrultusunda hareket etmeleri hem etik hem de hukuki bir yükümlülüktür.

Adli tıbbi değerlendirme sürecinde çocuğun üstün yararı, yalnızca mevcut yaralanmaların tedavi edilmesini değil; çocuğun gelecekte yeniden istismara maruz kalmasının önlenmesini, psikolojik bütünlüğünün korunmasını ve güvenli yaşam koşullarının sağlanmasını da kapsamaktadır. Bu nedenle hekimin görevi yalnızca tıbbi tanı koymak değildir. Gerekliğinde çocuk koruma mekanizmalarının devreye girmesi için ilgili kurumlara bildirim yapmak, sosyal hizmet birimleriyle iş birliği kurmak ve çocuğun güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunmak da adli tıbbi yaklaşımın ayrılmaz bir parçasıdır.

Çocuğun üstün yararı ilkesi doğrultusunda gerçekleştirilecek değerlendirmelerde, çocuğun tekrar travmatize edilmemesi temel hedeflerden biridir. İstismar mağduru çocukların olay hakkında defalarca ifade vermeye zorlanmaları, farklı sağlık kuruluşlarında tekrar tekrar muayene edilmeleri veya uygun olmayan ortamlarda sorgulanmaları ikincil örselenmeye yol açabilmektedir (WHO, 2022; ISPCAN, 2016). İkincil örselenme, çocuğun yaşadığı travmanın derinleşmesine, sağlık çalışanlarına ve adli sisteme olan güveninin azalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle uluslararası rehberler, çocuğun mümkün olduğunca tek merkezde, eğitimli uzmanlar tarafından ve standartlaştırılmış görüşme teknikleri kullanılarak değerlendirilmesini önermektedir.

Bu yaklaşım doğrultusunda birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de Çocuk İzlem Merkezleri (ÇİM) ve Çocuk Koruma ve İzlem Merkezleri (ÇOKİM)

kurulmuştur. ÇİM'lerde çocuk; çocuk sağlığı ve hastalıkları uzmanı, adli tıp uzmanı, çocuk psikiyatristi, psikolog, sosyal hizmet uzmanı ve gerektiğinde diğer disiplinler tarafından aynı merkezde değerlendirilmektedir. Böylece çocuğun farklı kurumlar arasında tekrar tekrar yönlendirilmesi önlenmekte, hem adli deliller daha sağlıklı toplanmakta hem de psikolojik travmanın azaltılması hedeflenmektedir (Sağlık Bakanlığı, Çocuk İzlem Merkezi Uygulama Rehberi).

Çocuğun üstün yararı ilkesi, adli görüşme sürecinde de belirleyici rol oynamaktadır. Çocuğun yaşı, bilişsel gelişimi, dil becerileri ve psikolojik durumu dikkate alınarak görüşmenin planlanması gerekmektedir. Sorular açık uçlu olmalı, yönlendirici veya suçlayıcı ifadeler kullanılmamalıdır. Çocuğun anlatımı kesilmeden dinlenmeli, mümkün olduğunca kendi ifadeleriyle kayıt altına alınmalıdır (Lamb ve ark., 2018). Görüşme sırasında çocuğun kendisini güvende hissetmesi ve mahremiyetinin korunması önem taşımaktadır.

Çocuğun üstün yararı ilkesi kapsamında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, fizik muayenedir. Muayene öncesinde çocuğa yaşına uygun bir dille bilgi verilmeli, mümkün olduğunca kaygısını azaltacak iletişim yöntemleri kullanılmalıdır. Özellikle genital muayene gerektiren olgularda işlemin neden yapıldığı açıklanmalı, çocuğun mahremiyetine azami özen gösterilmeli ve yalnızca gerekli sağlık personeli ortamda bulunmalıdır (Adams ve ark., 2018).

Ayrıca çocuğun üstün yararı yalnızca akut dönemi kapsamaz. İstismar mağduru çocukların uzun dönem izlemleri de bu ilkenin önemli bir parçasıdır. Travma sonrası stres bozukluğu, depresyon, kaygı bozuklukları, davranış problemleri ve okul başarısında azalma gibi uzun dönem sonuçlar açısından çocukların düzenli psikososyal değerlendirmelerinin yapılması önerilmektedir (Norman ve ark., 2012; Felitti ve ark., 1998). Gerekli durumlarda psikolojik destek, aile danışmanlığı ve sosyal hizmet müdahaleleri planlanmalıdır.

Sonuç olarak çocuğun üstün yararı ilkesi, çocuk istismarı olgularında adli tıbbi yaklaşımın merkezinde yer alan temel etik ve hukuki ilkedir. Tıbbi değerlendirme, delil toplama, raporlama ve hukuki süreçlerin tamamı çocuğun güvenliğini, fiziksel ve ruhsal iyilik hâlini koruyacak şekilde planlanmalıdır. Bu ilkenin etkin biçimde uygulanması, hem yeniden istismarın önlenmesine hem de çocuğun sağlıklı gelişiminin desteklenmesine önemli katkı sağlamaktadır.

3.3. İlk Değerlendirme ve Acil Yaklaşım

Çocuk istismarı şüphesi bulunan olgularda ilk değerlendirme, çocuğun yaşamını tehdit eden durumların hızla belirlenmesi, gerekli tıbbi tedavinin gecikmeksizin başlatılması ve adli sürecin doğru şekilde yönetilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Adli tıbbi yaklaşımın ilk aşaması, her zaman çocuğun yaşamının korunması ve tıbbi stabilizasyonunun sağlanmasıdır. Bu nedenle

istismar şüphesi bulunan bir çocukta adli değerlendirme, acil tıbbi müdahalenin önüne geçmemeli; tanı ve delil toplama işlemleri, hastanın klinik durumu izin verdiği ölçüde gerçekleştirilmelidir.

İlk değerlendirme sırasında sağlık çalışanı, olguyu yalnızca mevcut yaralanmalar açısından değil, aynı zamanda çocuğun genel sağlık durumu, gelişimsel özellikleri ve güvenliği açısından da ele almalıdır. Özellikle acil servise başvuran küçük çocuklarda öykünün yetersiz olması, bakım verenlerin çelişkili ifadeleri veya açıklanamayan ciddi yaralanmalar istismar olasılığını akla getirmelidir (Christian ve Crawford-Jakubiak, 2015). Bu nedenle travmanın mekanizması ile mevcut klinik bulgular arasındaki uyum dikkatle değerlendirilmelidir..

Tüm vücudun değerlendirilmesi aşamasında çocuk tamamen soyularak sistematik fizik muayene gerçekleştirilmelidir. Muayene sırasında hipoterminin önlenmesi amacıyla uygun çevresel koşullar sağlanmalıdır. Tüm deri yüzeyi dikkatle incelenmeli; ekimozlar, abrazyonlar, laserasyonlar, yanıklar, ısırık izleri ve diğer travmatik lezyonlar ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir.

İlk değerlendirme sırasında elde edilen öykü büyük önem taşımaktadır. Öykü mümkün olduğunca sakin bir ortamda alınmalı ve bakım veren tarafından anlatılan olay mekanizması ayrıntılı şekilde kaydedilmelidir. Yaralanmanın zamanı, oluş şekli, olay sırasında çocuğun yanında bulunan kişiler ve sağlık kuruluşuna başvuruda gecikme olup olmadığı sorgulanmalıdır. Bakım verenlerin ifadelerinde çelişki bulunması, öykünün çocuğun gelişimsel kapasitesi ile uyumsuz olması veya yaralanmanın açıklanamaması istismar olasılığını artırmaktadır (Jenny, 2011).

Çocuğun kendisinden öykü alınabilecek yaşta olması durumunda görüşme, mümkün olduğunca bu konuda eğitilmiş sağlık profesyonelleri tarafından gerçekleştirilmelidir. Çocuğa yönlendirici sorular sorulmamalı, anlatımını kesmeden konuşmasına izin verilmeli ve ifadeleri kendi kullandığı sözcüklerle kayıt altına alınmalıdır (Lamb ve ark., 2018). Aynı olayın farklı kişiler tarafından tekrar tekrar sorgulanması, ikincil travmaya yol açabileceğinden mümkün olduğunca önlenmelidir.

İlk değerlendirme sırasında dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biri de çocuğun mevcut güvenlik durumudur. Sağlık çalışanı, çocuğun taburcu edilmesi hâlinde yeniden istismara maruz kalma riski bulunup bulunmadığını değerlendirmelidir. Failin bakım verenlerden biri olduğu düşünülen olgularda çocuğun aynı ortama geri gönderilmesi ciddi risk oluşturabilir. Böyle durumlarda sosyal hizmet uzmanları, çocuk koruma birimleri ve adli makamlarla koordinasyon sağlanarak gerekli koruyucu tedbirlerin alınması gerekmektedir.

İlk değerlendirme sürecinde laboratuvar ve görüntüleme incelemeleri klinik bulgular doğrultusunda planlanmalıdır.

Sonuç olarak ocuk istismarı şüphesi bulunan olgularda ilk değerlendirme, yalnızca acil tıbbi tedaviyi değil; istismar olasılığının erken fark edilmesini, adli delillerin korunmasını ve çocuğun güvenliğinin sağlanması kapsayan bütüncül bir süreçtir. Bu aşamada yapılacak doğru ve sistematik değerlendirme hem çocuğun yaşamının korunması hem de hukuki sürecin sağlıklı yürütülmesi açısından belirleyici öneme sahiptir.

Kaynaklar

- World Health Organization. (2022). *INSPIRE: Seven Strategies for Ending Violence Against Children*. Geneva: World Health Organization.
- International Society for the Prevention of Child Abuse and Neglect. (2016). *ISPCAN Child Protection Guidelines*. Aurora, CO: ISPCAN.
- Gilbert, R., Widom, C. S., Browne, K., Fergusson, D., Webb, E., & Janson, S. (2009). Burden and consequences of child maltreatment in high-income countries. *The Lancet*, 373(9657), 68–81. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61706-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61706-7)
- Jenny, C. (Ed.). (2011). *Child Abuse and Neglect: Diagnosis, Treatment and Evidence*. St. Louis, MO: Elsevier Saunders.
- Christian, C. W., & Crawford-Jakubiak, J. E. (2015). The evaluation of suspected child physical abuse. *Pediatrics*, 135(5), e1337–e1354. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-0356>
- Sugar, N. F., Taylor, J. A., & Feldman, K. W. (1999). Bruises in infants and toddlers: Those who don't bruise rarely bruise. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 153(4), 399–403. <https://doi.org/10.1001/archpedi.153.4.399>
- Kleinman, P. K. (2015). *Diagnostic Imaging of Child Abuse* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- American Academy of Pediatrics, Committee on Child Abuse and Neglect. (2023). *The evaluation of suspected child physical abuse*. *Pediatrics*. Advance online publication.
- Adams, J. A., Farst, K. J., & Kellogg, N. D. (2018). Interpretation of medical findings in suspected child sexual abuse: An update for 2018. *Journal of Pediatric and Adolescent Gynecology*, 31(3), 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.jpag.2017.12.011>
- Norman, R. E., Byambaa, M., De, R., Butchart, A., Scott, J., & Vos, T. (2012). The long-term health consequences of child physical abuse, emotional abuse, and neglect: A systematic review and meta-analysis. *PLoS Medicine*, 9(11), e1001349. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001349>
- Felitti, V. J., Anda, R. F., Nordenberg, D., Williamson, D. F., Spitz, A. M., Edwards, V., Koss, M. P., & Marks, J. S. (1998). Relationship of childhood abuse and household dysfunction to many of the leading causes of death in adults: The Adverse Childhood Experiences (ACE) Study. *American Journal of Preventive Medicine*, 14(4), 245–258. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(98\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(98)00017-8)

- United Nations. (1989). *Convention on the Rights of the Child*. New York: United Nations.
- T.C. Sağlık Bakanlığı. *Çocuk İzlem Merkezi (ÇİM) Uygulama Rehberi*. Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı.
- Lamb, M. E., Brown, D. A., Hershkowitz, I., Orbach, Y., & Esplin, P. W. (2018). *Tell Me What Happened: Questioning Children About Abuse* (2nd ed.). Wiley-Blackwell..

5. Bölüm

Pediatric Hemşireliğinde Yapay Zeka: Güncel Uygulamalar, Zorluklar ve Geleceğe Yönelik Beklentiler

Harun ÖZBEY¹

Özet

Yapay zekâ (YZ), insan zekâsına özgü olan öğrenme, akıl yürütme, örüntü tanıma ve karar verme gibi bilişsel süreçleri makineler aracılığıyla taklit eden bir teknoloji alanıdır. Sağlık hizmetlerinde YZ; tanı, tedavi, izlem ve bakım süreçlerini dönüştürerek hasta sonuçlarını iyileştirme ve iş yükünü azaltma yönünde önemli fırsatlar sunmaktadır. Çocuk hastaların fizyolojik, gelişimsel ve psikososyal açıdan yetişkinlerden farklılık göstermesi, pediatri hemşireliğinde YZ uygulamalarını hem daha değerli hem de daha dikkat gerektiren bir alan hâline getirmektedir. Bu bölümde pediatri hemşireliği uygulamalarında YZ'nin güncel kullanım alanları; klinik karar destek sistemleri, erken uyarı ve kötüleşme tahmini, ağrı değerlendirme, sosyal robotlar, giyilebilir teknolojiler, hasta ve aile eğitimi ile hemşirelik eğitimi başlıkları altında ulusal ve uluslararası literatür temelinde ele alınmıştır. Ayrıca YZ'nin pediatri hemşireliğine entegrasyonunda karşılaşılan etik, mesleki, teknik ve veri güvenliğine ilişkin zorluklar tartışılmış ve geleceğe yönelik beklentiler sunulmuştur. Sonuç olarak YZ tabanlı uygulamaların, hemşireliğin insani ve şefkat temelli yönünü ikame etmek yerine destekleyen araçlar olarak konumlandırılması ve hemşirelerin bu dönüşüme YZ okuryazarlığı kazandırılarak hazırlanması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, pediatri hemşireliği, makine öğrenmesi, klinik karar destek sistemleri, çocuk sağlığı.

¹ Dr., PhD, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye. E-posta: harunozbey@erciyes.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9827-0655

1. Giriş

Yapay zekâ (YZ), problem çözme, karar verme, örüntü tanıma ve öğrenme gibi genellikle insan bilişini gerektiren görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmış sistemler aracılığıyla insan zekâsının taklit edilmesini ifade etmektedir (Buchanan vd., 2021; Loutfy vd., 2026). YZ; makine öğrenmesi (machine learning), derin öğrenme (deep learning), doğal dil işleme, bilgisayarlı görü, uzman sistemler ve robotik gibi çok sayıda alt alanı kapsayan bir şemsiye kavramdır. Son yıllarda büyük veri kümelerinin erişilebilir hâle gelmesi, işlem gücündeki artış ve algoritmalarındaki gelişmeler, YZ'nin sağlık hizmetlerine hızla entegre olmasının önünü açmıştır (Wang vd., 2025).

Sağlık hizmetlerinde YZ; erken hastalık tespiti, klinik karar desteği, hasta izlemi, iş akışının optimizasyonu ile eğitim ve öğretim süreçlerine katkı sağlamaktadır (Loutfy vd., 2026). Hemşirelik, hasta ile en fazla temas kuran ve bakım süreçlerinin merkezinde yer alan meslek grubu olarak, YZ teknolojilerinin uygulanmasında hem son kullanıcı hem de kolaylaştırıcı konumundadır (Yu vd., 2026). Klinik karar destek sistemlerinden mobil sağlık ve sensör tabanlı teknolojilere, görüntü tanımadan sanal asistanlara ve robotlara kadar geniş bir yelpazede YZ yetenekleri hemşirelik uygulamalarında yerini almaktadır (Loutfy vd., 2026).

Pediatric hemşireliği, doğum öncesi dönemden ergenliğe kadar geniş bir yaş aralığındaki çocukların sağlığının korunması, geliştirilmesi ve hastalık durumunda bakımın sağlanmasını kapsayan özel bir alandır. Çocukların fizyolojik parametrelerinin yaşa göre belirgin biçimde değişmesi, ilaç dozlarının kiloya göre hassas biçimde hesaplanması gerekliliği, iletişim güçlükleri ve gelişimsel farklılıklar; pediatriye bakımı yetişkin bakımından ayıran temel özelliklerdir (Shin vd., 2022; Ünal & Avcı, 2024). Bu nedenle çocuk hastalarda kullanılan YZ uygulamalarının pediatriye özgü verilerle geliştirilmesi ve doğrulanması büyük önem taşımaktadır (Wang vd., 2025).

Çocuk hastalarda YZ kullanımının kökeni, 1968 yılında Paycha'nın geliştirdiği SHELPA uygulamasına kadar uzanmakta olup, ilerleyen yıllarda alanda yürütülen çalışmaların çeşitliliği giderek artmıştır (Ünal & Avcı, 2024). Günümüzde pediatri hemşireliğinde YZ; yenidoğan yoğun bakımından çocuk acil servislerine, kronik hastalık yönetiminden ağrı değerlendirmesine kadar çok sayıda uygulama alanında araştırılmaktadır. Bununla birlikte, bu uygulamaların büyük bölümünün hâlâ araştırma ya da geliştirme aşamasında olduğu ve klinik entegrasyonun sınırlı kaldığı belirtilmektedir (Wang vd., 2025; Ünal & Avcı, 2024).

Bu bölümün amacı; pediatri hemşireliği uygulamalarında YZ'nin güncel kullanım alanlarını ulusal ve uluslararası literatür temelinde derlemek, bu

alandaki fırsat ve zorlukları tartışmak ve geleceğe yönelik beklentileri ortaya koymaktır. Bölümde önce YZ'ye ilişkin temel kavramlara yer verilmiş, ardından pediatri hemşireliği uygulama alanlarına göre YZ uygulamaları ele alınmış, güncel çalışmalar bir tabloda özetlenmiş ve son olarak etik boyut, zorluklar ve gelecek perspektifi değerlendirilmiştir.

2. Yapay Zekâ ve Temel Kavramlar

YZ, insan zekâsının makineler tarafından taklit edilmesini sağlayan geniş bir bilim alanıdır. Makine öğrenmesi, verilerden örüntü öğrenerek açık biçimde programlanmadan tahmin ve sınıflandırma yapabilen algoritmaları; derin öğrenme ise çok katmanlı yapay sinir ağları aracılığıyla görüntü, ses ve metin gibi karmaşık verileri işleyebilen bir makine öğrenmesi alt dalını ifade eder (Wang vd., 2025). Sağlık alanında yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında lojistik regresyon, rastgele orman (random forest), destek vektör makineleri, gradyan artırma (XGBoost, LightGBM) ve derin sinir ağları yer almaktadır (Hsu vd., 2021; Martinez-Ortigosa vd., 2023).

Son dönemde büyük dil modelleri (large language models, LLM) olarak adlandırılan ve doğal dil işleme temelli üretken YZ araçları (örneğin ChatGPT) hızla yaygınlaşmıştır. Bu araçlar; hasta eğitim materyallerinin oluşturulması, taburculuk talimatlarının hazırlanması ve çok dilli çeviri gibi görevlerde kullanılmaktadır (Gupta vd., 2024; Wang vd., 2026). Ayrıca sosyal robotlar, giyilebilir teknolojiler ve bilgisayarlı görü tabanlı sistemler de hemşirelik uygulamalarında giderek daha fazla yer bulmaktadır (Or vd., 2025; Voss vd., 2019).

Hemşirelik açısından YZ araçlarının kullanımı, çeşitli düzeylerde ele alınabilir. Bunlar; klinik ortamlarda YZ araçlarının yaygınlığı, sağlık profesyonelleri arasında YZ'ye yönelik eğitim ve okuryazarlık düzeyi ve YZ'nin hasta bakımına entegre edilme derecesi olarak sıralanabilir (Ünal & Avcı, 2024). Bu çerçevede hemşirelerin YZ'ye yönelik tutum, farkındalık ve hazırbulunuşluk düzeyleri, teknolojinin başarılı biçimde uygulanmasında belirleyici bir rol oynamaktadır (El Arab vd., 2025).

3. Pediatri Hemşireliği Uygulamalarında Yapay Zekânın Güncel Kullanım Alanları

Pediatri hemşireliğinde YZ uygulamaları; klinik karar destek sistemleri, erken uyarı ve kötüleşme tahmini, tanı ve tarama, ağrı ve semptom değerlendirmesi, ilaç güvenliği, psikososyal destek ve eğitim gibi çeşitli alanlarda incelenebilir. Bu bölümde her bir alan güncel çalışmalar ışığında ele alınmaktadır.

3.1. Klinik Karar Destek Sistemleri ve Erken Uyarı Uygulamaları

Klinik karar destek sistemleri (KKDS), hastadan elde edilen verileri analiz ederek sağlık profesyonellerine kanıta dayalı öneriler sunan YZ tabanlı sistemlerdir. Pediatrie bu sistemler özellikle klinik kötüleşmenin erken tespitinde önemli bir potansiyel taşımaktadır. Çocuklarda kalp hızı ve solunum sayısı gibi yaşamsal bulguların yaşa göre değişmesi, yetişkin popülasyonu için geliştirilen erken uyarı skorlarının pediatrie yetersiz kalmasına neden olmakta ve pediatriye özgü modellere ihtiyaç duyulmaktadır (Wellner vd., 2017).

Geleneksel Pediatrik Erken Uyarı Skoru (PEWS) sistemleri sınırlı sayıda parametre kullanırken, makine öğrenmesi temelli modeller elektronik sağlık kayıtlarındaki çok sayıda değişkeni bir arada değerlendirebilmektedir. Foote ve arkadaşları (2024) tarafından geliştirilen bir çalışmada, elektronik sağlık kaydından elde edilen 542 özelliği kullanan LightGBM modeli, çocuk hastalarda 24 saat içinde yoğun bakıma nakil veya 48 saat içinde mortalite bileşik sonucunu tahmin etmede kurumsal PEWS'e kıyasla üstün performans göstermiştir. Benzer biçimde Shin ve arkadaşları (2022) tarafından geliştirilen ve çok merkezli olarak doğrulanan derin öğrenme temelli pediatrik erken uyarı sistemi (pDEWS), kötüleşme olaylarını tahmin etmede modifiye PEWS, lojistik regresyon ve rastgele orman modellerinden daha yüksek başarı elde etmiştir.

Çocuk yoğun bakım ünitelerinde (ÇYBÜ) kardiyovasküler kötüleşmenin öngörülmesine yönelik geliştirilen modeller de umut verici sonuçlar sunmaktadır. Birleşik Krallık'ta yürütülen bir çalışmada, rutin toplanan sağlık verileriyle eğitilen PicEWS modeli, tanıdan bağımsız olarak kardiyovasküler kötüleşmeyi doğru biçimde tahmin edebilmiştir (Stein vd., 2025). Bu tür sistemler, hemşirelerin yatak başında sürekli gözlem yükünü azaltarak müdahale gereken hastaların önceliklendirilmesine katkı sağlayabilir. Ancak alarm yorgunluğu ve yanlış pozitif uyarılar, bu sistemlerin klinik kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli sınırlılıklardır (Mehta vd., 2026).

3.2. Yenidoğan Yoğun Bakımda Yapay Zekâ Uygulamaları

Yenidoğan yoğun bakım üniteleri (YYBÜ), yüksek riskli ve kırılgan bir hasta grubuna hizmet vermeleri nedeniyle YZ uygulamalarının en yoğun araştırıldığı alanlardan biridir. Neonatal sepsis, yenidoğanlarda morbidite ve mortalitenin başlıca nedenlerinden olup erken tanı ve uygun yönetim sonuçları belirgin biçimde iyileştirmektedir (Iqbal vd., 2023). Makine öğrenmesi yöntemleri, sepsisin erken tahmininde ve mortalite riskinin öngörülmesinde kullanılmaktadır. Iqbal ve arkadaşları (2023) tarafından yürütülen çalışmada, lojistik regresyon modeli neonatal sepsise bağlı mortaliteyi yüksek doğrulukla tahmin etmiştir. Hsu ve arkadaşları (2021) ise klinik olarak sepsis şüphesi taşıyan yenidoğanlarda

hastane içi mortaliteyi öngörmeye derin sinir ağı modelinin en yüksek başarıyı gösterdiğini bildirmiştir.

Prematüre retinopatisi (ROP), erken doğan ve düşük doğum ağırlıklı bebeklerde önlenabilir körlüğün önde gelen nedenlerinden biridir ve zamanında tarama ile tedavi görme kaybını büyük ölçüde önleyebilir (Bai vd., 2022). Derin öğrenme temelli algoritmalar, retina görüntülerinden ROP'un ve özellikle 'plus hastalığın' tespitinde uzman düzeyinde performans gösterebilmektedir. i-ROP-DL sistemi, plus hastalığın saptanmasında ve damarsal şiddet skorunun belirlenmesinde güvenilir sonuçlar vermiştir (Bai vd., 2022). Bu tür sistemler, özellikle uzman oftalmolog sayısının yetersiz olduğu bölgelerde tele-tıp uygulamalarıyla birleştirilerek tarama kapasitesini artırma potansiyeli taşımaktadır (Rao vd., 2023). Yenidoğan hemşireleri açısından bu teknolojiler, tarama süreçlerinin organizasyonu, görüntü elde edilmesi ve ailelerin bilgilendirilmesi gibi alanlarda destekleyici bir rol oynayabilir.

3.3. Ağrı ve Semptom Değerlendirmesinde Yapay Zekâ

Ağrı değerlendirmesi, özellikle kendini sözel olarak ifade edemeyen bebekler ve küçük çocuklarda pediatri hemşireliğinin zorlu alanlarından biridir. Geleneksel ağrı değerlendirme yöntemleri büyük ölçüde gözleme ve öznel yorumlamaya dayandığından değerlendiriciler arasında farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Yüz ifadesi analizi, ses analizi ve fizyolojik parametrelerin makine öğrenmesiyle değerlendirilmesi, ağrının daha nesnel biçimde ölçülmesine olanak tanımaktadır (Çubukcu & Kahraman, 2025).

Çubukcu ve Kahraman (2025) tarafından yapılan derlemede, YZ değerlendirme araçlarının ve makine öğreniminin kullanılmasıyla ağrı değerlendirmesinde daha nesnel sonuçların elde edilebileceği, hemşire iş yükünün azalacağı ve böylece bakıma ayrılan sürenin artacağı vurgulanmıştır. Bu araçlar, hemşirenin klinik muhakemesinin yerini almaktan çok, karar sürecini destekleyen tamamlayıcı araçlar olarak konumlandırılmaktadır. Bununla birlikte, bu alandaki modellerin çoğu hâlâ araştırma aşamasında olup geniş ölçekli klinik doğrulamaya ihtiyaç duymaktadır.

3.4. Sosyal Robotlar ve Psikososyal Destek

Hastaneye yatış, çocuklar için önemli bir stres ve kaygı kaynağıdır. Sosyal yardımcı robotlar (socially assistive robots), sosyal etkileşim yoluyla çocukların ağrı ve duygusal sıkıntısını hafifletmeyi amaçlayan yenilikçi araçlardır (Hsu vd., 2025). NAO gibi insansı robotlar, ağırlı işlemler sırasında ve bekleme sürelerinde çocukların kaygısını azaltmada kullanılmaktadır.

Rossi ve arkadaşları (2022) tarafından çocuk acil servisinde yürütülen randomize kontrollü çalışmada, NAO sosyal robotuyla etkileşime giren çocuklarda tükürük kortizol düzeyinin, hemşireyle oynayan ve ebeveynleriyle bekleyen gruplara kıyasla anlamlı biçimde daha fazla azaldığı gösterilmiştir. Türkiye'de ambulatuvar cerrahi geçiren 84 çocukla yürütülen bir çalışmada ise etkileşimli bir robotun varlığının ameliyat sonrası mobilizasyon öncesi kaygıyı azalttığı ve ebeveyn memnuniyetini artırdığı bildirilmiştir (Buele vd., 2026). Or ve arkadaşları (2025) tarafından yapılan sistematik derleme ve meta-analiz, sosyal robotların hastanede yatan çocukların psikolojik iyilik hâlini iyileştirmede potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur.

Bununla birlikte, en güncel meta-analizler bu alandaki kanıtların hâlâ değişken olduğuna dikkat çekmektedir. Hsu ve arkadaşları (2025), sosyal yardımcı robotların bazı çocuklarda duygusal fayda sağlarken bazılarında etkisiz ya da tersine bir etki gösterebileceğini belirtmiştir. Ayrıca çocukların robotlara duygusal bağımlılık geliştirmesi, istenmeyen bağlanma ve anlamlı insan etkileşiminin azalması gibi etik kaygılar, özellikle gelişim çağındaki çocuklar açısından önem taşımaktadır (Hsu vd., 2025). Bu nedenle sosyal robotlar, hemşirelik bakımının ve insani temasın yerine geçen değil, onu destekleyen araçlar olarak değerlendirilmelidir.

3.5. Giyilebilir Teknolojiler ve Nörogelişimsel Bozukluklara Yönelik Uygulamalar

Giyilebilir YZ tabanlı cihazlar, çocukların davranışsal ve fizyolojik verilerinin sürekli izlenmesine ve müdahale edilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle otizm spektrum bozukluğu (OSB) olan çocuklarda YZ destekli müdahaleler dikkat çekmektedir. Voss ve arkadaşları (2019) tarafından geliştirilen ve akıllı gözlük teknolojisi kullanan 'Superpower Glass' adlı giyilebilir davranışsal müdahale sistemi, OSB'li çocukların yüz ifadelerini tanıyarak gerçek zamanlı sosyal ipuçları sunmaktadır. Yürütülen randomize kontrollü çalışmada, uygulamalı davranış analizi terapisine eklenen bu müdahalenin 6-12 yaş arası OSB'li çocukların sosyal becerilerini iyileştirmede etkili olduğu bildirilmiştir.

YZ, OSB'nin erken tanısında da potansiyel taşımaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları, tıbbi kayıtlar, genetik bilgiler ve davranışsal veriler gibi çok sayıda kaynaktan elde edilen verileri analiz ederek OSB'ye işaret eden örüntüleri saptayabilmektedir (Chauhan vd., 2024). Bu tür uygulamalar, pediatri ve çocuk psikiyatrisi hemşirelerinin risk altındaki çocukların erken tespiti, aileye rehberlik ve bireyselleştirilmiş bakım planlarının oluşturulması süreçlerine katkı sağlayabilir.

3.6. İlaç Güvenliği ve Doz Yönetimi

Çocuklarda ilaç uygulamaları, doz hesaplamalarının kiloya ve yaşa göre bireyselleştirilmesi gerekliliği nedeniyle özel bir dikkat gerektirmektedir. Pediatriye yapılabilecek en küçük ilaç hatası dahi geri dönüşü olmayan sonuçlara yol açabilmektedir (Ünal & Avcı, 2024). YZ tabanlı sistemler; doz hesaplamalarının kontrolü, ilaç etkileşimlerinin saptanması ve olası hataların önceden uyarılması yoluyla ilaç güvenliğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Bu sistemler, hemşirenin karar sürecini destekleyerek hata riskini azaltabilir; ancak nihai sorumluluğun her zaman sağlık profesyoneline olduğu unutulmamalıdır.

3.7. Hasta ve Aile Eğitiminde Üretken Yapay Zekâ

Büyük dil modelleri, hasta ve aile eğitiminde giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu araçlar; taburculuk talimatlarının hazırlanması, sağlık sorularının yanıtlanması ve eğitim materyallerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Pediatri acil servisinde yürütülen bir çalışmada, ChatGPT'nin çocuklara yönelik yaygın acil durumlar için önerilen okunabilirlik düzeyinde taburculuk talimatları üretebildiği gösterilmiştir (Gupta vd., 2024).

Dil engelinin hasta güvenliğini etkileyebildiği çok dilli ortamlarda, GPT-4 gibi modellerin taburculuk talimatlarının çevirisinde profesyonel çeviri hizmetlerine alternatif olabileceği araştırılmaktadır. Brewster ve arkadaşları (2024) tarafından yapılan çalışmada, ChatGPT ve Google Çeviri'nin pediatrik taburculuk talimatlarını çeşitli dillere çevirmedeki performansı değerlendirilmiş; her iki aracın da potansiyel taşıdığı ancak klinik zarar riski açısından dikkatli kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Wang ve arkadaşlarının (2026) sistematik derlemesi, YZ tarafından üretilen eğitim materyallerinin kalite ve okunabilirlik açısından umut verici olduğunu, ancak sonuçların çalışmalar arasında tutarsızlık gösterdiğini ve mutlaka uzman denetiminden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Pediatri hemşireleri, bu araçların ürettiği içeriğin doğruluğunu ve aileye uygunluğunu değerlendiren kritik bir denetim işlevi üstlenmektedir.

3.8. Pediatri Hemşireliği Eğitiminde Yapay Zekâ

YZ, pediatri hemşireliği eğitiminde de yenilikçi olanaklar sunmaktadır. Uyarlanabilir e-öğrenme sistemleri, sanal hastalar, simülasyonlar ve YZ destekli görsel eğitim materyalleri, öğrencilerin eleştirel düşünme ve karar verme becerilerini geliştirmektedir (Loutfy vd., 2026). Huang ve arkadaşları (2024) tarafından yürütülen yarı-deneyssel çalışmada, YZ destekli görsel sağlık eğitimi e-kitaplarının, geleneksel basılı materyallere kıyasla hemşirelik öğrencilerinin terapötik oyunları kullanarak çocukların tıbbi işlemlere yönelik korkularını azaltmadaki öz yeterliliğini artırmada daha etkili olduğu bulunmuştur. Bu

bulgular, YZ tabanlı eğitim araçlarının pediatri hemşireliği eğitiminde bilgi kalıcılığını ve beceri gelişimini destekleyebileceğine işaret etmektedir.

4. Pediatri Hemşireliği Uygulamalarında Kullanılan Yapay Zekâ Uygulamaları

Pediatri hemşireliği uygulamalarında YZ'nin kullanım alanları, ilgili YZ teknolojileri ve örnek çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Pediatri Hemşireliği Uygulamalarında Kullanılan Yapay Zekâ Uygulamaları

Uygulama Alanı	YZ Teknolojisi	İşlev / Amaç	Örnek Çalışma
Erken uyarı / kötüleşme tahmini	Makine öğrenmesi, derin öğrenme (LightGBM, DNN)	Klinik kötüleşmenin ve yoğun bakıma naklin erken öngörülmesi	Shin vd. (2022); Foote vd. (2024)
Neonatal sepsis tahmini	Makine öğrenmesi (LR, RF, DNN)	Sepsis ve mortalite riskinin erken tahmini (YYBÜ)	Hsu vd. (2021); Iqbal vd. (2023)
Prematüre retinopatisi taraması	Derin öğrenme, bilgisayarlı görü (CNN, i-ROP-DL)	Retina görüntülerinden ROP ve plus hastalık tespiti	Bai vd. (2022); Rao vd. (2023)
Ağrı değerlendirmesi	Makine öğrenmesi, yüz ifadesi analizi	Ağrının nesnel biçimde değerlendirilmesi	Çubukcu & Kahraman (2025)
Psikososyal destek	Sosyal robotlar (NAO)	Kaygı, stres ve ağrının azaltılması	Rossi vd. (2022); Or vd. (2025)
Otizm spektrum bozukluğu	Giyilebilir YZ, bilgisayarlı görü	Sosyal beceri gelişimi ve erken tanı desteği	Voss vd. (2019)
Hasta ve aile eğitimi	Büyük dil modelleri (ChatGPT, GPT-4)	Taburculuk talimatı, çeviri, eğitim materyali üretimi	Gupta vd. (2024); Brewster vd. (2024)
Hemşirelik eğitimi	YZ destekli e-öğrenme, simülasyon	Öz yeterlik ve beceri gelişiminin desteklenmesi	Huang vd. (2024)

Not: YZ: Yapay zekâ; YYBÜ: Yenidoğan yoğun bakım ünitesi; ROP: Prematüre retinopatisi; LR: Lojistik regresyon; RF: Rastgele orman; DNN: Derin sinir ağı; CNN: Evrişimli sinir ağı.

5. Yapay Zekânın Pediatri Hemşireliğine Entegrasyonunda Zorluklar ve Etik Konular

YZ'nin pediatri hemşireliğine sunduğu fırsatlar kadar, entegrasyon sürecinde karşılaşılan zorluklar da önemlidir. Bu zorluklar; etik ve veri güvenliği, mesleki, teknik ve eğitimsel boyutlar altında ele alınabilir.

5.1. Etik Konular ve Veri Güvenliği

YZ sistemleri büyük miktarda ve çoğu zaman hassas nitelikte kişisel sağlık verisiyle çalışmaktadır. Bu durum, özellikle çocuklar gibi kırılgan bir grup söz konusu olduğunda mahremiyet, veri güvenliği ve onam konularını daha da kritik hâle getirmektedir. Çocukların kendi verileri üzerinde onam verme kapasitesinin sınırlı olması, ebeveyn onamı ve çocuğun yüksek yararı ilkelerinin dikkatle gözetilmesini gerektirmektedir. Ayrıca YZ algoritmalarının eğitildiği veri kümelerindeki temsil eksiklikleri, belirli hasta gruplarına yönelik önyargılı (biased) sonuçlara ve sağlık eşitsizliklerine yol açabilmektedir (Loutfy vd., 2026).

YZ sistemlerinin karar süreçlerinin şeffaf olmaması, yani 'kara kutu' niteliği taşıması, klinik güven ve hesap verebilirlik açısından bir engel oluşturmaktadır. Bu nedenle açıklanabilir YZ (explainable AI) yaklaşımları giderek önem kazanmaktadır (Wang vd., 2025). Hesap verebilirlik açısından, YZ tarafından desteklenen kararların nihai sorumluluğunun sağlık profesyoneline kaldığı kabul edilmektedir.

5.2. Mesleki ve İnsani Boyut

Hemşirelik, teknik bilginin yanı sıra empati, şefkat ve insani temas üzerine kurulu bir meslektir. YZ'nin bu insani boyutu ikame edebileceği yönündeki kaygılar, hemşireler arasında yaygındır. Literatürdeki çalışmalar, hemşirelerin YZ'nin insan empatisi ve muhakemesinin yerini almak yerine onu desteklemesi gerektiği konusunda tutarlı biçimde görüş birliği içinde olduğunu göstermektedir (El Arab vd., 2025). Özellikle pediatri, çocuk ve ailesiyle kurulan güven ilişkisi bakımın ayrılmaz bir parçasıdır ve teknolojiyle ikame edilemez. Ayrıca beceri kaybı (deskilling) ve teknolojiye aşırı bağımlılık, dikkat edilmesi gereken mesleki riskler arasında yer almaktadır.

5.3. Teknik ve Eğitimsel Zorluklar

Pediyatriye özgü YZ modellerinin geliştirilmesi, çocuk popülasyonundan yeterli ve nitelikli veri elde edilmesini gerektirmektedir; ancak pediatrik veri kümeleri çoğu zaman sınırlı ve heterojendir (Wang vd., 2025). Mevcut uygulamaların büyük bölümünün prospektif doğrulamadan yoksun ve araştırma

aşamasında olması, klinik entegrasyonu geciktirmektedir. Ayrıca yetersiz teknik altyapı, kaynak kısıtlılıkları ve hemşirelerin YZ okuryazarlığındaki eksiklikler, önemli engeller arasında sayılmaktadır (El Arab vd., 2025).

El Arab vd., (2025) tarafından yapılan sistematik derlemede, hemşirelerin ve hemşirelik öğrencilerinin YZ'ye yönelik genel olarak ölçülü-olumlu bir tutum sergilediği; ancak YZ okuryazarlığı ve hazırbulunuşluk düzeylerinin orta seviyede kaldığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, önceden YZ eğitimi almış ve bilgisayar becerileri güçlü olan bireylerin daha olumlu tutum ve daha yüksek benimseme niyeti gösterdiği, kaygının ise hazırbulunuşluğu azalttığı bildirilmiştir. Bu bulgular, hemşirelik müfredatlarına YZ okuryazarlığının entegre edilmesinin ve sürekli mesleki gelişim programlarının önemini vurgulamaktadır.

6. Geleceğe Yönelik Beklentiler

Pediatric hemşireliğinde YZ'nin geleceği, teknolojinin sorumlu ve etik biçimde entegrasyonuna bağlıdır. Gelecekte; pediatriye özgü, prospektif olarak doğrulanmış ve açıklanabilir YZ modellerinin geliştirilmesi, çok merkezli iş birlikleri ve standart veri paylaşım çerçevelerinin oluşturulması beklenmektedir (Wang vd., 2025). Geleneksel hemşirelik uygulamalarını YZ teknolojileriyle birleştiren hibrit modellerin hem bakım kalitesini artırma hem de mesleğin insani yönünü koruma açısından umut verici olduğu değerlendirilmektedir (Loutfy vd., 2026).

Hemşirelerin bu dönüşümde etkin bir aktör olabilmesi için YZ okuryazarlığının hemşirelik eğitiminin ayrılmaz bir parçası hâline getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca hemşirelerin YZ teknolojilerinin tasarım, geliştirme ve değerlendirme süreçlerine dâhil edilmesi, bu araçların klinik gerçekliğe ve hasta ihtiyaçlarına uygun biçimde şekillenmesini sağlayacaktır. Gelecekte üretken YZ araçları, giyilebilir teknolojiler ve sosyal robotların pediatri hemşireliği uygulamalarında daha yaygın biçimde yer alması; ancak bu araçların her zaman hemşirenin klinik muhakemesi ve etik sorumluluğu çerçevesinde kullanılması beklenmektedir.

7. Sonuç

Yapay zekâ, pediatri hemşireliği uygulamalarında erken uyarı sistemlerinden ağrı değerlendirmesine, neonatal yoğun bakımdan psikososyal desteğe ve hasta eğitimine kadar geniş bir yelpazede önemli fırsatlar sunmaktadır. Güncel literatür, YZ tabanlı araçların bakım kalitesini artırma, erken müdahaleyi mümkün kılma ve hemşire iş yükünü azaltma potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Bununla birlikte, bu uygulamaların büyük bölümü hâlâ araştırma

ve geliştirme aşamasında olup geniş ölçekli klinik doğrulamaya, etik ve veri güvenliği sorunlarının çözümüne ve hemşirelerin YZ okuryazarlığının artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. YZ, hemşireliğin insani ve şefkat temelli özünü ikame eden değil, onu güçlendiren bir araç olarak konumlandırıldığında, çocuk sağlığını koruma, geliştirme ve tedavi etme süreçlerinde hemşirelik uygulamaları üzerinde olumlu etkiler yaratacaktır. Bu doğrultuda hemşirelerin dönüşüme hazırlanması, mesleğin insani yönlerinin korunması ve etik ilkelerin titizlikle gözetilmesi büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Bai, A., Carty, C. ve Dai, S. (2022). Performance of deep-learning artificial intelligence algorithms in detecting retinopathy of prematurity: A systematic review. *Saudi Journal of Ophthalmology*, 36(3), 296-307. https://doi.org/10.4103/sjopt.sjopt_219_21
- Brewster, R. C. L., Gonzalez, P., Khazanchi, R., Butler, A., Selcer, R., Chu, D., Aires, B. P., Luercio, M., & Hron, J. D. (2024). Performance of ChatGPT and Google Translate for Pediatric Discharge Instruction Translation. *Pediatrics*, 154(1), e2023065573. <https://doi.org/10.1542/peds.2023-065573>
- Buchanan, C., Howitt, M. L., Wilson, R., Booth, R. G., Risling, T., & Bamford, M. (2021). Predicted Influences of Artificial Intelligence on Nursing Education: Scoping Review. *JMIR nursing*, 4(1), e23933. <https://doi.org/10.2196/23933>
- Buele, J., Junta-Andagana, C., Fajardo-Pruna, M., Pozo-Safla, E. ve Yumbla, F. (2026). Can social robots improve the hospital experience of children? *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 7, 1691526. <https://doi.org/10.3389/fresc.2026.1691526>
- Chauhan, D. (2025). Artificial Intelligence as an Adjunct to Nurses in Pediatrics and Pediatric Dentistry. *Dental Journal of Advance Studies*, 13(2), 87-91.
- Çubukcu, E. ve Kahraman, A. (2025). Pediatri hastalarının ağrı değerlendirmesinde hemşirelerin yapay zekâ ve makine öğrenimi uygulamaları. *Journal of Infant, Child and Adolescent Health*, 5(2), 135-145. <https://doi.org/10.64684/jicah.93>
- El Arab, R. A., Alshakihs, A. H., Alabdulwahab, S. H., Almubarak, Y. S., Alkhalifah, S. S., Abdrbo, A., Hassanein, S., & Sagbakken, M. (2025). Artificial intelligence in nursing: a systematic review of attitudes, literacy, readiness, and adoption intentions among nursing students and practicing nurses. *Frontiers in digital health*, 7, 1666005. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1666005>
- Foote, H. P., Shaikh, Z., Witt, D., Shen, T., Ratliff, W., Shi, H., Gao, M., Nichols, M., Sendak, M., Balu, S., Osborne, K., Kumar, K. R., Jackson, K., McCrary, A. W., & Li, J. S. (2024). Development and Temporal Validation of a Machine Learning Model to Predict Clinical Deterioration. *Hospital pediatrics*, 14(1), 11–20. <https://doi.org/10.1542/hpeds.2023-007308>
- Gupta, M., Goparaju, N., Kahlun, A., Sur, R., Wilkinson, M., & Ruttan, T. (2024). 349 Evaluating the Efficacy of ChatGPT in Generating Discharge Instructions for Common Pediatric Emergency Conditions. *Annals of Emergency Medicine*, 84(4 Suppl.), S160.

- Hsu, F. Y., Lee, Y. H., Tsai, J. L., & Lien, A. S. (2025). Socially Assistive Robots for Pain Management and Emotional Responses in Pediatric Hospital Care: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of medical Internet research*, 27, e76427. <https://doi.org/10.2196/76427>
- Hsu, J.-F., Chang, Y.-F., Cheng, H.-J., Yang, C., Lin, C.-Y., Chu, S.-M., Huang, H.-R., Chiang, M.-C., Wang, H.-C. ve Tsai, M.-H. (2021). Machine learning approaches to predict in-hospital mortality among neonates with clinically suspected sepsis in the neonatal intensive care unit. *Journal of Personalized Medicine*, 11(8), 695. <https://doi.org/10.3390/jpm11080695>
- Huang, H. S., & Lee, B. O. (2024). The Effectiveness of Applying Artificial Intelligence in Sick Children's Communication. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 11(11), 1097. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11111097>
- Iqbal, F., Chandra, P., Khan, A. A. ve Lewis, L. E. S. (2023). Prediction of mortality among neonates with sepsis in the neonatal intensive care unit: A machine learning approach. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 24, 101414. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2023.101414>
- Loutfy, A., Elzeiny, A., Foster, M., Alkubati, S. A., Sarman, A., Tuncay, S., Zoromba, M. A., El-Monshed, A. H., Elzienny, A. A., & Magdi, H. M. (2026). Artificial intelligence in pediatric nursing and its education: A systematic review. *Journal of pediatric nursing*, 88, 542–550. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2026.03.027>
- Martinez-Ortigosa, A., Martinez-Granados, A., Gil-Hernández, E., Rodriguez-Arrastia, M., Ropero-Padilla, C., & Roman, P. (2023). Applications of Artificial Intelligence in Nursing Care: A Systematic Review. *Journal of nursing management*, 2023, 3219127. <https://doi.org/10.1155/2023/3219127>
- Mehta, S. D., Tweedy, E., Ruiz, V. M., Shi, H. L., Morgan, R. W., Sutton, R. M., Nishisaki, A., & Tsui, F. R. (2026). Machine Learning-Based Prediction of Critical Deterioration in the PICU. *Critical care explorations*, 8(4), e1397. <https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000001397>
- Or, X. Y., Ng, Y. X. ve Goh, Y. S. (2025). Effectiveness of social robots in improving psychological well-being of hospitalised children: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Pediatric Nursing*, 82, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2025.01.032>
- Rao, D. P., Savoy, F. M., Tan, J. Z. E., Fung, B. P., Bopitiya, C. M., Sivaraman, A., & Vinekar, A. (2023). Development and validation of an artificial intelligence-based screening tool for detection of retinopathy of

- prematurity in a South Indian population. *Frontiers in pediatrics*, 11, 1197237. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1197237>
- Rossi, S., Santini, S. J., Di Genova, D., Maggi, G., Verrotti, A., Farello, G., Romualdi, R., Alisi, A., Tozzi, A. E. ve Balsano, C. (2022). Using the social robot NAO for emotional support to children at a pediatric emergency department: Randomized clinical trial. *Journal of Medical Internet Research*, 24(1), e29656. <https://doi.org/10.2196/29656>
- Shin, Y., Cho, K. J., Lee, Y., Choi, Y. H., Jung, J. H., Kim, S. Y., Kim, Y. H., Kim, Y. A., Cho, J., Park, S. J., & Jhang, W. K. (2022). Multicenter validation of a deep-learning-based pediatric early-warning system for prediction of deterioration events. *Acute and critical care*, 37(4), 654–666. <https://doi.org/10.4266/acc.2022.00976>
- Stein, D. F., Carter, M. J., Booth, J., Peters, M. J., Ray, S., Sebire, N. J., Barnaghi, P., & Cortina-Borja, M. (2025). Prediction cardiovascular deterioration in a paediatric intensive care unit (PicEWS): a machine learning modelling study of routinely collected health-care data. *EClinicalMedicine*, 85, 103255. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2025.103255>
- Ünal, A. S., & Avcı, A. (2024). Pediatri Hemşireliğinde Yapay Zeka. *Akdeniz Hemşirelik Dergisi*, 3(1), 36-43. <https://doi.org/10.59398/ahd.1346089>
- Voss, C., Schwartz, J., Daniels, J., Kline, A., Haber, N., Washington, P., Tariq, Q., Robinson, T. N., Desai, M., Phillips, J. M., Feinstein, C., Winograd, T. ve Wall, D. P. (2019). Effect of wearable digital intervention for improving socialization in children with autism spectrum disorder: A randomized clinical trial. *JAMA Pediatrics*, 173(5), 446-454. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.0285>
- Wang, M., Ma, H., & Piao, M. (2026). Effectiveness of large language models in preoperative and discharge education: a systematic review based on an evaluation framework. *NPJ digital medicine*, 9(1), 122. <https://doi.org/10.1038/s41746-025-02302-w>
- Wang, Q., Yin, J., Zhang, X., Ou, H., Li, F., Zhang, Y., Wan, W., Guo, C., Cao, Y., Luo, T., & Wang, X. (2025). Applications of artificial intelligence in early childhood health management: a systematic review from fetal to pediatric periods. *Frontiers in pediatrics*, 13, 1613150. <https://doi.org/10.3389/fped.2025.1613150>
- Wellner, B., Grand, J., Canzone, E., Coarr, M., Brady, P. W., Simmons, J., Kirkendall, E., Dean, N., Kleinman, M., & Sylvester, P. (2017). Predicting Unplanned Transfers to the Intensive Care Unit: A Machine Learning Approach Leveraging Diverse Clinical Elements. *JMIR medical informatics*, 5(4), e45. <https://doi.org/10.2196/medinform.8680>

Yu, M., Yu, R., Zhou, M., Fan, X., Geng, R., Ji, J., Cai, S., Jiang, L., & Jiang, L. (2026). A cross-sectional analysis of AI readiness and attitudes among nurses in resource-limited Chinese county hospitals. *Frontiers in digital health*, 8, 1778627. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2026.1778627>

6. Bölüm

Dental İmplantlarda Başarıyı Etkileyen Sistemik Hastalıklar ve İlaçlar

İzzet Melih GÜRKAN¹, Sibel ÖZDEMİR²

1. GİRİŞ

Dental implantlar, eksik dişlerin fonksiyonel ve estetik olarak rehabilitasyonunda günümüzde en sık tercih edilen tedavi seçeneklerinden biridir. Yüksek başarı ve sağkalım oranları sayesinde modern diş hekimliğinde güvenilir ve öngörülebilir bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir.¹

Bununla birlikte, implant tedavisinin başarısı yalnızca cerrahi ve protetik faktörlere değil, hastanın sistemik sağlık durumu ile kullandığı ilaçlara da bağlıdır. Sistemik hastalıklar ve düzenli kullanılan ilaçlar; kemik metabolizmasını, yara iyileşmesini ve osseointegrasyon sürecini etkileyerek erken veya geç dönem implant başarısızlığına neden olabilmektedir.^{1,2}

Güncel demografik veriler, diş kaybının çoğunlukla ileri yaşlarda görüldüğünü ve bu nedenle dental implant tedavisine ihtiyaç duyan bireylerin önemli bir bölümünün çeşitli sistemik hastalıklara sahip olduğunu göstermektedir.^{3,4} Yaşlanmayla birlikte diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, osteoporoz ve nörolojik hastalıklar gibi kronik sistemik hastalıkların görülme sıklığı artmakta, buna paralel olarak sürekli ilaç kullanımı da yaygınlaşmaktadır.⁴ Sistemik hastalıklar, bağışıklık yanıtını, kemik remodelasyonunu ve doku iyileşmesini etkileyerek ağız dokularını enfeksiyonlara ve peri-implant hastalıklara karşı daha duyarlı hale getirebilir. Ayrıca bu hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçlar da kemik metabolizması ve yumuşak doku iyileşmesi üzerinde oluşturdıkları etkiler nedeniyle implant tedavisinin prognozunu değiştirebilir.^{5,6}

Bazı sistemik hastalıklar veya bu hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçlar implant cerrahisi açısından mutlak ya da göreceli kontrendikasyon oluşturabilmektedir. Bu nedenle implant tedavisi planlanırken hastanın sistemik sağlık durumu ayrıntılı olarak değerlendirilmeli, olası risk faktörleri belirlenmeli ve tedavi planı bireyselleştirilmelidir.^{6,7} Başarılı bir implant tedavisi için diş hekimlerinin yalnızca cerrahi tekniklere hâkim olması yeterli değildir. Aynı

¹ Arş. Gör., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı
0000-0002-7267-4798

² Uzman Doktor, Yunus Emre Devlet Hastanesi, Eskişehir
0009-0003-4671-0964

zamanda implant tedavisinin endikasyonları, koruyucu yaklaşımlar, kontrendikasyonlar ve kanıta dayalı güncel öneriler konusunda da bilgi sahibi olmaları gerekmektedir.^{7, 8}

Tedavi planlamasında endikasyonlar kadar koruyucu önlemler ve kontrendikasyonlar da dikkatle değerlendirilmelidir. Koruyucu önlemler, olası komplikasyonların önlenebileceği veya etkilerinin azaltılabileceği durumları ifade ederken, kontrendikasyonlar tedaviye bağlı risklerin beklenen yarardan daha fazla olduğu klinik durumları tanımlamaktadır.^{9,10} Mutlak kontrendikasyonlar yaşamı tehdit edebilecek veya ciddi komplikasyonlara yol açabilecek durumları kapsarken, göreceli kontrendikasyonlarda uygun hasta seçimi, sistemik hastalığın kontrol altına alınması ve gerekli önlemlerin alınmasıyla başarılı implant tedavisi gerçekleştirilebilmektedir.¹⁰

Günümüzde diyabet ve hipotiroidizm gibi endokrin-metabolik hastalıklar, kardiyovasküler ve nörolojik hastalıklar ile steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçlar, glukokortikoidler ve diğer birçok sistemik ilaç grubunun implant tedavisinin başarısı, implant sağkalımı ve peri-implant doku sağlığı üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak araştırılmaktadır.^{11, 12}

Bu bölümde, dental implant tedavisinin başarısını etkileyen başlıca sistemik hastalıklar ve ilaçlar güncel bilimsel kanıtlar doğrultusunda değerlendirilmiş; klinik uygulamada dikkate alınması gereken temel noktalar özetlenmiştir.

2. Endokrin Hastalıklar

2.1. Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus, pankreasın Langerhans adacıklarındaki β hücrelerinin kaybına bağlı insülin eksikliği (tip 1 diyabet) veya periferik dokularda gelişen insülin direnci nedeniyle insülin etkisinin azalması (tip 2 diyabet) sonucu ortaya çıkan kronik metabolik bir hastalıktır.¹³ Diyabette gelişen kronik hiperglisemi, proteinlerin enzimatik olmayan glikasyonuna ve ileri glikasyon son ürünlerinin (advanced glycation end products, AGE) birikimine neden olur. AGE'lerin reseptörleri (RAGE) ile etkileşimi inflamatuvar yanıtı tetikleyerek mikrovasküler hasar gelişimine katkıda bulunur ve diyabetik anjiyopatinin temel mekanizmalarından birini oluşturur.¹³ AGE-RAGE etkileşiminin makrofaj fonksiyonlarını bozduğu, inflamatuvar yanıtı değiştirdiği ve buna bağlı olarak yara iyileşmesini geciktirdiği gösterilmiştir. Ayrıca diyabetli bireylerde kemik rejenerasyonu moleküler düzeyde olumsuz etkilenmekte; osteoblast fonksiyonunda azalma, anjiyogenezin bozulması ve kemik yapımını düzenleyen büyüme faktörlerindeki değişiklikler osseointegrasyon sürecini olumsuz yönde etkilemektedir.^{14,15} Klinik çalışmalarda, yetersiz glisemik kontrolün implant iyileşmesi sırasında peri-implant sulkus sıvısındaki kemik büyüme faktörlerinin

dengeğini bozduğu ve peri-implant kemiğin rejeneratif kapasitesini azalttığı bildirilmiştir. Bunun yanı sıra vasküler yapının bozulması, bağışıklık yanıtındaki yetersizlik ve yara iyileşmesindeki gecikme de diyabetli bireylerde implant tedavisinin prognozunu olumsuz etkileyen başlıca biyolojik mekanizmalar arasında yer almaktadır.¹⁵ Diyabetin implant sağkalımı ve peri-implant doku sağlığı üzerindeki etkisi son yirmi yılı aşkın sũredir araştırılmaktadır. Gũnũmũze kadar yayımlanan çok sayıda sistematik derleme ve meta-analiz, diyabet ile implant tedavisinin başarısı ve peri-implant doku sağlığı üzerindeki etkisi ayrıntılı olarak değerlendirmiştir.¹⁶⁻²¹

Yakın zamanda yayımlanan bir meta-analizde, diyabetli ve diyabetik olmayan bireyler arasında implant kaybı riski açısından anlamlı bir fark bulunmadığı, implant kaybı açısından risk oranının 1,07 olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir.¹⁷ Bu bulgu, diyabet varlığı ile implant kaybı arasında doğrudan bir ilişki gĩsteremeyen önceki sistematik derleme ve klinik çalışmalarla da uyumludur.^{16, 20, 21} HbA1c dũzeyi ile değerlendirilen glisemik kontrolũn implant sağkalım oranlarını anlamlı lũde etkilemediği bildirilmekle birlikte, ktũ glisemik kontrolũn osseointegrasyon sũrecini geciktirebildiği ve implant iyileşmesini olumsuz etkileyebildiği gĩsterilmiřtir.^{15, 20}

Mevcut kanıtlar, diyabetin implant sağkalımından çok peri-implant doku sağlığı üzerinde etkili olabileceğini dũřũndũrmektedir. Özellikle glisemik kontrolũ yetersiz olan diyabetli bireylerde peri-implant mukozitis, peri-implantitis ve peri-implant kemik kaybı gelişme riskinin arttığı birçok klinik çalışma ve sistematik derlemede bildirilmiştir.^{18,22} Bu risk artışının, sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında özellikle iki yıllık takip sũresinden sonra daha belirgin hale geldiği gĩsterilmiřtir.¹⁹ Buna karşılık, HbA1c dũzeyinin fizyolojik sınırlar içinde olduğu ve etkin plak kontrolũn sağlandığı diyabetli hastalarda peri-implant inflamasyon dũzeylerinin sağlıklı bireylerle benzer olduğu bildirilmiştir.²³ Diyabetli hastalarda implant cerrahisi öncesinde profilaktik antibiyotik kullanımına ilişkin grũř birliği henũz oluşmamıştır. Mevcut sınırlı sayıdaki klinik çalışma profilaktik antibiyotik kullanımının yararlı olabileceğini dũřũndũrmekle birlikte, bu uygulamayı rutin olarak destekleyecek gũclũ bilimsel kanıtlar bulunmamaktadır. Bu nedenle antibiyotik kullanımına ilişkin karar; hastanın glisemik kontrolũ, cerrahi işlemin kapsamı, hastanın metabolik kontrol dũzeyi ve bireysel enfeksiyon riski göz nũnde bulundurularak verilmelidir.²⁴

2.2. Hipotiroidizm

Hipotiroidizm, özellikle kadınlarda ve ileri yaş grubunda daha sık grũlen yaygın bir endokrin hastalıktır. Tiroid hormon reseptörlerinin birçok dokuda bulunması nedeniyle, tiroid hormon eksikliği organizmanın çok sayıda metabolik

fonksiyonunu etkileyebilmektedir. Tiroid hormonları; bazal metabolizma hızının, vücut sıcaklığının, enerji dengesinin, gastrointestinal motilitenin, kas metabolizmasının, bilişsel fonksiyonların ve üreme fonksiyonlarının düzenlenmesinin yanı sıra kemik metabolizmasının sürdürülmesinde de önemli rol oynar.^{25, 26} Tiroid hormonları erişkin dönemde kemik kütlelerinin korunmasına katkıda bulunur ve osteoblast proliferasyonu ile farklılaşmasını destekleyen insülin benzeri büyüme faktörü-1'in (IGF-1) sentezini uyararak kemik remodelasyonunu düzenler.²⁷ Bu nedenle hipotiroidizm; gecikmiş kemik rejenerasyonu, kırık riskinde artış ve kırık iyileşmesinde gecikme ile ilişkilendirilmektedir.²⁸ Deneysel çalışmalarda, uzun süreli levotiroksin tedavisinin de kemik metabolizmasını etkileyebileceği, osteoporoz riskini artırabileceği ve kırık iyileşmesini geciktirebileceği bildirilmiştir.²⁹ Bu biyolojik değişikliklerin implant tedavisinin başarısını etkileyebileceği düşünülmekle birlikte, güncel klinik çalışmalar hipotiroidili hastalarda implant sağkalım oranlarının sağlıklı bireylerden anlamlı düzeyde farklı olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, hipotiroidizmin uygun medikal tedavi ile kontrol altına alındığı hastalarda dental implant tedavisi için ek bir kontrendikasyon bulunmadığı ve rutin implant tedavisinin güvenle uygulanabileceği bildirilmektedir.^{30, 31}

3. Kardiyovasküler Hastalıklar

3.1. Hipertansiyon

Kontrol altına alınamayan hipertansiyon, kan basıncının sürekli olarak 160/90 mmHg'nin üzerinde seyretmesi ile karakterizedir. İnme, kalp yetmezliği, miyokard enfarktüsü (MI) ve böbrek yetmezliği riskini artırması nedeniyle etkin şekilde yönetilmesi gereken önemli bir kardiyovasküler hastalıktır.³² Hipertansiyon varlığında dental implant cerrahisi, özellikle olası serebrovasküler ve kardiyovasküler komplikasyonlar açısından ek risk oluşturabilir.³³ Bu nedenle, kronik hipertansiyonun ve antihipertansif tedavinin peri-implant dokular ile implant tedavisinin başarısı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi klinik açıdan önem taşımaktadır.

Dental implant cerrahisi sırasında gelişen cerrahi stres, hipertansiyonlu bireylerde kortizol salınımını artırarak miyokard enfarktüsü riskini yükseltebilir.³⁴ Bir çalışmada implant tedavisi uygulanan hastalarda hipertansiyon prevalansının %2,2 olduğu bildirilmiştir.²² Kardiyovasküler hastalık öyküsü bulunan bireylerde dental implantların başarı oranının %85 ile %92 arasında değiştiği rapor edilmiştir.³⁴

Hipertansiyon tedavisinde kullanılan antihipertansif ilaçlar ağız dokularında çeşitli değişikliklere neden olabilir. Bu ilaçların eritem ve diş eti hiperplazisi ile

ilişkili olduğu bildirilmiştir.³⁵ Ayrıca, osseointegrasyon ile kan basıncı arasında, yara bölgesindeki azalmış kan perfüzyonu dışında belirgin bir ilişki bulunmadığı ifade edilmektedir.³⁴ Bununla birlikte, hipertansiyonlu bireylerde artmış sistemik inflamatuvar yanıt nedeniyle atışman kaybı ve şiddetli gingival inflamasyon gelişme olasılığı daha yüksektir. Hipertansiyon ve koroner arter hastalığı bulunan bireylerde interlökinler, C-reaktif protein ve matriks metalloproteinazlar gibi inflamatuvar mediyatörlerin artmış düzeylerde salınması, peri-implant dokularda inflamatuvar yanıtın şiddetlenmesine katkıda bulunabilir.³⁶

Antihipertansif ilaçların kemik metabolizması üzerindeki etkileri ise tam olarak net değildir. Genel olarak bu ilaçların kemik oluşumunu desteklediği ve osteoporotik kırık riskini azalttığı bildirilmektedir.³⁷ Bununla birlikte, Seki ve ark. antihipertansif ilaç kullanan bireylerde daha derin peri-implant cepler ve daha fazla marjinal kemik kaybı gözlendiğini, dolayısıyla bu ilaçların implant tedavi sonuçlarını olumsuz etkileyebileceğini bildirmiştir.³⁸

Buna karşın, Romandini ve ark. antikoagülanlar ile kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde kullanılan bazı ilaçların peri-implant hastalıklara karşı koruyucu etki gösterebileceğini ileri sürmüştür.³⁹ Ayrıca Nematı ve ark., antihipertansif ilaçların antiinflamatuvar özellik gösterebileceğini ve lökosit fonksiyonlarını iyileştirerek konak savunmasını destekleyebileceğini bildirmiştir.⁴⁰ Peri-implantitisli hastalarda, antihipertansif ilaç kullananların cep derinliği ve implant stabilitesi, kontrolsüz hipertansiyonu olanlardan önemli ölçüde farklıdır. Bu sonuçlar, peri-implant dokusundaki klinik göstergeler ile antihipertansif ilaç kullanımı arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir.³⁸ Bu bulgular, antihipertansif tedavinin peri-implant dokuların klinik durumu üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Mevcut literatürde antihipertansif ilaçların dental implantların osseointegrasyonu, peri-implant kemik kaybı ve uzun dönem implant başarısı üzerindeki etkilerine ilişkin bulgular çelişkilidir. Bu nedenle, farklı antihipertansif ilaç gruplarının peri-implant doku sağlığı ve implant tedavisinin uzun dönem sonuçları üzerindeki etkilerini değerlendiren iyi tasarlanmış prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

3.2. Miyokard Enfarktüsü

Kalp krizi (miyokard enfarktüsü, MI) geçirmiş hastaların ağız sağlığının korunması ve etkin dental tedavi almaları önemlidir. Çünkü ağız kaynaklı inflamasyon, iskemik kalp hastalığının seyrini olumsuz etkileyebilir ve hastaların yaşam kalitesini azaltabilir.⁴¹ Dental tedaviyi izleyen ilk bir ay içinde ölüm veya miyokard enfarktüsü gelişme riskinin genellikle %1'in altında olduğu bildirilmiştir. Bu durum, dental implant cerrahisi de dahil olmak üzere dental

girişimlerin kardiyovasküler olay riskine katkısının düşük olduğunu göstermektedir.⁴² Bununla birlikte, daha önce miyokard enfarktüsü geçirmiş hastalarda kardiyovasküler olayların tekrarlama riski sağlıklı bireylere göre daha yüksektir. Hastane içi mortalite oranlarının %4 ile %14 arasında değişebildiği, yıllık mortalitenin ise yaklaşık %10 olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, rekürrenslerin %70'ten fazlasının ilk miyokard enfarktüsünü izleyen ilk 30 gün içinde meydana geldiği belirtilmektedir.⁴³ Bu nedenle, miyokard enfarktüsü geçirmiş bireylerde elektif dental implant cerrahisinin, hastanın kardiyovasküler durumu stabilize olduktan sonra planlanması önerilmektedir. Literatürde genellikle en az 6 aylık bir stabilizasyon süresi tavsiye edilmekle birlikte, bu süre enfarktüsün şiddeti, eşlik eden sistemik hastalıklar, uygulanan kardiyolojik tedavi ve gelişen komplikasyonlara bağlı olarak bireysel olarak değerlendirilmelidir.⁴⁴

Günümüzde miyokard enfarktüsünün dental implant tedavisinin başarısı ve uzun dönem peri-implant doku sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin klinik kanıtlar sınırlıdır. Mevcut veriler, uygun medikal değerlendirme ve kardiyoloji konsültasyonu sonrasında, stabil kardiyovasküler duruma sahip hastalarda implant tedavisinin güvenle uygulanabileceğini düşündürmektedir. Ancak bu hasta grubunda implant sağkalımı ve peri-implant hastalık gelişimi üzerine miyokard enfarktüsünün etkisini ortaya koyacak uzun dönemli prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

4. Kanama Bozuklukları

Kanama bozuklukları, hemofili A, hemofili B ve von Willebrand hastalığı gibi kalıtsal nedenlere bağlı olabileceği gibi, karaciğer hastalıkları veya hematolojik bozukluklara bağlı olarak pıhtılaşma faktörleri ile trombosit sayısındaki değişiklikler sonucunda da gelişebilir. Hemofili hastalarında dental implant tedavisine ilişkin literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.⁴⁵ Buna karşın, antitrombotik tedaviye bağlı gelişen iyatrojenik kanama riski bulunan hastalarda implant cerrahisi daha ayrıntılı olarak araştırılmıştır.

Altta yatan kardiyovasküler hastalığa bağlı olarak uygulanan antitrombotik tedavi; antiplatelet ilaçlar, K vitamini antagonistleri veya direkt oral antikoagülanları (DOAK) içerebilir. Güncel görüşe göre, tekli antiplatelet tedavi veya terapötik düzeyde (Uluslararası Normalize Oran [INR] yaklaşık 2,5–3,0) K vitamini antagonisti kullanan hastalarda, rutin dental cerrahi işlemler öncesinde ilaç tedavisinin kesilmesi önerilmemektedir.⁴⁶ Direkt oral antikoagülan kullanan hastaların yönetimi konusunda bazı belirsizlikler devam etmekle birlikte, çoğu olguda tedavinin kesilmesine gerek olmadığı bildirilmektedir. Bununla birlikte, hastanın tromboembolik ve kanama riskinin bireysel olarak değerlendirilmesi ve gerektiğinde sorumlu kardiyolog veya hematolog ile konsültasyon yapılması

önerilmektedir.⁴⁷ Antitrombotik tedavi altındaki hastalarda implant cerrahisinin güvenliği çeşitli kontrollü klinik çalışmalarda değerlendirilmiştir.^{48,49} Bu çalışmalarda, genellikle 8–10 günlük postoperatif takip süresi sonunda, K vitamini antagonistleri veya direkt oral antikoagülan kullanan hastalarda ilaç tedavisine ara verilmeden dental implant cerrahisinin güvenli bir şekilde uygulanabileceği bildirilmiştir. Ancak, özellikle koroner arter stent implantasyonu sonrasında uygulanan ikili antiplatelet tedavi (asetilsalisilik asit ve klopidoğrel) alan hastalarda postoperatif kanama riski belirgin şekilde artabilmektedir. Bu nedenle, elektif implant cerrahisinin mümkün olduğunca ikili antiplatelet tedavinin tamamlanarak tekli antiplatelet tedaviye geçilmesinden sonra planlanması önerilmektedir. Stentin tipi ve kardiyoloğun önerisine bağlı olarak bu süre yaklaşık 6 hafta ile 6 ay arasında değişebilmektedir.⁴⁹

Bugüne kadar, antitrombotik tedavi gören hastalarda implant cerrahisi sonrasında erken yara iyileşmesi, peri-implant yumuşak doku iyileşmesi ve uzun dönem implant prognozuna ilişkin veriler sınırlıdır. Ayrıca, peri-implant hastalıklarının cerrahi tedavisi veya yumuşak doku girişimlerinin bu hasta grubundaki sonuçlarını değerlendiren çalışmalar da yetersizdir. Bu nedenle, antitrombotik tedavi alan hastalarda implant planlaması yapılırken hem perioperatif kanama riski hem de uzun dönem peri-implant doku sağlığı birlikte değerlendirilmeli ve daha kapsamlı prospektif klinik çalışmalarla mevcut kanıtlar desteklenmelidir.⁵⁰

5. Kemik Hastalıkları

5.1. Osteoporoz

Osteoporoz, kemik mineral yoğunluğunda azalma ve kemik mikro mimarisinde bozulma ile karakterize, kırık riskini artıran yaygın bir metabolik iskelet hastalığıdır.⁵¹ Osteoporozda görülen kemik döngüsündeki değişikliklerin, dental implant çevresindeki kemik iyileşmesini olumsuz etkileyerek osseointegrasyonu bozabileceği biyolojik olarak olası görünmektedir. Ancak, osteoporozun implant tedavisinin başarısı üzerindeki gerçek etkisi günümüzde hâlâ tartışmalıdır.

Deneyssel hayvan çalışmalarında, osteoporozlu sıçanların tibiasına implant yerleştirilmesinden sekiz hafta sonra kemik-implant temasında ve peri-implant kemik hacminde anlamlı azalma olduğu bildirilmiştir.⁵² Ayrıca, diğer prelinik çalışmalarda osteoporotik kemikte mekanik dayanıklılığın azaldığı, ekstrasellüler matriks oluşumunun bozulduğu ve kemik iyileşmesinin geciktiği gösterilmiştir.⁵³⁻⁵⁵ Buna karşın, modifiye edilmiş hidrofilik implant yüzeylerinin kullanımının osteoporotik hayvan modellerinde osseointegrasyonu artırdığı ve implant başarısını anlamlı ölçüde iyileştirdiği bildirilmiştir.⁵⁶ Klinik çalışmalarda ise elde

edilen bulgular daha değişkendir. Bazı prospektif ve retrospektif çalışmalar osteoporozun implant başarısını olumsuz etkileyebileceğini bildirmiştir^{57, 58} Bununla birlikte, mevcut sistematik değerlendirmeler ve klinik kanıtlar, osteoporozun tek başına dental implant tedavisi için mutlak bir kontrendikasyon olarak kabul edilmesini destekleyecek yeterli kanıt bulunmadığını göstermektedir.⁵⁹ Klinik uygulamada osteoporozlu hastalarda implant planlaması yapılırken implant bölgesindeki kemik kalitesi ve kemik yoğunluğu ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir. Osteoporotik kemik sıklıkla Lekholm ve Zarb sınıflamasına göre Tip IV kemik özellikleri gösterebilir.⁶⁰ Bu nedenle primer stabilitenin sağlanması için uygun cerrahi tekniklerin seçilmesi, gerektiğinde implant tasarımı ve yüzey özelliklerinin dikkate alınması önemlidir. Ayrıca mevcut kanıtlar doğrultusunda, osseointegrasyonun tamamlanabilmesi amacıyla implantların protetik yükleme öncesinde daha uzun bir iyileşme süresine bırakılması düşünülebilir.⁶¹

Bununla birlikte, osteoporozun implant sağkalımı ve peri-implant kemik kaybı üzerindeki etkisini değerlendiren uzun dönemli klinik çalışmaların sayısı hâlen sınırlıdır. Özellikle osteoporoz tedavisinde kullanılan ilaçların da göz önünde bulundurulduğu iyi tasarlanmış prospektif çalışmalar, bu hasta grubunda implant tedavisine ilişkin daha güçlü klinik kanıtların elde edilmesine katkı sağlayacaktır.

5.2. İlaçlarla İlişkili ene Osteonekrozu (MRONJ)

Osteoporotik hastalarda, bisfosfonatlar (BP) veya denosumab gibi antiresorptif ilaçların kullanımıyla ilişkili temel endişe, bu ajanların implant çevresindeki kemik döngüsünü baskılayarak osseointegrasyonu olumsuz etkileyebilmesi ve ilaç ilişkili çene osteonekrozu (medication-related osteonecrosis of the jaw; MRONJ) geleişme riskini artırabilmesidir.⁶² Bisfosfonatlar oral yolla (oğunlukla osteoporoz tedavisi için) veya intravenöz yolla (oğunlukla multipl miyelom ve diğer malignitelerde) uygulanır ve osteoklast aktivitesini güçlü biçimde inhibe eder. Denosumab ise reseptör aktivatörü nükleer faktör-kappa B ligandı (RANKL)'ye karşı geliştirilmiş monoklonal bir antikor olup osteoklast oluşumu, fonksiyonu ve sağkalımını baskılar.

Dental implant yerleştirilmesini takiben MRONJ geleişme riskini değerlendiren çalışmalar sınırlıdır; ancak mevcut veriler, bu riskin diş çekimi sonrası bildirilen risk ile benzer olabileceğini düşündürmektedir.⁶³ İntervenz bisfosfonat tedavisi alan kanser hastalarında implant cerrahisinin kontrendike olduğu genel olarak kabul edilmektedir.⁶⁴ Buna karşın, sistematik bir derleme, beş yıldan daha kısa süre oral bisfosfonat kullanan hastalarda dental implantların

kısa dönem (1–4 yıl) sağkalım oranlarının olumsuz etkilenmediğini ve MRONJ riskinde anlamlı bir artış olmadığını bildirmiştir.⁶⁵ Güncel veriler, MRONJ riskinin intravenöz bisfosfonat kullanan hastalarda oral bisfosfonat kullananlara göre daha yüksek olduğunu ve riskin tedavi süresi uzadıkça arttığını göstermektedir.⁶⁶ Lazarovici ve ark., alendronat (oral), zoledronik asit (intravenöz) ve pamidronat (intravenöz) kullanan hastalarda implant cerrahisini takiben sırasıyla ortalama 68, 16 ve 50 ay sonra MRONJ geliştiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada, 27 hastanın altısında implant yerleştirilmesini izleyen ilk altı ay içinde MRONJ gelişmesi, bazı olgularda osteonekrozun yalnızca cerrahi travmaya bağlı olmayabileceğini düşündürmektedir.⁶⁷

Sonuç olarak, oral bisfosfonat kullanımı tek başına dental implant cerrahisi için mutlak bir kontrendikasyon olarak kabul edilmemektedir. Bununla birlikte, hastalar olası komplikasyonlar ve MRONJ riski konusunda ayrıntılı şekilde bilgilendirilmelidir. İmplant başarısını artırmak ve MRONJ riskini azaltmak amacıyla cerrahi travmanın en aza indirilmesi, uygun olgularda antibiyotik profilaksisi uygulanması ve topikal antiseptiklerin kullanılması önerilmektedir.⁶⁸ Oral cerrahi işlemler öncesinde bisfosfonat tedavisine ara verilmesinin etkinliğini destekleyen kanıtlar sınırlı olmakla birlikte, dört yıldan uzun süre bisfosfonat kullanan veya bisfosfonat tedavisine ek olarak kortikosteroid ya da antianjiyojenik ilaç kullanan hastalarda, hekimin hastayı tedavi eden doktor ile konsültasyon yaparak cerrahiden yaklaşık iki ay önce ilaç kesilmesini ve yeterli kemik iyileşmesi sağlandıktan sonra yeniden başlanmasını değerlendirmesi önerilmektedir.⁶³ Denosumab tedavisinin implant cerrahisi öncesinde geçici olarak kesilmesinin yararı ise henüz net olarak gösterilememiştir; ancak ilacın antiresorptif etkisinin büyük ölçüde son uygulamadan yaklaşık altı ay sonra azaldığı bildirilmektedir.⁶³

6. Otoimmün Hastalıklar

6.1. Romatoid Artrit

Romatoid artrit (RA), sinovyal membranda kronik inflamasyon, eklem ağrısı, şişlik ve ilerleyici kemik ile kıkırdak destrüksiyonu ile karakterize sistemik otoimmün bir hastalıktır. RA'da kronik inflamasyon, artmış kemik rezorpsiyonu ve hastalığın tedavisinde kullanılan kortikosteroidler ile diğer immünomodülatör ajanların etkisi nedeniyle osteoporoz gelişme riski artmaktadır. RA hastalarında, kortikosteroid kullanımından bağımsız olarak olguların %30–50'sinde lokalize osteopeni veya yaygın osteoporoz gelişebileceği bildirilmiştir.⁶⁹ Buna rağmen, RA'nın osseointegrasyon ve dental implantların uzun dönem başarısı üzerindeki etkisini değerlendiren klinik kanıtlar halen sınırlıdır.

Weinländer ve ark., romatoid artrit ve bağ dokusu hastalıkları (connective tissue diseases; CTD) bulunan hastalarda dental implant ve implant destekli protetik tedavilerin klinik sonuçlarını değerlendirmiştir.⁷⁰ Araştırmacılar, takip süresi boyunca yüksek implant sağkalım oranları ile birlikte %96,1'lik kümülatif üç yıllık implant başarı oranı bildirmiştir. Romatoid artritli hastalarda marjinal kemik kaybının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu ve peri-implant yumuşak doku iyileşmesinin tatmin edici olduğu gözlenirken, bağ dokusu hastalığı bulunan bireylerde daha fazla marjinal kemik rezorpsiyonu saptanmıştır. Çalışmanın sonuçları, uygun hasta seçimi ve düzenli takip sağlandığında, romatoid artrit ve diğer otoimmün bağ dokusu hastalıklarına sahip bireylerde de yüksek implant ve protetik tedavi başarısının elde edilebileceğini göstermektedir.⁷⁰

6.2. Crohn Hastalığı

Crohn hastalığı (CD), gastrointestinal sistemi başta olmak üzere ağız boşluğunu da etkileyebilen kronik inflamatuvar bir bağırsak hastalığıdır. Hastalığın patogenezinde rol oynayan immün yanıt ve dolaşımdaki antijen-antikor kompleksleri; vaskülit, artrit, tekrarlayan oral ülserasyonlar ve keratokonjonktivit gibi çeşitli ekstraintestinal inflamatuvar bulguların gelişimine katkıda bulunabilir.⁷¹ Retrospektif çalışmalar, Crohn hastalığının erken dental implant başarısızlığı ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir.^{57,71,72} Bu nedenle bazı araştırmacılar tarafından CD, dental implant tedavisi açısından göreceli bir kontrendikasyon olarak değerlendirilmektedir.⁷³ Bu ilişkinin altında yatan olası mekanizmalardan biri, bağırsak mikrobiyotasındaki disbiyozdur. Crohn hastalarında bağırsak mikrobiyotasındaki değişikliklerin bağışıklık sistemini ve sistemik inflamatuvar yanıtı etkileyerek implant iyileşmesini olumsuz etkileyebileceği öne sürülmektedir. Ayrıca bu mikrobiyal dengesizliğin, oral mikrobiyotada da değişikliklere yol açarak *Campylobacter rectus*, *Fusobacterium nucleatum* ve *Campylobacter concisus* gibi anaerobik Gram-negatif bakterilerin prevalansını artırabileceği bildirilmiştir.⁷⁴ Literatürde yer alan diğer çalışmalar, CD'de görülen immünolojik düzensizliklerin ve kronik inflamatuvar yanıtın osseointegrasyon sürecini olumsuz etkileyebileceğini ve implant çevresindeki kemiğin iyileşme kapasitesini azaltabileceğini göstermektedir.⁷⁵ Bu nedenle, Crohn hastalarında implant tedavisi planlanırken hastalığın aktivitesi dikkatle değerlendirilmeli, peri-implant yumuşak ve sert dokuların sağlığı yakından izlenmeli ve düzenli bakım programları uygulanmalıdır.⁷⁶

6.3. Sjögren Sendromu

Sjögren sendromu, başta tükürük ve gözyaşı bezleri olmak üzere ekzokrin bezleri etkileyen kronik otoimmün bir hastalıktır. Tükürük bezi fonksiyonunun azalmasına bağlı gelişen ağız kuruluğu (kserostomi), yutma güçlüğü, tat alma değişiklikleri ve oral mukozada hassasiyet gibi klinik bulgulara neden olabilir. Bu nedenle, dental implant tedavisi de dahil olmak üzere tüm dental tedaviler planlanırken hastalığın oral etkileri dikkatle değerlendirilmelidir.⁷⁷

Çıkarılabilir protezlerin stabilitesi ve kullanım konforunun kserostomi nedeniyle olumsuz etkilenmesi, implant destekli protetik rehabilitasyonu bu hastalarda önemli bir tedavi seçeneği haline getirmektedir.⁷⁷ Sjögren sendromlu hastalarda dental implantların uzun dönem klinik sonuçlarını değerlendiren çalışmalar, 2–13 yıllık takip süresinde %88,4 ile %100 arasında implant sağkalım oranları bildirmiştir.^{78,79} Sjögren sendromu tek başına implant cerrahisi için belirgin bir kontrendikasyon olarak kabul edilmemektedir. Bununla birlikte, özellikle romatoid artrit ile birlikte görülen sekonder Sjögren sendromunda, eklem tutulumuna bağlı hareket kısıtlılığı ve azalmış el becerisi, ağız hijyeninin etkin şekilde sağlanmasını güçleştirebilir ve peri-implant bakımını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, implant tedavisi planlanırken hastalığın şiddeti, sistemik durumu ve hastanın ağız hijyenini sürdürebilme kapasitesi dikkatle değerlendirilmelidir.⁸⁰

7. Nörolojik Hastalıklar

7.1. Parkinson Hastalığı

Parkinson hastalığı (PD), motor, non-motor ve davranışsal semptomlarla karakterize, ilerleyici nörodejeneratif bir hastalık olup ileri yaş popülasyonunda en sık görülen nörolojik hastalıklardan biridir. Bu nedenle, ağız sağlığının korunması ve iyileştirilmesi, hastaların fonksiyonel durumunu, konforunu ve yaşam kalitesini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Hastalığın klinik seyri ve bireysel gereksinimler göz önünde bulundurulduğunda, Parkinson hastalarında kişiye özgü ağız bakım stratejilerinin uygulanması önerilmektedir.⁸¹

Yapılan bir çalışmada, Parkinson hastalarının sağlıklı kontrollere kıyasla daha kötü ağız hijyenine ve daha yüksek DMFT indeksine sahip olduğu bildirilmiştir.⁸² Motor fonksiyonlardaki bozulma nedeniyle etkili ağız hijyeninin sürdürülememesi, kserostomiye neden olabilen ilaçların kullanımı ve Streptococcus mutans prevalansındaki artış, bu hastalarda diş çürüğü ve periodontal hastalık gelişme riskini artırmaktadır. Bu faktörler, implant tedavisinin planlanması ve uzun dönem peri-implant bakımında özel dikkat gerektirmektedir.⁸²

Dental implant tedavisinin ardından Parkinson hastalarında gastrointestinal semptomlarda azalma ve yaşam kalitesinde iyileşme bildirildiği belirtilmiştir. Ayrıca literatürde yayımlanan çalışmalar, Parkinson hastalarında implant sağkalım oranlarının %82,1 ile %100 arasında değiştiğini göstermektedir.^{83,84} Bu bulgular, uygun hasta seçimi, yeterli ağız hijyeni desteği ve düzenli bakım programları sağlandığında, dental implant tedavisinin Parkinson hastalarında güvenle uygulanabilecek öngörülebilir bir tedavi seçeneği olduğunu göstermektedir.⁸²

7.2. Alzheimer Hastalığı

Alzheimer hastalığı (AH), ilerleyici bilişsel gerileme ile karakterize en yaygın nörodejeneratif hastalıklardan biridir. Çalışmalar, bilişsel işlev ile diş kaybı arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiş; 20'den az doğal dişe sahip yaşlı bireylerde bilişsel bozukluk görülme olasılığının yaklaşık %20 daha yüksek olduğu bildirilmiştir.^{85,86} Bununla birlikte, dental implant tedavisi ile bilişsel işlev arasındaki ilişki henüz yeterince araştırılmamış olup mevcut kanıtlar sınırlıdır.

Deneysel ve klinik çalışmalar, dental implantlarla sağlanan oklüzal fonksiyonun yeniden kazanılmasının serebral kan akımını ve nöral aktiviteyi olumlu yönde etkileyebileceğini, ayrıca bazı beyin bölgelerinde gözlenen fonksiyonel dengesizlikleri azaltabileceğini öne sürmektedir.⁸⁷ Buna bağlı olarak, implant destekli protetik rehabilitasyonun bilişsel fonksiyonların korunmasına katkıda bulunabileceği ileri sürülmüş olsa da, bu konuda kesin sonuçlara ulaşabilmek için daha fazla prospektif klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.⁸⁸ Alzheimer hastalarında osteoporoz görülme sıklığının arttığı ve bu nedenle bazı hastalarda osteoporozun önlenmesine yönelik antiresorptif tedavilerin uygulanabildiği bildirilmiştir.⁸⁹

Ayrıca, asetilkolinesteraz inhibitörlerinin (AChEI), tek başına veya antiresorptif ilaçlarla birlikte kullanıldığında kemik metabolizmasını etkileyebileceği düşünülmektedir. Bazı çalışmalar, AChEI tedavisinin Alzheimer hastalarında kırık iyileşmesi sırasında daha iyi kemik kalitesi ve daha olumlu kemik iyileşmesi ile ilişkili olabileceğini bildirmiştir.⁹⁰ Bununla birlikte, Alzheimer hastalığının osseointegrasyon ve dental implantların uzun dönem başarısı üzerindeki etkisini değerlendiren klinik kanıtlar halen yetersizdir ve mevcut veriler kesin bir sonuca ulaşılmasına olanak sağlamamaktadır.

7.3. Epilepsi

Epilepsi, tekrarlayan ve provoke olmayan nöbetlerle karakterize kronik bir nörolojik hastalıktır. Günümüzde epilepsinin tek başına dental implant tedavisi için mutlak bir kontrendikasyon oluşturmadığı kabul edilmektedir. Uygun

medikal kontrol altında bulunan ve nöbetleri stabil seyreden hastalarda implant tedavisi güvenle uygulanabilmektedir.⁹¹ Mevcut klinik çalışmalar, epilepsi hastalarında implant başarısızlığının nadir olduğunu göstermektedir. Yeterli ağız hijyeninin her hastada sürdürülememesine rağmen, peri-implant marjinal kemik seviyelerinin uzun dönemde stabil kalabildiği bildirilmiştir.⁹² Ayrıca implant destekli protetik rehabilitasyonun çiğneme fonksiyonunu, protetik stabiliteyi ve yaşam kalitesini iyileştirdiği gösterilmiştir. Bu nedenle dental implant tedavisi, epilepsi hastalarında diş eksikliklerinin rehabilitasyonu için etkili ve öngörülebilir bir tedavi seçeneği olarak değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte, epilepsinin osseointegrasyon üzerindeki doğrudan etkileri ve antiepileptik ilaçların kemik metabolizması ile implant başarısı üzerindeki uzun dönem etkilerini değerlendiren klinik çalışmalar sınırlıdır. Bu nedenle, implant tedavisi planlanırken hastalığın kontrol durumu, kullanılan antiepileptik ilaçlar ve hastanın ağız hijyenini sürdürebilme kapasitesi bireysel olarak değerlendirilmelidir.

8. Selektif Serotonin Geri Alım İnhibitörleri (SSRI)

Seçici serotonin geri alım inhibitörleri (SSRI'lar), depresyon başta olmak üzere yaygın anksiyete bozukluğu, panik bozukluğu, obsesif-kompulsif bozukluk, sosyal anksiyete bozukluğu, travma sonrası stres bozukluğu, premenstrüel disforik bozukluk ve bulimia nervosa gibi birçok psikiyatrik hastalığın tedavisinde yaygın olarak kullanılan antidepresan ilaçlardır. Etkilerini, santral sinir sisteminde serotoninin (5-hidroksitriptamin; 5-HT) presinaptik nöronlar tarafından geri alımını inhibe ederek sinaptik serotonin düzeyini artırmak suretiyle gösterirler.⁹³

Son yıllarda elde edilen veriler, serotoninin yalnızca nörotransmitter olarak değil, aynı zamanda kemik metabolizmasının düzenlenmesinde de önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Osteoblastlar ve osteoklastlar 5-HT reseptörlerini eksprese etmekte olup, serotonin otokrin, parakrin ve endokrin mekanizmalar aracılığıyla kemik yeniden şekillenmesini etkileyebilmektedir.⁹³ Klinik çalışmalar, SSRI kullanımının azalmış kemik mineral yoğunluğu ve artmış kırık riski ile ilişkili olduğunu göstermektedir.^{94,95} Bununla birlikte, SSRI kullanımının osseointegrasyon ve dental implantların klinik başarısı üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut kanıtlar halen sınırlıdır.

Wu ve ark. tarafından gerçekleştirilen retrospektif kohort çalışmasında, SSRI kullanan 51 hastaya yerleştirilen 94 dental implant değerlendirilmiştir. Üç ile 67 ay arasında değişen takip süresi sonunda, SSRI kullanan grupta 10 implant başarısız olmuş, 84 implant ise başarılı şekilde fonksiyonunu sürdürmüştür.⁹⁶ Araştırmacılar, SSRI kullanımının implant başarısızlığı riskinde anlamlı bir artış

ile ilişkili olduğunu bildirmiştir (HR=6,28; %95 GA: 1,25–31,61; p=0,03). İmplant başarısızlık oranı SSRI kullanmayan hastalarda %4,6 iken, SSRI kullanan hastalarda %10,6 olarak bulunmuştur. Bu bulgular doğrultusunda yazarlar, SSRI kullanan bireylerde implant tedavisinin dikkatli bir cerrahi planlama ve yakın takip ile gerçekleştirilmesini önermiştir.⁹⁶

Buna karşın, Altay ve ark. tarafından yürütülen retrospektif kohort çalışmasında toplam 631 hastaya yerleştirilen 2.055 dental implant değerlendirilmiştir. Ortalama takip süresi SSRI kullanan hastalarda 21,5 ay, kullanmayanlarda ise 23 ay olarak bildirilmiştir. İmplant başarısızlık oranı SSRI kullanan grupta %5,6, kullanmayan grupta ise %1,85 olarak saptanmıştır. Her ne kadar hasta ve implant düzeyindeki analizlerde gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olsa da, SSRI kullanan hastalarda implant başarısızlığı olasılığının yaklaşık 3,1 kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu bulgular, istatistiksel anlamlılık göstermese de, SSRI kullanımının osseointegrasyonu olumsuz etkileyebileceğine işaret etmektedir.⁹⁷

Genel olarak değerlendirildiğinde, mevcut klinik çalışmalar SSRI kullanımının dental implant başarısızlığı açısından potansiyel bir risk faktörü olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, mevcut kanıtların büyük ölçüde retrospektif çalışmalara dayanması ve çalışma sonuçlarının birbirleriyle tam olarak tutarlı olmaması nedeniyle, bu ilişkinin doğrulanabilmesi için uzun dönemli, iyi tasarlanmış prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

9. Proton Pompa İnhibitörleri (PPI)

Proton pompa inhibitörleri (PPI'ler), gastroözofageal reflü hastalığı, peptik ülser hastalığı ve diğer asit ilişkili gastrointestinal hastalıkların tedavisinde en yaygın reçete edilen ilaç gruplarından biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, uzun süreli PPI kullanımının kalsiyum emilimini azaltarak kemik mineral yoğunluğunda azalma ve osteoporotik kırık riskinde artış ile ilişkili olabileceğini göstermektedir. En yaygın kabul gören mekanizma, gastrik asit sekresyonunun baskılanmasına bağlı olarak intestinal kalsiyum emiliminin azalması sonucunda negatif kalsiyum dengesi, sekonder hiperparatiroidizm, artmış kemik rezorpsiyonu ve kemik kaybının gelişmesidir.⁹⁸ Bununla birlikte, PPI kullanımının osseointegrasyon ve dental implantların klinik başarısı üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut kanıtlar halen sınırlıdır.

Wu ve ark. tarafından gerçekleştirilen retrospektif kohort çalışmasında, PPI kullanımı ile dental implant başarısızlığı arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, implant başarısızlık oranının PPI kullanan hastalarda %6,8, kullanmayanlarda ise %3,2 olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, PPI kullanan bireylerde dental implant başarısızlığı riskinin anlamlı derecede daha yüksek olduğu

gösterilmiştir. Bu bulgular, uzun süreli PPI tedavisinin osseointegrasyonu olumsuz etkileyebileceğini ve implant başarısızlığı açısından potansiyel bir risk faktörü olabileceğini düşündürmektedir.⁹⁹

Bununla birlikte, mevcut kanıtların büyük bölümü retrospektif gözlemsel çalışmalara dayanmaktadır. Bu nedenle, PPI kullanımının dental implant başarısı üzerindeki gerçek etkisinin ortaya konulabilmesi için iyi tasarlanmış prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

10. Glukokortikoidler

Glukokortikoidler; otoimmün hastalıklar, astım, kronik inflamatuvar bağırsak hastalıkları ve romatoid artrit gibi birçok inflamatuvar hastalığın tedavisinde yaygın olarak kullanılan ilaçlardır. Bununla birlikte, uzun süreli ve yüksek doz glukokortikoid kullanımı, sekonder osteoporozun en önemli nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.¹⁰⁰ Glukokortikoidler, osteoblast proliferasyonu ve farklılaşmasını baskılayarak, osteoblast ve osteosit apoptozunu artırarak ve kemik iliği mezenkimal kök hücrelerinin adiposit yönünde farklılaşmasını teşvik ederek kemik oluşumunu azaltmaktadır. Ayrıca osteoklastların yaşam süresini uzatarak kemik rezorpsiyonunu artırarak, kemik yeniden şekillenmesinin bozulmasına katkıda bulunmaktadır.¹⁰⁰ Bu biyolojik etkiler nedeniyle, glukokortikoid tedavisinin implant çevresindeki kemik iyileşmesini ve osseointegrasyon sürecini olumsuz etkileyebileceği düşünülmektedir.¹⁰¹

Bununla birlikte, glukokortikoid kullanımının dental implant başarısı üzerindeki etkisini değerlendiren klinik çalışmaların sayısı sınırlıdır ve mevcut bulgular kesin bir sonuca ulaşılması için yeterli değildir. Bu nedenle, uzun süreli glukokortikoid kullanan hastalarda implant tedavisi planlanırken ilacın dozu, kullanım süresi ve hastanın sistemik durumu dikkatle değerlendirilmelidir.

11. Steroid Olmayan Antiinflamatuvar İlaçlar (NSAİİ)

Nonsteroidal antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ'ler), analjezik, antiinflamatuvar ve antipiretik etkileri nedeniyle klinik uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Dental implant cerrahisi sonrasında kısa süreli analjezi amacıyla veya romatoid artrit gibi kronik inflamatuvar hastalıklarda uzun süreli tedavi kapsamında reçete edilebilmektedir. NSAİİ'ler, siklooksijenaz (COX) enzimlerini inhibe ederek araziidonik asidin prostaglandinlere dönüşümünü engeller ve böylece inflamatuvar yanıtı baskılar. Çoğu NSAİİ hem COX-1 hem de COX-2 enzimlerini non-selektif olarak inhibe ederken, bazı ajanlar COX-2'ye selektif etki göstermektedir.¹⁰²

Prostaglandinler yalnızca inflamatuvar süreçte değil, aynı zamanda kemik yeniden şekillenmesi ve kırık iyileşmesinde de önemli düzenleyici moleküllerdir.

Özellikle prostaglandin E₂ (PGE₂), osteoblast proliferasyonu ve farklılaşmasını uyarak yeni kemik oluşumuna katkıda bulunmaktadır.¹⁰³ Bu nedenle, NSAİİ'lerin prostaglandin sentezini inhibe etmesi, kemik iyileşmesi ve osseointegrasyon sürecini olumsuz etkileyebileceği yönünde endişelere neden olmuştur.¹⁰⁰

Hayvan çalışmalarında bu görüşü destekleyen bulgular elde edilmiştir. COX-2 eksikliği bulunan farelerde implant çevresindeki yeni kemik oluşumunun, normal farelere kıyasla anlamlı derecede daha düşük olduğu gösterilmiştir.¹⁰⁴

Bununla birlikte, insan çalışmalarının sonuçları çelişkilidir. Randomize kontrollü bir çalışmada, implant cerrahisini takiben yedi gün boyunca günde dört kez 600 mg ibuprofen kullanımının, 3–6 aylık takip süresinde marjinal kemik kaybını artırmadığı bildirilmiştir.¹⁰⁵ Buna karşılık, başka bir çalışmada postoperatif NSAİİ kullanan hastalarda implant osseointegrasyon başarısızlığının daha yüksek olduğu gösterilmiştir.¹⁰⁶ Ayrıca bazı araştırmacılar, NSAİİ kullanan hastalarda daha fazla peri-implant marjinal kemik kaybı ve implant başarısızlığı bildirmiştir.¹⁰⁷

Mevcut literatür değerlendirildiğinde, NSAİİ kullanımının dental implantların osseointegrasyonu üzerindeki etkisi konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır.^{108,109} Özellikle uzun süreli sistemik NSAİİ tedavisini inceleyen çalışmaların sonuçları, implant cerrahisi sonrasında birkaç gün süreyle uygulanan analjezik tedavi ile doğrudan karşılaştırılmamalıdır. Bunun yanında, çalışmalarda kullanılan NSAİİ türü, dozu, kullanım süresi ve hasta popülasyonundaki farklılıklar sonuçların yorumlanmasını güçleştirmektedir. Ayrıca, hayvan deneylerinden elde edilen bulguların insanlara doğrudan uyarlanmasını sınırlandıran önemli metabolik ve fizyolojik farklılıklar da göz önünde bulundurulmalıdır.¹⁰⁰

12. SONUÇ

Dental implant tedavisi, diş eksikliklerinin rehabilitasyonunda güvenilir ve öngörülebilir bir tedavi seçeneğidir. Bununla birlikte, implant uygulanan hastaların önemli bir kısmını sistemik hastalıkları bulunan bireyler oluşturduğundan, bu hastalıklar ile tedavilerinde kullanılan ilaçların kemik metabolizması, yara iyileşmesi ve osseointegrasyon üzerindeki olası etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Mevcut kanıtlar, çoğu sistemik hastalığın tek başına dental implant tedavisi için mutlak bir kontrendikasyon oluşturmadığını, ancak dikkatli hasta seçimi ve bireysel risk değerlendirmesinin tedavi başarısı açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Bu nedenle, implant tedavisi öncesinde ayrıntılı tıbbi anamnez alınmalı, hastanın sistemik durumu ve kullandığı ilaçlar kapsamlı olarak değerlendirilmeli,

gerekli durumlarda ilgili tıp branşları ile konsültasyon yapılmalıdır. Uygun cerrahi protokol, düzenli bakım ve yakın takip ile sistemik hastalığı bulunan birçok hastada başarılı implant tedavisi uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, birçok sistemik hastalık ve ilacın osseointegrasyon üzerindeki etkilerine ilişkin mevcut kanıtlar halen sınırlı olduğundan, bu konuda uzun dönemli ve iyi tasarlanmış prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

REFERANSLAR

1. Duttenhoefer F, Fuessinger MA, Beckmann Y, Schmelzeisen R, Groetz KA, Boeker M. Dental implants in immunocompromised patients: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Implant Dentistry* 2019;5(1):43.
2. Namanloo RA, Ommani M, Abbasi K, Alam M, Badkoobeh A, Rahbar M, Arasteh HK, Hajmohammadi E, Soufdoost RS, Mosaddad SA. Biomaterials in guided bone and tissue regenerations: an update. *Advances in Materials Science and Engineering* 2022;2022(1):2489399.
3. Nitschke I, Wendland A, Weber S, Jockusch J, Lethaus B, Hahnel S. Considerations for the prosthetic dental treatment of geriatric patients in Germany. *Journal of clinical medicine* 2021;10(2):304.
4. Hussain A, Tebyaniyan H, Khayatan D. The role of epigenetic in dental and oral regenerative medicine by different types of dental stem cells: a comprehensive overview. *Stem cells international* 2022;2022(1):5304860.
5. Lupi SM, Pascadopoli M, Maiorani C, Preda C, Trapani B, Chiesa A, Esposito F, Scribante A, Butera A. Oral Hygiene Practice among Hospitalized Patients: An Assessment by Dental Hygiene Students. *Healthcare (Basel)* 2022;10(1).
6. Sbricoli L, Bazzi E, Stellini E, Bacci C. Systemic Diseases and Biological Dental Implant Complications: A Narrative Review. *Dent J (Basel)* 2022;11(1).
7. Arisan V, Sümeyye Akay A. Dental Implants in the Medically Compromised Patient Population. İçinde: Prostran M (editör). *Clinical Trials in Vulnerable Populations*, London, IntechOpen, 2017.
8. Sivakumar A, Thangaswamy V, Ravi V. Treatment planning in conservative dentistry. *J Pharm Bioallied Sci* 2012;4(Suppl 2):S406-9.
9. Gómez-de Diego R, Mang-de la Rosa Mdel R, Romero-Pérez MJ, Cutando-Soriano A, López-Valverde-Centeno A. Indications and contraindications of dental implants in medically compromised patients: update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2014;19(5):e483-9.
10. Kullar AS, Miller CS. Are There Contraindications for Placing Dental Implants? *Dent Clin North Am* 2019;63(3):345-62.
11. Di Spirito F, La Rocca M, De Bernardo M, Rosa N, Sbordonc C, Sbordonc L. Possible Association of Periodontal Disease and Macular Degeneration: A Case-Control Study. *Dent J (Basel)* 2020;9(1).
12. Di Spirito F, Sbordonc L, Pilone V, D'Ambrosio F. Obesity and Periodontal Disease: A Narrative Review on Current Evidence and Putative Molecular Links. *The Open Dentistry Journal* 2019;13526-36.

13. Wautier M-P, Guillausseau P-J, Wautier J-L. Activation of the receptor for advanced glycation end products and consequences on health. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* 2017;11(4):305-09.
14. Wang Q, Zhu G, Cao X, Dong J, Song F, Niu Y. Blocking AGE-RAGE signaling improved functional disorders of macrophages in diabetic wound. *Journal of diabetes research* 2017;2017(1):1428537.
15. Ghiraldini B, Conte A, Casarin RC, Casati MZ, Pimentel SP, Cirano FR, Ribeiro FV. Influence of Glycemic Control on Peri-Implant Bone Healing: 12-Month Outcomes of Local Release of Bone-Related Factors and Implant Stabilization in Type 2 Diabetics. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016;18(4):801-9.
16. Bornstein MM, Cionca N, Mombelli A. Systemic conditions and treatments as risks for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24 Suppl12-27.
17. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Diabetes and oral implant failure: a systematic review. *J Dent Res* 2014;93(9):859-67.
18. Monje A, Catena A, Borgnakke WS. Association between diabetes mellitus/hyperglycaemia and peri-implant diseases: Systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2017;44(6):636-48.
19. Naujokat H, Kunzendorf B, Wiltfang J. Dental implants and diabetes mellitus-a systematic review. *Int J Implant Dent* 2016;2(1):5.
20. Oates TW, Huynh-Ba G, Vargas A, Alexander P, Feine J. A critical review of diabetes, glycemic control, and dental implant therapy. *Clin Oral Implants Res* 2013;24(2):117-27.
21. Salvi GE, Carollo-Bittel B, Lang NP. Effects of diabetes mellitus on periodontal and peri-implant conditions: update on associations and risks. *J Clin Periodontol* 2008;35(8 Suppl):398-409.
22. Aguilar-Salvatierra A, Calvo-Guirado JL, González-Jaranay M, Moreu G, Delgado-Ruiz RA, Gómez-Moreno G. Peri-implant evaluation of immediately loaded implants placed in esthetic zone in patients with diabetes mellitus type 2: a two-year study. *Clin Oral Implants Res* 2016;27(2):156-61.
23. Al Amri MD, Kellesarian SV, Ahmed A, Al-Kheraif AA, Romanos GE, Javed F. Efficacy of periimplant mechanical debridement with and without adjunct antimicrobial photodynamic therapy in patients with type 2 diabetes mellitus. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2016;14166-9.
24. Borba AM, Souza DF, Brozoski MA, Burim RA, Naclério-Homem Mda G, Deboni MC. Can the use of antibiotics interfere with the success of

- dental osseointegrated implants in diabetic patients? *J Contemp Dent Pract* 2013;14(6):1197-201.
25. Elsubeihi ES, Zarb GA. Implant prosthodontics in medically challenged patients: the University of Toronto experience. *J Can Dent Assoc* 2002;68(2):103-8.
 26. Mosekilde L, Eriksen EF, Charles P. Effects of thyroid hormones on bone and mineral metabolism. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1990;19(1):35-63.
 27. Williams GR, Bassett JHD. Thyroid diseases and bone health. *J Endocrinol Invest* 2018;41(1):99-109.
 28. Sefati N, Abbaszadeh HA, Fadaei Fathabady F, Abdollahifar MA, Amini A, Noori-Zadeh A, Darabi S, Norouzi M. Therapeutic Effects of Laser on Partial Osteotomy in the Rat Model of Hypothyroidism. *J Lasers Med Sci* 2018;9(2):121-27.
 29. Tsourdi E, Rijntjes E, Köhrle J, Hofbauer LC, Rauner M. Hyperthyroidism and Hypothyroidism in Male Mice and Their Effects on Bone Mass, Bone Turnover, and the Wnt Inhibitors Sclerostin and Dickkopf-1. *Endocrinology* 2015;156(10):3517-27.
 30. Attard NJ, Zarb GA. A study of dental implants in medically treated hypothyroid patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2002;4(4):220-31.
 31. van Steenberghe D, Jacobs R, Desnyder M, Maffei G, Quirynen M. The relative impact of local and endogenous patient-related factors on implant failure up to the abutment stage. *Clin Oral Implants Res* 2002;13(6):617-22.
 32. Iyer AS, Ahmed MI, Filippatos GS, Ekundayo OJ, Aban IB, Love TE, Nanda NC, Bakris GL, Fonarow GC, Aronow WS, Ahmed A. Uncontrolled hypertension and increased risk for incident heart failure in older adults with hypertension: findings from a propensity-matched prospective population study. *J Am Soc Hypertens* 2010;4(1):22-31.
 33. Ustaoglu G, Erdal E. Relationship between risk markers for cardiovascular disease and peri-implant diseases. *Int J Implant Dent* 2020;6(1):73.
 34. Wu X, Al-Abedalla K, Eimar H, Arekunnath Madathil S, Abi-Nader S, Daniel NG, Nicolau B, Tamimi F. Antihypertensive Medications and the Survival Rate of Osseointegrated Dental Implants: A Cohort Study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016;18(6):1171-82.
 35. Manihar M, Wahjuningrum DA, Manihar S, Pawar AM, Atram J, Banga K, Luke AM, Elmsmari F. Prevalence of type 2 diabetes mellitus and hypertension in patient's visiting the conservative dentistry and

endodontics department: a cross-sectional study in Surabaya City. *PeerJ* 2024;12e17638.

36. AbdulAzeez AR, Alkinani AA. The Crucial Role of Plaque Control in Peri-Implant Mucositis Initiation as Opposed to the Role of Systemic Health Condition: A Cross-Sectional Study. *Clin Cosmet Investig Dent* 2021;13257-68.
37. Fabris A, Mulinari-Santos G, Hassumi JS, Freire AR, Faverani LP, Gruber R, Okamoto R. Morphometric and histologic characterization of alveolar bone from hypertensive patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19(6):1106-13.
38. Seki K, Hasuike A, Iwano Y, Hagiwara Y. Influence of antihypertensive medications on the clinical parameters of anodized dental implants: a retrospective cohort study. *Int J Implant Dent* 2020;6(1):32.
39. Romandini M, Lima C, Pedrinaci I, Araoz A, Soldini MC, Sanz M. Prevalence and risk/protective indicators of peri-implant diseases: A university-representative cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res* 2021;32(1):112-22.
40. Nemati F, Rahbar-Roshandel N, Hosseini F, Mahmoudian M, Shafiei M. Anti-inflammatory effects of anti-hypertensive agents: influence on interleukin-1 β secretion by peripheral blood polymorphonuclear leukocytes from patients with essential hypertension. *Clin Exp Hypertens* 2011;33(2):66-76.
41. Samulak-Zielińska R, Dembowska E, Lizakowski P. Dental treatment of post-myocardial infarction patients: A review of the literature. *Dent Med Probl* 2019;56(3):291-98.
42. Malik AH, Majeed S. Effect of antiplatelet therapy on minor dental procedures. *Natl J Maxillofac Surg* 2020;11(1):64-66.
43. Hassani NS, Mozafarybazargany M, Pirdehghan R, Sepahvandi R, Khodapras Z, Karimi F, Rahimi F, Zakani A, Mardi P, Kamipoor Z, Dorri M, Bamrafie A, Rastad H. The outcome of ST-elevation myocardial infarction by sex: a retrospective cohort study. *Future Cardiol* 2023;19(1):19-27.
44. Liddelow G, Klineberg I. Patient-related risk factors for implant therapy. A critique of pertinent literature. *Aust Dent J* 2011;56(4):417-26; quiz 41.
45. Bacci C, Cerrato A, Zanette G, Pasca S, Zanon E. Regenerative Surgery with Dental Implant Rehabilitation in a Haemophiliac Patient. *TH Open* 2021;05(01):e104-e06.

46. Wahl MJ, Pinto A, Kilham J, Lalla RV. Dental surgery in anticoagulated patients--stop the interruption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2015;119(2):136-57.
47. Johnston S. An evidence summary of the management of patients taking direct oral anticoagulants (DOACs) undergoing dental surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2016;45(5):618-30.
48. Clemm R, Neukam FW, Rusche B, Bauersachs A, Musazada S, Schmitt CM. Management of anticoagulated patients in implant therapy: a clinical comparative study. *Clin Oral Implants Res* 2016;27(10):1274-82.
49. Gómez-Moreno G, Aguilar-Salvatierra A, Fernández-Cejas E, Delgado-Ruiz RA, Markovic A, Calvo-Guirado JL. Dental implant surgery in patients in treatment with the anticoagulant oral rivaroxaban. *Clin Oral Implants Res* 2016;27(6):730-3.
50. Findler M, Chackartchi T, Regev E. Dental implants in patients at high risk for infective endocarditis: a preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2014;43(10):1282-5.
51. Kanis JA, McCloskey EV, Johansson H, Cooper C, Rizzoli R, Reginster JY. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2013;24(1):23-57.
52. Glösel B, Kuchler U, Watzek G, Gruber R. Review of dental implant rat research models simulating osteoporosis or diabetes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25(3):516-24.
53. Fini M, Giavaresi G, Rimondini L, Giardino R. Titanium alloy osseointegration in cancellous and cortical bone of ovariectomized animals: histomorphometric and bone hardness measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17(1):28-37.
54. Giro G, Sakakura C, Gonçalves D, Pereira R, Marcantonio E, Orrico S. Effect of 17 β -Estradiol and Alendronate on the Removal Torque of Osseointegrated Titanium Implants in Ovariectomized Rats. *Journal of Periodontology* 2007;78:1316-21.
55. Keller JC, Stewart M, Roehm M, Schneider GB. Osteoporosis-like bone conditions affect osseointegration of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(5):687-94.
56. Alghamdi HS, Jansen JA. Bone regeneration associated with nontherapeutic and therapeutic surface coatings for dental implants in osteoporosis. *Tissue Eng Part B Rev* 2013;19(3):233-53.
57. Alsaadi G, Quirynen M, Komárek A, van Steenberghe D. Impact of local and systemic factors on the incidence of oral implant failures, up to abutment connection. *J Clin Periodontol* 2007;34(7):610-7.

58. August M, Chung K, Chang Y, Glowacki J. Influence of estrogen status on endosseous implant osseointegration. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59(11):1285-9; discussion 90-1.
59. Slagter KW, Raghoobar GM, Vissink A. Osteoporosis and edentulous jaws. *Int J Prosthodont* 2008;21(1):19-26.
60. Zarb GA, Zarb FL. Tissue integrated dental prostheses. *Quintessence Int* 1985;16(1):39-42.
61. Gaetti-Jardim EC, Santiago-Junior JF, Goiato MC, Pellizzer EP, Magro-Filho O, Jardim Junior EG. Dental implants in patients with osteoporosis: a clinical reality? *J Craniofac Surg* 2011;22(3):1111-3.
62. Jacobsen C, Metzler P, Rössle M, Obwegeser J, Zemmann W, Grätz KW. Osteopathology induced by bisphosphonates and dental implants: clinical observations. *Clin Oral Investig* 2013;17(1):167-75.
63. Bansal H. Medication-related osteonecrosis of the jaw: An update. *Natl J Maxillofac Surg* 2022;13(1):5-10.
64. Diz P, Scully C, Sanz M. Dental implants in the medically compromised patient. *J Dent* 2013;41(3):195-206.
65. Madrid C, Sanz M. What impact do systemically administrated bisphosphonates have on oral implant therapy? A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;20 Suppl 487-95.
66. Khosla S, Burr D, Cauley J, Dempster DW, Ebeling PR, Felsenberg D, Gagel RF, Gilsanz V, Guise T, Koka S, McCauley LK, McGowan J, McKee MD, Mohla S, Pendrys DG, Raisz LG, Ruggiero SL, Shafer DM, Shum L, Silverman SL, Van Poznak CH, Watts N, Woo SB, Shane E. Bisphosphonate-associated osteonecrosis of the jaw: report of a task force of the American Society for Bone and Mineral Research. *J Bone Miner Res* 2007;22(10):1479-91.
67. Lazarovici TS, Yahalom R, Taicher S, Schwartz-Arad D, Peleg O, Yarom N. Bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw associated with dental implants. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68(4):790-6.
68. Hellstein JW, Adler RA, Edwards B, Jacobsen PL, Kalmar JR, Koka S, Migliorati CA, Ristic H. Managing the care of patients receiving antiresorptive therapy for prevention and treatment of osteoporosis: executive summary of recommendations from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc* 2011;142(11):1243-51.
69. Yeap SS, Hosking DJ. Management of corticosteroid-induced osteoporosis. *Rheumatology* 2002;41(10):1088-94.

70. Weinlander M, Krennmair G, Piehslinger E. Implant prosthodontic rehabilitation of patients with rheumatic disorders: a case series report. *Int J Prosthodont* 2010;23(1):22-8.
71. Alsaadi G, Quirynen M, Komárek A, van Steenberghe D. Impact of local and systemic factors on the incidence of late oral implant loss. *Clin Oral Implants Res* 2008;19(7):670-6.
72. Giuseppe C, Cannavale R, Pentenero M, Gandolfo S. Oral implants in radiated patients: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:616-22.
73. Scully C, Hobkirk J, Dios PD. Dental endosseous implants in the medically compromised patient. *J Oral Rehabil* 2007;34(8):590-9.
74. Passariello C, Di Nardo D, Testarelli L. Inflammatory Periimplant Diseases and the Periodontal Connection Question. *Eur J Dent* 2019;13(1):119-23.
75. Duttonhoefer F, Fuessinger MA, Beckmann Y, Schmelzeisen R, Groetz KA, Boeker M. Dental implants in immunocompromised patients: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent* 2019;5(1):43.
76. Pranskunas M, Poskevicius L, Juodzbaly G, Kubilius R, Jimbo R. Influence of Peri-Implant Soft Tissue Condition and Plaque Accumulation on Peri-Implantitis: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res* 2016;7(3):e2.
77. Donos N, Calciolari E. Dental implants in patients affected by systemic diseases. *British Dental Journal* 2014;217(8):425-30.
78. Binon PP. Thirteen-year follow-up of a mandibular implant-supported fixed complete denture in a patient with Sjogren's syndrome: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2005;94(5):409-13.
79. Isidor F, Brøndum K, Hansen HJ, Jensen J, Sindet-Pedersen S. Outcome of treatment with implant-retained dental prostheses in patients with Sjögren syndrome. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14(5):736-43.
80. Candel-Marti ME, Ata-Ali J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Bagán JV. Dental implants in patients with oral mucosal alterations: An update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2011;16(6):e787-93.
81. Kaka S, Lane H, Sherwin E. Dentistry and Parkinson's disease: learnings from two case reports. *Br Dent J* 2019;227(1):30-36.
82. Bollero P, Franco R, Cecchetti F, Miranda M, Barlattani A, Jr., Dolci A, Ottria L. Oral health and implant therapy in Parkinson's patients: review. *Oral Implantol (Rome)* 2017;10(2):105-11.
83. Heckmann SM, Heckmann JG, Weber HP. Clinical outcomes of three Parkinson's disease patients treated with mandibular implant overdentures. *Clin Oral Implants Res* 2000;11(6):566-71.

84. Packer M, Nikitin V, Coward T, Davis DM, Fiske J. The potential benefits of dental implants on the oral health quality of life of people with Parkinson's disease. *Gerodontology* 2009;26(1):11-8.
85. Chrcanovic BR, Kisch J, Albrektsson T, Wennerberg A. Is the intake of selective serotonin reuptake inhibitors associated with an increased risk of dental implant failure? *Int J Oral Maxillofac Surg* 2017;46(6):782-88.
86. Ki S, Yun J, Kim J, Lee Y. Association Between Dental Implants and Cognitive Function in Community-dwelling Older Adults in Korea. *J Prev Med Public Health* 2019;52(5):333-43.
87. Ashrafi M, Ghalichi F, Mirzakouchaki B, Doblare M. On the effect of antiresorptive drugs on the bone remodeling of the mandible after dental implantation: a mathematical model. *Sci Rep* 2021;11(1):2792.
88. Serruya MD, Kahana MJ. Techniques and devices to restore cognition. *Behav Brain Res* 2008;192(2):149-65.
89. Tysiewicz-Dudek M, Pietraszkiewicz F, Drozdowska B. Alzheimer's disease and osteoporosis: common risk factors or one condition predisposing to the other? *Ortop Traumatol Rehabil* 2008;10(4):315-23.
90. Al-Hamed FS, Maria OM, Phan J, Al Subaie A, Gao Q, Mansour A, Abu Nada L, Boukhatem I, Elkashty OA, Tran SD, Lordkipanidzé M, Badran Z, Tamimi F. Postoperative Administration of the Acetylcholinesterase Inhibitor, Donepezil, Interferes with Bone Healing and Implant Osseointegration in a Rat Model. *Biomolecules* 2020;10(9).
91. Weber YG, Biskup S, Helbig KL, Von Spiczak S, Lerche H. The role of genetic testing in epilepsy diagnosis and management. *Expert review of molecular diagnostics* 2017;17(8):739-50.
92. Cune MS, Strooker H, van der Reijden WA, de Putter C, Laine ML, Verhoeven JW. Dental implants in persons with severe epilepsy and multiple disabilities: a long-term retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24(3):534-40.
93. Tsapakis E, Gamie Z, Tran G, Adshead S, Lampard A, Mantalaris A, Tsiridis E. The adverse skeletal effects of selective serotonin reuptake inhibitors. *European psychiatry* 2012;27(3):156-69.
94. Battaglini R, Fu J, Späte U, Ersoy U, Joe M, Sedaghat L, Stashenko P. Serotonin regulates osteoclast differentiation through its transporter. *Journal of Bone and Mineral Research* 2004;19(9):1420-31.
95. Diem SJ, Blackwell TL, Stone KL, Yaffe K, Haney EM, Bliziotes MM, Ensrud KE. Use of antidepressants and rates of hip bone loss in older women: the study of osteoporotic fractures. *Archives of internal medicine* 2007;167(12):1240-45.

96. Wu X, Al-Abedalla K, Rastikerdar E, Abi Nader S, Daniel N, Nicolau B, Tamimi F. Selective serotonin reuptake inhibitors and the risk of osseointegrated implant failure: a cohort study. *Journal of dental research* 2014;93(11):1054-61.
97. Altay MA, Sindel A, Özalp Ö, Yildirimyan N, Kader D, Bilge U, Baur DA. Does the intake of selective serotonin reuptake inhibitors negatively affect dental implant osseointegration? A retrospective study. *Journal of Oral Implantology* 2018;44(4):260-65.
98. Ito T, Jensen RT. Association of long-term proton pump inhibitor therapy with bone fractures and effects on absorption of calcium, vitamin B12, iron, and magnesium. *Current gastroenterology reports* 2010;12(6):448-57.
99. Wu X, Al-Abedalla K, Abi-Nader S, Daniel NG, Nicolau B, Tamimi F. Proton pump inhibitors and the risk of osseointegrated dental implant failure: a cohort study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19(2):222-32.
100. Fu J-H, Bashutski JD, Al-Hezaimi K, Wang H-L. Statins, glucocorticoids, and nonsteroidal anti-inflammatory drugs: their influence on implant healing. *Implant Dentistry* 2012;21(5):362-67.
101. Smith RA, Berger R, Dodson TB. Risk factors associated with dental implants in healthy and medically compromised patients. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 1992;7(3).
102. Bacchi S, Palumbo P, Sponta A, Coppolino MF. Clinical pharmacology of non-steroidal anti-inflammatory drugs: a review. *Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Anti-Inflammatory and Anti-Allergy Agents)* 2012;11(1):52-64.
103. Apostu D, Lucaciu O, Lucaciu GDO, Crisan B, Crisan L, Baciut M, Onisor F, Baciut G, Câmpian RS, Bran S. Systemic drugs that influence titanium implant osseointegration. *Drug metabolism reviews* 2017;49(1):92-104.
104. Chikazu D, Tomizuka K, Ogasawara T, Saijo H, Koizumi T, Mori Y, Yonehara Y, Susami T, Takato T. Cyclooxygenase-2 activity is essential for the osseointegration of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36(5):441-46.
105. Alissa R, Sakka S, Oliver R, Horner K, Esposito M, Worthington HV, Coulthard P. Influence of ibuprofen on bone healing around dental implants: a randomised double-blind placebo-controlled clinical study. *Eur J Oral Implantol* 2009;2(3):185-99.

106. Winnett B, Tenenbaum HC, Ganss B, Jokstad A. Perioperative use of non-steroidal anti-inflammatory drugs might impair dental implant osseointegration. *Clin Oral Implants Res* 2016;27(2):e1-e7.
107. Yip JK, Borrell LN, Cho SC, Francisco H, Tarnow DP. Association between oral bisphosphonate use and dental implant failure among middle-aged women. *Journal of clinical periodontology* 2012;39(4):408-14.
108. Ouanounou A, Hassanpour S, Glogauer M. The influence of systemic medications on osseointegration of dental implants. *J Can Dent Assoc* 2016;82(g7):1488-2159.
109. Werny JG, Sagheb K, Diaz L, Kämmerer PW, Al-Nawas B, Schiegnitz E. Does vitamin D have an effect on osseointegration of dental implants? A systematic review. *International Journal of Implant Dentistry* 2022;8(1):16.

7. Bölüm

Periodontal Splint Çeşitleri ve Kullanım Alanları

İzzet Melih GÜRKAN¹

1. GİRİŞ

Periodontitis, dental biyofilm ile konak immün yanıtı arasındaki etkileşim sonucunda gelişen ve periodontal destek dokularının ilerleyici yıkımı ile karakterize kronik inflamatuvar bir hastalıktır. Hastalığın ilerlemesiyle birlikte alveoler kemik ve periodontal ligamentte meydana gelen yıkım, diş hareketliliğinin artmasına neden olabilir. Ayrıca oklüzal travma ve sekonder oklüzal yüklenmeler, mevcut periodontal destek kaybı bulunan dişlerde hareketliliği daha da artırarak fonksiyonel sorunlara yol açabilir. Bu nedenle diş hareketliliğinin doğru değerlendirilmesi ve uygun şekilde yönetilmesi periodontal tedavinin önemli bileşenlerinden biridir.¹

Diş hareketliliği, periodontal hastalığın en önemli klinik bulgularından biri olup fonksiyon, fonasyon, çiğneme etkinliği ve estetiğin yanı sıra hastaların yaşam kalitesini ve psikolojik durumunu da olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle hareketliliğin etiyolojisi doğru şekilde belirlenmeli ve geri dönüşümlü ya da geri dönüşümsüz nedenler ayırt edilerek uygun tedavi planlanmalıdır. Periodontal başlangıç tedavisi sonrasında inflamasyonun kontrol altına alınması, kök yüzeyi temizliği, etkili plak kontrolü ve gerektiğinde uygulanan periodontal cerrahi ile birçok dişte hareketlilik azalabilmektedir. Bununla birlikte, cerrahi tedaviyi takiben iyileşme döneminde geçici hareketlilik artışı görülebilmektedir. Hareketli dişlerin stabilizasyonu amacıyla uygulanan splintleme, periodontal iyileşme sürecinde dişlerin fonksiyonel olarak desteklenmesini sağlayarak hasta konforunu artırabilir, çiğneme fonksiyonunu iyileştirebilir ve dişlerin ağızda tutulmasına katkıda bulunabilir.² Ancak splintleme tek başına periodontal tedavi yöntemi olmayıp, kapsamlı periodontal tedaviyi destekleyen yardımcı bir uygulama olarak değerlendirilmelidir.

Periodontal splintleme uygulamalarının geçmişi oldukça eskidir. Günümüz Lübnan'ında MÖ yaklaşık 500 yılına tarihlenen bir Fenike çene kemiğinde, yontulmuş iki fildişi dişin altın tel aracılığıyla dört doğal dişe bağlandığı gösterilmiştir.³ Daha sonraki dönemlerde gevşek dişlerin stabilizasyonu amacıyla

¹ Arş. Gör., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı
0000-0002-7267-4798

gümüş ve altın teller ile çeşitli metal şeritler kullanılmıştır. Obin ve Arvin 1951 yılında kendiliğinden polimerize olan akrilik rezin splintleri tanımlamış, Harrington 1957 yılında paslanmaz çelik tel destekli splintleri geliştirmiştir.⁴ Ward ve Weinberg ise 1961 yılında plastik matriksler ve tel takviyeli splint sistemleri gibi yeni yaklaşımlar önermiştir. Günümüzde ise adeziv diş hekimliğindeki gelişmeler sayesinde cam fiber, polietilen fiber ve benzeri materyaller kullanılarak uygulanan fiberle güçlendirilmiş kompozit splintler, minimal invaziv olmaları, estetik avantaj sağlamaları ve doğrudan uygulanabilmeleri nedeniyle periodontal splintlemede en yaygın kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır.⁵

Bu bölümde, periodontal splintlemenin biyolojik temelleri, endikasyonları ve kontrendikasyonları, splint materyalleri, uygulama teknikleri ile splintlemenin periodontal tedavideki yeri güncel bilimsel kanıtlar doğrultusunda ele alınacaktır. Ayrıca, splintlemenin hasta konforu, periodontal stabilite, fonksiyon ve uzun dönem tedavi başarısı üzerindeki etkileri ile klinik uygulamada dikkat edilmesi gereken temel noktalar ayrıntılı olarak değerlendirilecektir.

2. Splintlemenin Amaçları

Splintleme; hareketli dişlerin stabilizasyonunu sağlayarak periodontal dokuların korunması, oklüzal kuvvetlerin daha dengeli dağıtılması ve fonksiyon sırasında hasta konforunun artırılması amacıyla uygulanan destekleyici bir tedavi yaklaşımıdır. Ayrıca, iyileşme döneminde periodontal dokuların korunmasına katkı sağlayabilir ve uygun olgularda dişlerin ağızda tutulmasına yardımcı olabilir. Splintlemenin başlıca kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir.⁶

- Periodontal destek dokularının korunmasına katkı sağlamak.
- Pulpal dokuların travmatik etkilerden korunmasını desteklemek.
- Oklüzal kuvvetlerin dengeli dağılımını sağlayarak aşırı stres oluşumunu azaltmak.
- Fizyolojik oklüzyonun yeniden oluşturulmasına ve korunmasına yardımcı olmak.
- Dişlerin prognozunun değerlendirilmesine katkı sağlayan geçici bir stabilizasyon yöntemi olarak kullanılmak.
- Küçük çaplı diş hareketlerinin planlandığı durumlarda ankraj ve stabilizasyon sağlamak.
- Periodontal, restoratif veya diğer multidisipliner tedaviler sırasında gerekli immobilizasyonu sağlayarak periodontal iyileşmeyi desteklemek.
- Prognozu şüpheli dişlerin uzun dönem klinik değerlendirilmesine olanak sağlayarak tedavi planlamasına yardımcı olmak.

- Travmatik dental yaralanmalar sonrasında dişlerin stabilizasyonunu sağlamak.
- Oklüzal düzenlemeler sırasında istenmeyen diş hareketlerini önlemek.
- Diş hareketliliğini azaltarak çiğneme fonksiyonunu, konuşmayı ve hasta konforunu iyileştirmek.

3. Splintlemenin Endikasyonları

Protetik Terimler Sözlüğü'nde splint, "yer değiştirmiş veya hareketli bir yapıyı stabil durumda tutmak amacıyla kullanılan rijit veya esnek bir apacey" olarak tanımlanmaktadır. Dawson ise splintlemeyi, stabilizasyon sağlamak amacıyla iki veya daha fazla dişin birbirine bağlanması şeklinde tanımlamıştır.⁷ Splintleme, hareketli dişlerin fonksiyonel stabilitesini artırmak, periodontal iyileşmeyi desteklemek ve hasta konforunu sağlamak amacıyla farklı klinik durumlarda uygulanabilmektedir. Başlıca endikasyonları aşağıda özetlenmiştir.^{7, 8}

- Periodontal destek kaybına bağlı yer değiştirmiş dişlerin yeniden konumlandırılmasının gerektiği olgularda, özellikle oklüzal düzenleme ile birlikte.
- Orta ve ileri evre periodontitisli hastalarda, oklüzal travmanın periodontal yıkımı artırdığı veya diş hareketliliğini şiddetlendirdiği durumlarda.
- Orta veya ileri derecede diş hareketliliğinin bulunduğu ve bunun fonksiyonu, estetiği veya hasta konforunu olumsuz etkilediği olgularda.
- Oklüzal düzenleme ve periodontal tedaviye rağmen hareketliliğin kontrol altına alınamadığı durumlarda.
- Cerrahi olmayan veya cerrahi periodontal tedaviler sırasında aşırı hareketli dişlerin stabilizasyonunu sağlayarak tedavinin uygulanmasını kolaylaştırmak amacıyla.
- Periodontal cerrahi sonrasında yara iyileşmesi sürecinde cerrahi bölgedeki mikromobilitiyi azaltarak periodontal iyileşmeyi desteklemek amacıyla.
- Diş çekimi veya implant tedavisinin uygun olmadığı olgularda, hareketli dişlerin ağızda fonksiyonel olarak korunmasının amaçlandığı durumlarda.
- Ortodontik tedavi sonrasında elde edilen diş pozisyonunun korunması ve relapsın önlenmesi amacıyla.
- Diş eksikliği bulunan olgularda komşu dişlerin istenmeyen migrasyonunu önlemek amacıyla.
- Sublüksasyon, ekstrüzyon ve avülsiyon gibi dental travmalar sonrasında dişlerin stabilizasyonunu sağlamak amacıyla.

4. Splintlemenin Kontrendikasyonları

- Periodontal hastalık ve/veya oklüzal travmaya bağlı ilerleyici diş hareketliliğinin kontrol altına alınamadığı olgular.
- Hareketli dişleri destekleyecek yeterli sayıda periodontal açıdan sağlam abutman dişin bulunmadığı durumlar.
- Oklüzal travma veya oklüzal girişim gerektiren prematür kontakların bulunduğu ve uygun oklüzal düzenleme yapılmamış olgular.
- Hastanın yetersiz ağız hijyenine sahip olması ve yeterli plak kontrolünü sürdürememesi.⁹

5. Splintlemenin Dezavantajları

Splintlemenin en önemli dezavantajı, ağız hijyenini zorlaştırarak dental plak kontrolünü güçleştirmesidir. Bu nedenle splint uygulamasından sonra hastalara etkili ağız hijyeni yöntemleri konusunda ayrıntılı eğitim verilmesi ve düzenli bakım programına alınmaları büyük önem taşımaktadır. Yetersiz plak kontrolü, özellikle splint çevresinde plak retansiyonunu artırarak periodontal desteği zaten azalmış dişlerde gingival inflamasyonun şiddetlenmesine ve periodontal yıkımın ilerlemesine neden olabilir. Bu nedenle tedavi öncesinde periodontal durum ve çürük riski değerlendirilmeli, gerekli periodontal debridman uygulanmalı ve splintin uzun dönem başarısını desteklemek amacıyla düzenli profesyonel bakım programı sürdürülmelidir. Splintlemenin diğer dezavantajları arasında restorasyon veya kuronlarda gevşeme ya da kırık oluşması, fonasyonun olumsuz etkilenmesi, interproksimal aşınma ve mezial diş migrasyonu yer almaktadır. Ayrıca, uygun endikasyonlarda ve doğru biyomekanik prensiplere uyulmadan uygulanan splintlerin periodontal sağlığı olumsuz etkileyebileceği ve mevcut periodontal yıkımın ilerlemesine katkıda bulunabileceği bildirilmiştir.⁶

6. Periodontal Olarak Hasarlı Dişlerin Splintlenmesi

Periodontal hastalıklarda diş hareketliliğinin tedavisi, öncelikle hareketliliğin etiyolojisine ve periodontal destek kaybının derecesine göre planlanmalıdır. Fonksiyonel yüklenmelere adaptasyon sonucunda periodontal ligament aralığının genişlemesine bağlı gelişen hareketlilikte temel tedavi yaklaşımı, periodontal tedavi ile birlikte oklüzal düzenlemenin uygulanmasıdır. Buna karşın, inflamasyona ve alveoler kemik kaybına bağlı periodontal destek dokularının azaldığı dişlerde tedavi; periodontal enfeksiyonun kontrol altına alınmasını, gerekli oklüzal düzenlemelerin yapılmasını ve uygun olgularda dişlerin splintlenerek stabilize edilmesini içermektedir.¹⁰

Periodontal ligament aralığındaki genişlemeye bağlı hareketlilik, oklüzal prematür kontakların uygun oklüzal düzenleme ile elimine edilmesi sonucunda

önemli ölçüde azalabilmektedir. Ancak hareketliliğin periodontal destek kaybına bağlı olduğu durumlarda yalnızca oklüzal düzenleme çoğu zaman yeterli olmayabilir ve ilave stabilizasyon amacıyla splintleme gerekebilir. Bununla birlikte, splintleme yalnızca diş hareketliliğinin çiğneme fonksiyonunu, hasta konforunu veya estetiği olumsuz etkilediği durumlarda endikedir. Hareketliliğin, aktif periodontal inflamasyon bulunmaksızın genişlemiş periodontal ligament ile azalmış periodontal desteğin birlikte etkisi sonucu geliştiği olgularda ise, uygun oklüzal düzenleme tek başına hareketliliğin klinik olarak kabul edilebilir düzeye indirilmesini sağlayabilir.¹¹

Amid ve ark. tarafından gerçekleştirilen sonlu eleman analizinde, mandibular anterior dişlerin splintlenmesi sonrasında en fazla stresin kemik desteği en iyi olan kanin dişlerinde yoğunlaştığı gösterilmiştir. Bu nedenle mandibular anterior bölgede splintleme planlanırken, kanin dişlerinin yeterli periodontal desteğe sahip olması büyük önem taşımaktadır. Yüksek hareketliliğe sahip dişlerin periodontal desteği yeterli olan dişlere splintlenmesi, destek dişlerde stres konsantrasyonunu artırarak biyomekanik dengeyi olumsuz etkileyebilir.¹²

7. Periodontal Splintleme İçin İdeal Gereksinimler

Başarılı bir splint uygulaması için splintin biyolojik, mekanik ve fonksiyonel gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. İdeal bir splint, oklüzal kuvvetleri mümkün olduğunca fazla sayıda dişe dağıtarak her bir diş üzerine düşen yükü azaltmalı ve splintlenen dişlerde yeterli stabilite sağlamalıdır. Ayrıca herhangi bir dişte aşırı bükülme veya torsiyon stresine neden olmamalı, anteroposterior ve fasiyolingual yöndeki kuvvetleri dengeli biçimde dağıtacak şekilde dental ark boyunca uzanmalıdır. Splint, oklüzyonu bozmayacak şekilde planlanmalı; mümkün olduğunca uygulama öncesinde belirgin diş dizilimi ve oklüzal uyumsuzluklar düzeltilmelidir.¹³

İdeal bir splint, pulpal dokulara ve çevre yumuşak dokulara zarar vermemeli; gingiva, yanak, dudak ve dili irrite etmemelidir. Hastaya fonksiyon sırasında konfor sağlamalı, ağız hijyeninin sürdürülmesini zorlaştırmamalı ve interdental bölgelerin temizlenmesine engel olmamalıdır. Bunun yanında biyouyumlu, estetik, kolay uygulanabilir ve gerektiğinde onarılabılır özellikte olmalı; maliyet açısından ulaşılabilir ve uzun dönem klinik kullanım için uygun mekanik özellikler göstermelidir.¹³

8. Splintlerin Sınıflandırılması

Her splint tipi farklı klinik endikasyonlara, biyomekanik özelliklere ve uygulama tekniklerine sahiptir. Bu nedenle splint seçimi; diş hareketliliğinin

derecesi, periodontal destek miktarı, oklüzal koşullar, estetik gereksinimler ve planlanan tedavi süresi dikkate alınarak yapılmalıdır.

Splintler, kullanım sürelerine ve uygulama şekillerine göre farklı sınıflandırmalara ayrılmaktadır. Klinik uygulamada en yaygın kullanılan sınıflandırma, kullanım süresine göre yapılan sınıflandırmadır.¹⁴

Kullanım sürelerine göre splintler:

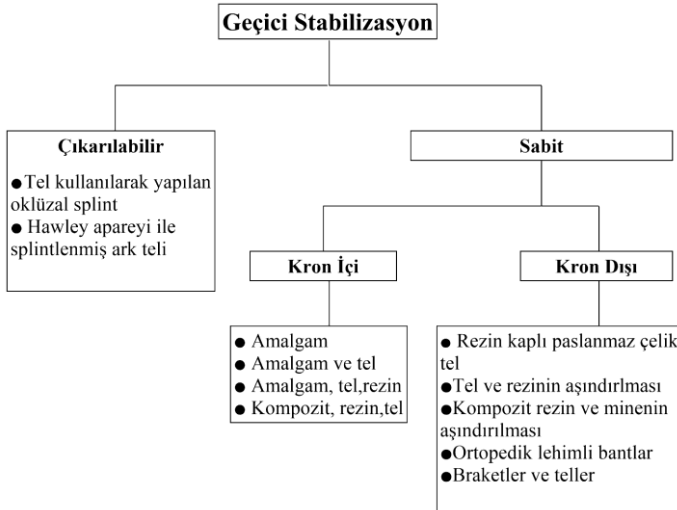
- Geçici splint
- Provizyonel (geçici-intermediate) splint
- Kalıcı splint

Yerleşim şekline ve diş preparasyonu gereksinimine göre splintler ise iki gruba ayrılmaktadır.¹⁵

- Ekstrakoronal
- İntrakoronal
-

8.1. Geçici Splintler

Geçici splintler, periodontal tedavi sürecinde genellikle altı aydan kısa süreyle kullanılan ve hareketli dişlerin geçici stabilizasyonunu sağlamayı amaçlayan splintlerdir. Bu splintler; akut dental travmaların ardından dişlerin stabilize edilmesi, travmatik oklüzal kuvvetlerin geçici olarak azaltılması, ileri periodontal hastalığın tedavisi sırasında periodontal iyileşmenin desteklenmesi ve ortodontik tedavilerde ankraj sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Klinik gereksinime bağlı olarak geçici splintler çıkarılabilir, sabit ekstrakoronal veya sabit intrakoronal tiplerde uygulanabilmektedir.⁶



Şekil 1. Geçici stabilizasyonun akış şeması²

8.1.1. Kron Dışı Geçici Splintler

8.1.1.1. Döküm Devamlı Apareyler

Posterior bölgede geçici splintleme amacıyla, retansiyon kroşeleri bulunan veya kroşesiz olarak simante edilen döküm sürekli kroşe apareyleri kullanılabilir. Bu apareylerin temel dezavantajı, dişleri aksiyal ve apikal yöndeki hareketlere karşı yeterince stabilize edememesidir. Simante edilmediği durumlarda lateral yöndeki hareketlere belirli ölçüde direnç sağlayabilmekle birlikte, bu stabilizasyon düzeyi sabit splintlerle elde edilen stabiliteden daha düşüktür.¹⁶

8.1.1.2. Tel Ligatür Akrilik Splint

Tel ligatür–akrilik splintler, özellikle mandibular anterior bölgede geçici stabilizasyon sağlamak amacıyla önerilmektedir. Bu splintler, hareketli ön dişlerin periodontal tedavi sürecinde desteklenmesine katkı sağlar. Posterior bölgede ise kullanım alanı sınırlı olup, yalnızca seçilmiş olgularda tercih edilmektedir.¹⁷

8.1.1.3. Noktürnal Koruma Splinti (Gece Plağı)

Noktürnal koruma splintleri (gece plakları), özellikle uyku bruksizmi bulunan hastalarda oklüzal kuvvetlerin olumsuz etkilerini azaltmak ve dişleri aşınmaya karşı korumak amacıyla kullanılan apareylerdir. Bruksizm; diş sıkma ve/veya diş gıcırdatma ile karakterize tekrarlayıcı çene kası aktivitesi olup, diş aşınmaları, restorasyon kırıkları, periodontal dokular üzerine aşırı yüklenme ve temporomandibular eklem yakınmaları ile ilişkili olabilmektedir. Gece plağı, oklüzal yükleri daha dengeli dağıtarak dişler ve restorasyonlar üzerinde koruyucu bir bariyer görevi görür. Bununla birlikte, aşırı aşınma, deformasyon veya kırık oluştuğunda etkinliğini kaybedeceğinden gerekli durumlarda onarılmalı veya yenisi ile değiştirilmelidir.¹⁸

8.1.1.4. Tel Ligatür Splint

Tel ligatür splintler, periodontal tedavi sırasında ve sonrasında hareketli anterior dişlerin geçici stabilizasyonunu sağlamak ve periodontal destek dokularının iyileşmesini desteklemek amacıyla kullanılmaktadır. Gerektiğinde bir veya iki yıla kadar uygulanabilen bu splintler, iyileşme sürecinin ardından dişlerin yeterli stabilite kazanması durumunda çıkarılabilmektedir. Ayrıca prognozu şüpheli dişlerde, kesin tedavi planı belirleninceye kadar geçici stabilizasyon sağlamak amacıyla da tercih edilebilir. Tel ligatür splintler estetik açıdan sınırlı olmakla birlikte, ince tel kullanılması ve genellikle labial

görünümünden uzak konumlandırılması nedeniyle çoğu hastada kabul edilebilir düzeyde estetik sağlamaktadır.¹⁹

8.1.2. İntrakoronal Geçici Splintler

8.1.2.1. Tel ve Akrilik Splintler

Tel ve akrilik splintler, dişlerin lingual yüzeyinde hazırlanan oluğa paslanmaz çelik telin yerleştirilmesi ve akrilik rezin ile örtülmesi esasına dayanmaktadır. Bu teknikte, singulum ile insizal kenar arasında yaklaşık 1,5 mm derinliğinde bir oluk hazırlanır. Oluğun tabanına rezin uygulanmasının ardından paslanmaz çelik tel yerleştirilir ve telin üzeri ilave rezin ile kapatılarak splint tamamlanır.²⁰

8.1.2.2. Tel ve Amalgam Splintler

Tel ve amalgam splintler, özellikle posterior bölgede hareketli dişlerin stabilizasyonu amacıyla geliştirilmiş intrakoronal splintlerdir. Güçlendirilmiş amalgam ile birlikte kullanılan paslanmaz çelik tel, sabit altın splintlere göre daha ekonomik bir alternatif sunarken benzer biyomekanik avantajların bir kısmını sağlayabilmektedir. Ancak estetik özelliklerinin yetersiz olması ve adeziv materyallerdeki gelişmeler nedeniyle günümüzde kullanım sıklığı önemli ölçüde azalmıştır.²¹

8.1.2.3. Kombine Amalgam, Tel ve Akrilik Splintler

Kombine amalgam–tel–akrilik splintler, özellikle periodontal desteği ileri derecede azalmış posterior dişlerde sekonder oklüzal travmanın kontrol altına alınması amacıyla geliştirilmiştir. Bu splintler, daha kalıcı restoratif veya protetik tedavi seçeneklerinin uygulanmadığı ya da ertelendiği olgularda geçici stabilizasyon sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.²²

Günümüzde intrakoronal splintlerin kullanımı, diş preparasyonu gerektirmeleri, pulpal komplikasyon riskini artırmaları ve daha konservatif adeziv tekniklerin geliştirilmesi nedeniyle belirgin şekilde azalmıştır. Güncel klinik uygulamalarda minimal invaziv olmaları, estetik üstünlükleri ve kolay uygulanabilmeleri nedeniyle fiberle güçlendirilmiş kompozit ekstrakoronal splintler daha yaygın olarak tercih edilmektedir.

8.2. Provizyonel Splintler

Provizyonel splintler, birkaç aydan birkaç yıla kadar değişebilen sürelerde uygulanan ve hem tedavi hem de tanısal amaçlarla kullanılan splintlerdir. Bu splintler, periodontal tedavinin sonuçlarının ve dişlerin uzun dönem prognozunun değerlendirilmesine olanak sağlayarak gerekli durumlarda daha kalıcı stabilizasyon yöntemlerine geçiş için rehberlik eder. Amsterdam ve Fox

tarafından provizyonel splintleme, dişlerin kronlanması ile eş zamanlı stabilizasyonunu sağlayan restoratif tedavi aşaması olarak tanımlanmıştır. Özellikle periodontal tedavinin nihai sonucunun başlangıç aşamasında kesin olarak öngörülemeyen olgularda önemli bir klinik uygulama alanına sahiptir.⁶

8.2.1. Tel Bant Splint

Tel bant splintler, gerilimi ayarlanabilen tel ligatürler ve ortodontik bantlar kullanılarak hazırlanır ve mine ya da mevcut restorasyonlara minimal zarar verecek şekilde uygulanabilir. Bu splintler, özellikle periodontal tedavi sürecinde prognozu şüpheli dişlerin tedaviye verdiği yanıtın değerlendirilmesi ve gerekli restoratif planlamanın yapılabilmesi amacıyla provizyonel splint olarak kullanılmaktadır.²³

8.3. Kalıcı Splintler

Kalıcı splintler, uzun süreli kullanım amacıyla tasarlanan ve sabit veya hareketli olarak uygulanabilen splintlerdir. Periodontal tedavinin tamamlanması ve oklüzal stabilitenin sağlanmasının ardından uygulanırlar. Temel amaçları; diş hareketliliğini azaltmak, fonksiyonel stabiliteyi artırmak, periodontal desteği korumaya yardımcı olmak ve estetik gereksinimleri karşılamaktır.⁶

8.3.1. Devamlı Kroşe Apareyleri

Sürekli kroşe apareyleri, tasarım açısından hareketli bölümlü protezlere benzerlik göstermekte olup gerektiğinde bu protezlerin bir parçası olarak da kullanılabilir. Hareketli dişlerin stabilizasyonunu sağlayan sürekli kroşeler ve uzantılar içeren çıkarılabilir kalıcı apareylerdir. Genellikle lingual yüzeyden destek alacak şekilde tasarlanmakla birlikte, gerekli durumlarda labial destek elemanları veya intrakoronal retansiyonlardan da yararlanılabilmektedir.²⁴

8.3.2. Swing Lock Hareketli Bölümlü Protez

Swing-lock hareketli bölümlü protezler, periodontal desteğin ileri derecede azaldığı olgularda tercih edilen özel protez tasarımlarıdır. Bu sistemin en önemli avantajı, oklüzal kuvvetleri yalnızca birkaç dayanak dişe değil, kalan tüm dişlere ve alveoler kretlere daha dengeli biçimde dağıtılabilmesidir. Böylece periodontal desteği azalmış dişlerde oluşabilecek aşırı yüklenmenin azaltılmasına katkı sağlanabilir.²⁵

8.3.3. Sabit Kalıcı Splintler

Sabit kalıcı splintler; tam kronlar, üç çeyrek kronlar, teleskopik kronlar, inleyler, pin destekli restorasyonlar ve kök kanal postları gibi farklı restoratif

yaklaşımlarla uygulanabilmektedir. Gerektiğinde lehimlenmiş döküm restorasyonlar da bu sistemlere dâhil edilebilir. Splintler uygun simanlar kullanılarak dişlere kalıcı olarak sabitlenir. Periodontal destek kaybının sınırlı olduğu ve dişlerin birbirine yeterli paralellik gösterdiği olgularda tam kaplama restorasyonlarla başarılı ve uzun dönemli stabilizasyon sağlanabilmektedir.²⁴

Günümüzde periodontal splintlemede minimal invaziv tedavi yaklaşımlarının ön plana çıkmasıyla birlikte, diş preparasyonu gerektirmeyen fiberle güçlendirilmiş kompozit splint sistemleri, estetik üstünlükleri, biyouyumlulukları ve konservatif uygulama özellikleri nedeniyle geleneksel metal destekli splintlere kıyasla daha yaygın olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte, ileri periodontal destek kaybı bulunan seçilmiş olgularda geleneksel sabit veya hareketli splint sistemleri halen uygun endikasyonlarda kullanılabilmektedir.

8.4. Yeni Nesil Splintler

Geleneksel kompozit splintlerde en sık karşılaşılan sorunlardan biri, dişler arasındaki kompozit rezinde meydana gelen kırıklar nedeniyle onarım gereksiniminin yüksek olmasıdır. Bu durum, daha dayanıklı, estetik ve uzun ömürlü yeni nesil splint materyallerinin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Günümüzde yüksek mekanik dayanıklılığa sahip, adeziv sistemlerle güçlü bağlanabilen, biyouyumlu, estetik ve kolay şekillendirilebilen fiber şeritlerin kompozit rezinlerle birlikte kullanılması sayesinde bu dezavantajlar büyük ölçüde giderilmiştir.²⁶

8.4.1. Fiberle Güçlendirilmiş Splint

Fiberle güçlendirilmiş kompozit splintler, kompozit rezin içerisine yerleştirilen fiber materyaller sayesinde mekanik dayanıklılığı artırılmış adeziv splint sistemleridir. Güçlendirme amacıyla polietilen fiberler, cam fiber şeritler veya rezin matrisi içerisine gömülü kısa ya da uzun cam fiberler kullanılabilmektedir.²⁷

Fiberle güçlendirilmiş kompozitler üç temel bileşenden oluşmaktadır:

- Rezin matrisi (sürekli faz)
- Fiberler (dağılmış faz)
- Fiber–matris ara yüzeyi

Bu kompozit yapı sayesinde materyal, yüksek mekanik dayanıklılık, rijitlik, düşük ağırlık, biyouyumluluk ve estetik üstünlük gibi önemli avantajlar sağlamaktadır.²⁸

8.4.1.1. Ribbond Splint

Ribbon® , yüksek moleköl ağırlıklı polietilen fiberlerden üretilen fiberle güçlendirilmiş bir splint materyalidir. Çapraz kilitli (leno weave) dokuma yapısı sayesinde kesildiğinde çözölmez ve şeklini korur. Bu özel dokuma yapısı materyale yüksek mekanik dayanıklılık ve kırılma direnci kazandırmaktadır.²⁹

Polietilen fiberler doğal olarak rezinlerle kimyasal bağ oluşturmadiğından, üretim sırasında plazma işlemleri uygulanarak yüzeyleri aktive edilir. Böylece fiberler adeziv rezinlerle güçlü şekilde bağlanabilir ve yüksek ara yüzey dayanımına sahip hibrit bir kompozit yapı oluşturur. Bu özellikleri sayesinde Ribbon®, periodontal splintleme başta olmak üzere adeziv köprüler, direkt restorasyonlar ve travma sonrası diş stabilizasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır.²⁹

8.4.1.2. Bağlantı Splinti

Connect splint sistemi de polietilen fiberlerden üretilmektedir. Ribbon® ile temel farkı kullanılan dokuma tekniğidir. Connect fiberleri örme (knitted) yapıya sahip olduğundan kesildiğinde liflerde çözölme meydana gelebilir ve materyalin boyutsal stabilitesi azalabilir. Ayrıca kompozit rezin içerisine yerleştirildiğinde uygulanan kuvvetlere bağlı olarak genişliği ve uzunluğunda değışiklik oluşabilmektedir. Buna karşın Ribbon®'un çapraz kilitli dokuma yapısı boyutsal stabilite açısından daha avantajlıdır.²⁹

8.4.1.3. Dijital Splintleme

Son yıllarda dijital diş hekimliğindeki gelişmeler periodontal splintleme uygulamalarına da yansımıştır. İntraoral tarayıcılar, CAD/CAM sistemleri ve üç boyutlu dijital planlama teknolojileri kullanılarak hastaya özğü splintlerin daha hassas ve öngörülebilir şekilde üretilmesi mümkün hale gelmiştir. Özellikle mandibular anterior bölgede periodontal desteğı azalmış hareketli dişlerin splintlenmesinde dijital olarak yönlendirilen teknikler, yüksek uyum, daha kısa klinik çalışma süresi ve başarılı estetik sonuçlar sağlayabilmektedir.³⁰

9. Splintlemenin Periodonsiyum Üzerindeki Etkisi

Dişlerin splintlenmesi, tek başına periodontal hastalığın ilerlemesini durduran veya ataşman kaybını önleyen bir tedavi yöntemi değildir. Splintlemenin temel amacı, hareketli dişlerin fonksiyonel stabilizasyonunu sağlayarak oklüzal kuvvetlerin daha dengeli dağıtılmasına katkıda bulunmak ve periodontal tedaviyi desteklemektir. Gallers ve ark.³¹ tarafından yapılan çalışmada, osseöz cerrahi sonrasında splintlenen ve splintlenmeyen dişler arasında klinik ataşman düzeyi ve alveoler kemik seviyeleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Benzer

şekilde, Mandel ve Viidik lükse dişlerde uygulanan rijit splintlemenin periodontal ligamentin iyileşme sürecindeki mekanik özelliklerini belirgin şekilde iyileştirmediğini bildirmiştir. Bu bulgular, splintlemenin periodontal rejenerasyonu doğrudan artırmaktan ziyade fonksiyonel stabilizasyon sağlayan destekleyici bir tedavi yaklaşımı olduğunu göstermektedir.³²

Mangla ve Kaur ise splintlemenin, uygun periodontal tedavi ve idame programı ile birlikte uygulandığında hareketli dişlerin fonksiyonunu ve hasta konforunu artıran değerli bir yardımcı tedavi yöntemi olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, başarılı bir klinik sonuç elde edilebilmesi için splint materyalinin ve tasarımının dikkatle seçilmesi gerekmektedir. İdeal bir splint; minimum plak retansiyonuna neden olmalı, belirlenen kullanım süresi boyunca yeterli stabilite sağlamalı, fonksiyonunu korumalı ve estetik ile periodontal sağlığı olumsuz etkilememelidir.⁴ Sekhar ve ark.,³³ kronik periodontitisli ve anterior bölgede derece I–II diş hareketliliği bulunan 30 hastada Ribbond® ile güçlendirilmiş kompozit splint ile paslanmaz çelik tel destekli kompozit splinti 12 haftalık takip süresince karşılaştırmıştır. Çalışma sonunda, Ribbond® kullanılan grupta diş hareketliliğinde daha fazla azalma gözlenmiş; ayrıca hasta konforu, kırılma direnci, biyouyumluluk, estetik ve klinik başarı açısından daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir.^{33,34} Benzer şekilde Saquib ve ark. tarafından gerçekleştirilen mekanik çalışmada, farklı periodontal splint materyallerinin bükülme dayanımı ve elastisite modülü karşılaştırılmış; Ribbond® materyalinin en yüksek bükülme dayanımına ve elastisite modülüne sahip olduğu, bunu sırasıyla F-splint, kompozit ile güçlendirilmiş ligatür teli ve yalnız kompozit rezinin izlediği bildirilmiştir.^{35,36} Farhan Durrani ve ark. ise periodontal desteği azalmış hareketli dişlerde metal takviyeli kompozit, fiber takviyeli kompozit ve yalnız kompozit rezin splintlerin biyomekanik davranışlarını değerlendirmiştir. Çalışmada splintleme sonrasında kanin dişlerinde yük aktarımının arttığı, kesici dişlerde ise yükün azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca kesici dişler çevresindeki alveoler kemik desteğinin azalmasının stres dağılımını etkilediği ve metal takviyeli kompozit splintlerin yük dağılımı açısından daha avantajlı olduğu bildirilmiştir.³⁷

Genel olarak değerlendirildiğinde, güncel bilimsel kanıtlar splintlemenin periodontal hastalığın biyolojik seyrini değiştirmede, ancak uygun endikasyonlarda uygulandığında diş hareketliliğini azaltarak fonksiyonel stabiliteyi ve hasta konforunu artırdığını göstermektedir. Özellikle fiberle güçlendirilmiş kompozit splintler, minimal invaziv uygulanabilmeleri, estetik üstünlükleri ve başarılı mekanik özellikleri nedeniyle günümüzde periodontal splintlemede en yaygın tercih edilen sistemler arasında yer almaktadır.

10. SONUÇ

Periodontal splintleme, periodontal hastalığın biyolojik seyrini değiştiren bir tedavi yöntemi olmamakla birlikte, uygun endikasyonlarda uygulandığında diş hareketliliğinin kontrol altına alınmasına, oklüzal kuvvetlerin daha dengeli dağıtılmasına, hasta konforunun artırılmasına ve fonksiyonun korunmasına önemli katkılar sağlayan yardımcı bir tedavi yaklaşımıdır. Bununla birlikte, splintleme periodontal enfeksiyonun kontrolü ve kapsamlı periodontal tedavinin yerine geçmez; yalnızca bu tedavileri destekleyici bir uygulama olarak değerlendirilmelidir.

Başarılı bir splintleme için doğru endikasyonun belirlenmesi, uygun splint materyali ve tekniğinin sečilmesi, etkili plak kontrolünün sağlanması ve düzenli periodontal idame programının sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüzde minimal invaziv uygulama özellikleri, biyouyumlulukları ve estetik avantajları nedeniyle fiberle güçlendirilmiş kompozit splintler en yaygın tercih edilen sistemler arasında yer almaktadır. Dijital teknolojilerin periodontal splintleme uygulamalarına entegrasyonu ile birlikte, gelecekte daha hassas, öngörülebilir ve hasta odaklı tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesi beklenmektedir.

Sonuç olarak, periodontal splintleme uygun hasta sečilimi ve doęru klinik planlama ile uygulandıęında, periodontal tedavinin uzun dönem başarısını destekleyen ve hastaların fonksiyonel gereksinimlerini karşılayan deęerli bir tedavi sečileneęi olmaya devam etmektedir.

REFERANSLAR

1. Soares PBF, Neto AJF, Magalhães D, Versluis A, Soares CJ. Effect of bone loss simulation and periodontal splinting on bone strain: Periodontal splints and bone strain. *Archives of Oral Biology* 2011;56(11):1373-81.
2. Sinha H. Splinting in Periodontics: An Update. *Journal of Pharmaceutical Research International* 2022.
3. Oikarinen K. Tooth splinting: a review of the literature and consideration of the versatility of a wire-composite splint. *Dental Traumatology* 1990;6(6):237-50.
4. Mangla C, Kaur S. Splinting-A dilemma in periodontal therapy. *Int. J. Res. Heal. Allied Sci. J* 2018;476-82.
5. Hoffmann-Axthelm W. The treatment of maxillofacial fractures and dislocations, in historical perspective. Baskı. Verlag nicht ermittelbar; 1982.
6. Sharma A. SPLINTING: PERIODONTIUM STABILIZATION A REVIEW. *International Journal of Community Health & Medical Research* 2017;3(3).
7. Baruch H, Ehrlich J, Yaffe A. Splinting--a review of the literature. *Refu'at Ha-peh Veba-shinayim* (1993) 2001;18(1):29-40, 76.
8. Schulz A, Hilgers R, Niedermeier W. The effect of splinting of teeth in combination with reconstructive periodontal surgery in humans. *Clinical oral investigations* 2000;4(2):98-105.
9. Bali V, Singh RJ, Thind BK. Review article on criteria for selection of patient for periodontal splinting. *International Journal of Health Sciences* 2021;281-84.
10. Sood K, Kaur J. Splinting and stabilization in periodontal disease. *International Journal of Science and Research* 2015;4(8):1636-39.
11. Ramfjord SP, Ash Jr MM. Significance of occlusion in the etiology and treatment of early, moderate and advanced periodontitis. *Journal of Periodontology* 1981;52(9):511-17.
12. Amid R, Kadkhodazadeh M, Dehnavi F, Brokheim M. Comparison of stress and strain distribution around splinted and non-splinted teeth with compromised periodontium: A three-dimensional finite element analysis. *Journal of advanced periodontology & implant dentistry* 2018;10(1):35.
13. Puri MS. Splinting—A healing touch for an ailing periodontium. *Journal of Oral Health and Community Dentistry* 2012.
14. Mittal S, Jain S. Tooth splinting: An update. *Heal Talk* 2013;5(3):38-39.

15. Blessyphilip P, Arunmozhi P, Jacob TS, Rajasekar S. Periodontal splints: Past to present: A review. *International Journal of Orofacial Biology* 2019;3(1):16.
16. Friedman N. Temporary Splinting An Adjunct in Periodontal Therapy. *The Journal of Periodontology* 1953;24(4):229-32.
17. Clark JW, Weatherford III TW, Mann Jr. WV. The Wire Ligature-Acrylic Splint. *Journal of Periodontology-Periodontics* 1969;40(6):371-75.
18. Deogade S. OCCLUSAL SPLINT THERAPY-REVIEW ARTICLE. *INTERNATIONAL JOURNAL OF DENTAL PRACTICE AND MEDICAL SCIENCES* 2013;173-83.
19. Hirschfeld L. The Use of Wire and Silk Ligatures. *The Journal of the American Dental Association* 1950;41(6):647-56.
20. Mangla C, Kaur S. Splinting-A Dilemma in Periodontal Therapy. 2018.
21. Lloyd RS, Baer PN. A Permanent Fixed Amalgam Splint. *The Journal of Periodontology* 1959;30(2):163-65.
22. Trachtenberg DI. A Combined Amalgam-Wire-Acrylic Splint. *The Journal of Periodontology* 1968;39(5):255-59.
23. Block PL. A Wire-Band Splint for Immobilizing Loose Posterior Teeth. *The Journal of Periodontology* 1968;39(1):17-18.
24. Grant DA, Stern IB, Everett FG. *Periodontics in the Tradition of Orban and Gottlieb*. Baski. Mosby; 1979.
25. Becker CM, Bolender CL. Designing swinglock partial dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1981;46(2):126-32.
26. Strassler H, Brown C. Periodontal splinting with a thin high-modulus polyethylene ribbon. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)* 2001;22696-700, 02, 04 passim.
27. Strassler HE, Serio CL. Esthetic Considerations when Splinting with Fiber-Reinforced Composites. *Dental Clinics* 2007;51(2):507-24.
28. Scribante A, Vallittu PK, Özcan M. Fiber-Reinforced Composites for Dental Applications. *BioMed Research International* 2018;2018(1):4734986.
29. STASSLER H. Stabilization of the natural dentition in periodontal cases using adhesive restorative materials. *Periodontal insights* 1997;44-10.
30. Zhang C, Liu Q, Yang J, Hou J. A digital technique for splinting periodontally compromised mobile teeth in the mandibular anterior region. *J Prosthet Dent* 2021;125(4):560-63.
31. Galler C, Selipsky H, Phillips C, Ammons WF, Jr. The effect of splinting on tooth mobility. (2) After osseous surgery. *J Clin Periodontol* 1979;6(5):317-33.

32. Mandel U, Viidik A. Effect of splinting on the mechanical and histological properties of the healing periodontal ligament in the vervet monkey (*Cercopithecus aethiops*). *Arch Oral Biol* 1989;34(3):209-17.
33. Sekhar LC, Koganti VP, Shankar BR, Gopinath A. A comparative study of temporary splints: bonded polyethylene fiber reinforcement ribbon and stainless steel wire + composite resin splint in the treatment of chronic periodontitis. *J Contemp Dent Pract* 2011;12(5):343-9.
34. Agrawal S, Kumar S, Ingole V, Acharya S, Wanjari A, Bawankule S, Raisinghani N. Does anemia affects cognitive functions in neurologically intact adult patients: Two year cross sectional study at rural tertiary care hospital. *J Family Med Prim Care* 2019;8(9):3005-08.
35. Ahire A, Parwe S, Nisargandha M. A Comparative Evaluation of Efficacy of Mustadi Yapan Basti and Baladi Yapan Basti in the Management of Oligozoospermia-Study Protocol. *British Journal of Pharmaceutical Research* 2021;33(31A)208-16.
36. Saquib S, Abdullah A, Gotam D, Talib N, Muhammad S, Sultana A. Comparative Evaluation of Flexural Strength and Flexural Modulus of Different Periodontal Splint Materials: An In Vitro Study. *Applied Sciences* 2019;9(19):4197.
37. Durrani F, Galohda A, Rai SK, Singh NK, Verma R, Yadav DS, Karthickraj SM. Evaluation and comparison of stress distribution around periodontally compromised mobile teeth splinted with different materials: Three-dimensional finite element analysis. *Indian J Dent Res* 2019;30(1):97-101.

8. Bölüm

Adeziv Resin Monomerlerin Sitotoksitesi: Moleküler Mekanizmalar ve Klinik Yaklaşımlar

Kerem Can IŞIK¹

ÖZET

Rezin esaslı materyaller, estetik özellikleri, diş dokularına bağlanabilmeleri ve klinik başarıları nedeniyle günümüzde restoratif diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozit rezinler ve adeziv sistemler bu materyallerin başlıca örneklerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, ağız ortamında uzun süre bulunan bu materyallerin biyolojik dokularla etkileşimleri ve olası sitotoksik etkileri önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir.

Rezin matriks yapısında bulunan Bis-GMA, UDMA, TEGDMA ve HEMA gibi monomerlerin polimerizasyon sonrasında tamamen reaksiyona girmemesi nedeniyle çevre dokulara salınabildiği bildirilmektedir. Bu bileşenlerin hücre canlılığında azalma, oksidatif stres artışı, inflamatuvar yanıt oluşumu, apoptotik değişiklikler ve genotoksik etkiler gibi çeşitli biyolojik reaksiyonlara neden olabileceği belirtilmektedir. Adeziv sistemler ve kompozit rezinlerin biyolojik etkileri; materyalin kimyasal yapısı, polimerizasyon derecesi, maruz kalınan süre ve çevre dokularla olan ilişkisine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Özellikle pulpa dokusuna yakın uygulamalarda sitotoksik etkilerin değerlendirilmesi klinik açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle yeni geliştirilen dental materyaller klinik kullanıma sunulmadan önce biyouyumluluk ve sitotoksite yönünden çeşitli in vitro, in vivo ve klinik testlerden geçirilmektedir.

Sonuç olarak, rezin esaslı materyaller restoratif diş hekimliğinde önemli avantajlar sunmakla birlikte, içeriklerinden salınabilen bileşenlerin biyolojik etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Materyallerin sitotoksik potansiyellerinin belirlenmesi ve biyouyumluluklarının artırılmasına yönelik çalışmaların sürdürülmesi, daha güvenli ve uzun ömürlü restorasyonların elde edilmesi açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Adeziv sistemler, Biyouyumluluk, Kompozit rezin, Sitotoksite

¹ Dr. Öğr. Üyesi,
İstanbul Beykent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0001-8911-3164

ABSTRACT

Resin-based materials are widely used in restorative dentistry due to their favorable esthetic properties, ability to bond to dental tissues, and satisfactory clinical performance. Composite resins and adhesive systems constitute the main examples of these materials. However, the interactions of these materials with biological tissues and their potential cytotoxic effects remain an important area of research, particularly because they may remain in the oral environment for extended periods.

It has been reported that monomers such as Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, and HEMA, which are commonly present in the resin matrix, may be released into surrounding tissues due to incomplete polymerization. These components have been associated with various biological responses, including reduced cell viability, increased oxidative stress, inflammatory reactions, apoptotic alterations, and genotoxic effects. The biological effects of adhesive systems and composite resins may vary depending on several factors, including the chemical composition of the material, degree of polymerization, duration of exposure, and the nature of the surrounding tissues. The evaluation of cytotoxic effects is of particular clinical importance in applications performed close to the pulp tissue. Therefore, newly developed dental materials undergo various *in vitro*, *in vivo*, and clinical tests to assess their biocompatibility and cytotoxic potential before being introduced into clinical practice.

In conclusion, although resin-based materials provide significant advantages in restorative dentistry, the biological effects of substances released from their composition should be carefully considered. Further studies aimed at determining the cytotoxic potential of these materials and improving their biocompatibility are essential for achieving safer and more durable dental restorations.

Keywords: Adhesive systems, biocompatibility, composite resins, cytotoxicity

GİRİŞ

Güncel adeziv sistemler ve gelişen restoratif materyaller, sağlıklı diş yapılarını muhafaza etmeye odaklanan daha minimal invaziv yöntemlerin uygulanmasına olanak sağlamaktadır (1). Bu konservatif yaklaşımla, restoratif işlemler sırasında çevre dokularda ve pulpada oluşabilecek olumsuz etkiler azaltılmış olur. Restoratif tedavilerde farklı özelliklere sahip çok sayıda materyal kullanılmaktadır (2).

Söz konusu tedavilerin nihai başarısında, tercih edilen restoratif materyalin niteliği belirleyici bir rol oynamaktadır (1). Bu başarı materyal niteliğinin dışında mekanik ve kimyasal özellikler ile canlı dokularla etkileşimi yani biyouyumluluk performansı gibi faktörlerle de doğrudan ilişkilidir (3). Araştırmalarda kullanılan deneysel yöntemler farklılık gösterebilir, rezin bazlı materyallerin sitotoksik özellik taşıdığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (4). Resin esaslı materyallerin içeriğinde birçok monomer bulunmaktadır. Monomerlerin kimyasal yapısı ve moleküler özellikleri, oluşturdukları biyolojik yanıtların şiddetini etkileyebilmektedir.

Adeziv sistemlerin sitotoksik profillerini tam anlamıyla analiz edebilmek için, öncelikle formülasyonlarında yer alan ana resin matris moleküllerinin ve seyreltici monomerlerin kimyasal, fiziksel ve difüzyonel özelliklerini incelemek gerekmektedir. Dental adezivler genellikle hidrofobik (Bis-GMA ve UDMA) ve hidrofilik (HEMA ve TEGDMA) monomer dengesi üzerine kuruludur (5).

1. ADEZİV REZİNLERİN YAPISI

1.1. Düşük Molekül Ağırlıklı Monomerler

2-Hidroksietil metakrilat (HEMA), adeziv sistemlerde nemli dentin kollajen ağı ile bağ kurulmasını sağlayan ve su/aseton gibi çözücüler içinde mükemmel çözünürlük gösteren küçük molekül, hidrofilik yapıda bir monomerdir. HEMA'nın molekül ağırlığı düşük ve hidrofilik olduğu için dentin tübüllerinden kolay difüze olması mümkündür; ancak intrinsik sitotoksik gücü bakımından Bis-GMA, UDMA ve TEGDMA'dan daha düşüktür (6). Meta-analitik veriler HEMA ve TEGDMA'nın sıklıkla daha fazla elüe edildiğini, buna karşılık Bis-GMA ve UDMA'nın daha az salınabilmesine rağmen daha yüksek intrinsik sitotoksik potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (7).

1.2. Yüksek Viskoziteli Temel Matriks Monomerleri

Bisfenol A glisidil metakrilat (Bis-GMA), restoratif diş hekimliğinde polimer yapının ana omurgasını oluşturan, yüksek viskoziteli aromatik bir dimetakrilattır. Yapısında bulunan bisfenol A halkaları moleküle sertlik, hacimsel kararlılık ve mekanik direnç kazandırır. Büyük moleküler ağırlığı nedeniyle dentin

tübüllerinden difüzyon hızı HEMA'ya kıyasla daha yavaş olsada, yapıdan sızan serbest Bis-GMA molekülleri hücresel düzeyde son derece agresif toksik yanıtlar doğurur. Literatürde endokrin bozucu etkileri (östrojenik aktivite) ve yüksek genotoksik potansiyeli nedeniyle en çok araştırılan ve klinik kaygı uyandıran bileşendir (7- 9).

1.3. Seyreltici ve Akışkanlaştırıcı Monomerler

Trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), Bis-GMA'nın aşırı yüksek olan viskozitesini düşürmek, materyalin işlenebilirliğini ve akışkanlığını artırarak kollajen ağına sızmasını kolaylaştırmak amacıyla formülasyonlara eklenen doğrusal zincirli bir monomerdir. Düşük viskozitesi ve zincir esnekliği polimerizasyon esnasında yüksek dönüşüm oranlarına katkı sağlasada, TEGDMA molekülleri sulu ve organik çözücülerde yüksek çözünürlüğe sahiptir. Restorasyon sonrasında hızla elüe olan TEGDMA, hücre içi lipofilik yapılarla doğrudan etkileşime girerek mitokondriyal disfonksiyona ve oksidatif strese yol açar (7, 8).

1.4. Çapraz Bağlayıcı Monomerler

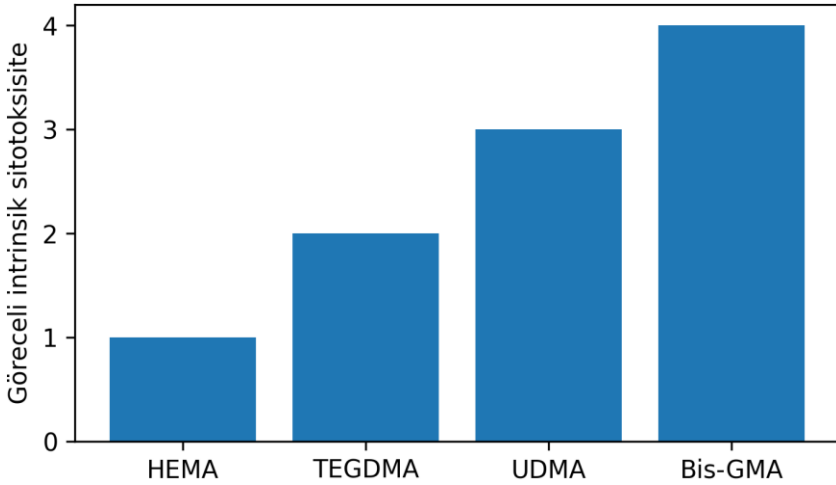
Üretan dimetakrilat (UDMA), adeziv sisteme yüksek esneklik, tokluk ve yapısal kararlılık kazandıran alifatik yapıda bir çapraz bağlayıcı monomerdir. Bis-GMA' ya alternatif veya tamamlayıcı olarak sıklıkla kullanılır. Yapılan klinik biyoyuymuluk testlerinde UDMA' nın, Bis- GMA ve TEGDMA' ya kıyasla daha ılımlı bir sitotoksikite profili sergilediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, polimerizasyon derinliğinin yeterli olmadığı durumlarda salınım riski ve buna bağlı hücresel tetikleme potansiyeli varlığını korumaktadır (7).

Yapılan çalışmalarda, iki reaktif metakrilat grubu taşıyan bifonksiyonel monomerlerin, tek fonksiyonel gruba sahip monomere kıyasla hücreler üzerinde daha belirgin toksik etki oluşturabildiği belirtilmiştir (10, 11). Monomerlerin sitotoksik özelliklerini belirleyen etkenlerden biri de moleküler ağırlıklarıdır. Düşük molekül ağırlığına sahip bileşikler daha kolay difüze olabildiğinden biyolojik dokularla etkileşimleri artabilmektedir (12). HEMA, TEGDMA ve 4-META gibi monomerler, Bis-GMA ve UDMA gibi yüksek viskoziteli rezinlerin akışkanlığını artıran çözücü bileşenler olarak görev yapmaktadır. Bu durum, söz konusu rezin monomerlerinin hücre ve dokular içerisine daha fazla nüfuz etmesine ve biyolojik etkilerinin artmasına katkıda bulunabilmektedir (13). Düşük viskoziteli yapısı sayesinde HEMA biyolojik ortamlarda hızlı difüze olabilmektedir; ancak bu özelliğine rağmen sitotoksikite potansiyelinin sınırlı olduğu rapor edilmiştir (14). Monomerlerin sitotoksik potansiyeli; hücre tipi, konsantrasyon, maruziyet süresi ve kullanılan deney

yöntemine bağlı olarak değişmekle birlikte, güncel literatürde genel olarak Bis-GMA' nın, yüksek lipofilitesi ve hücre membranlarıyla güçlü etkileşimi nedeniyle bu monomerler arasında en yüksek intrinsik sitotoksik potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (7). UDMA, Bis-GMA' yı izlerken TEGDMA ve HEMA' nın toksik etki oluşturmaları genellikle daha yüksek konsantrasyonlarda gerçekleşmektedir. Bununla birlikte HEMA ve TEGDMA, düşük molekül ağırlıkları ve hidrofilik özellikleri nedeniyle polimer yapıdan daha kolay elüe olabilir ve dentin tübüllerinden daha hızlı difüze olabilir. Bu nedenle bir monomerin salınma miktarı ile birim konsantrasyondaki sitotoksik gücü birbirinden ayrı değerlendirilmelidir (15).

Tablo 1. Başlıca adeziv rezin monomerlerinin biyolojik özellikleri

Monomer	Molekül Ağırlığı	Hidrofilite	Elüsyon	İntrinsik Sitotoksisite
Bis-GMA	Yüksek	Düşük	Düşük	Çok yüksek
UDMA	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek
TEGDMA	Düşük	Yüksek	Yüksek	Orta
HEMA	Çok düşük	Çok yüksek	Çok yüksek	Düşük



Şekil 1. Monomerlerin göreceli intrinsik sitotoksisite sıralaması

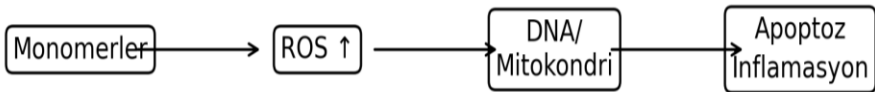
Adeziv rezinlerin sitotoksisitesi, özellikle tam olarak polimerize olmamış (sertleşmemiş) artık rezin monomerlerinin (HEMA, TEGDMA, Bis-GMA, UDMA gibi) restorasyon sonrasında ağızdaki canlı dokularla etkileşime girmesiyle gerçekleşir (16). Kuramsal olarak polimerizasyon tamamlandığında

tüm monomerlerin polimer yapısına katılması beklenir. Bununla birlikte, metilmetakrilat monomerlerinin yaklaşık %15–50’lik kısmı reaksiyona dahil olmamakta ve yapı içerisinde polimerize olmamış artık monomerler olarak kalabilmektedir. Araştırmalar, bu materyallerin biyolojik etkilerinin; polimerizasyon derecesi ile açığa çıkan bileşenlerin çeşidi ve miktarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (10, 12). Polimerizasyon işleminde tercih edilen ışık sisteminin, materyalin sertleşme derinliği, monomer dönüşüm oranı ve açığa çıkan artık monomer miktarı üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir. Yapılan değerlendirmelerde, biyoyumluluk ve hücreler üzerindeki etkiler açısından halojen ışık cihazlarının LED sistemlerine kıyasla daha olumlu sonuçlar verebildiği ifade edilmiştir (17, 18). Rezin içerikli materyallerin, polimerizasyon süresinin kısa tutulduğu durumlarda daha yüksek düzeyde toksisite gösterebildiği bildirilmiştir. Sertleşme işleminin yeterince gerçekleşmemesi, ağız ortamına polimerize olmamış monomerlerin salınmasına neden olmakta ve bu maddeler çevre dokularda doğrudan biyolojik etkilere yol açabilmektedir. Bunun yanında, monomerlerin eksik dönüşümü sonucu meydana gelen bozunma süreçleri, materyalin dayanıklılığını ve klinik başarısını da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (19). Polimerizasyon sırasında meydana gelen hacimsel küçülme, materyalin biyolojik uyumunu dolaylı olarak etkileyebilen önemli faktörlerden biridir. Bu küçülmeye bağlı oluşan gerilimi azaltmak amacıyla geliştirilen; oksiran ve siloksan yapıları içeren, açık halka polimerizasyon mekanizmasına sahip siloran bazlı materyallerin, metakrilat esaslı sistemlere kıyasla daha düşük sitotoksik etki gösterdiği bildirilmiştir. Biyoyumluluk üzerinde etkili olan diğer unsurlar arasında rezin matrisin kimyasal yapısı ile doldurucu partikül oranı da yer almaktadır. Yapılan çalışmalar, düşük doldurucu içeriğine sahip akışkan kompozitlerin, doldurucu oranı daha yüksek materyallere göre hücreler üzerinde daha fazla toksik etki oluşturabildiğini göstermiştir. Rezin kompozitlerden açığa çıkan monomer miktarının sistemik düzeyde zararlı etki oluşturacak seviyelere ulaşmadığı belirtilmektedir (10). Bununla birlikte, bu bileşikler ölümcül olmayan konsantrasyonlarda dahi hücresel metabolik faaliyetleri etkileyebilmekte; sitotoksisite, alerjik yanıtlar ve genetik hasara yol açabilen mutajenik etkiler meydana getirebilmektedir (11).

Çalışmalar, rezin içerikli materyallerin pulpa ile direkt temas ettiği durumlarda enflamatuvar yanıt oluşturabildiğini ve dentin mineralizasyonunu engelleyici etki gösterebildiğini ortaya koymuştur (20,21). Üretici tavsiyelerinin dışında, bazı araştırmalarda adeziv sistemlerin doğrudan pulpa örtüleme amacıyla kullanımı değerlendirilmiştir. Ancak bu uygulamalardan elde edilen bulgular, deney hayvanları ve insan dişleri arasında tutarlılık göstermemektedir.

İnsan ekspozite pulpasında adeziv sistemlerin kullanılması; iyileşme sürecinin yavaşlaması, inflamasyon gelişimi ve sağlıklı dentin köprüsü oluşumunun yetersiz kalması gibi sonuçlarla ilişkilendirilmiştir. Adeziv sistemlerin içerdiği monomerler, asidik bileşenler ve çözücüler dentin kanallarından ilerleyerek pulpa dokusuna ulaşabilmektedir. Dentin yapısının daha geçirgen olduğu durumlarda bu kimyasal bileşenlerin hücresel toksisite oluşturma olasılığı artmaktadır (22). Özellikle odontoblastların sitoplazmik uzantıları dentin tübülleri içine kadar uzandığından, rezin artıklarına maruz kalan ilk hücresel yapıların başında bu hücreler gelmektedir (23). Odontoblast hücrelerinde rezin monomerlerine maruziyet; alkalen fosfataz aktivitesinin azalması, mineralize matriks oluşumunun zayıflaması, kalsiyum birikiminin düşmesi ve dentin ile ilişkili proteinlerin gen ifadesinde baskılanma gibi hücresel süreçlerde gerilemeye yol açabilmektedir (10). Buna ek olarak fibroblastların normal biyolojik aktivitelerinin de bu maddelerden olumsuz etkilenebildiği bildirilmektedir.

Pulpa kökenli hücreler ve kök hücreler üzerinde yapılan çalışmalar ise, rezin monomerlerinin odontojenik farklılaşmayı yavaşlatabildiğini ve mineralizasyon sürecini geciktirebildiğini ortaya koymaktadır (24- 26). Resin bazlı monomerlerin hücresel düzeyde strese sebep olarak hücre içi iletişim mekanizmalarını ve sinyal iletim yollarını olumsuz etkileyebildiği bildirilmektedir. Normal fizyolojik koşullarda, hidrojen peroksit, süperoksit anyonu ve hidroksil radikali gibi reaktif oksijen türleri (ROS) ile bu molekülleri dengeleyen antioksidan savunma sistemleri arasında bir denge bulunmaktadır. Ancak rezin monomerlerine bağlı gelişen oksidatif stresin, hücre içi enzimatik ve non-enzimatik antioksidan kapasitesini aşan düzeyde ROS üretimine yol açtığı ifade edilmektedir (27, 28). Bu nedenle ROS artışı, rezin monomerlerin yol açtığı sitotoksik etkinin erken dönemde ortaya çıkan hücresel stres göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. ROS düzeylerindeki yükselme; hücre membranındaki lipitler, protein yapıları, karbonhidrat bileşenleri ve DNA üzerinde oksidatif hasara yol açabilmekte ve bu durum programlı hücre ölümü (apoptoz) ile sonuçlanabilmektedir. Bununla birlikte oksidatif stres her zaman doğrudan mutajenik bir etki oluşturmada, hücre içi ROS üretimini artıran kimyasal ajanların genetik hasar potansiyeli açısından risk taşıdığı kabul edilmektedir (29, 30).



Şekil 2. ROS aracılı sitotoksikite mekanizması

Pulpa dokusu ve hücresel yapılar üzerinde ortaya çıkan biyolojik yanıtın şiddetinde, serbest monomerleri kısmen absorbe ederek koruyucu bir ara yüz oluşturan dentin tabakasının önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (31). Deneysel çalışmalarda, test edilen materyal ile hedef hücreler arasına dentin bariyeri yerleştirildiğinde, adeziv sistemlerden salınarak hücrelere ulaşan toksik bileşen miktarının belirgin şekilde azaldığı gösterilmiştir (32). Materyal ile hücresel yapı arasında dentin tabakası bulunsa dahi, monomerlerin dentin tübülleri boyunca ilerleyerek hücrelere ulaşabildiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, dentin dokusunun kalınlığı arttıkça gözlenen sitotoksik etkinin azaldığı bildirilmektedir (33). Dentin kalınlığının incelenmesi durumunda ise rezin monomerlerin difüzyon hızının yükseldiği; 0,5 mm'lik dentin tabakasının, 1 mm ve 1,5 mm kalınlıktaki örneklerle kıyasla daha zayıf bir bariyer özelliği gösterdiği ortaya konmuştur (34). Mine dentin sınırından pulpa yönüne doğru ilerledikçe dentin tübüllerinin hem çap hem de sayıca artış gösterdiği bilinmektedir. Bu morfolojik farklılık, pulpa bölgesine yaklaşıldıkça dentinin daha geçirgen bir yapı kazanmasına yol açmaktadır. Öte yandan kavite preparasyonu sırasında oluşan smear tabakasının da dentin yüzeyinde madde geçişini sınırlayabilen ek bir engel oluşturabileceği ve difüzyon sürecini etkileyebileceği düşünülmektedir (35). Polimerizasyon sırasında meydana gelen büzülme, restorasyon ile diş dokusu arasında boşluk oluşmasına yol açabilmektedir. Bu bölgelerde kolonize olan karyojenik mikroorganizmalar ise sekonder çürük gelişimine zemin hazırlamaktadır (36). Artık monomerlerin bazı karyojenik mikroorganizmalar için uygun bir besin kaynağı oluşturduğu bildirilmiştir. Özellikle EGDMA ve TEGDMA'nın *Lactobacillus acidophilus* ve *Streptococcus sobrinus* gibi çürükle ilişkili bakterilerin çoğalmasını desteklediği, buna karşılık Bis-GMA'nın *Lactobacillus acidophilus* üzerinde inhibe edici etki gösterebildiği belirtilmektedir. Ayrıca kompozit restorasyonların plak birikimini artırarak gingival inflamasyonu ve buna bağlı olarak inflamatuvar sitokin salınımını yükseltebileceği düşünülmektedir. Özellikle Sınıf II restorasyonlarda bu etkinin daha belirgin olabileceği bildirilmektedir (37).

2. MONOMER SALINIM SÜRECİ VE KİNETİK DİNAMİKLERİ

Klinik olarak restorasyonun tamamlanıp ışık kaynağının uzaklaştırılmasının ardından, adeziv arayüzde biyolojik dokuları tehdit eden çok aşamalı bir sızma (elüsyon) kaskadı aktive olur. Bu süreç dental literatürde dört temel kronolojik aşamada incelenmektedir:

Aşama 1: Erken Faz Monomer Salınımı

Işıklı sertleşme esnasında arayüzdeki oksijen inhibisyon tabakası, yetersiz ışık yoğunluğu veya ideal kütleme süresinin yakalanamaması nedeniyle monomerlerin tamamı polimer zincirlerine katılamaz. Bu durum, yapı içerisinde serbest kalan artık monomerlerin, restorasyon sonrası ilk 24 saat içinde ani ve çok yüksek bir konsantrasyonda dışarı salınmasına yol açar. Toksisitenin en yoğun hissedildiği evre budur (38).

Aşama 2: Difüzyon ve Sürekli Salınım

İlk aşamadaki hızlı salınımın ardından, rezin matrisin derin katmanlarında hapsolmuş durumdaki monomerler, konsantrasyon gradyanına bağlı olarak yavaş ve sürekli bir pasif difüzyon mekanizmasıyla arayüze doğru göç eder. Dentinal tübüllerdeki sıvı akış yönüne kapılan serbest monomerler, pulpa odasına doğru kesintisiz bir sızıntı hattı oluşturur (39).

Aşama 3: Hidrofobik ve Enzimatik Degradasyon

Ağız ortamı termal, mekanik ve kimyasal açıdan oldukça agresif bir alandır. Restorasyon kenarlarından emilen su (su emilimi), polimer matrisindeki kararsız ester bağlarının hidrolitik olarak kopmasına neden olur. Aynı zamanda, tükürük ve dentin sıvısında bulunan pseudokolinesteraz ve esteraz benzeri oral enzimler polimer yapısını kimyasal olarak parçalayarak uzun vadede yeni monomer salınım döngülerini tetikler (38, 39).

Aşama 4: Doku Teması ve Hücresel Alım

Dentin tübüllerini aşan HEMA, Bis-GMA ve TEGDMA molekülleri pulpa odasının tavanında dizili olan odontoblastik uzantılar, derin fibroblastlar ve dişeti epitel dokusu ile doğrudan temas eder. Lipofilik karakterdeki monomerler hücre membranlarından pasif difüzyon veya aktif transport yollarıyla hücre sitoplazmasına penetre olarak toksik hasar zincirini başlatır (38, 39).



Şekil 3. Resin monomerlerinin polimerizasyon sonrası salınım mekanizması

3. FARKLI ADEZİV SİSTEMLERİN MONOMER SALINIM ORANLARI

Dental pazarda yer alan adeziv jenerasyonlarının formülasyon farklılıkları, salınan monomer miktarını ve buna bağlı olarak sitotoksikite düzeyini doğrudan belirler. Yapılan kromatografik (HPLC) ve spektrofotometrik analizler, total-etch ve self-etch sistemler arasında dramatik farklar olduğunu ortaya koymuştur (39).

Özellikle asitle pürüzlendirme, primeri ve adezivi tek bir şişede toplayan basitleştirilmiş adeziv sistemler (Self-Etch ve Universal), yapılarındaki yüksek asidik monomer ve hidrofilik bileşen yoğunluğu nedeniyle polimerizasyona karşı daha hassastır. Nemli ortamlarda tam olarak polimerize olamayan bu sistemler, total-etch (3-basamaklı) sistemlere kıyasla belirgin şekilde daha yüksek oranda HEMA ve Bis-GMA elüsyonu göstermektedir (39).

Rezin Monomerlere Maruz Kalan Hücrelerin Geliştirdiği Adaptif Yanıtlar Kısaca Şu Şekildedir (40);

1. Rezin monomerler dişeti dokusu ve pulpa hücrelerine temas ederek hücrel stres tepkilerini başlatır ve immün sistemi aktive eder.
2. Hücrenin en önemli enzimatik olmayan antioksidanı olan glutatyonu (GSH) azaltır ve aynı zamanda reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu artırır
3. Aşırı miktarda üretilen ROS, hücrel bileşenlere zarar verir ve oksidatif strese yol açar. Oluşan oksidatif stres, rezin monomerlerinin biyolojik etkilerinin temel mekanizmasını oluşturur.
4. Oksidatif stres inflamatuvar yanıtlara, apoptoza ve DNA hasarına yol açarak genotoksisite ve mutasyon riskini artırabilir.
5. Diğer yandan Protein Kinaz (MAPK) Sinyal Yolu Aktivasyonu ile de aktive olan makrofaj ve fibroblastlar IL-1 β , TNF- α , IL-6 gibi pro-inflamatuvar sitokinleri salgılayarak inflamatuvar kaskadı güçlendirir. Sitolin salınımı ile tetiklenen akut ve kronik inflamasyon; vasküler permeabilite artışı, nötrofil göçü ve oksidatif stres ile karakterizedir. Süregelen inflamasyon; pulpa nekrozu, periodontal ligament dejenerasyonu ve çevre alveol kemiğinde geri dönüşümsüz doku hasarına yol açar.

4. SITOTOKSISITEYİ AZALTMA STRATEJİLERİ VE KLİNİK ÖNERİLER

Klinisyen diş hekimlerinin adeziv restorasyon süreçlerinde alacağı rasyonel önlemler ve teknik modifikasyonlar, monomer salınım riskini ve hücrel sitotoksik hasarı minimize etmede anahtar rol üstlenmektedir (41, 42):

Biyouyumlu ve Düşük Elüsyonlu Materyal Seçimi: Klinisyenler, materyal temininde yalnızca mekanik dayanım verilerini değil, bağımsız kuruluşlarca test edilmiş sitotoksisite ve biyoyumluluk profillerini de rehber edinmelidir.

Üretici Talimatlarına ve Katman Kalınlığına Uyum: Adeziv sistemlerin arayüze gereğinden kalın uygulanması polimerizasyon stresini ve artık monomer miktarını artırır. Adeziv rezin hava spreyi ile homojen şekilde inceltilmeli ve solventlerin uçmasına izin verilmelidir.

Optimum Polimerizasyon ve Işık Yoğunluğu Kontrolü: Dönüşüm oranını (degree of conversion) en üst seviyeye çıkarmak artık monomer miktarını doğrudan düşürür. Bu amaçla, ışık şiddeti düzenli olarak radyometre ile ölçülen, en az 1000-1200 mW/cm² gücünde LED ışık cihazları kullanılmalı, cihaza dik açı verilmeli ve süre kurallarına tam uyulmalıdır.

Derin Kaviterlerde Pulpa Koruyucu Yaklaşımlar: Kalan dentin kalınlığının 0.5- 1 mm civarında olduğu derin kaviterlerde adeziv sızıntısını bloke etmek amacıyla adeziv öncesinde kalsiyum hidroksit, cam iyonomer siman veya güncel kalsiyum silikat bazlı biyoaktif astar/kaide materyalleri ile dentin tübülleri mutlaka tıkanmalıdır.

Klinik Periyodik Takip: Adeziv uygulamaları sonrasında hastalar postoperatif hassasiyet, vitalite testleri ve radyografik periapikal değişimler açısından düzenli kontrollerle izlenmelidir.

SONUÇ

Rezin esaslı dental materyaller modern restoratif diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmalarına rağmen biyouyumluluk açısından tamamen inert değildir. Bu nedenle monomer salınımının azaltılması, yeterli polimerizasyonun sağlanması ve klinik gereksinimlere uygun materyal seçiminin yapılması, olası sitotoksik etkilerin en aza indirilmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

1. Elmacı, İ., & Tunçdemir, M. T. (2020). Restoratif Diş Hekimliğinde Cam İyonomer Simanlar ve Yeni Gelişmeler. *Necmettin Erbakan University Dental Journal*, 2(2), 69-75
2. Kölüş, T., & Ülker, H. E. (2020). İki farklı rezin modifiye cam iyonomer simanın bölgesel toksisitesinin değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*, 7(3), 413-421.
3. Ok, E., Taghizadehghalehjoughi, A., & Kamalak, H. (2020). Kompozit materyallerin gingival fibroblast hücrelerindeki oksidan ve antioksidan değerlerine etkisinin incelenmesi. *Yeditepe J Dent*, 16(3), 237-243.
4. Gül, D. P., & Akgül, Y. N. (2013). Kompozit Materyallerin Biyouyumluluğu Hakkında Literatür Derlemesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 23. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.31456>
5. Aliberti, A. (2026). Evaluation of monomer release from universal adhesive systems under varying pH conditions. *Journal of Adhesive Dentistry*, 28(1), 45-53.
6. Bakopoulou A, Papadopoulos T, Garefis P. Molecular toxicology of substances released from resin-based dental restorative materials. *Int J Mol Sci*. 2009;10(9):3861-3899.
7. De Angelis, F., Sarteur, N., Buonvivere, M., Vadini, M., Šteffl, M., & D'Arcangelo, C. (2022). Meta-analytical analysis on components released from resin-based dental materials. *Clinical oral investigations*, 26(10), 6015–6041. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04625-4>
8. Tkáčiková, L., & Sabo, J. (2023). In vivo monitoring of residual monomer elution in human saliva following composite restorations. *Clinical Oral Investigations*, 27(4), 1546-1554.
9. Dahl, J. E., & Ørstavik, D. (2010). Responses of the pulp-dentin organ to dental restorative biomaterials. *Endodontic Topics*, 17(1), 65-73.
10. Atalayın, Ç., Tezel, H., & Ergücü, Z. (2016). An Overview to the Cytotoxicity of Resin Based Dental Materials. *Int Arch Dent Sci*, 37(2), 47-53.
11. Moharamzadeh, K., Brook, I. M., & Van Noort, R. (2009). Biocompatibility of Resin-based Dental Materials. *Materials*, 2(2), 514–548.
12. Ratanasathien, S., Wataha, J. C., Hanks, C. T., & Dennison, J. B. (1995). Cytotoxic interactive effects of dentin bonding components on mouse fibroblasts. *Journal of dental research*, 74(9), 1602–1606.

13. Bouillaguet, S., Virgillito, M., Wataha, J., Ciucchi, B., & Holz, J. (1998). The influence of dentine permeability on cytotoxicity of four dentine bonding systems, in vitro. *Journal of oral rehabilitation*, 25(1), 45–51.
14. Imazato, S., Tarumi, H., Ebi, N., & Ebisu, S. (2000). Cytotoxic effects of composite restorations employing self-etching primers or experimental antibacterial primers. *Journal of dentistry*, 28(1), 61–67.
15. Dantagnan C-A, Babajko S, Nassif A, Houari S, Jedeon K, François P, Dursun E, Attal J-P, Bosco J. Analysis of Resin-Based Dental Materials' Composition Depending on Their Clinical Applications. *Polymers*. 2024; 16(8):1022. <https://doi.org/10.3390/polym16081022>
16. Krifka S, Spagnuolo G, Schmalz G, Schweikl H. A review of adaptive mechanisms in cell responses towards oxidative stress caused by dental resin monomers. *Biomaterials*. 2013;34(19):4555–4563. doi:10.1016/j.biomaterials.2013.03.019.
17. Stahl, F., Ashworth, S. H., Jandt, K. D., & Mills, R. W. (2000). Light-emitting diode (LED) polymerisation of dental composites: flexural properties and polymerisation potential. *Biomaterials*, 21(13), 1379–1385.
18. Spagnuolo, G., Annunziata, M., & Rengo, S. (2004). Cytotoxicity and oxidative stress caused by dental adhesive systems cured with halogen and LED lights. *Clinical oral investigations*, 8(2), 81–85.
19. Caughman, W. F., Caughman, G. B., Shiflett, R. A., Rueggeberg, F., & Schuster, G. S. (1991). Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. *Biomaterials*, 12(8), 737–740.
20. Costa, C. A., Hebling, J., & Hanks, C. T. (2000). Current status of pulp capping with dentin adhesive systems: a review. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 16(3), 188–197.
21. Modena, K. C., Casas-Apayco, L. C., Atta, M. T., Costa, C. A., Hebling, J., Sipert, C. R., Navarro, M. F., & Santos, C. F. (2009). Cytotoxicity and biocompatibility of direct and indirect pulp capping materials. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 17(6), 544–554.
22. de Souza Costa, C. A., Lopes do Nascimento, A. B., Teixeira, H. M., & Fontana, U. F. (2001). Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 17(3), 230–240.
23. Costa, C. A., Giro, E. M., do Nascimento, A. B., Teixeira, H. M., & Hebling, J. (2003). Short-term evaluation of the pulpo-dentin complex response to a resin-modified glass-ionomer cement and a bonding agent applied in deep cavities. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 19(8), 739–746.

24. Tsukimura, N., Yamada, M., Aita, H., Hori, N., Yoshino, F., Chang-II Lee, M., Kimoto, K., Jewett, A., & Ogawa, T. (2009). N-acetyl cysteine (NAC)-mediated detoxification and functionalization of poly(methyl methacrylate) bone cement. *Biomaterials*, 30(20), 3378–3389.
25. Galler, K. M., Schweikl, H., Hiller, K. A., Cavender, A. C., Bolay, C., D'Souza, R. N., & Schmalz, G. (2011). TEGDMA reduces mineralization in dental pulp cells. *Journal of dental research*, 90(2), 257–262.
26. Bakopoulou, A., Leyhausen, G., Volk, J., Koidis, P., & Geurtsen, W. (2012). Effects of resinous monomers on the odontogenic differentiation and mineralization potential of highly proliferative and clonogenic cultured apical papilla stem cells. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 28(3), 327–339.
27. Schweikl, H., Spagnuolo, G., & Schmalz, G. (2006). Genetic and cellular toxicology of dental resin monomers. *Journal of dental research*, 85(10), 870–877.
28. Krifka, S., Spagnuolo, G., Schmalz, G., & Schweikl, H. (2013). A review of adaptive mechanisms in cell responses towards oxidative stress caused by dental resin monomers. *Biomaterials*, 34(19), 4555–4563.
29. Baumgardner, K. R., & Sulfaro, M. A. (2001). The anti-inflammatory effects of human recombinant copper-zinc superoxide dismutase on pulp inflammation. *Journal of endodontics*, 27(3), 190–195.
30. Bolt, H. M., Foth, H., Hengstler, J. G., & Degen, G. H. (2004). Carcinogenicity categorization of chemicals-new aspects to be considered in a European perspective. *Toxicology letters*, 151(1), 29–41.
31. Pashley, D. H., & Carvalho, R. M. (1997). Dentine permeability and dentine adhesion. *Journal of dentistry*, 25(5), 355–372.
32. Hanks, C. T., Wataha, J. C., Parsell, R. R., & Strawn, S. E. (1992). Delineation of cytotoxic concentrations of two dentin bonding agents in vitro. *Journal of endodontics*, 18(12), 589–596.
33. Kusdemir, M., Gunal, S., Ozer, F., Imazato, S., Izutani, N., Ebisu, S., & Blatz, M. B. (2011). Evaluation of cytotoxic effects of six self-etching adhesives with direct and indirect contact tests. *Dental materials journal*, 30(6), 799–805.
34. Galler, K., Hiller, K. A., Ettl, T., & Schmalz, G. (2005). Selective influence of dentin thickness upon cytotoxicity of dentin contacting materials. *Journal of endodontics*, 31(5), 396–399.
35. Schmalz, G., Hiller, K. A., Nunez, L. J., Stoll, J., & Weis, K. (2001). Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *Journal of endodontics*, 27(1), 23–30.

36. De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118–132.
37. Hansel, C., Leyhausen, G., Mai, U. E., & Geurtsen, W. (1998). Effects of various resin composite (co)monomers and extracts on two caries-associated micro-organisms in vitro. *Journal of dental research*, 77(1), 60–67.
38. Hampe, T., Wiessner, A., Frauendorf, H., Alhussein, M., Karlovsky, P., Bürgers, R., & Krohn, S. (2022). Monomer Release from Dental Resins: The Current Status on Study Setup, Detection and Quantification for In Vitro Testing. *Polymers*, 14(9), 1790. <https://doi.org/10.3390/polym14091790>
39. Tuncer, N. Ç., Batmaz, S. G., Özdemir, S., Barutçugil, Ç., DüNDAR, A., & Yıldırım, K. (2024). Evaluation of Monomer Releasing from Dentin Replacement Materials. *International Journal of Polymer Science*, 2024(1), 9350118.
40. Geurtsen, W. (1998). Biocompatibility of resin-modified filling materials. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 9(2), 174-214.
41. Toh, W. S., Majeed, A., Mah, Y. J., Thonemann, B., & Schmalz, G. (2021). Cytotoxicity and biocompatibility of universal dental adhesives: A systematic review. *Dental Materials*, 37(8), e421-e432.
42. Demirci, M., Hiller, K. A., Bosl, C., Galler, K., Schmalz, G., & Schweikl, H. (2008). The induction of oxidative stress, cytotoxicity, and genotoxicity by dental adhesives. *Dental Materials*, 24(3), 362-371.

9. Bölüm

Malign Plevral Mezotelyoma

**Kerem KEKLİK¹, Suphi AYDIN², Muhammed BAYRAKTAR³,
Ahmet DUMANLI⁴**

Malign plevral mezotelyoma (MPM), plevra yüzeyini döşeyen mezotelyal hücrelerden köken alan, lokal invazyon kapasitesi yüksek ve agresif seyirli bir malignitedir. Hastalık, büyük ölçüde asbest maruziyeti ile ilişkilidir ve tüm mezotelyoma olgularının yaklaşık %80–90’ını oluşturur. Klinik olarak dikkat çeken özelliklerinden biri, maruziyet ile hastalığın ortaya çıkışı arasında çoğu zaman 20–50 yıla ulaşan uzun bir latent dönemin bulunmasıdır. Bu nedenle hastaların önemli bir bölümü tanı anında ileri evrede olup, genel prognoz çoğunlukla olumsuz seyretmektedir.

Dünya Sağlık Örgütü’nün (WHO) 2021 yılında yayımladığı sınıflamaya göre mezotelyomalar, “lokalize mezotelyoma” ve “diffüz mezotelyoma” olmak üzere iki ana grupta değerlendirilmektedir. Aynı sınıflamada, tüm mezotelyomaların malign potansiyele sahip olduğu kabul edildiğinden terminolojiden “malign” ifadesi çıkarılmıştır. Bununla birlikte, literatürde ve günlük klinik uygulamada “malign plevral mezotelyoma” terimi yaygın biçimde kullanılmaya devam etmektedir.

Patolojik açıdan MPM, plevral yüzey boyunca yayılım gösteren ve hastalığın ilerleyen dönemlerinde pariyetal ve visseral plevranın yanı sıra diyafram, perikard, fissürler, mediastinal yapılar ve göğüs duvarını da tutabilen bir tümördür. Uzak metastaz gelişebilmekle birlikte, hastalığın klinik seyrini belirleyen temel unsur çoğu zaman intratorasik progresyondur.

¹ Arş. Gör. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0009-0001-0324-9253

² Doç. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0000-0003-2102-0484

³ Arş. Gör. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0009-0003-5044-710X

⁴ Doç. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0000-0002-5768-7830

WHO 2021 sınıflamasında diffüz plevral mezotelyoma üç temel histolojik alt tipe ayrılmaktadır:

- Epiteloid mezotelyoma
- Sarkomatoid mezotelyoma
- Bifazik mezotelyoma

Epiteloid tip, tüm olguların yaklaşık %60'ını oluşturmakta ve diğer histolojik alt tiplere kıyasla daha iyi bir prognoz göstermektedir. Buna karşılık sarkomatoid mezotelyoma en agresif alt tip olarak kabul edilirken, bifazik mezotelyoma epiteloid ve sarkomatoid bileşenlerin farklı oranlarda bir arada bulunduğu heterojen bir grubu temsil etmektedir.

MPM gelişiminde en önemli çevresel etken asbest maruziyeti olmakla birlikte, erionit teması, iyonizan radyasyon, kronik plevral inflamasyon ve genetik yatkınlık oluşturan moleküler değişikliklerin de hastalığın patogeneğinde rol oynadığı gösterilmiştir. Özellikle BAP1, CDKN2A, NF2, TP53 ve SETD2 genlerindeki değişikliklerin tanısal ve prognostik önem taşıdığı bildirilmektedir.

Avrupa Solunum Derneği (ERS), Avrupa Göğüs Cerrahisi Derneği (ESTS), Avrupa Kardiyotorasik Cerrahi Derneği (EACTS) ve Avrupa Radyoterapi ve Onkoloji Derneği (ESTRO) tarafından yayımlanan güncel kılavuzlarda MPM; nadir görülmesine karşın yüksek mortalite oranlarına sahip, tanı ve tedavisinde multidisipliner yaklaşım gerektiren kompleks bir neoplazi olarak tanımlanmaktadır.

İnsidans ve Epidemiyoloji

Malign plevral mezotelyoma (MPM), plevral mezotelyal hücrelerden köken alan, nadir görülmesine rağmen yüksek mortalite oranları nedeniyle önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturan malign bir tümördür. Hastalığın görülme sıklığı; ülkelerin sanayileşme düzeyi, geçmiş ve mevcut asbest kullanımı, çevresel maruziyet koşulları ve sağlık sistemlerinin tanısal kapasitesiyle yakından ilişkilidir. Asbest maruziyeti ile klinik bulguların ortaya çıkışı arasında uzun yıllar süren bir latent dönemin bulunması, günümüzde hâlen yeni olguların saptanmasının başlıca nedenlerinden biridir.

Küresel insidans

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) ve GLOBOCAN 2022 verilerine göre, dünya genelinde yılda yaklaşık 30.000–32.000 yeni mezotelyoma olgusu tanı almakta olup, bunların büyük çoğunluğunu malign plevral mezotelyoma oluşturmaktadır. Aynı yıl içerisinde yaklaşık 25.000'den

fazla ölüm bildirilmiş ve yaşa standardize insidans hızı 100.000 kişide yaklaşık 0,28 olarak hesaplanmıştır.

Son yıllarda bildirilen vaka sayısındaki artışın temel nedenleri arasında nüfusun yaşlanması, geçmiş dönemlerdeki asbest maruziyetlerinin gecikmiş etkileri ve görüntüleme ile patolojik tanı yöntemlerindeki gelişmeler yer almaktadır. Buna karşın, Batı Avrupa, Kuzey Amerika ve Avustralya gibi bölgelerde insidansın durağan bir döneme girdiği; asbest kullanımının tamamen sonlandırılmadığı bazı gelişmekte olan ülkelerde ise artış eğiliminin sürdüğü bildirilmektedir.

Coğrafi dağılım

Hastalığın görülme sıklığı ülkeler arasında belirgin farklılık göstermektedir. En yüksek insidans oranları, tarihsel olarak yoğun asbest kullanımının olduğu sanayi bölgelerinde saptanmıştır. Özellikle Birleşik Krallık, Belçika, Hollanda, Fransa, İtalya, Avustralya ve Yeni Zelanda, yüksek riskli ülkeler arasında yer almaktadır. Bu durumun temel nedeni, II. Dünya Savaşı sonrasında gemi inşası, madencilik, izolasyon ve ağır sanayi alanlarında yaygın biçimde asbest kullanılmasıdır.

Buna karşılık Afrika, Güney Amerika ve Asya'nın bazı bölgelerinde bildirilen düşük insidans oranlarının, gerçek sıklığı tam olarak yansıtmayabileceği düşünülmektedir. Bu bölgelerdeki yetersiz kayıt sistemleri ve tanısal olanaklardaki farklılıklar, epidemiyolojik verilerin değerlendirilmesini güçleştirmektedir.

Cinsiyet ve yaş dağılımı

Malign plevral mezotelyoma erkeklerde kadınlara kıyasla daha sık görülmektedir. Çeşitli serilerde erkek/kadın oranının 3:1 ile 5:1 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu farklılığın temel nedeni, erkeklerin tarihsel süreçte asbest maruziyetinin yoğun olduğu meslek gruplarında daha fazla yer almış olmalarıdır. Ancak çevresel maruziyetin belirgin olduğu bölgelerde kadınlarda görülen mezotelyoma sıklığında da artış izlenmektedir.

Tanı anındaki medyan yaş çoğu çalışmada 70–74 yıl arasında bildirilmiştir. Kırk yaşın altındaki bireylerde hastalık oldukça nadir görülmektedir. Mezotelyomanın en dikkat çekici epidemiyolojik özelliklerinden biri, maruziyet ile klinik hastalık gelişimi arasında geçen uzun latent dönemdir. Bu süre genellikle 20–50 yıl arasında değişmekte, bazı olgularda ise daha uzun olabilmektedir.

Asbest maruziyeti

Asbest, malign plevral mezotelyoma gelişiminde rol oynayan en önemli çevresel risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Hastaların büyük bölümünde mesleki, çevresel veya aile içi ikincil maruziyet öyküsü bulunmaktadır. Mezotelyoma gelişme riski; maruziyet süresi, lif yoğunluğu ve asbestin tipiyle doğrudan ilişkilidir. Özellikle krosidolit ve amosit gibi amfibol grubu liflerin, krizotile kıyasla daha yüksek karsinojenik potansiyele sahip olduğu gösterilmiştir.

Yüksek risk taşıyan meslek grupları arasında tersane çalışanları, gemi inşa işçileri, madenciler, izolasyon işçileri, inşaat sektörü çalışanları ve çimento sanayisinde görev yapan kişiler bulunmaktadır. Ayrıca, iş kıyafetleri aracılığıyla aile bireylerinde gelişen ikincil maruziyet de epidemiyolojik açıdan önem taşımaktadır.

Türkiye’de epidemiyoloji

Türkiye, çevresel asbest ve erionit maruziyetine bağlı mezotelyoma olgularının yoğun olarak görüldüğü ülkelerden biridir. Kapadokya bölgesindeki Karain, Tuzköy ve Sarıhıdır başta olmak üzere Eskişehir, Sivas, Diyarbakır ve Afyonkarahisar çevresinde çevresel maruziyet kaynaklı olgular bildirilmiştir. Özellikle erionit içeren kayaların yapı malzemesi olarak kullanıldığı yerleşim alanlarında, mezotelyoma insidansının dünya ortalamasının belirgin şekilde üzerinde olduğu gösterilmiştir.

Son yıllarda yapılan moleküler çalışmalar, çevresel etkenlerin yanı sıra genetik yatkınlığın da hastalığın gelişiminde önemli rol oynadığını ortaya koymuştur. Özellikle BAP1 genindeki değişikliklerin bazı ailelerde mezotelyoma gelişme riskini artırabileceği düşünülmektedir.

Geleceğe yönelik beklentiler

Birçok ülkede asbest kullanımının yasaklanmış olmasına rağmen, uzun latent dönem ve bazı bölgelerde maruziyetin devam etmesi nedeniyle malign plevral mezotelyomanın önümüzdeki yıllarda da önemli bir sağlık sorunu olmaya devam edeceği öngörülmektedir. Gelişmiş ülkelerde insidansın giderek azalması beklenirken, sanayileşmenin sürdüğü ve asbest kullanımının tam olarak sonlandırılmadığı ülkelerde hastalık yükünün devam edeceği düşünülmektedir.

Etyoloji ve Patofizyoloji

Malign plevral mezotelyoma (MPM), çevresel maruziyetler ile genetik yatkınlığın etkileşimi sonucunda gelişen agresif bir malignitedir. Hastalığın etiyopatogenezinde en önemli rolü asbest maruziyeti üstlenmekle birlikte,

erionit teması, iyonizan radyasyon ve çeşitli moleküler değişikliklerin de mezotelyoma gelişimine katkıda bulunduğu bilinmektedir. Güncel veriler, kronik inflamasyon, oksidatif stres, DNA hasarı ve tümör baskılayıcı genlerde meydana gelen değişikliklerin hastalığın ortaya çıkışında belirleyici olduğunu göstermektedir.

Etiyoloji

Asbest maruziyeti

Asbest, malign plevral mezotelyoma için en önemli çevresel risk faktörü olarak kabul edilmektedir. Olguların büyük bölümünde mesleki, çevresel veya ikincil maruziyet öyküsü saptanmaktadır. Doğal lifsi silikat minerallerinden oluşan asbest, serpantin ve amfibol olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır.

Serpantin grubunun tek temsilcisi krizotil (beyaz asbest) iken, amfibol grubu krosidolit, amosit, tremolit, aktinolit ve antofillit liflerini içermektedir. Özellikle amfibol grubu lifler, biyolojik ortamda uzun süre kalabilmeleri nedeniyle daha yüksek karsinogenik potansiyele sahiptir. Mezotelyoma gelişimi açısından en yüksek risk krosidolit maruziyeti ile ilişkilendirilmiş, bunu amosit ve krizotil izlemiştir.

Gemi inşa sanayisi çalışanları, tersane işçileri, izolasyon uygulayıcıları, inşaat sektörü çalışanları, madenciler ve çimento sanayisinde görev yapan bireyler yüksek risk grubunu oluşturmaktadır. Ayrıca, iş kıyafetleri aracılığıyla aile bireylerinde gelişen ikincil maruziyet de epidemiyolojik açıdan önem taşımaktadır.

Çevresel maruziyet ve erionit

Türkiye, çevresel asbest maruziyetinin en belirgin şekilde tanımlandığı ülkelerden biridir. Özellikle İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yapı malzemesi olarak kullanılan asbest içeren topraklar, mezotelyoma gelişiminde önemli bir risk oluşturmaktadır.

Erionit ise fibröz özellik gösteren doğal bir zeolit mineralidir ve günümüzde bilinen en güçlü çevresel karsinogenlerden biri olarak kabul edilmektedir. Kapadokya bölgesindeki Karain, Tuzköy ve Sarlıdır köylerinde gözlenen mezotelyoma kümelenmeleri, erionit maruziyeti ile ilişkilendirilmiştir. Erionitin yüksek biyopersistansı ve uzun süreli inflamatuvar yanıtı tetikleme kapasitesi, mezotelyomatojenik etkisinin temelini oluşturmaktadır.

İyonizan radyasyon

Mezotelyoma gelişimi ile terapötik radyasyon arasında ilişki bulunduğu gösterilmiştir. Özellikle Hodgkin lenfoma, meme kanseri ve çocukluk çağı

maligniteleri nedeniyle toraks bölgesine uygulanan radyoterapi sonrasında mezotelyoma gelişebildiği bildirilmektedir. Radyasyona bağlı olgularda latent dönem çoğunlukla 20–40 yıl arasında değişmektedir.

Genetik yatkınlık

Asbeste maruz kalan bireylerin yalnızca küçük bir kısmında mezotelyoma gelişmesi, genetik faktörlerin önemini ortaya koymuştur. Son yıllarda yapılan çalışmalar, çeşitli tümör baskılayıcı genlerde meydana gelen değişikliklerin hastalığın gelişiminde kritik rol oynadığını göstermiştir.

Mezotelyoma ile ilişkili başlıca moleküler değişiklikler şunlardır:

- **BAP1:** DNA tamiri, hücre döngüsü ve apoptoz mekanizmalarının düzenlenmesinde görev alır.
- **CDKN2A:** Hücre proliferasyonunu baskılayan önemli bir tümör baskılayıcı genidir.
- **NF2:** Hippo sinyal yolunun düzenlenmesinde rol oynar.
- **SETD2, LATS1/LATS2 ve TP53:** Tümör progresyonu ve hücre homeostazın sürdürülmesinde etkili moleküllerdir.

Özellikle BAP1 mutasyonlarının mezotelyoma dışında üveal melanom ve renal hücreli karsinom gelişimi ile de ilişkili olduğu gösterilmiştir.

Patofizyoloji

Liflerin plevraya ulaşması

İnhale edilen asbest lifleri terminal bronşioler ve alveollere ulaştıktan sonra lenfatik drenaj yoluyla plevral boşluğa taşınmaktadır. Lifler özellikle pariyetal plevra, diyafragmatik plevra ve mediastinal plevrada birikme eğilimi göstermektedir.

Frustre fagositoz ve kronik inflamasyon

Uzun asbest lifleri makrofajlar tarafından tamamen fagosit edilemediğinden, “frustre fagositoz” olarak adlandırılan süreç ortaya çıkmaktadır. Bu süreç sırasında TNF- α , IL-1 β , IL-6, HMGB1 ve çeşitli büyüme faktörleri salınarak kronik inflamatuvar yanıt başlatılmaktadır. Persistan inflamasyon, mezotelyal hücrelerde malign transformasyona zemin hazırlayan temel mekanizmalardan biridir.

Oksidatif stres ve DNA hasarı

Asbest lifleri, reaktif oksijen ve nitrojen türlerinin üretimini artırarak DNA kırıkları, kromozomal instabilite ve epigenetik değişikliklere neden olmaktadır.

Hücresel düzeyde meydana gelen bu hasarlar zaman içerisinde mezotelyal hücrelerin kontrolsüz proliferasyonuna yol açabilmektedir.

Hücresel transformasyon ve tümör gelişimi

Kronik inflamasyon ile genetik değişikliklerin birikimi sonucunda mezotelyal hücrelerde proliferasyon artışı, apoptozdan kaçış, anjiyogenez, invazyon ve metastatik potansiyel gelişmektedir. Özellikle BAP1 kaybı, CDKN2A delesyonu ve NF2 inaktivasyonu, malign transformasyon sürecinde merkezi rol oynamaktadır.

Lokal yayılım

Malign plevral mezotelyoma başlangıçta plevral yüzey boyunca diffüz büyüme paterni göstermektedir. Hastalığın ilerlemesiyle birlikte visseral plevra, akciğer parankimi, diyafram, göğüs duvarı, perikard ve mediastinal yapılarda invazyon gelişebilmektedir. Uzak metastaz görülebilse de mortalitenin temel nedeni çoğu hastada intratorasik progresyondur.

Güncel moleküler hedefler ve transkripsiyonel araştırmalar

Mezotelyoma biyolojisinin daha iyi anlaşılması, yeni tedavi stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde üzerinde çalışılan başlıca moleküler hedefler arasında PD-1/PD-L1 eksen, CTLA-4, VEGF, mezotelin, Hippo-YAP/TAZ yolu, EZH2 inhibitörleri, FAK inhibitörleri ve CAR-T hücre tedavileri yer almaktadır. Özellikle BAP1 kaybı ve Hippo sinyal yolundaki bozuklukların daha iyi anlaşılmasıyla birlikte, gelecekte kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının klinik uygulamadaki öneminin artması beklenmektedir.

TANI, PATOLOJİ, EVRELEME VE PROGNOZ

Malign plevral mezotelyoma (MPM), özgül klinik bulgularının bulunmaması ve uzun latent dönem nedeniyle erken evrede tanı konulması güç olan agresif bir malignitedir. Hastaların önemli bir kısmı göğüs ağrısı, progresif dispne ve plevral efüzyon gibi nonspesifik yakınmalarla sağlık kuruluşlarına başvurmaktadır. Tanı sürecinde klinik değerlendirme, radyolojik incelemeler, histopatolojik analiz ve immünohistokimyasal yöntemler birlikte ele alınmalıdır. Bunun yanında, hastalığın yaygınlığının doğru biçimde belirlenmesi tedavi planlaması ve prognoz açısından kritik öneme sahiptir.

Klinik Bulgular ve Tanısal Yaklaşım

Malign plevral mezotelyoma genellikle sinsi başlangıçlı bir klinik seyir göstermektedir. En sık karşılaşılan semptomlar dispne, künt karakterli toraks

ağrısı, kronik öksürük ve istemsiz kilo kaybıdır. Hastalık ilerledikçe halsizlik, gece terlemesi ve performans durumunda bozulma gibi sistemik bulgular ortaya çıkabilmektedir. Bazı olgularda tanı, başka nedenlerle yapılan görüntüleme incelemeleri sırasında tesadüfen konulmaktadır.

Fizik muayenede plevral efüzyona bağlı perküsyon matitesi, solunum seslerinde azalma ve toraks ekspansiyonunda kısıtlılık saptanabilir. İleri evre hastalarda göğüs duvarı invazyonuna bağlı lokal hassasiyet ve palpabl kitleler görülebilmektedir.

Tanısal değerlendirme sürecinde ayrıntılı mesleki ve çevresel maruziyet öyküsü büyük önem taşımaktadır. Özellikle asbest ve erionit teması, tersane veya madencilik öyküsü ile aile içi maruziyet sorgulanmalıdır.

Görüntüleme Yöntemleri

Akciğer grafisi

Posteroanterior akciğer grafisi çoğu zaman ilk basamak görüntüleme yöntemidir. Tek taraflı plevral efüzyon, diffüz plevral kalınlaşma, kostofrenik sinüs obliterasyonu ve hemitoraks hacminde azalma en sık karşılaşılan radyolojik bulgular arasındadır. Bununla birlikte, erken evrede akciğer grafisinin duyarlılığı sınırlıdır.

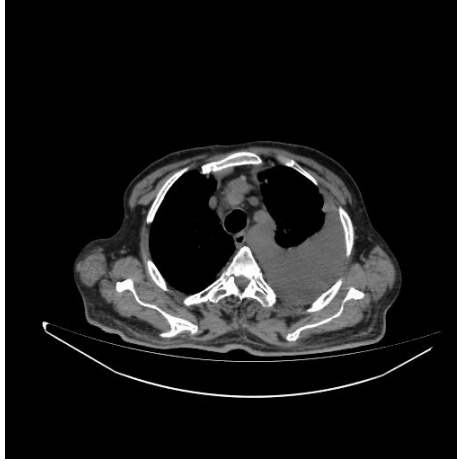


Resim 1: Malign plevral mezotelyomanın PAAG görüntüsü

Bilgisayarlı tomografi

Kontrastlı toraks bilgisayarlı tomografisi, tanı ve evreleme sürecinin temel bileşenlerinden biridir. Nodüler plevral kalınlaşma, mediastinal plevra tutulumu, fissür invazyonu ve sirkumferansiyel plevral yayılım mezotelyoma lehine

değerlendirilen bulgulardır. Ayrıca diyafram, perikard ve göğüs duvarı invazyonunun değerlendirilmesinde de önemli bilgiler sağlamaktadır.



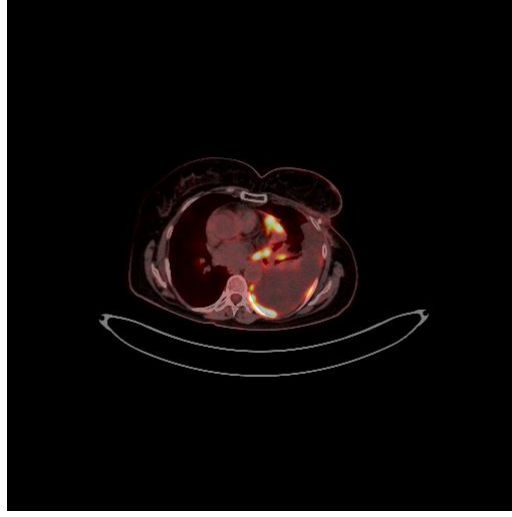
Resim 2: Malign plevral mezotelyomanın toraks BT görüntüsü

Manyetik rezonans görüntüleme

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), özellikle diyafram, perikard ve göğüs duvarı invazyonunun değerlendirilmesinde bilgisayarlı tomografiye tamamlayıcı katkı sunmaktadır. Yumuşak doku kontrastının yüksek olması nedeniyle cerrahi planlama yapılacak hastalarda yararlı olabilir.

Pozitron emisyon tomografisi

¹⁸F-FDG PET/BT, metabolik aktivitenin değerlendirilmesi, uzak metastazların araştırılması ve tedavi yanıtının izlenmesinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, inflamatuvar süreçler yalancı pozitif sonuçlara yol açabileceğinden PET bulgularının klinik ve histopatolojik verilerle birlikte yorumlanması gerekmektedir.



Resim 3: Malign plevral mezotelyomanın PET-CT görüntüsü

Plevral Sıvı Analizi ve Biyopsi

Plevral efüzyon varlığında ilk aşamada torasentez uygulanmaktadır. Sitolojik inceleme tanıya katkı sağlayabilmekle birlikte, mezotelyomanın kesin tanısında duyarlılığı sınırlıdır. Negatif sitoloji sonucu maligniteyi dışlamaz ve çoğu hastada histopatolojik örnekleme gerekmektedir.

Günümüzde altın standart tanı yöntemi video yardımcı torakoskopik cerrahi (VATS) ile biyopsi alınmasıdır. VATS, yeterli miktarda doku örneği elde edilmesine olanak sağlarken aynı seansta plevral boşluğun ayrıntılı değerlendirilmesine de imkân tanımaktadır. Torakoskopinin mümkün olmadığı seçilmiş olgularda görüntüleme eşliğinde tru-cut biyopsi uygulanabilmektedir.

Histopatolojik Sınıflama

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2021 sınıflamasına göre diffüz plevral mezotelyoma üç temel histolojik alt tipe ayrılmaktadır:

- Epiteloid mezotelyoma
- Sarkomatoid mezotelyoma
- Bifazik mezotelyoma

Epiteloid alt tip en sık görülen histolojik varyant olup, daha iyi sağkalım sonuçlarıyla ilişkilidir. Sarkomatoid mezotelyoma düşük tedavi yanıtı ve kötü prognoz ile karakterizedir. Bifazik mezotelyoma ise epiteloid ve sarkomatoid komponentlerin farklı oranlarda bir arada bulunduğu heterojen bir grubu temsil etmektedir.

İmmünohistokimyasal İnceleme

Mezotelyomanın tanısında immünohistokimyasal yöntemler kritik öneme sahiptir. Tanı koyarken mezotelyal belirteçlerin ve adenokarsinom belirteçlerinin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir. En sık kullanılan pozitif mezotelyal belirteçler şunlardır:

- Kalretinin
- WT-1
- D2-40 (podoplanin)
- Sitokeratin 5/6

Ayırıcı tanıda kullanılan başlıca negatif belirteçler ise aşağıdaki gibidir:

- CEA
- Ber-EP4
- MOC-31
- Claudin-4
- TTF-1

Son yıllarda BAP1 ekspresyon kaybı ve CDKN2A (p16) delesyonunun gösterilmesi, mezotelyoma tanısında yardımcı moleküler yöntemler arasında yerini almıştır. Özellikle reaktif mezotelyal proliferasyon ile malign mezotelyoma ayırımında bu belirteçler önemli katkı sağlamaktadır.

Evreleme

Malign plevral mezotelyomanın evrelemede Uluslararası Mezotelyoma İlgili Grubu (IMIG) tarafından geliştirilen ve Amerikan Kanser Ortak Komitesi (AJCC) tarafından kabul edilen TNM sistemi kullanılmaktadır. Güncel klinik uygulamada TNM'nin sekizinci baskısı esas alınmaktadır.

Primer tümör (T)

Primer tümör evrelemesi; plevral yayılımın derecesi ile diyafram, akciğer parankimi, göğüs duvarı, perikard ve mediastinal yapı invazyonuna göre belirlenmektedir.

- **T1:** Tümör ipsilateral parietal ve visseral plevra ile sınırlıdır.
- **T2:** Diyafram kası veya akciğer parankiminde invazyon vardır.
- **T3:** Göğüs duvarı, endotorasik fasya veya mediastinal yağ dokusuna sınırlı invazyon mevcuttur.
- **T4:** Yaygın göğüs duvarı invazyonu, karşı plevra tutulumu, mediastinal organ invazyonu veya vertebral invazyon bulunmaktadır.

Bölgesel lenf nodları (N)

- **N0:** Bölgesel lenf nodu metastazı yoktur.

- **N1:** İpsilateral bronkopulmoner, hiler veya mediastinal lenf nodu metastazı vardır.
- **N2:** Kontralateral mediastinal veya supraklaviküler lenf nodu tutulumu mevcuttur.

Uzak metastaz (M)

- **M0:** Uzak metastaz saptanmamıştır.
- **M1:** Uzak organ metastazı vardır.

Evre gruplaması

Evre	TNM
Evre IA	T1N0M0
Evre IB	T2–3N0M0
Evre II	T1–3N1M0
Evre IIIA	T3N1M0
Evre IIIB	T1–3N2M0 veya T4
Evre IV	Herhangi bir T, herhangi bir N, M1

Prognostik Faktörler

Malign plevral mezotelyomada prognoz genel olarak kötüdür ve medyan sağkalım çoğu seride 12–18 ay arasında bildirilmektedir. Bununla birlikte, sağkalım süresi hastaya ve tümöre ait çeşitli faktörlerden etkilenmektedir.

Daha iyi prognoz ile ilişkili faktörler şunlardır:

- Epiteloid histolojik alt tip.
- Erken evre hastalık.
- İyi performans durumu.
- Genç yaş.
- Kadın cinsiyet.
- Düşük tümör hacmi.
- Normal veya düşük serum LDH düzeyleri.

Buna karşılık sarkomatoid histoloji, ileri evre hastalık, yüksek inflamatuvar belirteç düzeyleri, kilo kaybı ve kötü performans skoru olumsuz prognostik özellikler arasında yer almaktadır.

Son yıllarda NLR, PLR, CRP ve fibrinojen gibi sistemik inflamasyon belirteçlerinin prognostik değeri araştırılmıştır. Ayrıca BAP1, p16 ve çeşitli gen ekspresyon profillerinin, gelecekte kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinin belirlenmesinde önemli rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Mezotelyoma tedavisinin planlanmasında yalnızca TNM evresi değil, hastanın performans durumu, komorbiditeleri, histolojik alt tipi ve multidisipliner konsey değerlendirmesi de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yaklaşım, uygun hastalarda cerrahi, sistemik tedavi ve radyoterapinin kombine biçimde kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

Cerrahi Tedavi

Malign plevral mezotelyomanın cerrahi tedavisi, hastalığın yönetiminde en tartışmalı alanlardan birini oluşturmaktadır. Tümörün plevral yüzey boyunca diffüz yayılım göstermesi ve çoğu hastada tanı anında lokal ileri evrede bulunması nedeniyle cerrahi girişim yalnızca seçilmiş olgularda uygulanabilmektedir. Güncel yaklaşımda cerrahinin temel amacı, makroskopik tümör yükünü azaltmak ve multimodal tedavinin etkinliğini artırmaktır. Bu nedenle cerrahi karar sürecinde hastanın performans durumu, histolojik alt tipi, hastalığın evresi ve kardiyopulmoner rezervi ayrıntılı biçimde değerlendirilmelidir.

Cerrahi Endikasyonlar ve Hasta Seçimi

Cerrahi tedavi, özellikle epiteloid histolojik alt tipe sahip, erken evre hastalığı bulunan ve performans durumu iyi olan hastalarda gündeme gelmektedir. Uygun adayların belirlenmesinde multidisipliner değerlendirme büyük önem taşımaktadır. Cerrahi planlanan hastalarda toraks bilgisayarlı tomografisi, PET/BT, solunum fonksiyon testleri ve gerektiğinde invaziv mediastinal evreleme yöntemlerinden yararlanılmaktadır.

Cerrahi tedavi için uygun kabul edilen hastalarda genellikle aşağıdaki özelliklerin bulunması beklenmektedir:

- Erken evre veya lokalize hastalık.
- Epiteloid histolojik alt tip.
- İyi performans durumu.
- Yeterli kardiyopulmoner rezerv.
- Uzak metastazın bulunmaması.
- Multimodal tedaviyi tolere edebilecek genel klinik durum.

Sarkomatoid histoloji, yaygın mediastinal invazyon, karşı hemitoraks tutulumu ve ciddi komorbiditeler ise çoğu merkezde cerrahi açısından göreceli kontrendikasyon olarak değerlendirilmektedir.

Makroskopik Komple Rezeksiyon Kavramı

Mezotelyomada mikroskobik düzeyde tam rezeksiyonun sağlanması çoğu zaman mümkün değildir. Bu nedenle güncel cerrahi yaklaşımın temel hedefi, makroskopik olarak görülebilen tüm tümör dokusunun çıkarılması anlamına gelen “makroskopik komple rezeksiyon”dur (MCR). Cerrahi girişimlerin başarısı, yalnızca rezeksiyonun genişliğine değil, aynı zamanda sistemik tedavi ve radyoterapi ile oluşturulan multimodal stratejiye de bağlıdır.

Plevrektomi/Dekortikasyon

Plevrektomi/dekortikasyon (P/D), pariyetal ve visseral plevranın çıkarılmasıyla birlikte akciğer parankiminin korunduğu cerrahi yöntemdir. Günümüzde, uygun hastalarda organ koruyucu yaklaşım sağlaması nedeniyle birçok merkezde öncelikli seçenek hâline gelmiştir.

P/D işlemi sırasında:

- Pariyetal plevra eksize edilir.
- Visseral plevradaki tümör dokusu dekortike edilir.
- Fissürlerdeki tümör yükü azaltılır.
- Gerekli olgularda diyafram veya perikardın sınırlı rezeksiyonu uygulanabilir.

Akciğer parankiminin korunması sayesinde postoperatif solunum fonksiyonları daha iyi korunmakta ve perioperatif mortalite oranları daha düşük seyretmektedir. Bununla birlikte, cerrahi sınırların mikroskobik düzeyde negatif olması çoğu zaman mümkün değildir.

Genişletilmiş Plevrektomi/Dekortikasyon

Genişletilmiş plevrektomi/dekortikasyon (extended P/D veya eP/D), standart P/D’ye ek olarak diyafram ve/veya perikard rezeksiyonunun da gerçekleştirildiği daha kapsamlı bir cerrahi prosedürdür. Rezeksiyon sonrası oluşan defektler genellikle sentetik yamalar veya biyolojik greftler kullanılarak onarılmaktadır.

Son yıllarda eP/D, akciğer koruyucu yapısı nedeniyle birçok merkezde ekstraplevral pnömonektomiye alternatif olarak değerlendirilmektedir. Bazı çalışmalarda daha düşük mortalite ve daha iyi postoperatif yaşam kalitesi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir. Ancak uzun dönem onkolojik üstünlüğü konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır.

Ekstraplevral Pnömonektomi

Ekstraplevral pnömonektomi (EPP), en radikal cerrahi seçeneklerden biridir. İşlem; ipsilateral akciğer, pariyetal ve visseral plevra, diyafram ve perikardın en

blok rezeksiyonunu içermektedir. Diyafram ve perikard rekonstrüksiyonu çoğu olguda gereklidir.

EPP'nin teorik avantajı, tümör yükünün daha geniş ölçüde azaltılabilesidir. Bununla birlikte, yüksek morbidite ve mortalite oranları nedeniyle uygulama alanı giderek daralmaktadır. Postoperatif dönemde karşılaşılabilecek başlıca komplikasyonlar şunlardır:

- Solunum yetmezliği.
- Bronkoplevral fistül.
- Kardiyak aritmiler.
- Ampiyem.
- Hemoraji.
- Pulmoner emboli.
- Diyafram ve perikard rekonstrüksiyonuna bağlı komplikasyonlar.

Son yıllarda yayımlanan çalışmalar, EPP'nin sağkalım açısından belirgin üstünlük sağlamadığını ve hasta seçiminde son derece dikkatli olunması gerektiğini göstermiştir.

Multimodal Tedavi Yaklaşımı

Günümüzde malign plevral mezotelyoma tedavisinde cerrahi tek başına yeterli kabul edilmemektedir. Cerrahi girişimler çoğu zaman sistemik tedavi ve gerektiğinde radyoterapi ile kombine edilmektedir. Multimodal tedavinin amacı, lokal kontrolü artırmak, tümör yükünü azaltmak ve sağkalımı iyileştirmektir.

Tedavi sıralaması merkezler arasında değişiklik göstermekle birlikte, en sık uygulanan yaklaşımlar şunlardır:

- Neoadjuvan kemoterapi sonrası cerrahi.
- Cerrahi sonrası adjuvan sistemik tedavi.
- Cerrahi sonrası radyoterapi.
- Sistemik tedavi ile kombine akciğer koruyucu cerrahi.

Bu süreçte göğüs cerrahisi, medikal onkoloji, radyasyon onkolojisi, göğüs hastalıkları, radyoloji ve patoloji uzmanlarının ortak değerlendirmesi büyük önem taşımaktadır.

Güncel Çalışmalar ve Tartışmalar

Mezotelyomada cerrahinin gerçek katkısı uzun yıllardır tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Özellikle MARS ve MARS-2 çalışmaları, cerrahinin multimodal tedavi içindeki yerinin yeniden değerlendirilmesine yol açmıştır. İlk MARS çalışmasında ekstraplevral pnömonektominin beklenen ölçüde sağkalım avantajı sağlamadığı gösterilmiş, MARS-2 çalışmasında ise genişletilmiş

plevrektomi/dekortikasyonun sistemik tedaviye üstünlüğü net olarak ortaya konulamamıştır.

Bununla birlikte, birçok merkez erken evre epiteloid mezotelyoma olgularında, dikkatli hasta seçimi yapılarak gerçekleştirilen akciğer koruyucu cerrahinin multimodal tedavinin önemli bir bileşeni olabileceğini savunmaktadır. Gelecekte moleküler belirteçlerin ve kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının gelişmesiyle birlikte, cerrahiden en fazla fayda görecektir hasta grubunun daha doğru biçimde belirlenmesi beklenmektedir.

Sistemik Antikanser Tedavisi

Malign plevral mezotelyoma (MPM), çoğu hastada tanı anında lokal ileri veya metastatik evrede saptandığından sistemik antikanser tedavisi hastalık yönetiminin temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Son yıllarda kemoterapi, immünoterapi ve hedefe yönelik tedavi alanlarında kaydedilen gelişmelere rağmen, mezotelyoma hâlen sınırlı tedavi seçeneklerine sahip agresif bir malignite olarak kabul edilmektedir. Sistemik tedavinin temel amaçları sağkalım süresini uzatmak, semptom kontrolünü sağlamak ve yaşam kalitesini korumaktır. Tedavi planlamasında hastanın performans durumu, histolojik alt tipi, evresi, komorbiditeleri ve moleküler özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Birinci Basamak Kemoterapi

Uzun yıllar boyunca platin bazlı kemoterapi, malign plevral mezotelyomanın standart birinci basamak tedavisi olarak kabul edilmiştir. Günümüzde de özellikle immünoterapiye uygun olmayan hastalarda sisplatin ve pemetreksed kombinasyonu yaygın olarak kullanılmaktadır. Vogelzang ve arkadaşları tarafından yürütülen çalışmada, sisplatin–pemetreksed kombinasyonunun tek başına sisplatine kıyasla genel sağkalım, progresyonsuz sağkalım ve semptom kontrolü açısından anlamlı üstünlük sağladığı gösterilmiştir.

Sisplatin kullanımına uygun olmayan hastalarda karboplatin alternatif olarak tercih edilebilmektedir. Karboplatin–pemetreksed kombinasyonu, özellikle ileri yaşta veya ek hastalıkları bulunan bireylerde daha iyi tolere edilmektedir. Tedavi genellikle üç haftalık aralıklarla dört ila altı kür şeklinde uygulanmaktadır.

Pemetreksed tedavisi sırasında toksisiteyi azaltmak amacıyla folik asit ve B12 vitamini desteği verilmesi önerilmektedir. En sık karşılaşılan yan etkiler arasında miyelosüpresyon, bulantı, kusma, nefrotoksikite ve periferik nöropati yer almaktadır.

Anti-VEGF Tedavileri

Anjiyogenez, mezotelyoma progresyonunda önemli rol oynayan mekanizmalardan biridir. Vasküler endotelial büyüme faktörünü (VEGF) hedefleyen bevacizumab, seçilmiş hastalarda standart kemoterapiye eklenebilmektedir. MAPS çalışmasında sisplatin ve pemetreksed tedavisine bevacizumab eklenmesinin genel sağkalımı artırdığı gösterilmiştir.

Bununla birlikte, hipertansiyon, tromboembolik olaylar, proteinüri ve kanama riski nedeniyle bevacizumab kullanımında dikkatli hasta seçimi yapılmalıdır. Özellikle kardiyovasküler komorbiditesi bulunan hastalarda tedavi kararı bireyselleştirilmelidir.

İmmünoterapi

Bağışıklık kontrol noktası inhibitörleri, son yıllarda malign plevral mezotelyoma tedavisinde önemli bir yer edinmiştir. Programlanmış hücre ölümü reseptörü-1 (PD-1), programlanmış ölüm ligandı-1 (PD-L1) ve sitotoksik T-lenfosit ilişkili protein-4 (CTLA-4) yolaklarını hedefleyen ajanlar, özellikle ileri evre hastalarda umut verici sonuçlar ortaya koymuştur.

CheckMate-743 çalışması, nivolumab ve ipilimumab kombinasyonunun rezektabl olmayan malign plevral mezotelyoma hastalarında platin bazlı kemoterapiye kıyasla daha uzun genel sağkalım sağladığını göstermiştir. Bu çalışmanın ardından nivolumab–ipilimumab kombinasyonu, birçok uluslararası kılavuzda uygun hastalar için birinci basamak tedavi seçenekleri arasına girmiştir. Sağkalım avantajının özellikle non-epiteloid histolojik alt tiplerde daha belirgin olduğu bildirilmiştir.

İmmünoterapi sırasında dermatolojik reaksiyonlar, kolit, hepatit, pnömonit, hipofizit ve tiroid fonksiyon bozuklukları gibi immün aracılı yan etkiler gelişebilmektedir. Bu komplikasyonların erken tanınması ve uygun şekilde yönetilmesi tedavinin güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır.

İkinci Basamak ve Sonraki Tedaviler

Birinci basamak tedavi sonrasında hastalık progresyonu gelişen olgularda standart yaklaşım konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır. Tedavi seçimi; önceki tedavi yanıtı, performans durumu ve histolojik özelliklere göre belirlenmektedir.

İkinci basamak tedavi seçenekleri arasında şunlar yer almaktadır:

- Nivolumab.
- Pembrolizumab.
- Gemcitabin.
- Vinorelbin.

- Pemetreksed yeniden tedavisi.
- Klinik araştırmalar kapsamında uygulanan deneysel ajanlar.

Özellikle bağışıklık kontrol noktası inhibitörlerinin ikinci basamak tedavideki etkinliğini araştıran çalışmalar devam etmektedir. Bununla birlikte, mevcut veriler bazı hasta gruplarında immünoterapinin uzun süreli yanıt sağlayabileceğini göstermektedir.

Moleküler Hedefler ve Yeni Tedavi Yaklaşımları

Mezotelyomanın moleküler biyolojisine ilişkin bilgi birikiminin artması, yeni tedavi stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde mezotelin hedefli tedaviler, CAR-T hücre uygulamaları, EZH2 inhibitörleri, fokal adezyon kinaz (FAK) inhibitörleri ve Hippo sinyal yoluna yönelik ajanlar üzerinde yoğun çalışmalar yürütölmektedir. Özellikle BAP1 mutasyonu taşıyan olgularda hedefe yönelik tedavi seçeneklerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Ayrıca, kemoterapi ve immünoterapinin birlikte kullanıldığı kombinasyon tedavileri ile kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarını değerlendiren çok sayıda faz II ve faz III çalışma devam etmektedir. Son dönemde yayımlanan ATOMIC-Meso çalışması, mezotelyoma tedavisinde yeni kombinasyon stratejilerinin araştırıldığı önemli çalışmalardan biri olarak dikkat çekmektedir.

Tedavi Yanıtının Değerlendirilmesi

Malign plevral mezotelyomada tümörün diffüz büyüme paterni nedeniyle klasik RECIST kriterleri yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle klinik çalışmalarda ve günlük pratikte sıklıkla modifiye RECIST kriterleri kullanılmaktadır. Bu sistemde plevral kalınlığın belirli anatomik düzeylerde ölçölmesi esas alınmaktadır.

Tedavi yanıtının değerlendirilmesinde radyolojik bulguların yanı sıra semptom kontrolü, performans durumu ve yaşam kalitesi parametreleri de dikkate alınmalıdır. Günümüzde mezotelyoma tedavisinde amaç yalnızca tümör kontrolü sağlamak değil, aynı zamanda hastaların fonksiyonel kapasitesini mümkün olduğunca koruyabilmektir.

Radyoterapi

Radyoterapi, malign plevral mezotelyomanın multidisipliner tedavi yaklaşımında önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte, tümörün plevral yüzey boyunca diffüz yayılım göstermesi ve kritik intratorasik organlarla yakın komşuluk içinde bulunması nedeniyle, radyoterapinin uygulanması birçok solid tümöre kıyasla daha karmaşıktır. Günümüzde radyoterapi; semptom palyasyonu, lokal kontrolün sağlanması ve seçilmiş hastalarda multimodal

tedavi stratejisinin bir parçası olarak kullanılmaktadır. Tedavi planı oluşturulurken hastalığın evresi, uygulanan cerrahi yöntem, performans durumu ve çevre dokuların toleransı dikkate alınmalıdır.

Radyoterapinin Temel Amaçları

Malign plevral mezotelyomada radyoterapi uygulamasının başlıca hedefleri şunlardır:

- Ağrı ve dispne gibi semptomların hafifletilmesi.
- Göğüs duvarı invazyonuna bağlı lokal kontrolün sağlanması.
- Cerrahi sonrası rezidüel hastalık yükünün azaltılması.
- Seçilmiş olgularda lokorejyonel nüks riskinin düşürülmesi.
- Multimodal tedavi yaklaşımının etkinliğinin artırılması.

Radyoterapinin hangi aşamada ve hangi amaçla uygulanacağı, hastanın klinik özelliklerine göre bireyselleştirilmelidir.

Palyatif Radyoterapi

Palyatif radyoterapi, ileri evre veya rezektabl olmayan mezotelyoma hastalarında en sık kullanılan radyoterapi yaklaşımıdır. Özellikle göğüs duvarı invazyonuna bağlı ağrı, yumuşak doku kitlesi, sinir basısı ve semptomatik metastazların kontrolünde etkili olabilmektedir.

Tedavi şeması, hastanın genel durumu ve beklenen yaşam süresi göz önünde bulundurularak belirlenmektedir. Klinik uygulamada en sık kullanılan palyatif fraksiyonasyon şemaları şunlardır:

- 20 Gy / 5 fraksiyon
- 30 Gy / 10 fraksiyon
- 36 Gy / 6 fraksiyon

Palyatif radyoterapi, birçok hastada ağrı kontrolü ve yaşam kalitesinde anlamlı iyileşme sağlayabilmektedir. Ancak yanıt süresi ve etkinlik bireyler arasında farklılık gösterebilmektedir.

Cerrahi Sonrası Radyoterapi

Adjuvan radyoterapi, cerrahi sonrası mikroskobik rezidüel hastalığın kontrol altına alınması amacıyla uygulanabilmektedir. Özellikle ekstraplevral pnömonektomi sonrasında, ipsilateral hemitoraksın ışınlanması uzun yıllar boyunca multimodal tedavi protokollerinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmiştir.

Bununla birlikte, akciğer koruyucu cerrahi uygulanan hastalarda postoperatif radyoterapi planlaması daha güçtür. Korunan akciğer dokusunun radyasyona duyarlılığı nedeniyle radyasyon pnömonisi ve pulmoner toksisite riski

artmaktadır. Bu nedenle radyoterapi kararı multidisipliner konsey tarafından bireysel olarak verilmelidir.

Profilaktik Trakt Radyoterapisi

Geçmişte torasentez, toraks tüpü yerleştirilmesi ve torakoskopi girişimlerinden sonra gelişebilecek girişim yolu metastazlarını önlemek amacıyla profilaktik trakt radyoterapisi yaygın biçimde uygulanmıştır. Ancak son yıllarda yapılan randomize çalışmalar, bu yaklaşımın rutin kullanımını destekleyen yeterli kanıt ortaya koyamamıştır.

Güncel uluslararası kılavuzlar, girişim yolu radyoterapisinin tüm hastalara rutin olarak uygulanmasını önermemekte; yalnızca seçilmiş olgularda değerlendirilmesini tavsiye etmektedir.

Modern Radyoterapi Teknikleri

Teknolojik gelişmeler, mezotelyoma tedavisinde radyoterapinin daha güvenli ve etkin biçimde uygulanmasına katkı sağlamıştır. Günümüzde kullanılan başlıca radyoterapi yöntemleri şunlardır:

- Üç boyutlu konformal radyoterapi (3D-CRT).
- Yoğunluk ayarlı radyoterapi (IMRT).
- Volümetrik ark tedavisi (VMAT).
- Görüntü kılavuzluğunda radyoterapi (IGRT).
- Proton tedavisi.

Özellikle IMRT ve VMAT teknikleri, hedef hacimlerin daha homojen ışınlanmasına olanak sağlarken kalp, özofagus, spinal kord ve karşı akciğer gibi kritik yapıların maruz kaldığı radyasyon dozunu azaltabilmektedir. Bununla birlikte, geniş hedef hacimler nedeniyle tedavi planlaması deneyimli merkezlerde gerçekleştirilmelidir.

Proton Tedavisi ve Gelecekteki Yaklaşımlar

Proton tedavisi, Bragg piki etkisi sayesinde çevre dokuların daha iyi korunmasını sağlayabilen ileri bir radyoterapi yöntemidir. Özellikle hemitoraksın geniş alanlarının ışınlanmasının gerektiği mezotelyoma hastalarında teorik avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, proton tedavisinin sağkalım üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmalar hâlen devam etmektedir.

Ayrıca, immünoterapi ile radyoterapinin birlikte kullanımını inceleyen çalışmalar, radyasyonun tümör mikroçevresi üzerindeki immünomodülatör etkilerinden yararlanmayı amaçlamaktadır. Gelecekte moleküler belirteçlerin ve kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının gelişmesiyle birlikte, radyoterapinin mezotelyoma tedavisindeki rolünün daha net ortaya konulması beklenmektedir.

Tedaviye Bağlı Toksisiteler

Radyoterapi sırasında veya sonrasında çeşitli yan etkiler ortaya çıkabilmektedir. En sık görülen komplikasyonlar şunlardır:

- Radyasyon pnömonisi.
- Özofajit.
- Yorgunluk.
- Dermatit.
- Kardiyak toksisite.
- Akciğer fonksiyonlarında azalma.

Toksisite riski; toplam radyasyon dozu, fraksiyonasyon şeması, cerrahi öyküsü ve hastanın mevcut komorbiditeleriyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle tedavi süresince hastaların klinik ve radyolojik açıdan yakın izlenmesi gerekmektedir.

Son yıllarda geliştirilen ileri planlama teknikleri sayesinde radyoterapiye bağlı yan etkilerin azaltılması mümkün hâle gelmiş olsa da, malign plevral mezotelyomada radyoterapinin optimal kullanım alanı hâlen araştırılmaya devam etmektedir.

Sonuç ve Klinik Özet

Malign plevral mezotelyoma, çoğunlukla asbest maruziyeti ile ilişkili, agresif biyolojik davranış gösteren ve prognozu genel olarak kötü seyreden nadir bir plevral malignitedir. Uzun latent dönemi, özgül olmayan klinik bulguları ve çoğu hastada ileri evrede tanı alması nedeniyle tanı ve tedavi süreci önemli güçlükler içermektedir. Son yıllarda görüntüleme yöntemleri, histopatolojik incelemeler ve moleküler tanı tekniklerinde kaydedilen ilerlemeler, hastalığın biyolojisinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamıştır.

Malign plevral mezotelyomanın etiopatogenezinde başta asbest olmak üzere erionit maruziyeti, iyonizan radyasyon ve çeşitli genetik değişiklikler rol oynamaktadır. Özellikle BAP1, CDKN2A, NF2 ve diğer tümör baskılayıcı genlerde saptanan değişiklikler, hem hastalığın gelişim mekanizmalarının aydınlatılmasına hem de yeni tedavi stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

Tanı sürecinde ayrıntılı maruziyet öyküsü, radyolojik değerlendirme ve yeterli doku örneklemesine dayanan histopatolojik inceleme temel öneme sahiptir. Dünya Sağlık Örgütü'nün güncel sınıflamasında epiteloid, sarkomatoid ve bifazik alt tipler tanımlanmış olup, histolojik özellikler hastaların prognozu ve tedavi seçenekleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Hastalığın evrelendirilmesinde TNM sistemi kullanılmakta, tedavi planlaması ise multidisipliner konseyler tarafından gerçekleştirilmektedir.

Cerrahi tedavi yalnızca seçilmiş hasta grubunda uygulanabilmekte ve günümüzde temel amaç makroskopik tümör yükünün azaltılması olarak kabul edilmektedir. Özellikle akciğer koruyucu cerrahi yaklaşımlar, uygun hastalarda multimodal tedavi stratejilerinin önemli bir bileşeni hâline gelmiştir. Bununla birlikte, cerrahinin sağkalıma katkısı konusundaki tartışmalar güncelliğini korumaktadır.

Sistemik tedavi alanında platin bazlı kemoterapi uzun yıllar standart yaklaşım olarak kabul edilmiş olsa da, immün kontrol noktası inhibitörlerinin klinik kullanıma girmesiyle birlikte tedavi algoritmalarında önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Özellikle nivolumab ve ipilimumab kombinasyonu, rezektabl olmayan hastalarda sağkalım açısından umut verici sonuçlar ortaya koymuştur. Ayrıca moleküler hedeflere yönelik tedaviler, hücresel immünoterapiler ve kişiselleştirilmiş tedavi stratejileri üzerine yürütülen çalışmalar devam etmektedir.

Radyoterapi ise semptom kontrolü, lokal hastalık yönetimi ve multimodal tedavi protokollerinin desteklenmesi açısından önemini sürdürmektedir. IMRT, VMAT ve proton tedavisi gibi modern teknikler sayesinde çevre dokuların korunması mümkün hâle gelmiş olsa da, radyoterapinin optimal kullanım alanı konusunda araştırmalar devam etmektedir.

Günümüzde malign plevral mezotelyoma tedavisinde en önemli yaklaşım, hastaların deneyimli merkezlerde göğüs cerrahisi, medikal onkoloji, radyasyon onkolojisi, göğüs hastalıkları, radyoloji ve patoloji uzmanlarından oluşan multidisipliner ekipler tarafından değerlendirilmesidir. Hastalığın moleküler temellerinin daha iyi anlaşılması ve yeni tedavi seçeneklerinin geliştirilmesiyle birlikte, gelecekte daha etkin ve bireyselleştirilmiş yaklaşımların klinik pratiğe girmesi beklenmektedir.

Klinik Özet

- Malign plevral mezotelyoma, plevral mezotelyal hücrelerden köken alan agresif bir malignitedir.
- En önemli risk faktörü asbest maruziyeti olup, erionit ve genetik yatkınlık da hastalık gelişiminde rol oynamaktadır.
- Maruziyet ile klinik bulguların ortaya çıkışı arasında genellikle 20–50 yıllık latent dönem bulunmaktadır.
- En sık semptomlar dispne, göğüs ağrısı ve plevral efüzyondur.
- Kesin tanı için histopatolojik inceleme ve immünohistokimyasal değerlendirme gereklidir.
- WHO 2021 sınıflamasına göre epiteloid, sarkomatoid ve bifazik alt tipler tanımlanmaktadır.

- Evreleme, TNM sisteminin sekizinci baskısına göre yapılmaktadır.
- Cerrahi tedavi yalnızca uygun seçilmiş hastalarda multimodal yaklaşımın bir parçası olarak uygulanmaktadır.
- İmmünoterapi ve hedefe yönelik tedaviler, mezotelyoma tedavisinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır.
- Hastaların yönetiminde multidisipliner yaklaşım temel prensip olarak kabul edilmektedir.

Kaynakça

1. Baas P, Fennell D, Kerr KM, Van Schil PE, Haas RL, Peters S. Malignant pleural mesothelioma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol*. 2021;32(6):728–744.
2. Bibby AC, Tsim S, Kanellakis N, Ball H, Talbot DC, Blyth KG, Maskell NA. Malignant pleural mesothelioma: an update on investigation, diagnosis and treatment. *Eur Respir Rev*. 2016;25(142):472–486.
3. Hmeljak J, Sanchez-Vega F, Hoadley KA, et al. Integrative molecular characterization of malignant pleural mesothelioma. *Cancer Discov*. 2018;8(12):1548–1565.
4. Nicholson AG, Sauter JL, Nowak AK, Kindler HL, Gill RR, Remy-Jardin M, et al. Mesothelial tumours. In: WHO Classification of Tumours Editorial Board, editors. *Thoracic Tumours*. 5th ed. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2021.
5. Opitz I, Scherpereel A, Berghmans T, Psallidas I, Glatzer M, Rigau D, et al. ERS/ESTS/EACTS/ESTRO guidelines for the management of malignant pleural mesothelioma. *Eur Respir J*. 2020;55(6):1900953.
6. Porcel JM. When the pleura appears normal: advancing minimally invasive diagnosis of malignant pleural effusion. *Eur Respir J*. 2025;66:1753–2025.
7. Rusch VW, Giroux D, Kennedy C, Ruffini E, Cangir AK, Rice D, et al. Initial analysis of the International Association for the Study of Lung Cancer mesothelioma database. *J Thorac Oncol*. 2012;7(11):1631–1639.
8. Scherpereel A, Opitz I, Berghmans T, Psallidas I, Glatzer M, Rigau D, et al. ERS/EACTS/ESTS guidelines on the management of malignant pleural mesothelioma. *Eur Respir J*. 2020;55(6):1900953.
9. Vogelzang NJ, Rusthoven JJ, Symanowski J, Denham C, Kaukel E, Ruffie P, et al. Phase III study of pemetrexed in combination with cisplatin versus cisplatin alone in patients with malignant pleural mesothelioma. *J Clin Oncol*. 2003;21(14):2636–2644.
10. Baas P, Scherpereel A, Nowak AK, Fujimoto N, Peters S, Tsao AS, et al. First-line nivolumab plus ipilimumab in unresectable malignant pleural mesothelioma. *N Engl J Med*. 2021;383(13):1194–1203.
11. Fennell DA, Kirkpatrick E, Cozens K, Nye M, Lester JF, Hanna GG, et al. Extended pleurectomy decortication versus no pleurectomy decortication for patients with pleural mesothelioma (MARS 2): a multicentre, randomised, controlled trial. *Lancet Respir Med*. 2024;12(4):275–287.
12. International Agency for Research on Cancer (IARC). *Global Cancer Observatory: Cancer Today*. Lyon: IARC; 2022.

10. Bölüm

Elektromanyetik Dalgaların Canlı Organizmalara Etkileri

**Kübra Asena TERİM KAPAKIN¹, Esra MANAVOĞLI KIRMAN²,
Betül ORHAN³**

Özet

Elektromanyetik dalgalar, doğal ve yapay kaynaklardan yayılan ve günümüzde yaşamın ayrılmaz bir parçası hâline gelen fiziksel etkenlerdir. Mobil iletişim teknolojileri, kablosuz ağlar, elektrikli ev aletleri ve diğer elektronik cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte elektromanyetik alanlara maruziyet önemli ölçüde artmıştır. Bu durum, elektromanyetik alanların canlı sistemler üzerindeki olası biyolojik etkilerine yönelik bilimsel ilgiyi artırmıştır.

Elektromanyetik alanların biyolojik sistemler üzerindeki etkileri; maruziyet süresi, frekans, alan şiddeti ve dokuların özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Deneysel çalışmalar, elektromanyetik alanların hücresel fonksiyonlar, oksidatif stres, gen ekspresyonu, inflamatuvar süreçler ve çeşitli fizyolojik mekanizmalar üzerinde etkili olabileceğini bildirmektedir. Bununla birlikte, özellikle uzun süreli maruziyetin insan ve hayvan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda mevcut bulgular tam olarak tutarlı değildir. Bu nedenle, elektromanyetik alanların biyolojik etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı maruziyet koşullarını değerlendiren, standart yöntemlerle yürütülen kapsamlı deneysel ve epidemiyolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyolojik etkiler, Canlı organizmalar, Elektromanyetik dalgalar, Canlı sağlığı.

¹ Prof. Dr. Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı
Orcid: 0000-0002-1740-8657

² Dr. Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı
Orcid: 0000-0003-3877-7686

³ Arş. Gör., Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı
Orcid: 0009-0005-6921-1732

1. Giriş

Elektromanyetik dalgalar, güneş gibi doğal kaynaklardan ve mobil iletişim cihazları, kablosuz ağılar ve ev aletleri gibi yapay teknolojilerden yayılan, modern yaşamın ayrılmaz bir parçasıdır. Elektriksel olarak aktif dokulardan oluşan insan vücudu, bu alanlarla sürekli etkileşim halindedir. Manyetik ve elektrik alanların temel özellikleri iyi bilinmesine rağmen, biyolojik etkileri -özellikle sinir sistemi üzerindeki etkileri- devam eden bir tartışma ve araştırma konusudur (Fang ve ark., 2026).

Son elli yılda, günlük ortamlarda iyonlaştırıcı olmayan elektromanyetik radyasyonun yayılması, potansiyel sağlık riskleri konusunda endişeleri artırmıştır. Karmaşık nöron ve sinaptik bağlantı ağına sahip sinir sistemi, dış elektromanyetik etkilere özellikle duyarlıdır. Deneysel çalışmalar, yüksek frekanslı elektromanyetik alanların (EMF'ler) nöronal uyarılabilirliği, sinaptik plastisiteyi ve nöroimmün yanıtları değiştirebileceğini ve potansiyel olarak bilişsel ve davranışsal değişikliklere yol açabileceğini göstermektedir (Dash ve ark., 2025).

Biyolojik dokulara minimum zayıflama ile nüfuz edebilen manyetik alanların aksine, alternatif elektrik alanları vücutta akımlar oluşturur. Bu indüksiyon akımları, normal nöronal sinyalleşmeye müdahale edebilir ve uzun süreli maruz kalma etkileri hakkında soruları gündeme getirebilir. Hayvan modelleri, elektromanyetik alan (EMF) maruziyeti sonrasında nörotransmitter düzeylerinde, oksidatif stres belirteçlerinde ve nöronal morfolojide değişiklikler göstermiştir; insan epidemiyolojik çalışmaları ise genellikle tekrarlanabilirlik zorluklarıyla sınırlı, tutarsız sonuçlar vermiştir (Guo ve ark., 2024).

Cep telefonlarının, Wi-Fi yönlendiricilerinin ve baz istasyonlarının artan yaygınlığı, EMF maruziyetini kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu teknolojilerin hızlı yayılımı ve net bir düzenleyici konsensüsün olmaması, kamuoyunda endişeyi körüklemektedir. Bazı çalışmalar EMF maruziyeti ile depresyon, uyku bozuklukları ve nörodejeneratif durumlar gibi nörolojik bozukluklar arasında ilişkiler bildirirse de, kesin nedensel bağlantılar belirsizliğini korumaktadır. Mevcut araştırmalar, EMF'nin sinir sistemiyle etkileşiminin biyolojik önemini açıklığa kavuşturmak için standartlaştırılmış metodolojilere ve uzunlamasına çalışmalara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır (Lin ve ark., 2025).

2.1. Elektromanyetik Dalga Nedir?

Bilimsel ve teknolojik gelişmeler, insan konforunu ve yaşam kalitesini iyileştiren ürünlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bununla birlikte, on dokuzuncu yüzyıldan beri hızlı sanayileşme ve elektrik teknolojilerinin artan kullanımı, canlı organizmaları olumsuz etkileyebilecek çevresel faktörleri de beraberinde

getirmiştir. Bu faktörler arasında, yaygın varlığı ve potansiyel biyolojik etkileri nedeniyle elektromanyetik (EM) alanlar önemli bilimsel ilgi çekmiştir. Elektromanyetik alan, elektromanyetik enerjinin var olduğu ve maddeyle etkileşime girdiği bölgeyi ifade eder (Atakır ve ark., 2022). Elektromanyetik alanlar iki temel bileşenden oluşur: elektrik alanları ve manyetik alanlar. Elektrik alanları elektrik yüklerinin varlığından kaynaklanırken, manyetik alanlar, atomlar içindeki elektronların yörünge hareketi ve içsel dönüşü de dahil olmak üzere, elektriksel olarak yüklü parçacıkların hareketiyle üretilir. Manyetik alanlar insan duyuları tarafından doğrudan gözlemlenemese de, varlıkları ve etkileri ölçülebilir fiziksel ve biyolojik etkileriyle gösterilebilir (İkinci ve ark., 2016). Canlı organizmalar da dahil olmak üzere tüm maddeler, değişen yoğunlukta içsel manyetik özelliklere sahiptir. Bu içsel manyetik özelliklere ek olarak, canlı organizmalar çevrelerindeki doğal ve insan kaynaklı manyetik alanlara sürekli olarak maruz kalmaktadır. Biyolojik sistemler ile dış manyetik alanlar arasındaki etkileşim fizyolojik adaptasyonlara katkıda bulunabilirken, manyetik alan homeostazındaki bozulmaların belirli koşullar altında biyolojik değişikliklere ve doku hasarına yol açabileceği öne sürülmüştür (Dirik ve ark., 2024).

Elektromanyetik dalgalar, radyo frekans kaynakları tarafından üretilir ve salınan elektrik ve manyetik alanlar şeklinde uzayda yayılır. Yüksek veya düşük güçte yayılmalarına bakılmaksızın, elektrikli ve elektronik cihazlar tarafından üretilen elektromanyetik dalgalar biyolojik dokularla etkileşime girebilir ve fizyolojik süreçleri etkileyebilir. Biyolojik etkileri genellikle termal mekanizmalar veya termal olmayan kimyasal değişikliklerle ilişkilidir. Yüksek yoğunluklu elektromanyetik radyasyona maruz kalma, öncelikle ısı üretimi yoluyla doku hasarına neden olurken, düşük yoğunluklu radyasyona uzun süreli maruz kalma, hücresel işlevi olumsuz etkileyebilecek biyokimyasal değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Yüksek enerjili elektromanyetik radyasyon, molekülleri iyonlaştırarak moleküler yapıları ve temel biyolojik işlevleri bozabilir ve zararlı biyokimyasal reaksiyonları teşvik edebilir. Bu tür radyasyon iyonlaştırıcı radyasyon olarak sınıflandırılır (Tekeli, 2025). Buna karşılık, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon (NIR), fotonlarının atomları iyonlaştırmak veya kimyasal bağları kırmak için yeterli enerjiye sahip olmayan elektromanyetik dalgalardan oluşur. İyonlaştırıcı olmayan spektrum, radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi radyasyon, görünür ışık, lazer radyasyonu ve ultraviyole radyasyon dahil olmak üzere düşükten yüksek enerjiye kadar uzanan formları kapsar. NIR, normal maruz kalma koşullarında iyonlaşmaya neden olmasa da, çeşitli biyolojik etkilere yol açabilir. Maruz kalma yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon doku sıcaklığını artırabilir, biyokimyasal reaksiyonları değiştirebilir ve hücreler ve dokular içinde elektriksel akımlar

oluşturarak normal hücresel aktiviteyi potansiyel olarak etkileyebilir (Çelik ve ark., 2016).

Manyetik alanın şiddeti tesla (T) ile ifade edilirken, gauss (G) da yaygın olarak kullanılan bir ölçü birimidir. Elektrik ve manyetik alanlar farklı fiziksel özelliklere sahip olduklarından, biyolojik sistemlerle farklı mekanizmalar aracılığıyla etkileşime girerler ve farklı biyolojik etkiler üretebilirler. İnsan sağlığı üzerindeki etkilerinin altında yatan kesin mekanizmalar henüz tam olarak aydınlatılmamış olsa da, mevcut kanıtlar manyetik alanların elektrik alanlarından daha belirgin biyolojik etkiler gösterebileceğini düşündürmektedir (Bağatırlar, 2016). Birçok malzeme tarafından zayıflatılabilen elektrik alanlarının aksine, manyetik alanlar çoğu biyolojik dokuya kolayca nüfuz eder ve yalnızca özel olarak tasarlanmış koruyucu malzemeler tarafından engellenir. Elektrik alanları öncelikle insan vücudunun yüzeyinde zayıf elektrik akımları oluştururken, manyetik alanlar daha derin dokulara nüfuz edebilir ve iç organlarda indüklenmiş akımlar üretebilir. Bu indüklenmiş akımların, manyetik alanların biyolojik sistemlerle etkileşime girdiği temel mekanizmalardan biri olduğu öne sürülmüştür (Yakıncı, 2016).

Elektromanyetik dalgaları, frekansları ve dalga boyları tanımlar. Frekans ekseninde, bütün elektromanyetik dalga çeşitlerini aynı anda gösteren çizelgeye elektromanyetik spektrum (tayf) adı verilir (Önal 2005). Tüm elektromanyetik dalgaları bir arada gösteren elektromanyetik spektrumun bir tarafında yüksek enerjili ve nanometre düzeyinde dalga boyuna sahip olan gama ışınları bulunurken diğer tarafında düşük enerjili ve kilometreler düzeyinde dalga boyu olan çok düşük frekanslı (Extremely Low Frequency; ELF) ışınlar bulunur. Her maddenin farklı frekanslarda EL vardır (Atakır ve ark., 2022). Manyetik alana maruz kalan canlılarda, vücut içi moleküllerin elektriksel olarak yüklü olmaları nedeniyle, elektrik akımları oluşur. Tüm vücut değişken manyetik alan etkisinde kaldığında bazı sınırlar dahilinde vücutta değişiklikler olduğu bilinmektedir. En bilinen etkiler aşağıda verilmektedir; (Çoşkun ve ark., 2009).

- 50/60 Hz'de 0.5-5 mT üzerindeki manyetik alan veya 3 Hz de 10-100 mT'lık manyetik alanın vücut içinde oluşturduğu 1-10 mA/m²'lik akım yoğunluğu ikinci derecede biyolojik etkiler meydana getirir.

- 50/60 Hz'de 5-50 mT üzerindeki manyetik alan veya 3 Hz de 100-1000 mT'lık manyetik alanın vücut içinde oluşturduğu 10-100 mA/m²'lik akım yoğunluğu görmeyi içeren dokular ve sinir sisteminde tedavi edici özellikleri vardır. Ayrıca kemik kırıklarındaki onarılma hızını artırır (Li ve ark., 2008).

- 50/60 Hz'de 50-500 mT üzerindeki manyetik alan veya 3 Hz de 1-10 T'lık manyetik alanın vücut içinde oluşturduğu 100-1000 mA/m²'lik akım yoğunluğu uyarılabilir ve dokuları stimüle etmektedir (Çoşkun ve ark., 2009).

- 50/60 Hz'de 500 mT den büyük veya 3 Hz de 10 T'lık manyetik alanın vücut içinde oluşturduğu 1000 mA/m²'lik akım yoğunluğu akut sağlık riskleri meydana getirmektedir (Çoşkun ve ark., 2009).

2.2. Elektromanyetik Dalga Kaynakları Nelerdir?

Elektriğe ve kablolu iletişim teknolojilerine olan bağımlılığın artması, günlük yaşamda elektromanyetik alanlara (EMF) maruz kalma oranını önemli ölçüde artırmıştır (Yılmaz ve ark., 2022). Çevresel EMF'ler genellikle iki ana frekans aralığına ayrılır. Birincisi, yüksek gerilim hatları, transformatörler ve diğer elektrik altyapısı dahil olmak üzere elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemleri tarafından üretilen aşırı düşük frekanslı (ELF) elektromanyetik alanları içerir. İkincisi ise, mobil iletişim baz istasyonları, cep telefonları, radyo ve televizyon yayın sistemleri, radar tesisleri, uydu iletişim ağları, mikrodalga fırınlar ve çeşitli endüstriyel ısıtma cihazları tarafından yayılan radyo frekansı ve mikrodalga (RF-MW) spektrumunu içerir (Çerezci, 2012). Bu iki elektromanyetik alan kategorisi, farklı fiziksel mekanizmalar aracılığıyla biyolojik dokularla etkileşime girer ve bu nedenle farklı maruz kalma özelliklerine ve güvenlik eşik değerlerine sahiptir (Güler ve ark., 2012). Özellikle telekomünikasyon sistemleri, radyo ve televizyon vericileri, radar teknolojileri ve benzeri elektronik cihazlar, farklı frekanslarda, dalga boylarında ve alan yoğunluklarında elektromanyetik dalgalar üreterek insan maruziyetinde çeşitli modellere yol açmaktadır (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı ve İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, 2017). Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre, elektromanyetik alanlara maruz kalmanın başlıca kaynakları arasında radar sistemleri, navigasyon ve yön bulma ekipmanları, metal dedektörleri gibi güvenlik tarama cihazları, elektrikle çalışan demiryolu sistemleri, yüksek gerilim iletim hatları ve yer altı elektrik kabloları, radyo ve televizyon yayın tesisleri ve cep telefonu baz istasyonları yer almaktadır (Dünya Sağlık Örgütü [DSÖ], 2026).

Günümüzde, elektromanyetik alanların oluşumuna katkıda bulunan çok sayıda doğal ve yapay kaynak bulunmaktadır. Yaygın kaynaklar arasında radar sistemleri, cep telefonları, radyo ve televizyon yayın ekipmanları, tıbbi ve endüstriyel elektronik cihazlar, yüksek gerilimli elektrik iletim hatları, mikrodalga fırınlar ve çok çeşitli ev tipi elektrikli cihazlar yer almaktadır (Yakıncı ve ark., 2016). Bu teknolojilerin yaygın ve artan kullanımı göz önüne alındığında, uzun süreli elektromanyetik alan maruziyetinin potansiyel sağlık etkileri konusunda artan bir endişe söz konusudur. Elektromanyetik radyasyonun olumsuz etkilerinin tam olarak ortaya çıkması yıllar alabilirken, uzun süreli maruziyetin önemli bir halk sağlığı sorunu oluşturabileceği öne sürülmüştür. Bu nedenle, önleyici tedbirler almak ve mümkün olduğunca gereksiz maruziyeti en

aza indirmek, potansiyel uzun vadeli sağlık risklerini azaltmak için ihtiyatlı stratejiler olarak kabul edilmektedir (Yağmur ve ark., 2003).

2.3. Elektromanyetik Dalgaların Biyokimyasal Etkileri

Elektromanyetik alanlar (EMF'ler) biyolojik dokulara nüfuz edebilme özelliğine sahiptir ve çok çeşitli fizyolojik ve hücresel süreçleri etkileyebilir. Manyetik alanların ve elektromanyetik dalgaların biyolojik etkileri belirli maruz kalma koşulları altında gösterilmiş olsa da, EMF'lerin insan sağlığı üzerindeki genel etkisi tam olarak anlaşılamamıştır. Bu belirsizlik büyük ölçüde bireysel maruz kalma seviyelerinin doğru bir şekilde ölçülmesinin zorluğuna ve sağlık etkilerini değerlendiren uzun vadeli epidemiyolojik ve deneysel çalışmaların sınırlı mevcudiyetine bağlanmaktadır (Delin, 2021). Deneysel kanıtlar, EMF'lerin hücre zarında bulunan ve elektromanyetik uyarılmaya karşı oldukça hassas kabul edilen reseptör molekülleriyle etkileşime girebileceğini göstermektedir. Bu tür etkileşimlerin hücre içi iyon dengesini, DNA sentezini, RNA transkripsiyonunu ve hormonlara ve nrotransmitterlere hücresel yanıtları etkilediği bildirilmiştir. Bu biyolojik değişiklikler genellikle uzun süreli maruz kalma veya yüksek yoğunluklu elektromanyetik alanlara maruz kalma sonrasında daha belirgindir (Emre, 2018). Artan kanıtlar ayrıca düşük frekanslı manyetik alanların, tümör gelişimine katkıda bulunabilecek hücresel değişikliklere neden olarak bağışıklık sistemi fonksiyonunu etkileyebileceğini de göstermektedir (Akdağ ve ark., 2012). nceki alışmalar, manyetik alan maruziyetinin DNA, RNA ve protein sentezi (Liboff ve ark., 1984), hücre çoğalması (Adey, 1993), transmembran kalsiyum taşınması ve hücre içi sinyal iletim yolları (Walleczek, 1992) dahil olmak üzere çok sayıda temel hücresel süreci etkileyebileceğini göstermiştir. Dahası, aşır düşük frekanslı (ELF) manyetik alanlar, oksidatif stres, serbest radikal metabolizması, protein sentezi ve bağışıklık, üreme, sinir, gelişim ve büyüme sistemlerini içeren çeşitli biyolojik etkilerle ilişkilendirilmiştir. Bu bulgular, ELF manyetik alanlarının potansiyel kanserojen ve genotoksik özellikleri konusunda endişelere yol açmıştır (Akdağ ve ark., 2012). 50/60 Hz manyetik alanların genellikle DNA'ya doğrudan zarar verecek kadar enerji aktaramadığı düşünülse de, biriken kanıtlar, oksidatif stres ve serbest radikal aracılı hücresel olayları içeren mekanizmalar yoluyla genomik stabilitiyi dolaylı olarak etkileyebileceklerini göstermektedir. Bildirilen genotoksik sonuçlar arasında kromozomal sapmalar, artmış mikronükleus oluşumu, DNA zincir kırılmaları, DNA onarım süreçlerinde değişiklikler ve hücre ölümüne yol açan sitotoksik etkiler yer almaktadır (Akdağ ve ark., 2012).

Bu gözlemlere rağmen, düşük frekanslı manyetik alan maruziyetinin biyolojik önemi tartışmalı olmaya devam etmektedir. Mevcut kanıtlar, düşük yoğunluklu

EMF maruziyeti ile olumsuz insan sağlığı sonuçları arasında kesin bir ilişki kurmak için yetersizdir. Bununla birlikte, deneysel hayvan çalışmaları, bu tür maruziyetin kimyasal maddelerin hareketini engelleyerek ve hormon ve enzim konsantrasyonlarını değiştirerek doku biyokimyasal süreçlerini değiştirebileceğini göstermiştir (Anselmo ve ark., 2009). Birkaç in vivo çalışma, manyetik alanların biyolojik aktivitesini daha da desteklemektedir. Örneđin, Sieroń ve ark. (2004) yılında yapılan bir çalışmada, sıçanların 1,8 ila 3,8 mT aralığındaki manyetik alanlara günlük maruz kalmasının frontal kortekste dopamin ve 5-hidroksitriptamin (serotonin) sentezini artırdığı bildirilmiştir (Sieroń ve ark., 2004). Benzer şekilde, Koyu ve ark. (2005), dört hafta boyunca 900 MHz elektromanyetik alana maruz kalan sıçanlarda serum testosteron konsantrasyonlarında azalma ve buna eşlik eden kortizol seviyelerinde artış olduğunu göstermiş ve elektromanyetik alan maruziyetinin nöroendokrin ve endokrin düzenlemeyi etkileyebileceğini ne sürmüştür (Koyu ve ark., 2005).

Çeşitli deneysel ve klinik çalışmalar, elektromanyetik alanlara (EMF) kronik maruz kalmanın endokrin fonksiyonu nasıl etkileyebileceğini incelemiştir. GSM cep telefonu radyasyonuna maruz kalan erkek gönüllülerle yapılan bir araştırmada, araştırmacılar tiroid uyarıcı hormon (TSH) salgısında %21'lik bir azalma bildirmiştir (Kim ve ark., 2024). Hayvan modellerinde de benzer bulgular gözlemlenmiştir: 1800 MHz EMF'ye maruz kalan sıçanlarda serum T3 ve T4 seviyelerinde önemli bir artış görülmüş, bu da tiroid aktivitesinde değişikliklere işaret etmektedir (Asl ve ark., 2019).

Statik manyetik alanlara maruz kalan farelerle yapılan laboratuvar deneyleri, embriyogenez ve spermatogenez süreçlerinde bozulmalar ortaya koymuştur. Benzer şekilde, 2450 MHz alana maruz kalan sıçanlarda folikül uyarıcı hormon (FSH) ve luteinize edici hormon (LH) seviyeleri değişmeden kalırken, toplam testosteronda belirgin bir azalma belgelenmiştir. 1,5 T manyetik alana maruz bırakılan insan gönüllülerde, hüresel ve metabolik fonksiyonlar için kritik öneme sahip olan kalsiyum ve demir konsantrasyonlarında azalma gözlemlenmiştir (Tripathi ve ark., 2022). Başka bir çalışmada ise 60 dakika boyunca 2,45 GHz radyasyona maruz kalan geç sıçanlarda büyüme hormonu salgısında azalma olduğu bildirilmiştir (Kim ve ark., 2024). Bu hormonal değişikliklerin ötesinde, EMF maruziyeti sirkadiyen ritimde değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Melatonin salgısında sürekli olarak azalma bildirilmiş olup, bozulmuş biyolojik ritimler ve kanser riski için potansiyel etkiler konusunda endişeler dile getirilmiştir. Melatonin meme kanserine karşı koruyucu bir rol oynadığından, azalmış salgılanma hastalığın başlangıcını hızlandırabilir. Ek olarak, 2,9 mT manyetik alana maruz bırakılan 20 erkek gönüllüyü içeren bir

çalışmada prolaktin seviyelerinde önemli bir azalma bulunmuş ve bu da endokrin sistemin EMF'lere duyarlılığını daha da vurgulamıştır (Dehaghi ev ark., 2024).

Yapılan bir diğer çalışmada ise maruz kalınan manyetik alanın şiddetine bağlı olarak radyo istasyonu çalışanlarının kolesterol seviyesi, televizyon istasyonu çalışanlarına göre daha düşük bulunmuştur. Bu sonuca göre manyetik alanın kolesterol seviyelerini etkilediği söylenebilir (Vangelova ve ark., 2006). Radyo-Tv yayın istasyonlarında çalışan teknisyenlerin hormon düzeylerini ölçen bir çalışmada ise östradiol, progesteron ve testosteron seviyelerinde yükselme gözlemlenmiştir (Dasdağ ve ark., 1999). Adrenal medulla tarafından üretilen katekolaminlerin sentezi yoğun egzersiz, hipoglisemi ve stres gibi durumlarda artar. Uydu anteni operatörlerinin kronik manyetik alana maruziyet sonrası katekolamin sekresyonlarında artış belirlenirken (Boscol ve ark., 2001), diğer bir çalışmada ise katekolamin ürünleri olan epinefrin ve norepinefrin seviyelerinde de önemli artış görülmüştür (Vangelova ve ark., 2002).

Elektromanyetik kirlilik, sıklıkla elektromog olarak adlandırılır ve baş ağrısı, hafıza sorunları, göğüs rahatsızlığı ve dolaşım bozuklukları da dahil olmak üzere çok çeşitli sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmiştir. Son çalışmalar, EMF maruziyetinin hücresel sinyalleşmeyi bozarak bağışıklık sistemi fonksiyonuna da müdahale edebileceğini öne sürmektedir (Luo ve ark., 2016). Hayvan deneyleri, EMF maruziyeti altında oksidatif stresin daha fazla kanıtını sunmaktadır. Manyetik alanlara maruz kalan sıçanlarda serbest radikal oluşumunda artış gözlemlenirken, cep telefonu radyasyonu glutatyon peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidan enzim aktivitesinde azalma ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde, 900 MHz EMF'ye maruz kalan kobaylarda malondialdehit seviyelerinde artış ve katalaz ve glutatyon seviyelerinde azalma gözlemlenmiş olup bu durum lipid peroksidasyonu ile tutarlıdır (Ammari ve ark., 2008). Metabolik değişiklikler de gözlemlenmiştir. Statik manyetik alanlara maruz kalan dişi sıçanlarda, muhtemelen glukagon ve insülin aktivitesindeki değişiklikler nedeniyle plazma glikoz seviyelerinin daha yüksek ve trigliserit seviyelerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Diğer çalışmalar, enzimatik ve glikojenolitik aktivitede değişikliklerin yanı sıra karaciğer ve böbrek fonksiyon belirteçlerinde de kaymalar bildirmiştir (Furtado-Filho ve ark., 2017).

Çalışmalarda, elektromanyetik alanların (EMF) kardiyovasküler ve sinir sistemlerini etkileyebileceğini göstermektedir. 50 Hz manyetik alanlara maruz kalan gönüllülerde, kontrollere kıyasla kalp atış hızlarında azalma görülürken, güçlü statik alanlara (>2 T) maruz kalma, baş dönmesi, baş ağrısı ve görme bozuklukları gibi geçici duyuşal etkilere neden olmuştur (Zhang ve ark., 2020). Hücresel düzeyde, EMF'lerin termal etkilerden bağımsız olarak fibroblast kültürlerinde DNA zincir kırılmalarına neden olduğu ve doğal öldürücü hücre

fonksiyonunu azaltarak bağışıklık aktivitesini baskıladığı gösterilmiştir (Schuermann ve ark., 2021). Bu bulgular, EMF'lerin oksidatif stresi, genomik stabiliteyi ve bağışıklık düzenlemesini etkileme potansiyelini vurgulamaktadır.

2.4. Elektromagnetik Dalgaların Sinir Sistemi Üzerine Etkileri

İnsan vücudunun sistemleri birbirini tamamlayıcı bir şekilde çalışır ve organizmanın sağlıklı işleyişi fizyolojik dengenin korunmasına bağlıdır. Bu denge, hormonlar aracılığıyla aktiviteyi düzenleyen endokrin sistem ile dokular ve organlar arasında yanıtları koordine eden sinir sisteminin yakın entegrasyonuyla sağlanır (Dehaghi ve ark., 2024). Cep telefonlarının yaygın kullanımı ve beyne sürekli yakınlığıyla birlikte, elektromanyetik radyasyonun (EMR) merkezi sinir sistemi (CNS) ve ilgili organlar, dokular ve hücreler üzerindeki olası etkisine ilişkin endişeler giderek daha önemli hale gelmiştir. Araştırmacılar artık farklı frekanslarda ve güç yoğunluklarında EMR'nin nörotransmitter aktivitesini ve nörokimyasal yolları nasıl etkileyebileceğini inceliyorlar (Karamazı, 2025). Deneysel çalışmalardan elde edilen kanıtlar, 3 kV/m–0.1 G ile 30 kV/m–0.9 G arasında değişen yoğunluklarda 60 Hz alanlara kronik maruz kalmanın, sinir sistemi fonksiyonuyla ilişkili biyokimyasal parametreleri önemli ölçüde değiştirebileceğini göstermektedir. Bu değişiklikler, nörotransmitterlerin sentezi ve metabolizmasından sorumlu enzimlerin aktivitesindeki modifikasyonları içerir ve uzun süreli elektromanyetik alan maruziyetinin normal nörokimyasal sinyalleşmeyi bozabileceğini düşündürmektedir (Güçlü, 2011).

Elektromanyetik alan (EMF) maruziyetinin merkezi sinir sistemindeki nörotransmitter metabolizması üzerindeki etkilerini araştıran çeşitli deneysel çalışmalar yapılmıştır; ancak bulguları tutarsız kalmıştır. Cassone ve ark. (1993), farklı alan yoğunluklarında yüksek frekanslı elektromanyetik alanlara maruz kalan sıçanlarda beyin serotonininde ve birincil metaboliti olan 5-hidroksiindolasetik asitte (5-HIAA) önemli değişiklikler gözlemlediklerini ve EMF maruziyetinin serotonerjik nörotransmisyonu etkileyebileceğini öne sürmüşlerdir (Cassone ve ark., 1993). Buna karşılık, Cao ve ark. (2000), benzer maruziyet koşullarını takiben bu nörokimyasal parametrelerde önemli bir değişiklik bulamamış ve deneysel sonuçlar arasındaki değişkenliği vurgulamışlardır (Cao ve ark., 2000). EMF'lerin γ -aminobütirik asit (GABA) metabolizması üzerindeki etkileri de benzer şekilde çelişkili sonuçlar vermiştir. Lai ve ark. (2009), elektromanyetik alan maruziyetinin sıçan beynindeki GABA konsantrasyonlarını önemli ölçüde değiştirmediğini gözlemlemiştir. Buna karşılık, Mausset-Bonnefont ve ark. (2004) yılında yapılan bir çalışma, 900 MHz GSM sistemleri tarafından yayılanlara benzer yüksek enerjili radyo frekans

alanlarına maruz kalmanın beyindeki GABA seviyelerini düşürdüğünü ve belirgin bir glial yanıtı tetiklediğini, bunun da olası nörokimyasal ve nöroinflamatuvar etkileri gösterdiğini ortaya koymuştur (Lai ve ark., 2009). Bu bulgulara ek olarak, Zecca ve ark. (1991), farklı yoğunluklarda 50 Hz manyetik alanlara maruz kalan sıçanların striatumunda glutamat, aspartat ve GABA konsantrasyonlarında önemli azalmalar bildirmiştir. Toplu olarak, bu çalışmalar elektromanyetik alan maruziyetinin beyindeki nörotransmitter homeostazını etkileyebileceğini düşündürmektedir; ancak bu etkilerin büyüklüğü ve yönü, maruz kalma sıklığı, alan yoğunluğu, maruz kalma süresi ve deneysel tasarım gibi faktörlere bağlı görünmektedir (Zecca ve ark., 1991).

Beyin metabolizması için oldukça önemli olan serbest radikal dengesinin oksidatif hasar yönüne kayması sonucu biyomoleküller karsinogenik ajan olarak hareket edebilirler Halliwell ve ark., 2015). Gradient manyetik alanlar bazı nöroreseptörler üzerine inhibisyon etkisi gösterebilmektedir. Bu inhibisyon etkisi başta morfin olmak üzere bazı narkotik ilaçların analjezik etkilerinde düşüşe yok açmaktadır. Statik alanlarda ise bu tür etkilere rastlanılmamıştır (Prato ve ark., 1987).

Günlük yaşamda elektromanyetik alan (EMF) maruziyetinin en yaygın kaynaklarından biri olan cep telefonları, küresel iletişim düzenlemeleri tarafından 900 MHz'e standardize edilmiş bir frekansta çalışmaktadır. Bu nedenle, çoğu deneysel çalışma bu frekans aralığına odaklanmıştır. Bununla birlikte, bulgular tekdüze değildir: bazı raporlar minimal veya hiç etki göstermezken, diğerleri EMF maruziyetinin embriyonik ve ergenlik gelişimini olumsuz etkileyebileceğini ve dokularda patolojik değişikliklere yol açabileceğini öne sürmektedir (Bilgici ve ark., 2013). Kanıtlar, merkezi sinir sisteminin (MSS) özellikle savunmasız olduğunu göstermiştir. Birçok çalışma, EMF'lerin nöronal hücrelerde apoptozu tetikleyebileceğini, bu sürecin kaspazlar tarafından aracılık edildiğini belgelemiştir. Özellikle Kaspaz-3, apoptoz, inflamasyon ve proliferasyonda merkezi bir rol oynar ve aktivasyonu nörodejeneratif süreçlerle ilişkilendirilmiştir (Tüfekci ve ark., 2025). 900 MHz elektromanyetik alanlara doğum öncesi dönemde maruz bırakılan sıçanların histopatolojik analizleri, omurilik doku katmanlarında hasar olduğunu ortaya koyarak, elektromanyetik alanların normal gelişimi bozabileceği fikrini desteklemiştir (Mercantepe 2018). Embriyonik ve ergenlik öncesi dönemlerde yapılan diğer araştırmalar da benzer şekilde dokularda patolojik değişiklikler bildirmiş ve gelişimsel duyarlılıkla ilgili endişeleri güçlendirmiştir (Uzar ve ark., 2011). Merkezi sinir sistemi, elektromanyetik alan kaynaklı değişikliklere en duyarlı sistem gibi görünmektedir. İkinci ve arkadaşları, maruz kalan sıçanlarda düzensiz perikaryonlar, infiltrasyon ve miyelin kılıfının kalınlaşmasını gözlemlemiştir

(İkinci ve ark., 2016), Kerimoğlu ve arkadaşları ise koyu renkli nükleer yapılar bildirmiştir (Kerimoğlu ve ark., 2016). Lai ve meslektaşları, düzensiz perikaryonlu apoptotik nöronlar tespit etmiş ve radyo frekans dalgalarının sıçan beyin hücrelerinde DNA zincir kırılmalarına neden olabileceğini göstermiştir (Lai ve ark., 2019).

SONUÇ

Mevcut kanıtlar, elektromanyetik alanların (EMF) biyolojik sistemler üzerinde ölçülebilir etkiler gösterdiğini ve hücrel ve moleküler homeostazı koruyan hassas dengeyi bozduğunu göstermektedir. Biyokimyasal yolları değiştirerek ve hücrelerin ve dokuların elektriksel özelliklerine müdahale ederek, EMF'ler birçok fizyolojik alanda bozulmalara yol açmaktadır. Araştırmalar, kardiyovasküler, bağışıklık ve sinir sistemlerinde sürekli olarak işlev bozuklukları bildirmekte ve potansiyel sağlık etkilerinin geniş kapsamını vurgulamaktadır. En endişe verici bulgulardan biri, uzun süreli EMF maruziyeti altında bağışıklık sistemi aktivitesinin zayıflamasıdır. Doğal öldürücü hücre fonksiyonunun baskılanması ve antioksidan savunmaların azalması gözlemlenmiştir; bu da enfeksiyonlara ve malignitelere karşı duyarlılığı artırabilir. Bu bağışıklık değişikliklerinin hem kanserin başlangıcına hem de ilerlemesine katkıda bulunduğu düşünülmekte ve EMF'lerin olası bir kanserojen risk faktörü olduğu vurgulanmaktadır. Sinir sistemi özellikle savunmasız görünmektedir; radyo frekansı ve aşırı düşük frekanslı alanlara maruz kalmanın ardından nörotransmitter metabolizmasında, nöronal apoptozda ve DNA bütünlüğünde değişiklikler belgelenmiştir. Bu tür bozulmalar nörodejeneratif süreçleri hızlandırabilir ve bilişsel işlevi bozabilir. Kalp atış hızında ve vasküler yanıtlarda değişiklikler de dahil olmak üzere kardiyovasküler etkiler, elektromanyetik alanların sistemik etkisinin doğasını daha da göstermektedir. Modern ortamlarda elektromanyetik radyasyonun yaygınlığı göz önüne alındığında, biyolojik etkilerine yönelik araştırmaların hızı ve kapsamı genişletilmelidir. Riskleri açıklığa kavuşturmak ve halk sağlığı politikasına rehberlik etmek için uzunlamasına insan çalışmaları, standartlaştırılmış maruz kalma protokolleri ve mekanik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Elektromanyetik alanlar, yalnızca insan sağlığı için değil, bitkiler ve hayvanlar için de sonuçları olan kritik bir çevresel faktördür ve bu da sürekli bilimsel ilgi gerektiren küresel bir sorun haline gelmektedir.

KAYNAKLAR

1. Adey WR. Biological Effects of Electromagnetic Fields. J of Cell Biochem 1993; 51: 410-6. <https://doi.org/10.1002/jcb.2400510405>
2. Akdağ, T., & Sarıyıldız, L. (2012). Elektromanyetik alanlara maruziyet sonrası gözlenen bazı biyokimyasal değişiklikler. Cumhuriyet Medical Journal, 34(4), 534-539. <http://dx.doi.org/10.7197/1305-0028.1336>
3. Ammari, M., Brillaud, E., Gamez, C., Lecomte, A., Sakly, M., Abdelmelek, H., & De Seze, R. (2008). Effect of a chronic GSM 900 MHz exposure on glia in the rat brain. Biomedicine & pharmacotherapy, 62(4), 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2008.03.002>
4. Anselmo CW, Pereira PB, Catanho MT, Medeiros MC. Effects of the electromagnetic field, 60 Hz, 3 microT, on the hormonal and metabolic regulation of undernourished pregnant rats. Braz J Biol 2009; 69: 397-404. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842009000200024>
5. Asl, J. F., Larijani, B., Zakerkish, M., Rahim, F., Shirbandi, K., & Akbari, R. (2019). The possible global hazard of cell phone radiation on thyroid cells and hormones: a systematic review of evidences. Environmental Science and Pollution Research, 26(18), 18017-18031. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05096-z>
6. Atakır, K., Özevci, G., & Ceyhan, B. (2022). Elektromanyetik radyasyon ve insan sağlığına etkileri. Environmental Toxicology and Ecology, 2(1), 9-21.
7. Bağatırlar, A. G. (2016). Manyetik alan kullanılarak ısı elde edilmesi (Master's thesis, Hitit University (Turkey)).
8. Bilgici, B., Akar, A., Avci, B., & Tuncel, O. K. (2013). Effect of 900 MHz radiofrequency radiation on oxidative stress in rat brain and serum. Electromagnetic biology and medicine, 32(1), 20-29. <https://doi.org/10.3109/15368378.2012.699012>
9. Boscol P, Di Sciascio MB, D'Ostilio S, Del Signore A, Reale M, Conti P, Bavazzano P, Paganelli R, Di Gioacchino M. Effects of electromagnetic fields produced by radiotelevision broadcasting stations on the immune system of women. Sci Total Environ 2001; 273: 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00815-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00815-4)
10. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı & İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. (2017). Ofis ortamındaki mesleki elektromanyetik alan maruziyetinin belirlenmesi ve risk düzeyinin tespit edilerek çözüm önerilerinin geliştirilmesi. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

11. Cassone M.C., Lombard A., Rossetti V., Urciuoli R. ve Rolfo P.M., “Effect of in vivo He-Ne lazer irradiation on biogenic amine levels in rat brain”, *J Photochem Photobiol B.*, 18(2-3), 291-4, 1993.
12. Çelik, H., Koyuncu, İ., Karakilçık, A. Z., Gönel, A., & Musa, D. (2016). Radyasyonlu ortamlarda çalışan insanlarda iyonize ve non-iyonize radyasyonun oksidatif stres ve antioksidan seviye üzerindeki etkileri. *Bezmialem Science*, 3, 106-9. DOI: 10.14235/bs.2016.872
13. Çerezci, O. (2012). Elektromanyetik kirlilik. *Elektromanyetik alan ve sağlık etkileri*, 1, 11-26.
14. Çoşkun, Ö., Çömlekçi, S., Nazıroğlu, M., & Özkorucuklu, S. (2009). Manyetik Alanın Sıçanlardaki Sinir İleti Parametrelerine Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 186-192. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.92085>
15. Dasdağ S, Balci K, Kaya H, Celik MS. Hormone levels of people occupationally exposed to radiofrequencies. *Biochem Arch* 1999; 15: 255-60.
16. Dash, D., & Koiri, R. K. (2025). Satellite-derived EMF mapping for predicting neurological health risks: A medical hypothesis. *Medical Hypotheses*, 111794. [10.1016/j.mehy.2025.111794](https://doi.org/10.1016/j.mehy.2025.111794)
17. Dehaghi, B. F., Shekarloo, M. V., Golbaghi, A., & Ghavamabadi, L. I. (2024). The impact of electromagnetic field exposure on diabetes: a narrative review. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*. <https://doi.org/10.18502/jehsd.v9i4.17386>
18. Delin, M. (2021). Çevresel Elektro-Magnetik Alan Kirliliği-Tip II Diyabet İlişkisinin Araştırılması (Doctoral Dissertation). Dirik, E. Y., Ateş, K., İl, N., & Özen, Ş. (2024). Günlük Yaşam Alanlarındaki Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Alanların İncelenmesi ve Maruziyet Analizi. *Akdeniz Mühendislik Dergisi*, 2(1), 24-34.
19. Emre, M. (2018). Radyofrekans ve düşük frekanslı elektromanyetik alanların bağışıklık sistemine etkileri. *Journal of Immunology and Clinical Microbiology*, 3(4), 68-80.
20. Fang, S., & Chen, S. (2026). Biological Effects of High-Frequency Electromagnetic Fields on CNS Function and Neuroimmune Responses: A Systematic Review of In Vitro and In Vivo Experimental Studies. *Neurotoxicity Research*, 44(4), 32. <https://doi.org/10.1007/s12640-026-00810-5>
21. Furtado-Filho, O. V. (2017). Ultra-high-frequency electromagnetic radiation and reactive species in mammals. In *Microwave Effects on DNA*

- and Proteins (pp. 249-274). Cham: Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-50289-2_7
22. Güçlü, G. G. (2011). 50 Hz Elektromanyetik Alanlar Ve Biyolojik Etkileri. Güler Ç, Vaizoğlu A. Çevre sağlığı: İyonlaştıran ve iyonlaştırmayan radyasyon. Editörler: Güler Ç, Akın L. Halk Sağlığı Temel Bilgiler, 2. baskı. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları; 2012, 2. Cilt. s.829-59.
 23. Guo, Z., Lei, L., Zhang, Z., Du, M., & Chen, Z. (2024). The potential of vascular normalization for sensitization to radiotherapy. *Heliyon*, 10(12). [10.1016/j.heliyon.2024.e32598](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32598)
 24. Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (2015). Free radicals in biology and medicine. Oxford university press.
 25. İkinci, A., Mercantepe, T., Unal, D., Erol, H. S., Şahin, A., Aslan, A., ... & Odacı, E. (2016). Morphological and antioxidant impairments in the spinal cord of male offspring rats following exposure to a continuous 900 MHz electromagnetic field during early and mid-adolescence. *Journal of chemical neuroanatomy*, 75, 99-104. [10.1016/j.jchemneu.2015.11.006](https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2015.11.006)
 26. Karamazı, Y. (2025). Sinir Sistemi Üzerine Radyofrekans Elektromanyetik Radyasyonun Rolü. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 34(2), 162-173. doi:10.17827/aktd.1662839
 27. Kerimoğlu, G., Hancı, H., Baş, O., Aslan, A., Erol, H. S., Turgut, A., ... & Odacı, E. (2016). Pernicious effects of long-term, continuous 900-MHz electromagnetic field throughout adolescence on hippocampus morphology, biochemistry and pyramidal neuron numbers in 60-day-old Sprague Dawley male rats. *Journal of chemical neuroanatomy*, 77, 169-175. [10.1016/j.jchemneu.2016.07.004](https://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2016.07.004)
 28. Kim, H. Y., Son, Y., Jeong, Y. J., Lee, S. H., Kim, N., Ahn, Y. H., ... & Lee, H. J. (2024). Effects of 4G long-term evolution electromagnetic fields on thyroid hormone dysfunction and behavioral changes in adolescent male mice. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(20), 10875. <https://doi.org/10.3390/ijms252010875>
 29. Koyu A, Cesur G, Özgüner F, Elmas O. Cep telefonlarından yayılan 900 MHz manyetik alanın serum kortizol ve testosteron hormonu üzerine etkisi. *SDÜ Tıp Fak Derg* 2005; 12; 52-6. <https://doi.org/10.17343/sdutfd.64413>
 30. Lai, H. (2019). Exposure to static and extremely-low frequency electromagnetic fields and cellular free radicals. *Electromagnetic biology and medicine*, 38(4), 231-248. <https://doi.org/10.1080/15368378.2019.1656645>

31. Lai, H., Horita, A., Chou, C. K., & Guy, A. W. (2009). A review of microwave irradiation and actions of psychoactive drugs. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 6(1), 31-36. [10.1109/MEMB.1987.5006372](https://doi.org/10.1109/MEMB.1987.5006372)
32. Li, K., Ma, S., Ding, G., Zhou, Y., Wang, X., Zeng, L., ... & Guo, Y. (2008, November). Effects of EMP on bone formation of MC3T3-E1 cells. In *2008 8th International Symposium on Antennas, Propagation and EM Theory* (pp. 895-897).
33. Liboff AR, Williams T Jr, Strong DM, Wistar R Jr. Time-varying magnetic fields: effect on DNA synthesis. *Science* 1984; 223: 818-20. [10.1126/science.6695183](https://doi.org/10.1126/science.6695183)
34. Lin, Y., Lang, H., Gao, P., Miao, X., Guo, Q., Hao, Y., ... & Guo, G. (2025). Electromagnetic pulse exposure induces neuroinflammation and blood-brain barrier disruption by activating the NLRP3 inflammasome/NF- κ B signaling pathway in mice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 292, 117972. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.117972>
35. Luo, X., Chen, M., Duan, Y., Duan, W., Zhang, H., He, Y., ... & Sun, X. (2016). Chemoprotective action of lotus seedpod procyanidins on oxidative stress in mice induced by extremely low-frequency electromagnetic field exposure. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 82, 640-648. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.06.005>
36. Mausset-Bonnefont A.L., Hirbec H., Bonnefont X., Privat A., Vignon J. ve de Se`ze R., “Acute exposure to GSM 900-MHz electromagnetic fields induces glial reactivity and biochemical modifications in the rat brain”, *Neurobiology of Disease*, 17, 445– 454, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.nbd.2004.07.004>
37. Mercantepe, T. (2018). Prenatal Dönemde 900Mhz Elektromanyetik Alanın Sıçan Omurilik Dokusu Üzerine Etkilerinin Histopatolojik Olarak İncelenmesi. <https://doi.org/10.31067/0.2018.4>
38. Önal, E. (2005). Elektromanyetik Alanların Canlı Organizmalara Etkilerinin İncelenmesi (Master's thesis, İnönü University (Turkey)).
39. Prato FS, Ossenkopp KP, Kavaliers M, Sestini E, Teskey GC. Attenuation of morphine-induced analgesia in mice by exposure to magnetic resonance imaging: separate effects of the static, radiofrequency and time-varying magnetic fields. *Magn Reson Imaging* 1987; 5: 9-14. [https://doi.org/10.1016/0730-725X\(87\)90478-4](https://doi.org/10.1016/0730-725X(87)90478-4).
40. Schuermann, D., & Mevissen, M. (2021). Manmade electromagnetic fields and oxidative stress—biological effects and consequences for health.

- International journal of molecular sciences, 22(7), 3772. <https://doi.org/10.3390/ijms22073772>
41. Sieroń A, Labus L, Nowak P, Cieślak G, Brus H, Durczok A, Zagził T, Kostrzewa RM, Brus R. Alternating extremely low frequency magnetic field increases turnover of dopamine and serotonin in rat frontal cortex. *Bioelectromagnetics* 2004; 25: 426-30. <https://doi.org/10.1002/bem.20011>
 42. Tekeli, Y. (Ed.). (2025). Sağlık & Bilim 2025: Biyokimya. Efe Akademi Yayınları.
 43. Tripathi, R., Banerjee, S. K., Nirala, J. P., & Mathur, R. (2022). Simultaneous exposure to electromagnetic field from mobile phone and unimpeded fructose drinking during pre-, peri-, and post-pubertal stages perturbs the hypothalamic and hepatic regulation of energy homeostasis by early adulthood: experimental evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(5), 7438-7451. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15841-y>
 44. Tüfekci, K. K., Tatar, M., Elamin, A. A. E., & Kaplan, S. (2025). An Evaluation of Neuronal PARP-1 and Caspase-3 Levels in the Brain Tissue of Female Rats Exposed to Electromagnetic Fields at Different Gestational Stages. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 85(1), e70010. <https://doi.org/10.1002/jdn.70010>
 45. Uzar, E., Yilmaz, H. R., Yilmaz, M., Uz, E., Yürekli, V. A., Dündar, B., ... & Çömlekçi, S. (2011). Effects of 50 Hz electric field on malondyaldehyde and nitric oxide levels in spinal cord of rats at prenatal plus postnatal period. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 41(1), 65-72. 10.3906/sag-0910-383
 46. Vangelova K, Deyanov C, Israel M. Cardiovascular risk in operators under radiofrequency electromagnetic radiation. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209: 133-8. [10.1016/j.ijheh.2005.09.008](https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2005.09.008)
 47. Vangelova K, Israel M, Mihaylov S. The effect of lowlevel radiofrequency electromagnetic radiation on the excretion rates of stress hormones in operators during 24-hour shifts. *Cent Eur J Public Health* 2002; 10: 24-8.
 48. Walleczek J. Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signaling. *FASEB J* 1992; 6: 3177-85.
 49. WHO, Electromagnetic fields, What are electromagnetic fields? <https://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/> Erişim Tarihi:07.06.2026
 50. Yağmur, F., Bozbiyık, A., & Hancı, İ. H. (2003). Elektromanyetik dalgaların insan biyokimyası üzerine etkileri. *Sted*, 12(8), 296-7.

51. Yakıncı, Z. D. (2016). Elektromanyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi, 4(2), 44-54.
52. Yılmaz, D. A., Çağırın, İ. H., Dege, G., Yıldız, M., & Yıldırım, M. S. (2022). Elektromanyetik Kirliliğin Sağlığa Etkileri. Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 2(2), 67-79.
53. Zecca L., Ferrario P., Margonato V., Cerretelli P. ve Zonta N., “Neurotransmitter amino acid variations in striatum of rats exposed to 50 Hz electric fields”” Biochim Biophys Acta., 1075, 1-5, 1991. [https://doi.org/10.1016/0304-4165\(91\)90066-P](https://doi.org/10.1016/0304-4165(91)90066-P)
54. Zhang, Y., Li, L., Liu, X., Ding, L., Wu, X., Wang, J., ... & Chen, C. (2020). Examination of the effect of a 50-Hz electromagnetic field at 500 μ T on parameters related with the cardiovascular system in rats. Frontiers in public health, 8, 87. doi: 10.3389/fpubh.2020.00087

11. Bölüm

Endodontik Cerrahi: Temel Kavramlar, Endikasyonlar ve Uygulamalar

Melike KALENDER

1. Giriş

Kalıcı veya tekrarlayan apikal periodontitisin tedavisinde cerrahi olmayan ve cerrahi yeniden tedavi seçenekleri bulunmaktadır. Cerrahi olmayan yeniden tedavi, yetersiz yapılmış kök kanal tedavisinin düzeltilmesi, tedavi edilmemiş kanalların belirlenmesi veya yeni bir kesin restorasyon planlanan olgularda ilk tercih edilen yaklaşımdır. Bu yöntemin, apse, kist ve granülom gibi periapikal lezyonların büyük bir kısmında başarılı iyileşme sağlayabildiği bildirilmiştir (Bergenholtz ve ark 1979, Nair ve ark 1993, Sjögren 1996)

Cerrahi yeniden tedavi ise cerrahi olmayan yeniden tedavinin başarısız olduğu ya da teknik olarak uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda değerlendirilmelidir. Bununla birlikte, cerrahi girişim planlanmadan önce persistan periapikal patolojinin nedeni ayrıntılı olarak araştırılmalı ve cerrahi endikasyonu bu değerlendirme doğrultusunda belirlenmelidir (Karabucak ve Setzer 2007).

Endodontik cerrahinin temel amacı, cerrahi olmayan endodontik tedavinin başarısız olduğu veya teknik nedenlerle uygulanamadığı olgularda enfeksiyonun ortadan kaldırılarak periapikal dokuların iyileşmesini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda patolojik dokular uzaklaştırılır, kök ucunda uygun bir preparasyon gerçekleştirilir ve biyouyumlu retrograd dolgu materyalleri kullanılarak apikal bölgede etkili bir sızdırmazlık oluşturulur. Böylece enfeksiyonun tekrarlama riski azaltılırken, doğal dişin çekimden korunması ve fonksiyonunu uzun süre sürdürebilmesi hedeflenir. Bu yönüyle endodontik cerrahi, uygun endikasyonlarda doğal dişin ağızda korunmasına katkı sağlayan önemli ve konservatif bir tedavi yaklaşımı olarak kabul edilmektedir (Krastev ve Filipov, 2020).

Doğal dişin korunması, modern endodontik tedavinin temel hedeflerinden biri olup, tedavi planlamasında mümkün olan her durumda dişin ağızda fonksiyonel olarak devamlılığının sağlanması öncelikli yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Endodontik tedavi ve gerektiğinde uygulanan endodontik cerrahi, prognozu uygun dişlerin çekim yerine korunmasına olanak tanıyan etkili tedavi seçenekleri sunmaktadır. Özellikle son yıllarda mikroendodontik cerrahi alanındaki teknolojik gelişmeler, uygun endikasyonlarda doğal dişlerin uzun dönem ağızda

kalma olasılığını artırmış ve diş çekimine alternatif güvenilir bir yaklaşım oluşturmuştur. Bunun yanı sıra doğal dişin korunması; periodontal ligamentin devamlılığının sağlanması, proprioseptif fonksiyonların sürdürülmesi, alveolar kemiğin fizyolojik yapısının korunması ve daha konservatif bir tedavi anlayışının benimsenmesi açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle tedavi planlamasında, restoratif açıdan değerlendirilebilir ve prognozu uygun dişlerde öncelikle dişin korunmasına yönelik seçeneklerin göz önünde bulundurulması önerilmektedir (Setzer ve ark. 2014).

2.Endodontik Cerrahinin Endikasyonları

Endodontik cerrahi, öncelikle cerrahi olmayan yeniden tedavinin başarısız olduğu veya uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda tercih edilen bir tedavi yaklaşımıdır. Cerrahi girişim kararı verilirken mevcut patolojinin nedeni ayrıntılı olarak değerlendirilmeli ve dişin uzun dönem prognozu göz önünde bulundurulmalıdır. Başlıca endikasyonlar şunlardır:

- Cerrahi olmayan yeniden tedaviye rağmen iyileşmeyen veya tekrarlayan apikal periodontitis olguları.
- Cerrahi olmayan yeniden tedavinin teknik olarak gerçekleştirilemediği durumlar. Özellikle kanal girişine ulaşımı engelleyen restorasyonlar, postlar veya kor yapıları nedeniyle ortograd tedavinin mümkün olmaması.
- Karmaşık kök kanal anatomisinin enfekte kanal sistemine tam olarak ulaşılamamasına neden olduğu vakalar.
- Önceki endodontik tedavi sırasında kanal anatomisinde meydana gelen ciddi değişiklikler (basamak oluşumu, kanal transportasyonu, kanal blokajı veya perforasyon gibi) nedeniyle yeniden tedavinin başarı şansının azalması.
- Kanal içerisindeki dolgu materyallerinin veya postların güvenli şekilde çıkarılamadığı ya da çıkarılmasının dişte aşırı madde kaybı veya kırık riski oluşturduğu olgular.
- Kök perforasyonlarının, ortograd yöntemlerle tamir edilemediği ve cerrahi erişimin daha uygun olduğu durumlar.
- Eksternal veya internal kök rezorpsiyonlarının cerrahi müdahale gerektirdiği vakalar.
- Apikal bölgeyi etkileyen kök kırıkları veya belirli köklerin korunmasının mümkün olmadığı seçilmiş olgularda cerrahi tedavi gereksinimi.
- Eski kanal dolgu materyallerinin (örneğin rezorsinol-formaldehit esaslı patlar veya bazı çıkarılması güç dolgu materyalleri) ortograd olarak uzaklaştırılamadığı durumlar.

- Kök rezeksiyonu, hemiseksiyon veya biküspidizasyon gibi dişin bir bölümünün korunmasının mümkün olduğu ve kalan diş yapısının fonksiyonunu sürdürebileceği seçilmiş çok köklü dişler. (Setzer ve ark. 2022)

3.Endodontik Cerrahinin Kontrendikasyonları

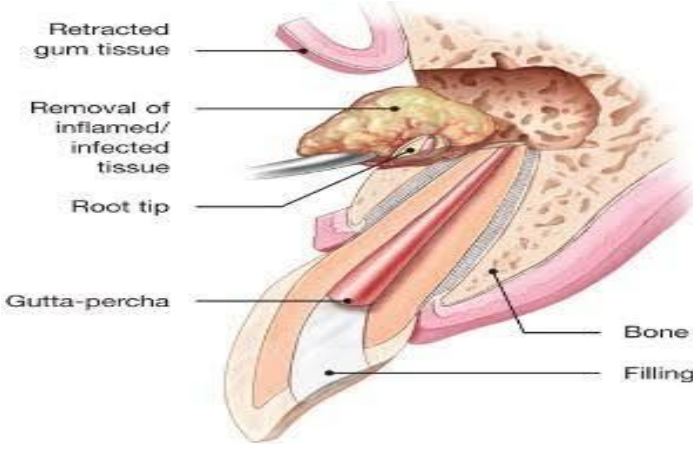
Endodontik cerrahi aşağıdaki durumlarda genellikle önerilmemektedir:

- Restoratif açıdan değerlendirilemeyen veya fonksiyonel olarak korunması mümkün olmayan dişler.
- Vertikal kök kırığı bulunan dişler.
- İleri periodontal destek kaybı, belirgin kemik yıkımı veya aşırı diş mobilitesi bulunan olgular.
- Cerrahi sonrasında uzun dönem prognozunun zayıf olduğu düşünülen dişler.
- Kontrol altına alınmamış sistemik hastalıklar veya cerrahi girişim açısından yüksek risk taşıyan tıbbi durumlar.
- Kanama bozuklukları ya da cerrahi işlemi güvenli şekilde gerçekleştirmeyi engelleyen sistemik problemler.
- Hastanın cerrahi tedaviyi kabul etmemesi veya yeterli kooperasyon sağlayamaması.
- Cerrahi girişimin sağlayacağı yararın, oluşabilecek komplikasyon riskinden daha düşük olduğu olgular (Von Arx ve ark.)

4.Endodontik Cerrahi Uygulamaları

4.1.Geleneksel endodontik cerrahi

Geleneksel endodontik cerrahi; kök ucunun rezeksiyonu, lezyonlu periapikal dokuların cerrahi olarak eksize edilmesi ve kök ucunun retrograd dolgu ile kapatılması esasına dayanan bir tedavi yöntemidir (Fahey ve ark 2011).



Şekil 1. Geleneksel Endodontik cerrahi

4.2.Mikroendodontik Cerrahi

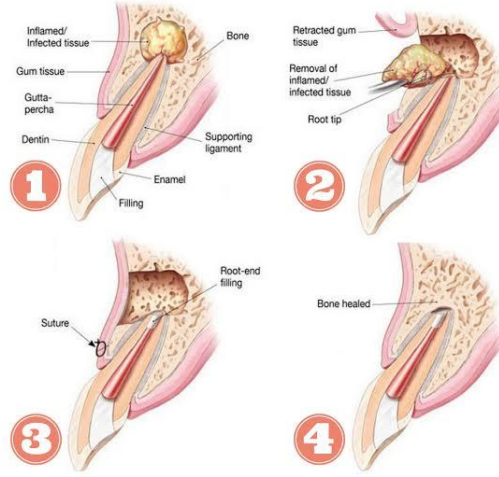
Mikroendodontik cerrahi; operasyon mikroskobu, mikrocerrahi enstrümanlar ve ultrasonik sistemlerin birlikte kullanıldığı modern bir cerrahi yaklaşımdır. Bu yöntem, daha konservatif doku uzaklaştırılmasına, kök ucunun hassas şekilde hazırlanmasına ve retrograd dolgunun daha doğru uygulanmasına olanak sağlayarak tedavi başarısını artırmayı amaçlamaktadır (Zanjad ve ark. 2022)



Şekil 2. Mikroendodontik Cerrahi Uygulaması

4.3.Apikoektomi

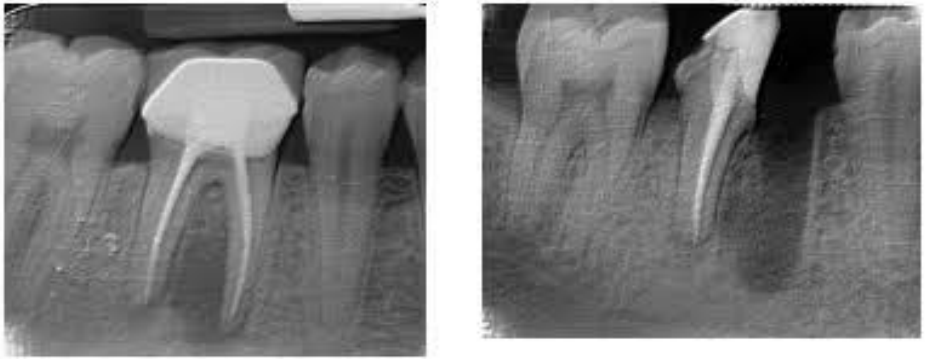
Apikoektomi endodontik cerrahi kapsamında en yaygın uygulanan girişimlerden biri olup, kök ucunun cerrahi olarak uzaklaştırılmasını, kök ucu preparasyonunun gerçekleştirilmesini ve hazırlanan kavitenin biyoyumlu bir retrograd dolgu materyali ile kapatılmasını içeren bir tedavi prosedürüdür (Setzer ve ark. 2022)



Şekil 3. Apikoektomi Uygulaması

4.4.Hemiseksiyon

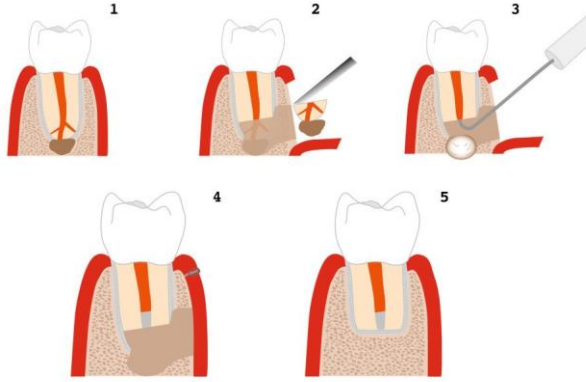
Hemiseksiyon, çok köklü bir dişte prognozu kötü olan kökün ve ilişkili kron kısmının cerrahi olarak çıkarılarak, sağlıklı kök ve kron bölümünün korunmasını amaçlayan konservatif bir cerrahi tedavi yöntemidir (Taori ve ark.2022).



Şekil 4. Hemiseksiyon Uygulaması

4.5.Radektomi

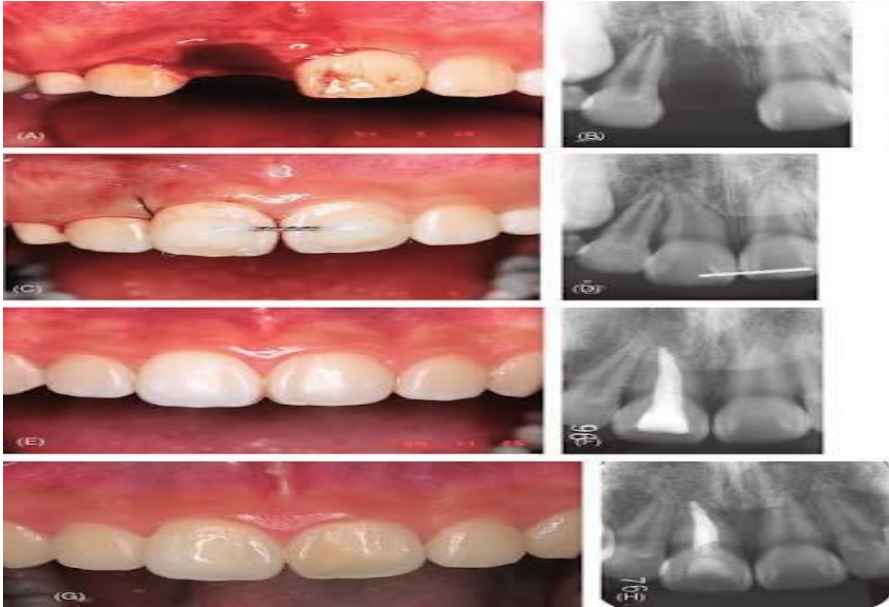
Radektomi (kök rezeksiyonu), çok köklü dişlerde tedavi prognozunu olumsuz etkileyen kökün cerrahi olarak tamamen uzaklaştırılması, buna karşın kronun ve sağlıklı köklerin ağızda korunarak fonksiyon görmeye devam etmesinin amaçlandığı konservatif bir cerrahi tedavi yöntemidir (Corbella ve ark 2023)



Şekil 5. Radektomi Uygulaması

4.6. Kasıtlı Diş Reimplantasyonu

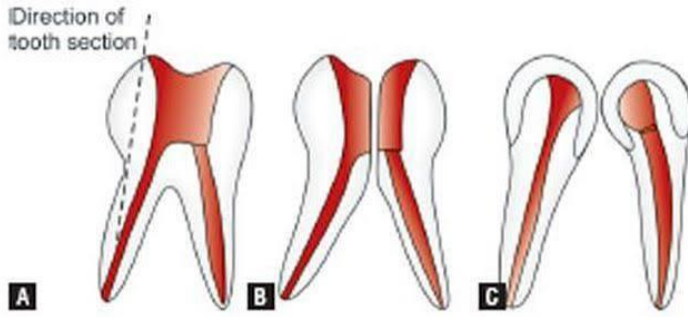
Kasıtlı diş reimplantasyonu, dişin kontrollü ve atraumatik biçimde alveolünden çıkarılarak ağız dışında gerekli endodontik işlemlerin uygulanmasının ardından aynı alveole yeniden yerleştirilmesine dayanan konservatif bir endodontik cerrahi tedavi yöntemidir. Bu yaklaşım, özellikle diğer tedavi seçeneklerinin uygulanamadığı veya başarısız olduğu olgularda doğal dişin korunmasını amaçlamaktadır (Plotino ve ark.2023)



Şekil 6. Kasıtlı Diş Reimplantasyonu

4.7. Biküspidizasyon

Biküspidizasyon, özellikle furkasyon tutulumu bulunan mandibular molar dişlerin korunmasını amaçlayan konservatif bir cerrahi tedavi yöntemidir. Bu işlemde mandibular molar, mezial ve distal kökler boyunca iki ayrı fonksiyonel segmente ayrılarak her bir segmentin bağımsız olarak periodontal ve restoratif açıdan tedavi edilebilmesi sağlanır. Böylece ağız hijyeninin kolaylaştırılması, periodontal sağlığın iyileştirilmesi ve doğal dişin ağızda uzun süre korunması hedeflenmektedir (Aggarwal ve ark.2026)



Şekil 7. Biküspidizasyon

5.Kaynakça

- Aggarwal S, Zacharias L, Shetty R, Bhandary S, Shetty V. Bicuspidization—A Conservative Approach in Pediatric Dentistry: A Case Report. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2026;19(1):105.
- Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Heden G, Ödesjö B, Engström B. Retreatment of endodontic fillings. *European Journal of Oral Sciences*. 1979;87(3):217–224.
- Corbella S, Walter C, Tsisis I. Effectiveness of root resection techniques compared with root canal retreatment or apical surgery for the treatment of apical periodontitis and tooth survival: A systematic review. *International Endodontic Journal*. 2023;56:487–498.
- Fahey T, et al. Surgical endodontics: A review of current best practice. *Oral Surgery*. 2011;4(3):97–104.
- Karabucak B, Setzer FC. Criteria for the ideal treatment option for failed endodontics: Surgical or nonsurgical. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2007;28(6):304–310.
- Krastev B, Filipov I. Periapical Surgery. Epidemiology, indications and contraindications. Review. *Journal of IMAB – Annual Proceeding Scientific Papers*. 2020;26(2):3114–3121.
- Nair P, Sjögren U, Schumacher E, Sundqvist G. Radicular cyst affecting a root-filled human tooth: A long-term post-treatment follow-up. *International Endodontic Journal*. 1993;26(4):225–233.
- Plotino G, Abella Sans F, Bastos JV, Nagendrababu V. Effectiveness of intentional replantation in managing teeth with apical periodontitis: A systematic review. *International Endodontic Journal*. 2023;56:499–509.
- Setzer FC, Kim S. Comparison of long-term survival of implants and endodontically treated teeth. *Journal of Dental Research*. 2014;93(1):19–26.
- Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *International Endodontic Journal*. 2022;55:1020–1058.
- Sjögren U. Success and failure in endodontics. *Australian Endodontic Newsletter*. 1996;22(2):26.
- Taori P, Nikhade PP, Mahapatra J. Hemisection: A different approach from extraction. *Cureus*. 2022;14(9).
- von Arx T. Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *The Saudi Dental Journal*. 2011;23(1):9–15.
- Zanjad SR, et al. Microsurgical Endodontics: Modernization in an Endodontic Era. 2022.

12. Bölüm

Soliter Pulmoner Nodüller

**Muhammed BAYRAKTAR¹, Suphi AYDIN², Kerem KEKLİK³,
Ahmet DUMANLI⁴**

Tanım ve klinik önem

Soliter pulmoner nodül, akciğer parankimi içinde yer alan, çapı 3 cm veya daha küçük, tek, yaklaşık yuvarlak ya da oval bir opasitedir. Klasik tanımda lezyona atelektazi, hiler büyüme, plevral efüzyon veya belirgin lenfadenopati eşlik etmez. Çapı 3 cm’yi aşan lezyonlar “kitle” olarak adlandırılır ve malignite olasılığı daha yüksek kabul edilir. İnce kesitli BT ile ek küçük nodüller gösterilebildiğinden, ilk grafide “soliter” görünen bir lezyonun gerçekten tek olup olmadığı BT ile doğrulanmalıdır.

SPN bir tanı değil, çok sayıda benign ve malign hastalığın ortak radyolojik sunumudur. Yönetimin temel hedefi, tedavi edilebilir erken akciğer kanserini geciktirmeden saptarken benign nodüllerde gereksiz biyopsi, cerrahi, radyasyon ve kaygıyı azaltmaktır. Bu denge yalnız çap eşiklerine bakılarak kurulamaz. Hastanın yaşı, tütün maruziyeti, önceki kanser öyküsü, nodülün yapısı ve büyümesi, bölgesel enfeksiyon prevalansı, cerrahi uygunluk ve hastanın değerleri aynı karara katkıda bulunur.

Nodüller solid, saf buzlu cam ve parsiyel solid olarak sınıflandırılır. Subsolid nodüller daha yavaş büyüyebilse de özellikle kalıcı parsiyel solid nodüller adenokarsinom spektrumu açısından önemlidir. Dolayısıyla kısa sürede değişmemesi, subsolid bir nodülün benign olduğunu tek başına kanıtlamaz.

Temel ilke: Yönetim üç soruya dayanır: Malignite olasılığı nedir? Tanısal işlemin yararı ve riski nedir? Hasta olası sonuçlar karşısında hangi yolu tercih etmektedir?

¹ Arş. Gör. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0009-0003-5044-710X

² Doç. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0000-0003-2102-0484

³ Arş. Gör. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0009-0001-0324-9253

⁴ Doç. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye. ORCID: 0000-0002-5768-7830

Epidemiyoloji ve etiyoloji

Toraks BT kullanımının ve düşük doz BT taramasının yaygınlaşmasıyla pulmoner nodüller çok sık saptanmaktadır. Tarama kohortlarında katılımcıların önemli bir bölümünde en az bir nodül görülür; bunların büyük çoğunluğu malign değildir. Nodül prevalansı yaş, tütün maruziyeti, kullanılan kesit kalınlığı ve endemik granülomatöz hastalıkların sıklığına göre değişir. Türkiye gibi tüberkülozun ayırıcı tanıda önemini koruduğu toplumlarda PET pozitifliği ve morfolojik şüphe tek başına kanser anlamına gelmez.

Malign nedenlerin başında primer akciğer kanseri gelir. Küçük periferik adenokarsinomlar sık görülür; skuamöz hücreli karsinom, karsinoid tümör ve soliter metastaz da olasıdır. Benign nedenler arasında enfeksiyöz granülom, hamartom, organize pnömoni, yuvarlak atelektazi, intrapulmoner lenf nodu, arteriovenöz malformasyon ve inflamatuvar lezyonlar bulunur. Bazı nodüller akut enfeksiyonda ortaya çıkar ve kısa aralıklı görüntülemeye geriler.

Grup	Örnekler	Klinik ipucu
Primer malign	Adenokarsinom, skuamöz kanser, karsinoid	Spikülasyon, büyüme, solid komponent
Metastatik	Kolorektal, renal, sarkom, melanoma	Kanser öyküsü; bazen düzgün sınırlı
Enfeksiyöz	Tüberküloz, fungal granülom	Kalsifikasyon, maruziyet veya semptom
Benign tümör	Hamartom, lipom	Yağ ve “popcorn” kalsifikasyon
İnflamatuvar/diğer	Organize pnömoni, intrapulmoner lenf nodu	Perifissüral biçim veya gerileme

İlk değerlendirme: öykü ve önceki görüntüler

Değerlendirmedeki en yüksek getirili ilk adım önceki görüntüleri bulmaktır. Eski akciğer grafileri, BT’ler, PET-BT veya üst abdomen BT’nin akciğer bazallerini içeren kesitleri karşılaştırmaya yardımcı olabilir. Solid bir nodülün yaklaşık iki yıl boyunca güvenilir biçimde değişmemesi çoğu durumda benignlik lehinedir; ancak bu kural saf buzlu cam ve parsiyel solid nodüllere uygulanamaz. Subsolid nodüllerde beş yıla ulaşan izlem gerekebilir.

Öyküde yaş, sigara veya diğer tütün maruziyeti, mesleki maruziyetler, ailede akciğer kanseri, amfizem/fibrozis, daha önceki malignite, immünsüpresyon, tüberküloz ve fungal enfeksiyon riski sorgulanır. Hemoptizi, istemsiz kilo kaybı veya persistan öksürük klinik şüpheyi artırabilir; yine de küçük nodüllerin çoğu asemptomatiktir.

Fleischner önerileri 35 yaş altındaki hastalara, bilinen kanseri veya immünsüpresyonu bulunanlara ve tarama programında saptanan nodüllere doğrudan uygulanmaz. Tarama bağlamında Lung-RADS; semptomlu veya

bilinen maligniteli hastada ise hastalığa özgü bireysel algoritma kullanılmalıdır. “Hangi kılavuz?” sorusu, boyut tablosuna geçmeden önce yanıtlanmalıdır.

İlk vizitte şu kontrol listesi yararlıdır:

- Önceki görüntülerin tarihini ve teknik kalitesini doğrula.
- Nodülün tek olup olmadığını ince kesit BT ile teyit et.
- İnsidental, tarama sırasında veya kanserli hastada saptanma bağlamını belirle.
- Hastanın tanısal işlem ve küratif tedaviye uygunluğunu erken değerlendir.
- Takip önerisinin sorumlusu ve tarihi açıkça kaydedilsin.
-

BT tekniği, ölçüm ve büyüme

Nodül karakterizasyonu ince kesitli, tercihen 1–1,5 mm veya daha ince rekonstrüksiyonlarla yapılmalıdır. Kalın kesitler küçük solid komponenti gizleyebilir ve kısmi hacim etkisiyle ölçümü bozabilir. Akciğer ve mediasten pencereleri birlikte incelenir. Takip karşılaştırmalarında benzer kesit kalınlığı, rekonstrüksiyon algoritması ve inspirasyon düzeyi önemlidir. Çoğu nodül için kontrastsız düşük doz teknik takip amacıyla yeterlidir; kontrast, vasküler lezyon veya mediastinal ilişki sorusu varsa seçilir.

İki boyutlu ölçümde uzun ve kısa eksen aynı düzlemde ölçülüp ortalaması alınabilir. Küçük çap farkları gerçek biyolojik büyümeden çok ölçüm değişkenliğini yansıtabilir. Fleischner yaklaşımında en az 2 mm’lik ortalama çap artışı anlamlı büyüme lehine kabul edilir. Hacimsel yazılımlar özellikle solid nodüllerde büyümeyi daha duyarlı gösterebilir; farklı yazılım ve rekonstrüksiyonların sonuçları doğrudan karşılaştırılmamalıdır.

Hacim ikiye katlanma zamanı (VDT), seri incelemeler arasındaki hacim değişimini zamanla ilişkilendirir. Çok hızlı büyüme enfeksiyon/inflamasyonu, orta hız maligniteyi, çok yavaş büyüme ise benignliği veya indolent adenokarsinom spektrumunu düşündürebilir. Ancak VDT tek başına tanı koydurmaz. Subsolid nodülde toplam çap kadar solid komponentin ortaya çıkması veya büyümesi daha kritiktir.

Özellik	Raporlanması gereken
Boyut	Ortalama çap veya hacim; solid komponent ayrıca
Dansite	Solid, saf buzlu cam, parsiyel solid
Morfoloji	Kenar, şekil, lobülasyon, kavitasyon, hava bronkogramı
Yerleşim	Lob, segment, santral/periferik, plevra veya fissür ilişkisi
Zaman	Stabilite/büyüme ve teknik karşılaştırılabilirlik

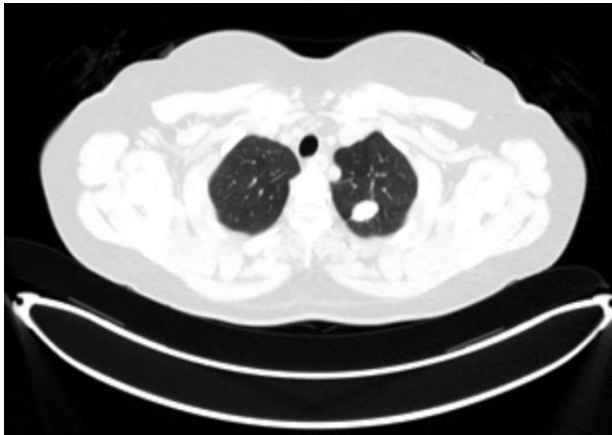
Radyolojik morfoloji

Spiküle veya düzensiz kenar malignite olasılığını artırır; ancak granülom ve fibrotik skar da spikülasyon gösterebilir. Düzgün sınır benignliği garanti etmez; metastazlar ve bazı karsinoidler düzgün sınırlıdır. Üst lob yerleşimi, plevral çekinti, vasküler yakınsama, hava bronkogramı ve lobülasyon şüpheli artırabilir. Korona radiata görünümü invaziv büyümeyi düşündürse de patognomonik değildir.

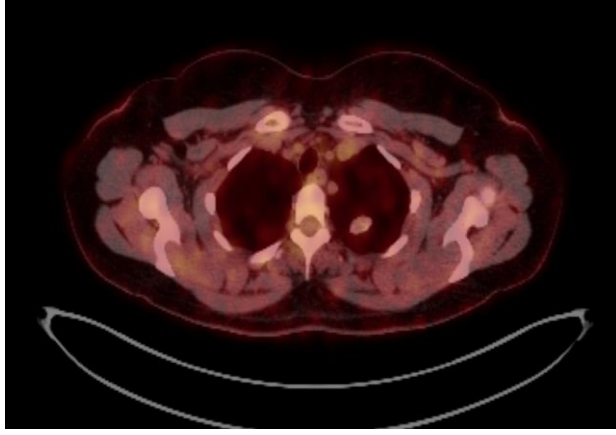
Kalsifikasyon paterni önemlidir. Diffüz, santral, laminar veya “popcorn” tip kalsifikasyon çoğunlukla benignliği destekler. Eksantrik ya da noktasal kalsifikasyon malignitede de görülebilir. Makroskopik yağ ve tipik popcorn kalsifikasyonu hamartom lehinedir. Bir tümörün eski kalsifiye granülom içine gelişmesi veya kalsifiye metastazlar gibi istisnalar klinik bağlamla ele alınmalıdır.

Kavitasyon hem benign hem malign süreçlerde bulunur. Düzensiz ve kalın duvar şüpheli artırırken ince ve düzgün duvar daha çok benign nedenlerle ilişkilidir; kesin eşik yoktur. Perifissüral, üçgen/oval, düzgün sınırlı ve fissürle ilişkili nodüller tipik intrapulmoner lenf nodlarını düşündürür. Tipik morfoloji varsa boyut tek başına agresif inceleme gerektirmeyebilir; atipik büyüme veya morfoloji yeniden değerlendirilmelidir.

Rapor yalnız “8 mm nodül” dememelidir. Dansite, solid komponent, kenar, yerleşim, önceki boyut ve ölçüm tekniği yönetimi doğrudan değiştirir. Ayrıca nodülün damar ile devamlılığı arteriovenöz malformasyon olasılığını, plevraya komşu kuyruk ve komşu plevral kalınlaşma yuvarlak atelektaziyi düşündürebilir.



Resim 1: Toraks CT’de görülen düzgün sınırlı soliter pulmoner nodül.



Resim 2: Soliter pulmoner nodülün PET-CT'deki görüntüsü.



Resim 3: Soliter pulmoner nodülün ameliyat ile çıkarıldıktan sonra görüntüsü.
Tanısı benign.

Subsolid nodüller ve adenokarsinom spektrumu

Subsolid nodül, saf buzlu cam veya parsiyel solid yapıdadır. Geçici subsolid nodüller enfeksiyon, kanama veya inflamasyona bağlı olabilir; kalıcılığı göstermek için uygun aralıkta kontrol gerekir. Kalıcı saf buzlu cam nodüller atipik adenomatöz hiperplazi, adenokarsinoma in situ, minimal invaziv adenokarsinom veya invaziv adenokarsinom spektrumunu temsil edebilir. Görüntü ile histoloji arasında güçlü fakat kusursuz olmayan ilişki vardır.

Parsiyel solid nodülde solid komponent, invaziv odak açısından toplam çaptan daha anlamlıdır. Solid komponentin büyümesi, yeni ortaya çıkması, 6 mm ve üzerine ulaşması veya düzensizleşmesi ileri değerlendirme gerektirir.

PET-BT küçük ya da düşük metabolizmalı subsolid lezyonlarda yalancı negatif olabilir; negatif PET sonucu güven verici tek ölçüt değildir.

Subsolid nodüllerin yavaş biyolojisi, solid nodüllerden daha uzun takip gerektirir. Fleischner 2017, 6 mm ve üzerindeki kalıcı saf buzlu cam nodüllerde başlangıç doğrulamasından sonra beş yıla kadar aralıklı BT; 6 mm ve üzerindeki parsiyel solid nodüllerde ise erken doğrulama ve solid komponent küçükse yıllık takip önerir. Şüpheli solid komponent veya büyüme varsa doku tanısı/rezeksiyon değerlendirilir.

Alt tip	Başlıca risk göstergesi	Pratik sonuç
Saf buzlu cam	Kalıcılık ve yavaş büyüme	Uzun süreli BT izlemi; PET sınırlı
Parsiyel solid	Solid komponentin boyutu/büyümesi	İnvazyon şüphesi daha yüksek
Geçici subsolid	Kısa sürede gerileme	Enfeksiyon/inflamasyon olası

Malignite olasılığı ve risk modelleri

Klinisyen önce malignite olasılığını nitel olarak düşük, orta veya yüksek şeklinde tahmin eder; uygun nodüllerde doğrulanmış modeller bu tahmini sayısallaştırabilir. Mayo modeli yaş, sigara, önceki kanser, çap, spikülasyon ve üst lob yerleşimini içerir. Brock modeli tarama bağlamında geliştirilmiş olup yaş, cinsiyet, aile öyküsü, amfizem, nodül sayısı, boyut, tip, yerleşim ve spikülasyon gibi değişkenlerden yararlanır. Herder modeli klinik modele FDG-PET bulgusunu ekler.

Model çıktısı mutlak gerçek değildir. Geliştirildiği popülasyon, nodül prevalansı ve yerel enfeksiyon sıklığı performansı etkiler. Granülomatöz hastalıkların sık olduğu bölgelerde PET'in özgüllüğü düşebilir. Model klinik muhakemenin yerine değil, tutarlılığı ve ortak karar vermeyi güçlendirmek için kullanılır.

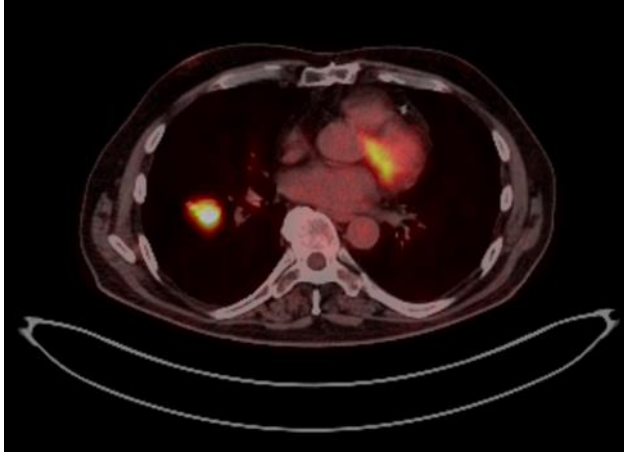
ACCP yaklaşımında 8 mm'den büyük solid nodüller için düşük pretest olasılıkta BT izlemi, düşük-orta olasılıkta PET ve/veya biyopsi, yüksek olasılıkta ise uygun hastada cerrahi tanı-tedavi öne çıkar. Sık kullanılan ACCP çerçevesinde çok düşük olasılık yaklaşık <%5, orta olasılık %5–65 ve yüksek olasılık >%65'tir. BTS, Brock ve PET sonrası Herder skorlarını belirli eşiklerle algoritmaya bağlar. İşlem riski ve hasta tercihi bu eşiklerin klinik anlamını değiştirir.

Model	Tipik kullanım	Önemli sınırlılık
Mayo	İnsidental solid nodülde pretest risk	Eski kohort; yerel prevalans etkiler
Brock (PanCan)	Tarama/BT nodüllerinde başlangıç riski	Hedef popülasyon dışında kalibrasyon değişebilir
Herder	PET sonrası risk güncelleme	Enfeksiyöz bölgelerde yanlış pozitiflik

Orta olasılık bölgesinde ek test en çok bilgi kazandırır. Çok düşük riskte invaziv test zararı, çok yüksek riskte ise tanıyı geciktirme zararı ağır basabilir.



Resim 4: Toraks CT’de lobule kontürlü malign pulmoner nodül.



Resim 5: Malign pulmoner nodülün PET-CT’deki görüntüsü.

Kılavuzların doğru kullanımı

Fleischner Society 2017 önerileri, 35 yaş üzerindeki erişkinlerde başka nedenle çekilmiş BT’de tesadüfen saptanan nodüller içindir. Bilinen kanser,

immünsüpresyon veya organize tarama programı bulunan hastaya doğrudan uygulanmaz. Solid tek nodülde <6 mm için düşük riskte rutin takip gerekmez; yüksek riskte 12 ay BT düşünülebilir. 6–8 mm nodülde 6–12 ay ve gerektiğinde 18–24 ay BT; >8 mm nodülde yaklaşık 3 ayda BT, PET-BT veya doku örnekleme seçenekleri değerlendirilir.

Lung-RADS v2022, düşük doz BT akciğer kanseri taramasında standardize raporlama sistemidir. Kategori, başlangıç mı yıllık tur mu olduğuna, nodülün solid/subsolid yapısına, çapına ve büyümesine göre belirlenir. Yönetim yıllık taramadan kısa aralıklı LDCT, PET-BT ve tanısal değerlendirmeye kadar uzanır. Lung-RADS'ın insidental nodüle uygulanması uygun değildir.

BTS yaklaşımı çap yanında hacim ve VDT'yi güçlü biçimde kullanır; ≥ 8 mm veya ≥ 300 mm³ nodüllerde Brock riskini, uygun olgularda PET sonrası Herder riskini önerir. ACCP ise pretest olasılığı, görüntüleme, noncerrahi biyopsi, cerrahi tanı ve gözetim seçeneklerini hasta tercihleriyle birleştirir.

Bağlam	Tercih edilen çerçeve	Dikkat
Tesadüfi BT bulgusu	Fleischner 2017	Kanser/immünsüpresyon/35 yaş altı kapsam dışı
Tarama LDCT	Lung-RADS v2022	Başlangıç ve insidans turu ayrımı
Klinik tanısal değerlendirme	ACCP veya BTS	Pretest risk, PET, biyopsi ve tercih birlikte

PET-BT ve diğer görüntüleme yöntemleri

18F-FDG PET-BT, özellikle 8 mm'den büyük ve pretest malignite olasılığı düşük-orta aralıkta olan solid nodüllerde risk sınıflamasına katkı sağlar. Metabolik aktivite nodül boyutu, histolojik alt tip ve kan glukoza gibi etkenlerden etkilenir. PET'in uzaysal çözünürlüğü küçük nodüllerde sınırlıdır; lepidik büyüyen adenokarsinomlar, saf buzlu cam lezyonlar ve bazı karsinoidlerde yalancı negatif sonuç görülebilir.

Granüloamatöz enfeksiyon, sarkoidoz, organize pnömoni ve diğer inflamatuvar durumlar FDG tutulumuna yol açarak yalancı pozitiflik oluşturabilir. SUVmax için evrensel bir “kansere eşik” yoktur. PET sonucu ikili pozitif/negatif olarak değil, pretest olasılığı güncelleyen bir kanıt olarak yorumlanmalıdır. PET-BT mediastinal ve uzak evrelemeye de katkı sağlar; şüpheli nodülün yalnız PET negatif olması takip gereksinimini ortadan kaldırmaz.

Dinamik kontrastlı BT, MR ve gelişmiş radyomik/yapay zekâ yöntemleri araştırılmıştır. Kontrast tutulumunun olmaması benignite lehine olabilsede rutin algoritmalarda PET ve seri BT kadar yerleşik değildir. Radyomik ve yapay

zekâ umut vericidir; cihaz, protokol ve popölasyonlar arası genellenebilirlik ile açıklanabilirlik sorunları nedeniyle şimdilik uzman değerdendirmesinin yerini almamalıdır.

Pratik yorumlama ilkeleri:

- PET istmeden önce nodül boyutunu ve dansitesini kontrol et.
- Pozitif PET'i endemik enfeksiyonlarla birlikte yorumla.
- Negatif PET'in küçük/subsolid veya düşük metabolizmalı tümörü dışlamadığını belirt.
- Mediasten ve uzak alanları sistematik değerdendir.
- PET sonucunun yönetimi gerçekten değıştirdip değıştirmeyeceğini önceden düşün.

Doku tanısı

Doku örnekleme yöntemi nodülün boyutu, yerleşimi, bronş işareti, amfizem varlığı, operabilite ve kurum deneyimine göre seçilir. BT eşliğinde transtorasik iğne biyopsisi periferik nodüllerde yüksek tanısal verime sahiptir. En sık komplikasyon pnömotorakstır; kanama da görülebilir. Küçük, derin ve alt lobda solunum hareketine açık lezyonlarda verim azalabilir. “Malignite açısından negatif” nonspesifik sonuç kanseri mutlaka dışlamaz.

Konvansiyonel bronkoskopinin küçük periferik nodülde verimi düşüktür. Radyal EBUS, elektromanyetik navigasyon, sanal bronkoskopi, konik ışın BT ve robotik bronkoskopi ile erişim ve doğrulama geliştirilebilir. Bronş işareti bulunan lezyonlarda bronkoskopik yol avantajlıdır; aynı seansta mediastinal evreleme yapılabilmesi ek yarar sağlayabilir. Teknolojinin bulunabilirliği ve operatör deneyimi sonuçları etkiler.

Biyopsi kararı yalnız “tanı alabilir miyiz?” sorusuna değil, “sonuç yönetimi değıştirecek mi?” sorusuna dayanır. Yüksek malignite olasılığı, iyi cerrahi adaylığı ve rezeksiyona uygun periferik nodülü olan hastada cerrahi tanı-tedavi tercih edilebilir. Cerrahi riski yüksek veya sistemik tedavi/radyoterapi düşünülen hastada noncerrahi doku tanısı daha önemlidir. Çok düşük riskte görüntüleme izlemi daha güvenli olabilir.

Yöntem	Avantaj	Başlıca sınırlılık
Transtorastik biyopsi	Periferik nodülde yüksek verim	Pnömotoraks/kanama
Navigasyon/radyal EBUS/robotik bronkoskopi	Hava yolu içinden erişim; evreleme	Deneyim ve teknoloji
Cerrahi eksizyon	Kesin tanı ve aynı seansta tedavi	En invaziv seçenek

Cerrahi yaklaşım ve intraoperatif strateji

Cerrahi, yüksek malignite olasılığı olan ve küratif tedaviye uygun hastada hem tanı hem tedavi sağlayabilir. Periferik nodülde VATS veya robotik yaklaşımla wedge rezeksiyon ve frozen inceleme sık kullanılan stratejilerdir. Frozen maligniteyi gösterirse, hastanın fonksiyonel rezervi ve tümör özellikleri uygunsa aynı seansta onkolojik rezeksiyon ve lenf nodu değerlendirmesine geçilir. Derin, küçük veya palpasyonu güç nodüller preoperatif tel, mikrocoil, boya, radyotracer veya bronkoskopik işaretleme ile lokalize edilebilir.

Küçük hücreli dışı akciğer kanserinde tarihsel standart lobektomi ve sistematik lenf nodu değerlendirmesidir. Güncel randomize çalışmalar, seçilmiş periferik, küçük ve nod-negatif tümörlerde anatomik segmentektominin uygun onkolojik sonuçlar sağlayabileceğini göstermiştir. Bu bulgu her nodüle wedge yapılabileceği anlamına gelmez. Tümörün solid komponenti, histolojisi, STAS olasılığı, marj, segmental anatomi, lenf nodları ve hastanın rezervi kararı belirler.

Wedge rezeksiyon tanısal veya seçilmiş tedavi edici amaçla kullanılabilir; anatomik segmentektomi segmental damar, bronş ve parankim planlarını içerir ve nodal değerlendirmeye tamamlanmalıdır. Cerrahi marjın yetersiz olması lokal nüks riskini artırabilir. Frozen incelemede benign sonuç alınsa bile görüntü-patoloji uyumsuzluğu varsa örnekleme yeterliliği ve nihai parafin sonucu beklenmelidir.

Cerrahi planlamada:

- Nodül lokalizasyonu ve beklenen marj önceden belirlenir.
- Gerekirse lokalizasyon yöntemi multidisipliner seçilir.
- Frozen sonucunun olası dalları hasta ile ameliyat öncesi konuşulur.
- Malignite halinde anatomik rezeksiyon uygunluğu ve nodal evreleme değerlendirilir.
- “Önce wedge, sonra karar” yalnız periferik ve güvenli marjla çıkarılabilir nodülde pratiktir.

Ameliyat öncesi değerlendirme ve lenf nodları

Cerrahi adayında kardiopulmoner rezerv, beklenen onkolojik yarar ve alternatif tedaviler birlikte değerlendirilir. Spirometri ve DLCO temel testlerdir;

öngörülen postoperatif FEV1 ve DLCO düşükse egzersiz testleriyle ileri değerlendirme yapılabilir. Kardiyak risk, frailty, beslenme durumu ve eşlik eden hastalıklar gözden geçirilir. Amaç yalnız ameliyatı teknik olarak yapabilmek değil, hastanın kabul edilebilir riskle anlamlı onkolojik fayda elde etmesidir.

SPN erken evre tümör gibi görünse de lenf nodu evrelemesi ihmal edilmemelidir. BT veya PET’te şüpheli mediastinal/hiler nod, santral tümör, daha büyük veya solid tümör ve yüksek FDG tutulumu gibi durumlarda invaziv mediastinal evreleme gerekebilir. EBUS/EUS ilk seçenek olabilir; negatif fakat klinik şüpheli olgularda cerrahi evreleme tartışılır. İntraoperatif sistematik nodal diseksiyon veya sistematik örnekleme doğru patolojik evre ve adjuvan tedavi kararına katkı sağlar.

Ameliyat öncesi görüşmede benign patoloji olasılığı, rezeksiyonun genişleyebilmesi, torakotomiye dönüş, hava kaçağı ve diğer perioperatif riskler, patoloji sonucuna göre ek tedavi gereksinimi anlatılmalıdır. Cerrahi riskin yüksek olması halinde stereotaktik vücut radyoterapisi gibi seçenekler multidisipliner kurulda değerlendirilebilir; mümkün olduğunda tedavi öncesi doku tanısı hedeflenir.

Özel klinik durumlar

Bilinen ekstratorasik kanserli hastada nodül metastaz, ikinci primer akciğer kanseri veya benign lezyon olabilir. Hastalıksız süre, primer tümör tipi, diğer metastazların varlığı, nodül morfolojisi ve tedavi hedefi önemlidir. Tek ve rezeke edilebilir nodülde tanı hem evreyi hem tedaviyi değiştirebileceğinden multidisipliner değerlendirme gerekir. Standart Fleischner tablosu bu gruba otomatik uygulanmaz.

İmmünsüprese hastada enfeksiyon olasılığı ve hızlı ilerleme riski daha yüksektir. Ateş, nötropeni, transplantasyon veya immünsüpresif ilaç varlığında kısa aralıklı değerlendirme, mikrobiyolojik testler ve erken örnekleme gerekebilir. Bu grup da Fleischner kapsamı dışındadır. Genç erişkinde malignite olasılığı daha düşük olsa da tümör, konjenital veya enfeksiyöz nedenler klinik bağlamda ele alınır.

Çoklu nodüllerde en şüpheli nodül yönetimi belirler; yalnız en büyük nodüle odaklanmak yeterli değildir. Subsolid çoklu nodüller multifokal adenokarsinom spektrumu veya inflamasyon gösterebilir. Perifissüral nodül tipik intrapulmoner lenf nodu morfolojisindeyse benign yaklaşım uygundur. Skar zemininde, fibrotik akciğerde veya amfizemli hastada hem malignite hem işlem komplikasyonu riski artabilir.

Gebelikte radyasyon ve işlemler anne–fetus yararı açısından ayrı planlanır; çocuklarda erişkin nodül kılavuzları geçerli değildir. Her özel grupta temel prensip genel boyut tablolarının yerine bağlama özgü risk–yarar analizidir.

Pratik karar algoritması ve örnekler

Pratik algoritma önce bağlamı belirler: insidental mi, tarama mı, bilinen kanser/immünsüpresyon var mı? Ardından ince kesit BT’de nodülün solid veya subsolid yapısı, gerçek boyutu, morfolojisi ve önceki görüntüye göre büyümesi değerlendirilir. Üçüncü adım klinik malignite olasılığının tahminidir. Dördüncü adımda seçenekler BT izlemi, PET-BT, noncerrahi biyopsi veya cerrahi tanı–tedavi olarak sıralanır. Son karar hastanın işlem riski ve tercihi ile verilir.

1. **Düşük riskli hasta, 4 mm solid nodül:** Fleischner’a göre rutin takip gerekmez.
2. **68 yaş, yoğun tütün öyküsü, 12 mm spiküle üst lob nodülü:** PET-BT, nodal değerlendirme ve doku/cerrahi seçenekleri tartışılır.
3. **14 mm parsiyel solid nodül, 7 mm büyüyen solid komponent:** Negatif PET’e rağmen invaziv adenokarsinom şüphesi sürer.
4. **Kolon kanseri öyküsü, yeni 9 mm nodül:** Metastaz, ikinci primer ve benign nodül ayrımı tedaviyi değiştirebilir.
5. **Tarama programında saptanan nodül:** Fleischner değil Lung-RADS kategorisi kullanılır.

Sıra	Karar
1	Bağlamı seç: insidental / tarama / özel hasta
2	İnce kesit BT: yapı, boyut, morfoloji, büyüme
3	Malignite olasılığı: klinik ± doğrulanmış model
4	İzlem / PET / biyopsi / cerrahi seçeneklerini karşılaştır
5	Ortak karar; takip sorumlusu ve tarihi kaydedilsin

Tartışma ve sonuç

SPN yönetimi, görüntüleme teknolojisi geliştikçe daha fazla nodülün saptanması nedeniyle giderek daha önemli hale gelmiştir. En büyük hata iki uçtan birine savrulmaktır: her nodülü kanser kabul edip invaziv işlem yapmak veya küçük/yavaş büyüyen her nodülü önemsiz saymak. Textbook yaklaşımı anatomik ve cerrahi düşüncüyü; modern kılavuzlar ise ölçülebilir risk, takip aralıkları ve standardizasyonu sağlar. En iyi uygulama bu iki perspektifi birleştirir.

Tartışmalı alanlar arasında subsolid nodüllerde optimal takip süresi, yapay zekâ ve radyomik modellerin klinik rolü, küçük periferik kanserde wedge–segmentektomi–lobektomi seçimi, STAS’ın intraoperatif karar üzerindeki etkisi ve biyopsi olmaksızın stereotaktik radyoterapi yer alır. Bu konularda tek bir

boyut eşiği yerine tümör biyolojisi, teknik rezektabilite ve hasta özellikleri değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak SPN; bağlam, morfoloji, büyüme ve hasta faktörlerinin birleştiği olasılıksal bir tanı problemidir. Önceki görüntülerin bulunması, ince kesit BT ile doğru sınıflama, uygun kılavuzun seçilmesi, riskin nicelleştirilmesi ve multidisipliner ortak karar temel adımlardır. Orta riskte PET ve biyopsi bilgi kazandırırken, çok düşük riskte güvenli takip; yüksek risk ve iyi operabilitede ise onkolojik prensiplere uygun cerrahi ön plana çıkar. Subsolid nodüllerde uzun zaman ufku ve solid komponentin titiz değerlendirilmesi özellikle önemlidir.

Ana mesajlar

- SPN, çapı 3 cm veya daha küçük fokal pulmoner opasitedir; 3 cm üzeri kitle kabul edilir.
- Kılavuz seçimi saptanma bağlamına göre yapılır.
- Boyut kadar yapı, morfoloji ve büyüme önemlidir.
- Negatif biyopsi veya PET, uygun klinik bağlamda maligniteyi tamamen dışlamaz.
- Cerrahi yaklaşım tanısal doğruluk, parankim korunması, marj ve nodal evrelemeyi dengeler.
- Takip önerisi kadar takibin gerçekten gerçekleşmesini sağlayan sistem de önemlidir.

Hızlı başvuru özeti

Bu özet klinik kararı kolaylaştıran bir hatırlatıcıdır; hastaya özgü kararın veya özgün kılavuz tablosunun yerini tutmaz.

Durum	Yaklaşımın özü
<6 mm solid, insidental	Düşük riskte çoğunlukla takip yok; yüksek riskte 12 ay düşünülebilir
6–8 mm solid, insidental	6–12 ay BT; risk ve stabiliteye göre 18–24 ay
>8 mm solid	Pretest risk; kısa aralıklı BT, PET-BT, biyopsi veya cerrahi
≥6 mm saf buzlu cam	Kalıcılığı doğrula; beş yıla uzayan aralıklı takip
≥6 mm parsiyel solid	Erken doğrulama; solid komponent ve büyüme yönetimi belirler
Tarama nodülü	Lung-RADS v2022 kullan
Kanser/immünsüpresyon	Bağlama özgü yol; Fleischner'ı otomatik uygulama

Klinik kullanım notu: Takip aralığı seçilirken kılavuzun tam metni, güncel sürümü, ölçüm yöntemi ve hastanın risk profili doğrulanmalıdır. Bu metin eğitim amaçlıdır ve bireysel tıbbi kararın yerine geçmez.

Kaynaklar

1. LoCicero J III, Feins RH, Colson YL, Rocco G, eds. *Shields' General Thoracic Surgery*. 8th ed. Wolters Kluwer; 2019.
2. Patterson GA, Cooper JD, Deslauriers J, et al., eds. *Pearson's Thoracic & Esophageal Surgery*. 3rd ed. Elsevier; 2008.
3. Townsend CM Jr, Beauchamp RD, Evers BM, Mattox KL, eds. *Sabiston Textbook of Surgery*. 21st ed. Elsevier; 2022.
4. Broaddus VC, Ernst JD, King TE Jr, et al., eds. *Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine*. 7th ed. Elsevier; 2022.
5. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images. *Radiology*. 2017;284:228-243. doi:10.1148/radiol.2017161659.
6. Gould MK, Donington J, Lynch WR, et al. Evaluation of individuals with pulmonary nodules. *Chest*. 2013;143:e93S-e120S.
7. Callister MEJ, Baldwin DR, Akram AR, et al. BTS pulmonary nodule guideline. *Thorax*. 2015;70 Suppl 2:ii1-ii54.
8. American College of Radiology. *Lung-RADS Version 2022*. ACR; 2022.
9. Christensen J, Prosper AE, Wu CC, et al. ACR Lung-RADS v2022. *Chest*. 2024;165:661-675.
10. Swensen SJ, Silverstein MD, Ilstrup DM, et al. Probability of malignancy in solitary pulmonary nodules. *Arch Intern Med*. 1997;157:849-855.
11. McWilliams A, Tammemagi MC, Mayo JR, et al. Probability of cancer in pulmonary nodules. *N Engl J Med*. 2013;369:910-919.
12. Herder GJ, van Tinteren H, Golding RP, et al. Clinical prediction model and FDG-PET. *Chest*. 2005;128:2490-2496.
13. Truong MT, Ko JP, Rossi SE, et al. Update in evaluation of the solitary pulmonary nodule. *Radiographics*. 2014;34:1658-1679.
14. National Lung Screening Trial Research Team. Reduced lung-cancer mortality with LDCT. *N Engl J Med*. 2011;365:395-409.
15. de Koning HJ, van der Aalst CM, de Jong PA, et al. NELSON trial. *N Engl J Med*. 2020;382:503-513.
16. Mazzone PJ, Silvestri GA, Souter LH, et al. CHEST lung cancer screening guideline. *Chest*. 2021;160:e427-e494.
17. Wood DE, Kazerooni EA, Aberle DR, et al. Lung Cancer Screening, Version 1.2025. *JNCCN*. 2025;23:e250002.
18. O'Dowd EL, Tietzova I, Bartlett E, et al. European statement on incidental findings from LDCT screening. *Eur Respir J*. 2023;62:2300533.

19. Detterbeck FC, Boffa DJ, Kim AW, Tanoue LT. Eighth edition lung cancer stage classification. *Chest*. 2017;151:193-203.
20. Ginsberg RJ, Rubinstein LV. Lobectomy versus limited resection for T1 N0 NSCLC. *Ann Thorac Surg*. 1995;60:615-622.
21. Altorki N, Wang X, Kozono D, et al. Lobar or sublobar resection for peripheral stage IA NSCLC. *N Engl J Med*. 2023;388:489-498.
22. Saji H, Okada M, Tsuboi M, et al. Segmentectomy versus lobectomy: JCOG0802. *Lancet*. 2022;399:1607-1617.
23. Rivera MP, Mehta AC, Wahidi MM. Establishing the diagnosis of lung cancer. *Chest*. 2013;143:e142S-e165S.
24. Ost DE, Gould MK. Decision making in patients with pulmonary nodules. *Am J Respir Crit Care Med*. 2012;185:363-372.
25. Bankier AA, MacMahon H, Goo JM, et al. Recommendations for measuring pulmonary nodules at CT. *Radiology*. 2017;285:584-600.

13. Bölüm

Süt Sığırlarında Vücut Kondisyon Skoru ve Ölçüm Yöntemleri

Mücahid Abdullah ŞİMŞEK¹, Serdar GÜLER², Uğur ÖZENTÜRK³

1. Giriş

Süt sığırı yetiştiriciliğinde temel hedeflerden biri, her inekten yılda bir buzağı elde edilmesidir. Düzenli olarak elde edilen buzağılar hem laktasyon döngüsünün devamlılığının sağlanması hem de işletmelerin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Süt sığırcılığı işletmelerinde sürdürülebilir üretim, süt verimi ve döl veriminin etkin bir şekilde yönetilmesi ve kontrol altında tutulmasına bağlıdır. Bu nedenle, yüksek süt veriminin yanı sıra üreme performansının korunması da yetiştiricilik faaliyetlerinin temel amaçları arasında yer almaktadır. Son yıllarda süt veriminin artırılması amacıyla yapılan ıslah ve seleksiyon çalışmaları sonucunda modern işletmelerde günlük süt verimi 40 L ve üzerine ulaşabilen inekler yetiştirilebilmektedir. Yüksek verimli ineklerin ihtiyaç duyduğu günlük besin miktarı laktasyon ve gebelik dönemlerine göre değişkenlik göstermektedir (Koçyiğit, 2017). Besin ihtiyacındaki bu değişkenlik sebebiyle süt ineklerinde besin içeriği ve miktarı fizyolojik dönemlerine göre düzenlenmelidir. Yüksek verimli süt ineklerinde laktasyonun erken dönemlerinde, yani buzağılamadan sonraki ilk 2 ila 4 ay içerisinde süt üretiminde artış gözlemlenirken, kuru madde tüketimi genellikle yetersiz kalmaktadır. Bu durum, hayvanın enerji ihtiyacının karşılanamamasına ve negatif enerji dengesinin oluşmasına neden olabilmektedir (Mishra vd., 2016). Oluşan bu negatif enerji dengesi döneminde inekler, enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla vücut yağ rezervlerini kullanırlar. Ancak, yeterli vücut yağ rezervine sahip olmayan ve aşırı zayıf kondisyonlu ineklerde, süt üretimi için gerekli enerji ihtiyacı karşılanamadığından süt veriminde belirgin düşüşler yaşanabilir. Ayrıca bu durum, ketozis, abomasum deplasmanı ve kızgınlık belirtilerinin zayıf ya da belirsiz seyretmesi gibi metabolik ve üreme problemlerine yol açabilmektedir (Koçyiğit, 2017).

Vücut kondisyonu kavramı, hayvanların belirli bir yetiştiricilik döneminde istenilen verim özelliklerini karşılamaya fizyolojik olarak hazır olup olmadığını

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootehni Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0008-8362-2783.

² Dokuz Eylül Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootehni Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-2499-9237.

³ Dokuz Eylül Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootehni Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-2037-9340.

değerlendirmek için kullanılan önemli bir göstergedir. Belirli kriterlere göre yapılan skorlama işlemleri sonucunda belirlenen vücut kondisyon skoru (VKS), hayvanların kondisyonları hakkında nicel bir veri oluşturarak istenilen verim düzeyinin karşılanabilirliği hakkında daha doğru yorum yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle vücut kondisyon skorunun farklı fizyolojik dönemlerde düzenli olarak değerlendirilmesi, sürü sağlığının ve üretim performansının sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. (Srikanth ve Miranda, 2024).

2. Vücut Kondisyon Skoru (VKS) Nedir?

Vücut Kondisyon Skoru (VKS), süt sığırlarının vücutlarında bulunan yağ rezervlerinin, kas yapısının ve genel vücut kompozisyonunun görsel ve/veya fiziksel değerlendirilmesi sonucunda elde edilen nicel bir ölçüttür (Edmonson vd., 1989). Vücut kondisyon skoru, sığır yönetiminde yaygın olarak kullanılan önemli bir değerlendirme aracıdır; çünkü hayvanın vücut enerji rezervleri ile genel sağlık durumu hakkında güvenilir ve pratik bilgiler sunar (Praveen vd., 2024). Bu puanlama sistemi, özellikle süt ve et sığırlarında kritik öneme sahip olan yağ ve kas dokularının görsel ve/veya palpasyon yoluyla değerlendirilmesine dayanır.

Vücut kondisyon puanlama sistemi ilk kez 1961 yılında Jefferies tarafından koyunlarda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu sistemde koyunlar, günümüzde kullanılan 5 puanlık sisteme benzer bir şekilde, omurga çıkıntılarının palpasyonu ile değerlendirilmiştir. (Jefferies, 1961). Besi ve süt sığırları için ise daha sonraki yıllarda 8, 10 ve 11 puanlı sistemler geliştirilmiştir (Earle, 1976; Grainger ve McGowan, 1982; Mulvany, 1981). Günümüze en yakın sistem olan Virginia Tekniği 1982 yılında Wildman tarafından geliştirilmiştir (Wildman vd., 1982). Bu yöntemde, ineklerin bel bölgesinden kuyruk sokumuna kadar uzanan omurga yapıları, bel omurları, sağrı kemiği, omurganın çıkıntıları, kuyruk sokumu omurları, kalça kemikleri gibi anatomik yapılar elle muayene edilerek değerlendirilir ve hayvana 1 ile 5 arasında bir kondisyon puanı verilir. Buna göre 1 puan aşırı zayıf, 5 puan ise aşırı yağlı hayvanı temsil etmektedir. Virginia Tekniği günümüzde hayvan alım-satımlarında, kurbanlık hayvan değerlendirmelerinde ve küçük ölçekli işletmelerde halen kullanılmaktadır. Ancak yöntemin büyük ölçekli işletmelerde uygulanmasının zaman alıcı olması ve eğitim gerektirmesi nedeniyle daha kısa sürede uygulanabilen ve daha az iş gücü gerektiren sistemlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple 1989 yılında Edmonson tarafından görsel muayeneye dayanan California Sistemi geliştirilmiştir. California sistemi günümüzde de kullanılan 5 puanlık ve görsel muayeneye dayanan bir sistemdir. Bu sisteme göre 1 puan çok zayıf, 5 puan ise

aşırı yağlı hayvanı temsil etmektedir (Edmonson vd., 1989). Puanlama 0.25'lik katsayılarla artış ve azalışlarla yapılmaktadır. Kullanılan değerlendirme kriterleri şu şekildedir;

- Processus spinosus'un görünürlüğü
- Processus transversus'un görünürlüğü
- Processus spinosus ve Processus transversus arasındaki dolgunluk
- Tuber coxae ve Tuber ischii görünürlüğü
- Tuber coxae ve Tuber ischii arasındaki dolgunluk
- Tuber ischiiler arasındaki dolgunluk
- Kuyruk sokumunun altındaki dolgunluk

VKS'nin ölçümü için kullanılan sistemler, elde edilmek istenen verim özelliğine ve ülkelere göre değişkenlik göstermektedir. Günümüzde 5 puanlık sistem yaygın olarak kullanılsa da geçmişte farklı puanlama sistemleri de kullanılmıştır. Avustralya'da 8 puanlık, Yeni Zelanda'da 10 puanlık ve Amerika Birleşik Devletleri'nde 9 puanlık sistemler kullanılmıştır. Günümüzde hayvancılığın küreselleşmesi ve üretim sistemlerinin uzmanlaşması nedeniyle işletmeler, verim yönüne göre farklı sistemler kullanabilmektedir. Süt sığırlarında VKS için genel olarak 5 puanlık sistem tercih edilirken, etçi sığırlarda 9 puanlık sistem daha yaygın kullanılmaktadır. Her iki ölçekte de puan, yağ depolarının miktarına bağlı olarak artmakta ve çoğunlukla kaburgaların üzerinde, kuyruk sokumu çevresinde, bel ve pelvis bölgelerinde bulunan vücut rezervlerinin pratik bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Roche vd., 2018).

Sütçü sığırlarda en çok kullanılan 5 puanlık sistemde puanlar 0.25'lik katsayılarla artıp azalmakta ve puanlar gözlemci tarafından verilmektedir. Puanlama lumbar vertebralar, tuber coxae, tuber ischii ve kuyruk sokumundaki deri altı yağ dokusu rezervlerinin miktarına göre yapılmaktadır. VKS değerlendirilirken kalça bölgesi, kuyruk kökü ve lumbar vertebraların üzerinde bulunan deri altı yağ dokusunun miktarı dikkate alınmaktadır. VKS'si düşük olan hayvanlarda kemik dokusu gözle ve elle muayenede daha belirgin hissedilirken, kondisyon arttıkça bu yapıların belirginliği azalmaktadır. Kondisyonu yüksek hayvanlarda lumbar vertebralar ve tuber coxae arasında daha fazla yağ dokusu bulunmaktadır. Bu sebeple yüksek kondisyonlu hayvanlarda ilgili bölgede dışbükey bir görünüm söz konusuken, düşük kondisyonlu hayvanlarda içbükey bir yapı gözlenmektedir (Bewley ve Schutz, 2008).

Uygun VKS yönetimi, hayvanların üretkenliği, üreme performansı ve genel refahı üzerinde doğrudan ve belirleyici bir etkiye sahiptir. Güncel araştırmalar, optimum vücut kondisyon skorunun korunmasının, süt sığırlarında süt veriminin

artırılmasına, et sığırlarında ise et kalitesinin iyileştirilmesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Söz konusu olan iki verim özelliği de çiftliklerin ekonomik sürdürülebilirliği açısından kritik bir rol oynamaktadır (Roche vd., 2018). Özellikle yüksek verimli süt ineklerinde laktasyonun başlamasıyla beraber artan besin ihtiyacı göz önüne alındığında, gebelik ve laktasyon dönemlerinde optimum VKS'ye ulaşılması, mastitis ve ketosis gibi hastalıkların görülme riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Nazhat vd., 2021).

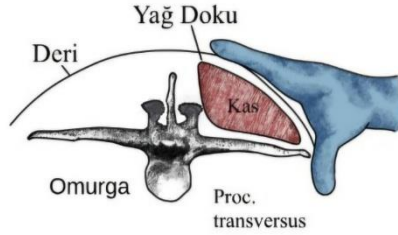
Vücut kondisyon skorunun döl verimi üzerinde belirgin bir etkisi bulunmaktadır. Süt sığırcılığı gibi, sürü devamlılığı ve optimum verim kontrolünün yeni buzağı elde edilmesi üzerine kurulu olduğu işletmelerde bu etki daha da önem kazanmaktadır. İdeal kondisyon düzeyine sahip ineklerde gebelik oranları artmakta, doğum süreci daha sorunsuz gerçekleşmekte ve doğan buzağının sağlık durumu genellikle daha iyi olmaktadır (Pryce vd., 2001). Hayvancılık işletmelerinde VKS'nin düzenli aralıklarla ölçülmesi, süt verimi, üreme performansı, yem tüketimi ve genel sağlık durumu ile ilgili olası sorunların erken dönemde tespit edilmesi ve yönetilmesi açısından önemlidir (Koçyiğit, 2017).

3. Fizyolojik Dönemlere Göre VKS Değişimleri ve Enerji Dengesi

Süt ineklerinde VKS değeri, hayvanın içinde bulunduğu fizyolojik döneme bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Süt inekleri ortalama 280 gün süren gebeliklerinin özellikle son 90 gününde, fetüsün hızlı canlı ağırlık artışı nedeniyle vücut rezervlerini kullanma eğilimi gösterirler. Bu sebeple doğuma yaklaşık 60 gün kala inekler kuruya çıkarılarak sağım işlemi sonlandırılır. Sağım işleminin sonlanması ile inek, önemli bir fizyolojik yükten kurtularak fetüs gelişimi için gerekli olan enerji gereksinimini daha etkin şekilde karşılayabilmektedir.

Kuruya çıkarılmayan ineklerde buzağı doğum ağırlıklarının düşük olduğu, buzağı ölüm oranlarının arttığı ve sonraki laktasyon döneminde süt verimlerinin azaldığı çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu nedenle kuruya çıkarma işlemi, doğum sürecinin ve sonraki laktasyon döneminin sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesi açısından önemlidir. İneğin hem gebelik hem de laktasyon döneminde negatif enerji dengesi altına girmemesi bu süreçlerin sağlıklı yönetilmesi açısından önemlidir. Bu kapsamda, süt ineklerinin gebelik ve laktasyonun farklı evrelerinde belirli VKS aralıklarında bulunmaları hedeflenmektedir.

4. VKS'nin El ile Palpasyon Yöntemi ile Belirlenmesi



Şekil 1. El ile palpasyon yönteminde elin konumlandırılması
(Çizim: R. Atasel Petin)

Palpasyon, hayvanın belirli vücut bölgelerindeki kas ve yağ dokusunun kalınlığını el ile hissederek değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır. Bu teknik, kas yoğunluğu, yağ birikimi ve kemik çıkıntılarının belirginliği gibi kriterlerin daha güvenilir bir şekilde ölçülmesine olanak tanımaktadır (Wildman vd., 1982). Palpasyon yönteminde el, hayvanın proc. spinosus ve proc. transversusları arasındaki alana denk gelecek şekilde konumlandırılmaktadır. Yöntem uygulanırken hayvanın uygun şekilde zapturapt altına alınarak sabit tutulması ve aynı çiftlikteki hayvanlar için mümkün olduğunca tek bir uygulayıcının görev alması, puanlamanın doğruluğunu ve tutarlılığını artırmaktadır. El ile uygulanan basınç sabit tutularak hayvandan hayvana değişiklik göstermemelidir (Ferguson vd., 1994). Palpasyonla belirlenen kemik çıkıntılarının hissedilebilirliği ve yağ dokusunun miktarı 1 ile 5 arasında puanlanmaktadır. Düşük skorlar kemik yapıların belirgin ve yağ dokusunun az olduğunu, yüksek skorlar ise kemiklerin daha zor hissedildiğini ve yağ birikiminin arttığını göstermekte olup değerlendirme ölçütleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Palpasyonda skorlama işlemi bölgede hissedilen kas, yağ ve kemik dokusunun durumuna göre yapılır.

Skor	Palpasyonda Hissedilen Durum
1.0	Omurga ve kalça kemikleri çok belirgin, yağ yok.
2.0	Kemik yapılar belirgin, çok az yağ dokusu hissedilir.
3.0	Kemikler az hissedilir, hafif yağ dokusu mevcut.
4.0	Kemikler zor hissedilir, belirgin yağ birikimi vardır.
5.0	Kemikler hissedilmez, kalın yağ tabakası mevcuttur.

5. VKS Belirlemede Teknolojinin Önemi ve Kullanılan Yöntemler

Geleneksel olarak vücut kondisyon skorlaması (VKS), gözle muayene ve elle palpasyon yöntemleriyle yapılmaktadır. Ancak bu yöntemler, uygulayıcıya bağlı subjektif hatalara açık olmaları, büyük sürülerde zaman ve iş gücü gerektirmeleri gibi sınırlılıklar taşımaktadır. Özellikle büyük ölçekli işletmelerde, hayvan refahını ve üretim verimliliğini artırma hedefiyle daha hassas, objektif ve hızlı sistemlere duyulan ihtiyaç artmıştır. Bu gereksinim, teknoloji temelli alternatiflerin gelişmesine zemin hazırlamıştır (Hansen vd., 2018).

Vücut kondisyon skorunun modern teknolojilerle belirlenmesi yalnızca değerlendirme doğruluğunu artırmakla kalmaz, aynı zamanda otomasyon, izlenebilirlik ve iş gücü verimliliği açısından da büyük faydalar sunmaktadır. Özellikle büyük sürülerin yönetildiği endüstriyel çiftliklerde hızlı ve sürekli izleme ihtiyacı, teknolojik yöntemlerin önemini daha da artırmaktadır. Ayrıca bu teknolojiler, farklı fiziksel verilerin birlikte değerlendirilmesine olanak tanıyarak metabolik hastalık risklerinin önceden öngörülmesine ve bireyselleştirilmiş besleme stratejilerinin uygulanmasına katkı sağlamaktadır (Hansen vd., 2018).

Bu amaçla **ultrasonografi, termal görüntüleme, iki boyutlu ve üç boyutlu görüntüleme** ile **yapay zekâ destekli görüntüleme** modelleri geliştirilmiştir.

5.1. Ultrasonografi ile VKS Belirleme

Ultrasonografi, ses dalgalarının yumuşak dokulara gönderilerek geri dönen yankıların analiziyle çalışan, non-invaziv bir görüntüleme yöntemidir. Bu teknikle, sığırların özellikle lumbal vertebralar ve kalça bölgelerinde bulunan subkutan yağ dokusu kalınlığı milimetre hassasiyetinde ölçülebilmektedir.

Ölçüm sırasında, *tuber coxae* ve *tuber ischiadicum* üst bölgelerine kadar uzanan sakral bölgenin ölçülmesi ile sırt yağ kalınlığı belirlenebilmektedir. Bu bölgelerde ultrason probu yardımıyla elde edilen görüntülerden yağ ve kas

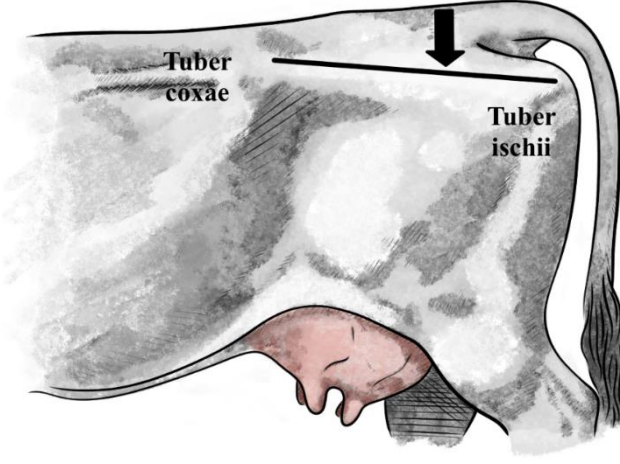
dokusunun kalınlığı hesaplanır. Elde edilen bu sayısal veriler, vücut kondisyon skorları ile yüksek korelasyon göstermektedir. Ultrasonografi kullanımı objektif ve yüksek hassasiyetli ölçümler sağlaması sebebiyle tercih edilmektedir. Ancak uygulanma süresinin uzun olması endüstriyel sığır işletmelerinde yaygın kullanımı sınırlamaktadır.

Tablo 2. Sırt yağı kalınlığı ölçümleri ile VKS ve toplam vücut yağ kütlesi arasındaki ilişki

Açıklama	VKS	Sırt Yağ Kalınlığı (mm)	Toplam Vücut Yağı Miktarı (kg)
Aşırı Zayıf	1.0	<5	<50
Zayıf	1.5	5	50
Toplu Zayıf	2.0	10	76
Orta	2.5	15	98
İyi	3.0	20	122
Çok İyi	3.5	25	146
Yağlı	4.0	30	170
Çok Yağlı	4.5	35	194
Obez	5.0	>35	>194

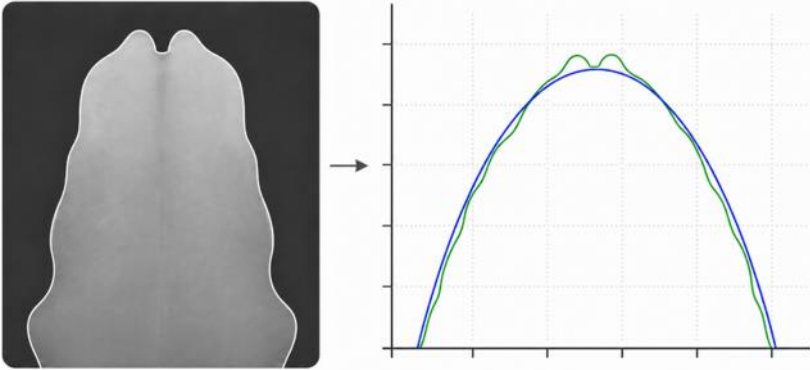
Ultrason görüntüsünde subkutan yağ dokusu milimetre (mm) cinsinden ölçülmektedir. Elde edilen yağ doku kalınlığına karşılık gelen VKS değeri Tablo 2’de belirtildiği üzere belirlenerek hayvana skor verilir. Yağ dokusu 5 mm altı olan hayvanlara VKS değeri olarak 1.00 puan verilir. Yağ dokusunun kalınlığındaki her 5 mm’lik artış için VKS puanlamasında 0.5’lik bir artış yapılır. Örneğin ultrason görüntüsünde 30 mm’lik bir yağ dokusu kalınlığına sahip olan bir hayvanın VKS puanı 4.00 olarak elde edilirken 35 mm’lik bir kalınlığa sahip olan hayvanın VKS puanı 4.5 olarak elde edilir.

5.2. Termal Görüntüleme ile VKS belirleme



Şekil 2. Ultrasonografi ile VKS tayini için ölçümler, Tuber coxae ile Tuber ischii arasındaki bölgeden yapılmalıdır. (Çizim: R. Atasel Petin)

Termal kameralar ile VKS belirleme yöntemi, kondisyonu yüksek hayvanların vücut yapılarının daha oval, düşük kondisyonlu hayvanların ise daha parabolik bir görünüme sahip olması prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde daha önceden belirlenen belirli anatomik yapıların birbirleri arasında oluşturduğu açılar belirlenerek değerlendirme yapılmaktadır. Buna göre elde edilen açının küçük olması anatomik yapılar arasında çıkıntıların fazla olduğunu; açının büyümesi ise yağ ve kas dokusunun artmasına bağlı olarak yüzeyin daha düzgün hale geldiğini göstermektedir. Bu korelasyon doğrultusunda, anatomik yapıların arasındaki açı değişimlerinin kondisyonun hesaplanmasında kullanılabileceği sonucu ortaya konmuştur (Keren ve Olson, 2007; Halachmi vd., 2008).

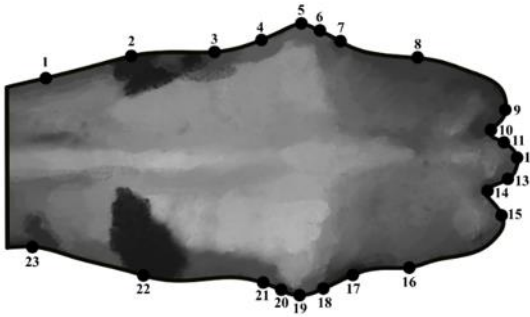


Şekil 3. Görseldeki mavi hat dış sınırı, yeşil hat ise parabolik eğriyi temsil etmektedir (Halachmi vd., 2008).

Hesaplama da kullanılan anatomik bölgeler şu şekildedir;

- Kuyruk kökünün dorsal kısmı
- Tuber ischiadicum
- Tuber coxae

Radyo frekansı ile tanımlama (RFID) teknolojisi kullanılarak kimliklendirilen hayvanlar, sağı m giriş veya çıkışlarında yer alan kameraların önünden geçer. Hayvanlar geçiş yaparken kameralar video kaydı alır ve en net görüntünün olduğu karenin anlık görüntüsü sistem tarafından kaydedilir. Daha sonra sistem görüntü üzerinde hayvanın bulunduğu alanı belirleyerek görüntü üzerinde kır pma işlemi uygular. Kır pılan alan üzerindeki istenmeyen objeler silinir. İneğin görüntü üzerindeki dış çizgisi hesaplanır ve bu görüntüye ek olarak anatomik yapıların iz düşümü olarak parabol eğriler çizilir. Daha sonra parabolden sapma (deviation from a parabola, MAE) değeri bulunur. Değer hesaplanırken her anatomik bölgenin ayrıca tespit edilerek açı hesabı yapılmasına gerek yoktur. Hesaplama için dış çizgiden yapılan her sapmanın mutlak değeri alınır. Sapmanın dış çizgi içine veya dışına doğru olması, oluşan açının değeri ni değ iş tirmed iğ i için mutlak değ er hesabı yapılmaktadır. Daha sonra mutlak değ eri alınan sapmaların ortalaması alınarak MAE değ eri bulunur (Halachmi vd., 2013). MAE değ eri hesabı için kullanılan formülasyon şu şekildedir;



Şekil 4. Elde edilen görsel üzerinde hayvanların belirli anatomik bölgeleri işaretlenerek bu bölgelerin oluşturduğu hat kullanılır (Çizim: R. Atasel Petin).

$$MAE = \left| DIŞ \ ÇİZGİ - PARABOL \right|$$

MAE değeri bulunduktan sonra termal vücut kondisyon skoru değeri (TBCS) bulunur. Bu formülasyon sonucunda elde edilen MAE değerinin 5'lik sistemdeki karşılığı bulunmuş olunur. TBCS formülü şu şekildedir;

$$TBCS = 5 \times 9 \times (1/MAE)$$

Elde edilen TBCS değeri sonucunda VKS değeri bulunmuş olur. Daha sonra sistem kayda aldığı RFID numarası ile VKS değerini eşleyerek her ineğe ait VKS değerini veri tabanına kaydeder (Halachmi vd., 2013).

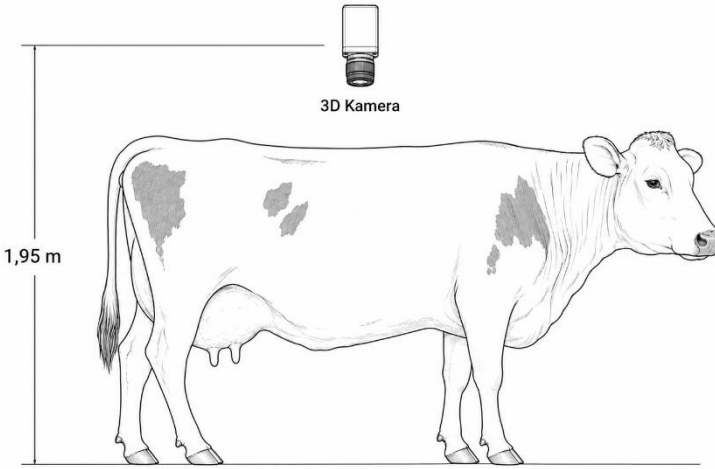
5.3. 2D Görüntüleme ile VKS Belirleme

İki boyutlu görüntüleme sistemleri ile VKS belirleme işlemleri, özellikle yapay zekânın entegre kullanılmaması ve manuel işlemler gerektirmesi sebebi ile tek başına kullanılmamaktadır. İnekler sağımhane girişi veya çıkışlarında terazi üzerinden geçerken, tepeye yerleştirilmiş bir kamera tarafından fotoğraflanırlar. Elde edilen fotoğraf bilgisayar ortamında veteriner hekimler tarafından önceden belirlenmiş konumlara noktalar konulması ile devam eder. Bu işlemler için genellikle kalça tümsekleri (hook), oturak tümsekleri (pin), kuyruk sokumu (tailhead), kısa kaburgalar ve göğüs kafesi arkası gibi bölgeleri kapsayan toplam 23 farklı anatomik nokta X ve Y koordinatlarıyla belirlenir. İşaretlenen anatomik noktalar arasındaki mesafeler ile ineğin şeklini yansıtan kalça açısı, arka kalça açısı ve kuyruk sokumu çöküntüsü gibi özel açılar hesaplanır. Görüntüden elde edilen bu anatomik açılar veya şekil tanımlayıcıları, doğrusal regresyon (linear regression) veya karma (mixed) modellere girdi olarak uygulanır.

Bu modeller uzmanların önceden verdiği referans VKS skorları baz alınarak eğitilmiştir (Azzaro vd., 2011; Bewley vd., 2008). Yağ oranı değiştikçe ineğin "kemiklilik" düzeyi de değiştiği için; örneğin artan VKS ile kalça açısı ve arka kalça açılarının daha düz bir çizgiye yaklaşması (yuvarlaklaşması) prensibini kullanarak ineğin 1 ile 5 ölçeği arasındaki VKS'sini otomatik olarak tahmin eder (Azzaro vd., 2011; Bewley vd., 2008).

5.4. 3D Görüntüleme ile VKS Belirleme

3D görüntüleme yöntemi, canlının yüzey formunun, hacminin ve yapısal detaylarının dijital olarak kaydedilmesine yarayan teknolojidir. Özellikle derinlik algısı algılama imkânı sunan sensörler sayesinde ineklerin vücut konturları üç boyutlu olarak çıkarılabilir. Tipik bir 3D VKS değerlendirme sistemi, süt sığırının sağımhane giriş veya çıkışında ya da yürüme yolunda konumlandırılmış sabit bir 3D kamera ile hayvanı görüntüler. Sistem yaygın olarak kullanıldığı üzere inekleri RFID ile tanır; sırt ve sağrı bölgelerinden derinlik algılaması sayesinde özellikle sağrı bölgesindeki girintiler belirlenir ve bunun üzerinden VKS tahmini yapar.



Şekil 5. Kameranın yerleşim uzaklığı ve konumu (Song vd., 2018).

VKS'si düşük hayvanlarda sağrı bölgesinde *proc. transversus*lar, *tuber coxae* ve *tuber ischii* ile beraber kuyruk sokumu bölgelerinde girinti ve çıkıntıların fazla olması beklenir. VKS'si yüksek hayvanlarda ise bu bölgelerde kas ve yağ doku rezervlerinin fazla olması sebebiyle girinti ve çıkıntıların az olması beklenir (Song vd., 2019). 3D kameralar, inek vücudunun belirli bir açıdan ölçülerini alarak nokta bulutu (point cloud) verisi üretir. Bu veri, her bir pikselin derinliğini de içeren X, Y, Z koordinatlarından oluşan üç boyutlu bir haritayı temsil eder. Kalça köşeleri, sağrı hattı, kuyruk başı gibi anatomik işaret noktaları bu bulut içinden algoritmalarla otomatik olarak tespit edilir (Song vd., 2018).

Oluşturulan X, Y ve Z düzlemi üzerindeki nokta bulutları hayvanın üç boyutlu düzlemde derinlik bilgisi ile oluşturulmuş görsellerini çıkarır. Elde edilen görseller sağrı genişliği, sağrı derinliği ve sağrı uzunluğu ile üç boyutta verilerin kullanılması ile ortaya nicel veriler çıkarır. Yapılan birçok çalışmada, elde edilen

veriler ile VKS tahmininin yapılması amacıyla farklı metotlar kullanılmıştır. Ancak en yaygın kullanılan ve kabul görmüş yöntemlerden birisi 4 girdi kullanmaktadır. Bunlar; seçilen vücut bölgesinin (sağrı) ortalama yüksekliği, dış bükey çizgi hacmi, dış bükey çizgi hacmi ve seçilen ve üç boyutta görselleştirilen bölgenin gerçek hacminin farkı ve yüzeyin 3D profilinde en yüksek 15 tepe noktası ile en düşük 15 vadi noktası arasındaki ortalama farkın hesaplanmasıdır (Zin vd., 2020).

3 boyutlu derinlik bilgisi sayesinde ineği arka plandan (zemin, çitler veya diğer inekler) ayırmak oldukça kolaydır. Belirli bir derinlik veya yükseklik eşiği kullanılarak (örneğin kameraya 1.8 metreden uzak olan piksellerin silinmesi), inek gövdesi arka plandan net bir şekilde ayrıştırılır. Bu aşamadan sonra 3D görüntü üzerindeki tepe ve çukur noktaları incelenerek ineğin yağ rezervlerini yansıtan özellikler matematiksel olarak çıkarılır. 3 boyutlu derinlik matrisinde maksimum yüksekliğe (kameraya en yakın noktaya) sahip pikseller aranarak omurga, kalça tümsekleri (hook bone) ve oturak tümsekleri (pin bone) otomatik olarak bulunur. Zayıf ineklerin kemikleri daha sivri (yüksek eğrilik), şişman ineklerin ise daha düz bir yüzeye sahiptir. Bu bölgelerin kesitlerinden gölge alanının yüzey alanına oranı hesaplanarak kemiklerin sivrililiği ölçülür. İneğin sakral bölgesinin mevcut çukur yüzeyi ile olması gereken ideal dış sınırı arasına sanal bir Dışbükey Örtü (Convex Hull) çizilir. İnek yağlandıkça bu çukur dolar. Bu örtü ile ineğin sırtı arasındaki boşluğun hacmi, ineğin ne kadar yağlandığının direkt bir göstergesi olarak kullanılır. Elde edilen bu 3 boyutlu hacim, eğrilik ve derinlik özellikleri algoritmalara girdi olarak verilir. Elde edilen bu çıktılar ile beraber uzman veteriner hekimlerin bu hayvanlar için belirlediği VKS değerlerine regresyon uygulanır. Regresyon sonucunda yazılım sistemi artık bu 4 girdi ile veteriner hekim görüşüne ihtiyaç duymadan VKS tahmini yapabilmektedir (Zin vd., 2020).

5.5. Yapay Zekâ Yardımı ile VKS Belirleme

Yapay zekâ ile VKS tahmini için yapılan çalışmalarının çoğu, nesne tespit algoritmaları ile başlar. Bu yöntemler genellikle VKS ile en yüksek korelasyona sahip olan sağrı ve kuyruk sokumu bölgelerinin otomatik olarak belirlenmesini amaçlar. İlk geliştirilen yöntemlerden birisi olan R-CNN (Region-Based Convolutional Neural Network) görüntü içerisinde yüzlerce aday bölge üreterek her birini bir konvolüsyon sinir ağına ayrı ayrı gönderir ve hangi bölgede VKS ile ilişkili yapının bulunduğunu belirlemeye çalışır. Bu yöntem doğruluk açısından güçlü, ancak oldukça yavaştır. Daha sonra geliştirilen Fast R-CNN, tüm görüntüden tek seferde özellik çıkararak hız sorununu büyük ölçüde azaltmıştır. Ancak gerçek sıçrama Faster R-CNN ile gerçekleşmiştir. Faster R-CNN, “Region

Proposal Network” adı verilen özel bir yapı sayesinde bölge önerilerini CNN üzerinden üretir. Böylece anatomik bölge tespiti hem daha hızlı hem de daha stabil hale gelir. Literatürdeki birçok çalışmada Faster R-CNN kullanılarak kuyruk sokumu bölgesi yüksek doğrulukla belirlenmiştir (Huang vd., 2019). Son yıllarda popülerliği artan YOLO (You Only Look Once) mimarisi, tüm görüntüye tek seferde bakarak nesneleri eş zamanlı olarak tespit eder. Saniyede 50–100 kareyi aşabilen hızlarıyla bu sistem, sağımhanelerde ve geçiş yollarında gerçek zamanlı VKS sistemlerinin kullanılmasının önünü açmıştır. YOLO, RCNN ailesi kadar ince detay yakalamasa da özellikle sayıca fazla hayvan bulunan ve VKS tahmini için hızın önemli olduğu saha ve işletme koşullarında tercih edilmektedir (Çevik, 2020; Huang vd., 2019; Qiao vd., 2019).

VKS tahmininde kullanılan en popüler yapay zekâ yaklaşımı segmentasyon tabanlı yöntemlerdir (Qiao vd., 2019). Bu yöntemler görüntüdeki anatomik bölgeyi yalnızca bir kutu ile sınırlamakla kalmıyor aynı zamanda piksel düzeyine ayrıştırarak bölgenin tam olarak sınırlarını belirlemektedir. Segmentasyonun ana şartı olarak kabul edilen Mask R-CNN, Faster R-CNN’in mimarisini genişleterek her tespit edilen bölge için ayrıntılı bir maske üretir. Bu sayede sağrı bölgesinin dış sınırları ve kas-yağ dokusunun sınırlarının geometrik şekli gibi VKS için kritik olan ince yapısal özellikler yüksek doğrulukla elde edilir. Yapılan çalışmalarda bu yöntemle (Qiao’nun çalışması) Mask R-CNN kullanılarak sığırların arka bölgesinin çiftliklerde bulunan karmaşık, ışık dengesizliklerinin ve bolca nesnenin olduğu arka planından ayrıştırılabileceğini göstermektedir. Bu tür piksel bazlı yaklaşımlar, özellikle 3D görüntüleme sistemleriyle birleştirildiğinde VKS tahmininde doğruluğun belirgin biçimde artmasını sağlar (Huang vd., 2019; Qiao vd., 2019).

Derin öğrenme tabanlı VKS sistemlerinin üçüncü ve son aşaması sınıflandırmadır. Bu aşamada doğru bölge nesne tespit algoritmalarıyla çıkarıldıktan veya maskelerle segmentasyon yapıldıktan sonra görüntü, derin bir sinir ağında işlenir. VGG16, VGG19, ResNet, DenseNet ve EfficientNet gibi yaygın CNN mimarileri, rump bölgesindeki çıkıntı-yuvarlaklık ilişkilerini, yağ dokusuna bağlı yumuşak doku geçişlerini, kemik çıkıntılarının belirginliğini, kuyruğun iki yanındaki çukurlukların derinliğini ve doku paternlerini otomatik olarak öğrenir. Bu ağlar genellikle transfer öğrenme ile eğitilir. Yani, daha önce büyük veri setleri (ImageNet gibi) üzerinde eğitilmiş bir modelin son katmanları VKS sınıflarına göre yeniden düzenlenir (Çevik, 2020; Qiao vd., 2019). Son yıllarda 3D görüntüleme sistemlerinin VKS tahminine entegrasyonu önemli gelişmelere yol açmıştır. Time-of-Flight kameralar, LIDAR sensörleri veya stereo kameralar kullanılarak elde edilen derinlik haritaları sayesinde hayvanın rump bölgesinin üç boyutlu yüzey modeli çıkarılabilmektedir (Zin vd., 2020). Üç

boyutlu CNN veya nokta bulutu işleyen derin ağlar, yağ dokusuna bağlı yüzey yükseklik farklarını, bel çukurluğunun hacmini, kalça çıkıntılarının uzaysal ilişkisini ve rump eğriliğini daha önce mümkün olmayan bir hassasiyetle analiz edebilir. Bu yöntemler doğruluk açısından en güçlü seçeneklerdir. Ancak donanım maliyetleri ve kurulum gereksinimleri nedeniyle daha çok araştırma merkezlerinde uygulanmaktadır. Bu sistemlerin tümü birlikte ele alındığında otomatik VKS tahmini için bütüncül bir iş akışı ortaya çıkar. Süreç tipik olarak veri toplama ile başlar. Hayvanların bel-kuyruk sokumu bölgesi 2D veya 3D kameralarla görüntülenir. Ardından R-CNN, Faster R-CNN veya YOLO gibi modeller, VKS'nin değerlendirileceği anatomik alanı otomatik olarak tespit eder. Gerekirse Mask R-CNN gibi bir segmentasyon modeli bu alanı piksel düzeyinde ayırır. Son aşamada, bu bölgeden alınan görüntü parçaları VGG, ResNet veya EfficientNet gibi sınıflandırıcı ağlara gönderilerek VKS değeri hesaplanır. Bazı gelişmiş sistemlerde bu süreç gerçek zamanlı hale getirilmiştir. Kamera akışından her inek geçişinde otomatik olarak VKS tahmini yapılır ve sonuçlar sürü yönetim yazılımına aktarılır (Çevik, 2020; Huang vd., 2019; Qiao vd., 2019).

6. SONUÇ

Süt sığırı işletmelerinde süt verimi ile düzenli döl veriminin optimal düzeyde sürdürülebilmesi, özellikle erken laktasyon döneminde ortaya çıkan negatif enerji dengesi ve buna eşlik eden fizyolojik değişimlerin yakından izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda vücut kondisyon skoru (VKS), hayvanın enerji rezervlerini ve genel fizyolojik durumunu değerlendirmede kullanılan temel bir yönetim aracıdır. Geleneksel olarak el ile palpasyon ve gözle muayene yöntemlerine dayanan VKS değerlendirmesi, günümüzde yapay zekâ destekli nesne tespiti, segmentasyon ve sınıflandırma algoritmaları ile entegre edilen termal, iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) görüntüleme teknolojileri ile önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Bu teknolojik gelişmeler, VKS'nin daha objektif, hızlı ve tekrarlanabilir biçimde belirlenmesine olanak sağlamıştır. Sonuç olarak, geleneksel skorlamanın biyolojik temelleri ile modern derin öğrenme tabanlı yaklaşımların birleştirilmesi, insan faktöründen kaynaklanan subjektif değişkenliği azaltarak sürü yönetiminde gerçek zamanlı ve yüksek doğruluklu izleme imkânı sunmaktadır. Bu bütünlük yaklaşım, metabolik ve üreme kaynaklı problemlerin erken dönemde tespit edilmesine katkı sağlayarak hayvan refahını, sürü sağlığını ve işletme kârlılığını doğrudan artırma potansiyeline sahiptir.

KAYNAKLAR

1. Azzaro, G., Caccamo, M., Ferguson, J. D., Battiato, S., Farinella, G. M., Guarnera, G. C., & Licitra, G. (2011). Objective estimation of body condition score by modeling cow body shape from digital images. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 2126-2137. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3467>.
2. Bewley, J. M., & Schutz, M. M. (2008). An interdisciplinary review of body condition scoring for dairy cattle. *The Professional Animal Scientist*, 24(6), 507-529. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30901-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30901-3).
3. Bewley, J. M., Peacock, A. M., Lewis, O., Boyce, R. E., Roberts, D. J., Coffey, M. P., & Schutz, M. M. (2008). Potential for estimation of body condition scores in dairy cattle from digital images. *Journal of Dairy Science*, 91(9), 3439-3453. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0836>.
4. Çevik, K. K. (2020). Deep learning based real-time body condition score classification system. *IEEE Access*, 8, 213950-213957.
5. Earle, D. (1976). A guide to scoring dairy cow condition. *Journal of Agriculture*, 74, 228-231.
6. Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1), 68-78. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0).
7. Ferguson, J. D., Galligan, D. T., Thomsen, N. (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *Journal of dairy science*, 77(9), 2695-2703.
8. Grainger, C., & McGowan, A. A. (1982). The significance of pre-calving nutrition of the dairy cow.
9. Halachmi, I., Klopčič, M., Polak, P., Roberts, D. J., & Bewley, J. M. (2013). Automatic assessment of dairy cattle body condition score using thermal imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 35-40.
10. Halachmi, I., Polak, P., Roberts, D. J., & Klopčic, M. (2008). Cow body shape and automation of condition scoring. *Journal of Dairy Science*, 91(11), 4444-4451. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0785>.
11. Hansen, M. F., Smith, M. L., Smith, L. N., Jabbar, K. A., & Forbes, D. (2018). Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computers in Industry*, 98, 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.011>.
12. Huang, X., Li, X., & Hu, Z. (2019). Cow tail detection method for body condition score using Faster R-CNN. In 2019 IEEE International

- Conference on Unmanned Systems and Artificial Intelligence (ICUSAI) (pp. 347-351). IEEE.
13. Jefferies, B. C. (1961). Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture*, 32, 19-21.
 14. Keren, E. N., & Olson, B. E. (2007). Applying thermal imaging software to cattle grazing winter range. *Journal of Thermal Biology*, 32(4), 204-211.
 15. Koçyigit, R. (2017). Süt Sığırlarında Vücut Kondisyon Skorunun (VKS) Belirlenmesi ve Sırt Yağ Kalınlığının Ölçülmesinde Ultrason Kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2), 139-144. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.343785>.
 16. Mishra, S., Kumari, K., & Dubey, A. (2016). Body condition scoring of dairy cattle: A review. *Research & Reviews: Journal of Veterinary Sciences*, 2(1), 58-65.
 17. Mulvany, P. M. (1981). 6.5 Dairy cow condition scoring. *BSAP Occasional Publication*, 4, 349-353. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00000690>.
 18. Nazhat, S. A., Aziz, A., Zabuli, J., & Rahmati, S. (2021). Importance of body condition scoring in reproductive performance of dairy cows: a review. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 11(7), 272-288. <https://doi.org/10.4236/ojvm.2021.117018>.
 19. Praveen, K. S., Manjula, R. G., Swetha, T., D Deepthipriya, B., Revathi, N. R., & Rao, M. M. (2024). An update on body condition scoring (BCS) system in cattle production and reproduction management. *International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry*, 9(5), 220-222. <https://www.doi.org/10.22271/veterinary.2024.v9.i5d.1689>.
 20. Pryce, J. E., Coffey, M. P., & Simm, G. (2001). The relationship between body condition score and reproductive performance. *Journal of dairy science*, 84(6), 1508-1515. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70184-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70184-1).
 21. Qiao, Y., Truman, M., & Sukkarieh, S. (2019). Cattle segmentation and contour extraction based on Mask R-CNN for precision livestock farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104958.
 22. Roche, J. R., Berry, D. P., Delaby, L., Dillon, P. G., Horan, B., Macdonald, K. A., & Neal, M. (2018). New considerations to refine breeding objectives of dairy cows for increasing robustness and sustainability of grass-based milk production systems. *Animal*, 12(s2), s350-s362. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002471>.
 23. Song, X., Bokkers, E. A. M., Van der Tol, P. P. J., Koerkamp, P. G., & Van Mourik, S. (2018). Automated body weight prediction of dairy cows

- using 3-dimensional vision. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4448-4459. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13094>.
24. Song, X., Bokkers, E. A. M., Van Mourik, S., Koerkamp, P. G., & Van Der Tol, P. P. J. (2019). Automated body condition scoring of dairy cows using 3-dimensional feature extraction from multiple body regions. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4294-4308. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15238>.
 25. Srikanth, V. & Miranda, C. D. (2024). Body Condition Scoring of Pigs. In *Good Practices and Principles in Pig Farming* (pp. 41-55). Singapore: Springer Nature Singapore.
 26. Wildman, E. E., Jones, G. M., Wagner, P. E., Boman, R. L., Troutt Jr, H. F., & Lesch, T. N. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of dairy science*, 65(3), 495-501. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82223-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82223-6).
 27. Zin, T. T., Seint, P. T., Tin, P., Horii, Y., & Kobayashi, I. (2020). Body condition score estimation based on regression analysis using a 3D camera. *Sensors*, 20(13), 3705. <https://doi.org/10.3390/s20133705>.

14. Bölüm

Hayatı Tehdit Eden Masif Plevral Efüzyonlara Yaklaşım

Suphi AYDIN¹

1. GİRİŞ

Plevral efüzyon, plevral boşlukta fizyolojik sınırların üzerinde sıvı birikmesi olarak tanımlanmaktadır. Normal koşullarda plevral boşlukta yaklaşık 5–15 mL sıvı bulunmakta olup bu sıvı; plevral yüzeyler arasındaki sürtünmeyi azaltmak, akciğer hareketlerini kolaylaştırmak ve plevral homeostazın devamını sağlamak amacıyla görev yapmaktadır (1). Plevral sıvının oluşumu ve eliminasyonu; hidrostatik basınç, onkotik basınç, kapiller permeabilite ve lenfatik drenaj arasındaki hassas denge ile düzenlenmektedir (1,2).

Masif plevral efüzyon ise genellikle hemitoraksın %50'sinden fazlasını dolduran, akciğer parankiminde belirgin kompresyona neden olan ve çoğu zaman mediastinal yapılarda yer değiştirme oluşturan geniş hacimli plevral sıvı birikimlerini ifade etmektedir (2). Masif efüzyonlar yalnızca respiratuvar sistemi değil, aynı zamanda kardiyovasküler sistemi de etkileyerek yaşamı tehdit eden klinik tablolara yol açabilmektedir. Özellikle intratorasik basınç artışına bağlı gelişen venöz dönüş azalması, hipotansiyon ve obstrüktif şok benzeri fizyopatolojik süreçler “tension hydrothorax” olarak tanımlanan kritik tabloya neden olabilmektedir (3).

Masif plevral efüzyonların en sık nedenleri arasında maligniteler, enfeksiyonlar, travmatik hemotoraksler ve sistemik hastalıklar yer almaktadır. Ancak klinik pratikte masif efüzyonların en önemli özelliği, altta yatan etiolojiden bağımsız olarak ciddi hipoksemi ve hemodinamik bozulma oluşturabilme potansiyelidir (4).

Acil serviste masif plevral efüzyonlu hastalarda hızlı tanı, uygun görüntüleme yöntemlerinin kullanılması ve kontrollü plevral dekompresyon hayati öneme sahiptir. Bunun yanında göğüs cerrahisinin erken dönemde sürece dahil edilmesi; tanısallı doğruluğu artırmakta, komplikasyonları azaltmakta ve definitive tedavi planlamasını kolaylaştırmaktadır.

¹ Doç. Dr., Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye
ORCID: 0000-0003-2102-0484

2. PLEVRAL FİZYOLOJİ VE PATOFİZYOLOJİ

2.1 Normal Plevral Fizyoloji

Normal koşullarda plevral boşlukta yaklaşık 5–15 mL kadar seröz sıvı bulunmaktadır. Bu sıvı; visseral ve parietal plevra arasındaki sürtünmeyi azaltmak, akciğer hareketlerini kolaylaştırmak ve solunum mekaniklerinin devamını sağlamak amacıyla görev yapmaktadır (1).

Plevral sıvının oluşumu ve eliminasyonu:

- kapiller hidrostatik basınç,
- plazma onkotik basıncı,
- kapiller permeabilite,
- lenfatik drenaj

arasındaki denge ile düzenlenmektedir. Normal plazma onkotik basıncı yaklaşık 25 mmHg düzeyindedir ve özellikle albumin konsantrasyonu tarafından belirlenmektedir. Kapiller hidrostatik basınçtaki artış veya plazma onkotik basıncındaki azalma plevral sıvı oluşumunu artırabilmektedir (1,10). Bu denge Starling kuvvetleri ile açıklanmaktadır.

Normal plevral aralıkta basınç negatif karakterdedir ve solunum siklusu boyunca değişiklik göstermektedir. İstirahat halinde intraplevral basınç yaklaşık –5 cmH₂O olarak kabul edilmektedir. İnspirasyon sırasında toraks hacminin genişlemesine bağlı olarak intraplevral basınç daha negatif hale gelir ve yaklaşık –8 cmH₂O düzeylerine kadar düşebilir (1,2).

Bu negatif intraplevral basınç:

- akciğerlerin ekspande kalmasını,
- alveollerin kollabe olmamasını,
- transpulmoner basınç gradiyentinin korunmasını sağlamaktadır.

Masif plevral efüzyon geliştiğinde ise plevral boşlukta artan sıvı hacmi intraplevral basıncı yükselterek bu fizyolojik negatif basınç ortamını bozar. İntraplevral basıncın pozitif değerlere yaklaşması veya pozitif hale gelmesi:

- akciğer kompresyonuna,
- mediastinal shift gelişimine,
- venöz dönüş azalmasına,
- ciddi respiratuvar ve hemodinamik bozulmaya

neden olmaktadır. Özellikle tension hydrothorax gelişen olgularda intraplevral basınç belirgin şekilde yükselerek obstrüktif şok fizyopatolojisi oluşturabilmektedir (3).

2.2 Solunum Sistemi Üzerine Etkiler

Masif plevral efüzyonların solunum sistemi üzerindeki etkileri temel olarak akciğer parankiminin kompresyonu, intratorasik basınç artışı ve solunum mekaniğinin bozulması sonucu ortaya çıkmaktadır. Plevral boşlukta artan sıvı hacmi, akciğerin ekspansiyon kapasitesini azaltarak ventilasyonun ciddi şekilde bozulmasına neden olur. Bu süreç ilerledikçe hem gaz değişimi hem de solunum kaslarının etkinliği belirgin şekilde etkilenmektedir (1,2).

Masif efüzyon geliştiğinde ilk olarak akciğer kompliyansı azalır. Plevral sıvının oluşturduğu dış bası nedeniyle alveoller tam olarak genişleyemez ve özellikle bazal segmentlerde kompresyon atelektazisi gelişir. Bunun sonucunda tidal volüm azalırken hastanın yeterli ventilasyonu sağlayabilmek için solunum iş yükü artar. Klinik olarak bu durum taşipne, yardımcı solunum kas kullanımında artış ve progresif dispne ile kendini göstermektedir.

Akciğer hacimlerindeki değişiklikler özellikle:

- fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC),
- total akciğer kapasitesi (TLC),
- vital kapasite (VC)

üzerinde belirgindir. Normal FRC erişkin bireylerde yaklaşık 1800–2500 mL, TLC yaklaşık 5–6 L ve vital kapasite yaklaşık 3–5 L arasında değişmektedir. Masif plevral efüzyonlarda bu hacimlerde belirgin azalma meydana gelir ve restriktif tipte ventilatuvar bozukluk gelişmektedir (1,2).

Plevral sıvının akciğer parankimi üzerindeki kompresyonu alveoler ventilasyonu azaltırken pulmoner kapiller perfüzyon devam etmektedir. Bu durum ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğuna ve hipoksemiye neden olur (3).

Masif efüzyonlarda diyafram hareketleri de belirgin şekilde etkilenmektedir. Özellikle alt lobların kompresyonu ve diyafram üzerine oluşan mekanik bası inspiratuvar hareketleri kısıtlamaktadır. Diyafram düzleşebilir veya aşağı doğru deplase olabilir. Bu durum inspiratuvar kapasitenin azalmasına ve solunum iş yükünün daha da artmasına neden olur.

Uzun süreli kompresyon durumlarında alveoler surfaktan kaybı gelişebilmekte ve akciğerin yeniden ekspansiyonu zorlaşabilmektedir. Bu durum özellikle trapped lung ve non-expandable lung gelişiminde önemli rol oynamaktadır.

Masif plevral efüzyonun hızlı drenajı sonrasında ani akciğer re-ekspansiyonu gelişmesi ise kapiller geçirgenlik artışına neden olarak re-ekspansiyon pulmoner ödeme yol açabilir (4).

Bu nedenle masif efüzyonların yönetiminde kontrollü drenaj ve yakın solunumsal monitorizasyon büyük önem taşımaktadır.

2.3 Hemodinamik Etkiler

Masif efüzyonun oluşturduğu intratorasik basınç artışı yalnızca akciğeri değil mediastinal yapıları da etkiler. Özellikle vena cava superior ve inferior üzerine gelişen bası venöz dönüşü azaltır. Bunun sonucunda preload azalır, kardiyak output düşer ve hipotansiyon gelişir. Bu süreç obstrüktif şok fizyopatolojisine benzer özellik göstermektedir (3).

Tension hydrothorax gelişen olgularda:

- mediastinal shift,
 - ciddi hipotansiyon,
 - taşikardi,
 - boyun venöz dolgunluğu,
 - laktik asidoz
- izlenebilmektedir.

2.4 Re-ekspansiyon Fizyopatolojisi

Uzun süre kollabe kalan akciğerin hızlı şekilde ekspande edilmesi kapiller geçirgenlik artışına ve inflamatuvar mediyatör salınımına yol açabilmektedir. Bunun sonucunda re-ekspansiyon pulmoner ödem gelişebilir (5). Bu nedenle kontrollü drenaj masif efüzyon yönetiminde temel prensiptir.

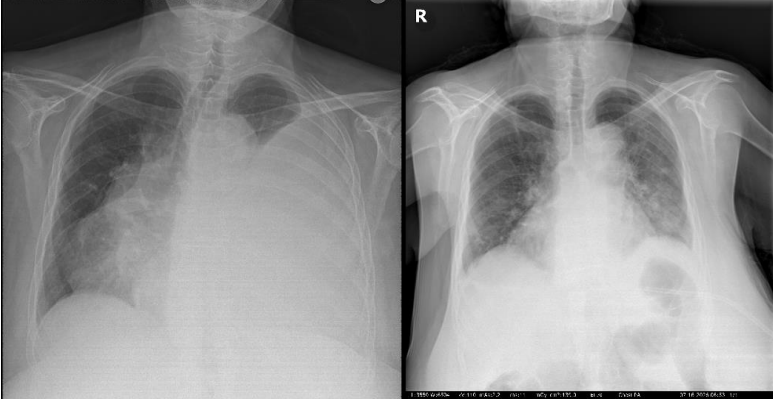
3. TANIM VE SINIFLANDIRMA

Masif plevral efüzyon genellikle hemitoraksın en az yarısını dolduran ve klinik olarak ciddi solunum sıkıntısına neden olan plevral sıvı birikimi olarak tanımlanmaktadır (2).

Temel radyolojik kriterler şunlardır:

- hemitoraksın $\geq 50\%$ 'sinin opak görünmesi,
- kostofrenik sinüs obliterasyonu,
- diyafram konturunun kaybı,
- mediastinal yapıların karşı tarafa deviasyonu,
- kompresyon atelektazisi.

Masif efüzyonlarda akciğer grafisinde “white-out hemithorax” görünümü izlenebilir (Resim1.)



Resim 1. Mediastinal yapıları karşıya iten massif plevra efüzyon ve katater torakostomi sonrası PAAG

Mediastinal shiftin olmaması:

- trapped lung,
- endobronşiyal obstrüksiyon,
- ana bronş oklüzyonu,
- malign bronşial lezyon açısından uyarıcı olmalıdır (6).

Ayırıcı tanıda total atelektazi, postpnömonektomi, büyük torasik kitleler ve fibrotoraks mutlaka değerlendirilmelidir. (Resim 2.)



Resim 2. Toraks bilgisayarlı tomografisinde endobronşiyal lezyona bağlı total atelektazi

4. ETİYOLOJİ

4.1 Malign Nedenler

Maligniteler erişkin hastalarda masif plevral efüzyonların en sık nedenlerinden biridir ve özellikle ileri evre malign hastalıkların önemli bir

göstergesi olarak kabul edilmektedir (4). Malign plevral efüzyon gelişimi çoğunlukla kötü prognoz ile ilişkilidir.

Malign plevral efüzyon gelişim mekanizmaları arasında:

- plevral metastatik infiltrasyon,
 - lenfatik drenaj obstrüksiyonu,
 - kapiller permeabilite artışı,
 - bronş obstrüksiyonuna bağlı atelektazi,
 - mediastinal lenf nodu tutulumu
- yer almaktadır.

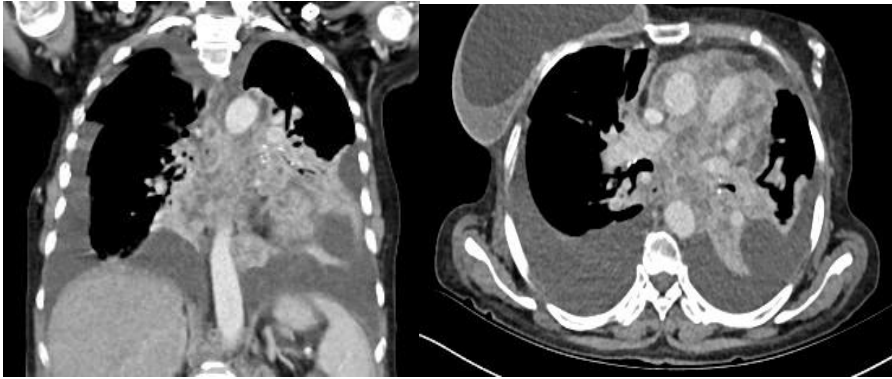
En sık neden akciğer kanseridir. Özellikle adenokarsinom histolojik tipi plevral yayılım eğilimi nedeniyle malign plevral efüzyonla yakın ilişkilidir. Malign plevral mezotelyoma ise diffüz plevral tutulum oluşturmaları nedeniyle yoğun ve rekürren efüzyon gelişimine neden olmaktadır.

Ekstratorasik maligniteler içinde meme kanseri, over kanseri, gastrointestinal sistem maligniteleri, renal hücreli karsinom ve lenfomalar önemli nedenler arasında yer almaktadır.

Toraks BT'de:

- nodüler plevral kalınlaşma,
- mediastinal plevra tutulumu,
- diffüz plevral düzensizlik,
- fissür tutulumu

malignite lehine önemli bulgulardır (6). (Resim 3.)



Resim 3. Bilgisayarlı toraks tomografisinde mediasteni tutan malignite ve buna bağlı bilateral plevral efüzyon

Sitolojik inceleme malign plevral efüzyon tanısında temel yöntemlerden biridir. Ancak özellikle mezotelyoma gibi bazı malignitelerde sitolojik sensitivite düşüktür ve VATS eşliğinde plevral biyopsi gerekebilir.

4.2 Enfeksiyöz Nedenler

Enfeksiyöz nedenler masif plevral efüzyonların önemli bir grubunu oluşturmaktadır. Özellikle parapnömonik efüzyonlar ve ampiyemler hızlı klinik kötüleşmeye yol açabilen ciddi tablolardır (7).

Ampiyem gelişimi üç fazda incelenmektedir:

Eksüdatif Faz

Bu erken dönemde steril inflamatuvar sıvı birikimi mevcuttur.

Fibrinopürülan Faz

Bu dönemde bakteriyel invazyon gelişir. Fibrin depolanması sonucu septasyon ve lokülasyon oluşur.

Plevral sıvıda:

- düşük pH,
- düşük glukoz,
- yüksek LDH

izlenmektedir. Plevral sıvı pH değerinin <7.20 olması komplike parapnömonik efüzyon lehine kabul edilmektedir. Glukoz düzeyinin <60 mg/dL olması ampiyem, romatoid plörit ve malignite açısından anlamlıdır. LDH düzeyinin serum üst normal sınırının 2/3'ünden yüksek olması ise eksüdatif süreç lehine değerlendirilmektedir (7,10).

Organize Faz

Fibroblast proliferasyonu sonucu kalın fibröz plevral peel gelişir. Bu durum trapped lung ve fibrotoraks ile sonuçlanabilir.

Tüberküloz plörezisi özellikle genç erişkinlerde önemli nedenlerden biridir. Tüberküloz efüzyonları genellikle lenfosit hakimiyetindedir ve ADA düzeyi yüksek bulunur.

Toraks ultrasonografisinde:

- kompleks septalı sıvı,
- internal ekojeniteler,
- lokülasyonlar

izlenebilir (8).

4.3 Travmatik ve İyatrojenik Nedenler

Travmatik masif plevral efüzyonların en önemli formu hemotorakstır. Hemotoraks, plevral boşlukta kan birikmesi olarak tanımlanır ve özellikle masif hemotoraks gelişen olgularda mortalite yüksektir (9).

Masif hemotoraks:

- başlangıçta >1500 mL drenaj, veya
- saatte >200 mL devam eden kanama olarak tanımlanabilir.

İyatrojenik nedenler arasında:

- santral venöz kateterizasyon,
- transtorasik biyopsiler,
- torasentez komplikasyonları,
- kardiyotorasik cerrahi sonrası kanama

önemlidir.

Plevral sıvı hematokritinin serum hematokritinin %50'sinden fazla olması hemotoraks tanısını desteklemektedir (9).

4.4 Sistemik Hastalıklar

Sistemik hastalıklara bağlı masif plevral efüzyonlar çoğunlukla transüdatif karakterdedir. Temel mekanizma hidrostatik basınç artışı veya plazma onkotik basınç azalmasıdır (1,10).

Konjestif kalp yetmezliği en sık sistemik nedenlerden biridir. Hepatik hidrotoraks ise sirotik hastalarda diyafragmatik defektler aracılığıyla asit sıvısının plevral boşluğa geçmesi sonucu gelişmektedir.

Nefrotik sendrom, hipoproteinemi ve üremik plevrit diğer önemli sistemik nedenler arasında yer almaktadır.

4.5 Diğer Nedenler

Masif plevral efüzyonların daha nadir nedenleri arasında pulmoner emboli, akut pankreatit, özofagus perforasyonu, şilotoraks ve otoimmün hastalıklar yer almaktadır.

Şilotoraks torasik duktus yaralanması veya obstrüksiyonu sonucu gelişmektedir. Plevral sıvının süt görünümünde olması ve trigliserid yüksekliği şilotoraks lehinedir.

Romatoid artrit ve sistemik lupus eritematozus da plevral efüzyona neden olabilmektedir.

5. KLİNİK BULGULAR

Masif plevral efüzyonların klinik bulguları; sıvının hacmine, gelişim hızına, altta yatan etiolojiye ve hastanın kardiyopulmoner rezervine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (1).

En sık başvuru semptomu progresif dispnedir. Ortopne, göğüs ağrısı ve kuru öksürük sık görülen diğer semptomlardır.

Enfeksiyöz nedenli masif efüzyonlarda:

- ateş,
- titreme,
- gece terlemesi,
- halsizlik

eşlik edebilir.

Malign plevral efüzyonlu hastalarda:

- kilo kaybı,
- iştahsızlık,
- kaşeksi,
- kronik halsizlik

sık görülmektedir.

Travmatik hemotoraks olgularında ise:

- akut göğüs ağrısı,
- taşikardi,
- hipotansiyon,
- hipovolemik şok

gelişebilir.

Fizik muayenede:

- etkilenen hemitoraksın solunuma katılımında azalma,
- perküsyonda matite,
- solunum seslerinde azalma,
- vokal fremitus azalması,
- trakeal deviasyon

saptanabilir.

Masif efüzyonun mediastinal yapılara yaptığı bası kardiyovasküler sistemi de etkileyebilmektedir. Özellikle tension hydrothorax gelişen hastalarda hipotansiyon, boyun venöz dolgunluğu ve mental durum değişikliği ortaya çıkabilir (5).

6. ACİL SERVİSTE İLK YAKLAŞIM

Masif plevral efüzyonlar acil serviste hızlı klinik kötüleşmeye neden olabilen ve erken müdahale gerektiren kritik klinik tablolarıdır.

İlk değerlendirme sırasında:

- bilinç düzeyi,
- solunum eforu,

- oksijen saturasyonu,
- hemodinamik durum,
- yardımcı solunum kas kullanımı

hızlı şekilde değerlendirilmelidir.

Başlangıç yaklaşımında hastanın monitorizasyonu sağlanmalı ve:

- pulse oksimetre,
- sürekli EKG monitörizasyonu,
- noninvaziv kan basıncı takibi

başlatılmalıdır.

Hipoksemik hastalarda gecikmeden oksijen tedavisi uygulanmalıdır. Ciddi hipoksemisi olan olgularda yüksek akımlı nazal oksijen sistemleri faydalı olabilir (3).

Pozitif basınçlı ventilasyon intratorasik basıncı artırarak venöz dönüşü bozabileceğinden dikkatli kullanılmalıdır. Özellikle tension hydrothorax gelişmiş olgularda entübasyon sonrası ani kardiyovasküler kollaps görülebilmektedir (4).

Masif plevral efüzyon düşündüren klinik bulgular saptandığında gecikmeden görüntüleme yapılmalıdır. Akciğer grafisi genellikle ilk basamak yöntemidir. Bunun yanında toraks ultrasonografisi özellikle kritik hastalarda büyük avantaj sağlamaktadır (5).

Hemodinamik instabilite, ciddi hipoksi veya mediastinal bası bulguları bulunan hastalarda terapötik drenaj geciktirilmemelidir.

Masif plevral efüzyonlarda torasentez hem tanısal hem terapötik amaçla uygulanmaktadır. Ancak uzun süre kollabe kalmış akciğerin ani ekspansiyonu re-ekspansiyon pulmoner ödeme neden olabilir (6).

Bu nedenle genellikle ilk seansta 1000–1500 mL’den fazla sıvı boşaltılması önerilmemektedir.

Masif hemotoraks, ampiyem veya hızlı re-akümüülasyon gösteren efüzyonlarda tüp torakostomi gerekmektedir.

Göğüs cerrahisinin erken dönemde sürece dahil edilmesi:

- uygun drenaj stratejisinin belirlenmesi,
 - VATS gereksiniminin değerlendirilmesi,
 - komplikasyonların önlenmesi,
 - definitive tedavi planlaması
- açısından büyük önem taşımaktadır.

7. GÖRÜNTÜLEME

7.1 Akciğer Grafisi

Akciğer grafisi ilk basamak görüntüleme yöntemidir.

Başlıca bulgular:

- homojen opasite,
- white-out hemitoraks,
- mediastinal shift,
- kompresyon atelektazisi.

7.2 Toraks Ultrasonografisi

Toraks ultrasonografisi günümüzde masif plevral efüzyon değerlendirmesinde temel araçlardan biri haline gelmiştir (9).

Avantajları:

- yatak başı uygulanabilmesi,
 - radyasyon içermemesi,
 - lokülasyon değerlendirmesi,
 - septasyonların gösterilebilmesi,
 - güvenli drenaj alanının belirlenebilmesi
- olarak sıralanabilir.

7.3 Toraks Bilgisayarlı Tomografi

Toraks BT:

- plevral nodülerite,
 - mediastinal invazyon,
 - trapped lung,
 - split pleura sign,
 - hemotoraks yoğunluğu
- değerlendirilmesinde oldukça değerlidir.

8. PLEVRAL SIVI ANALİZİ

Plevral sıvı analizi masif efüzyonların etiyolojik değerlendirilmesinde temel basamaktır.

8.1 Light Kriterleri

Light kriterleri eksüda-transüda ayrımında en sık kullanılan yöntemdir (10).

Aşağıdaki kriterlerden en az birinin varlığı eksüda lehinedir:

- Plevral protein / serum protein >0.5
- Plevral LDH / serum LDH >0.6

- Plevral LDH > serum üst normal sınırının 2/3'ü

8.2 pH ve Glukoz

Plevral sıvı pH değeri özellikle parapnömonik efüzyonlarda önemlidir. Normal plevral sıvı pH değeri yaklaşık 7.60 civarındadır.

- pH <7.20 → komplike parapnömonik efüzyon,
- pH <7.00 → ampiyem olasılığı,
- glukoz <60 mg/dL → ampiyem, romatoid artrit, malignite,
- glukoz <30 mg/dL → romatoid plörit lehine olarak değerlendirilmektedir (7,10).

8.3 ADA

Adenozin deaminaz yüksekliği özellikle tüberküloz plörezisinde anlamlıdır. Plevral sıvıda ADA düzeyinin >40 U/L olması tüberküloz plörezisi lehine kabul edilmektedir. Özellikle lenfosit baskın eksüdatif efüzyonlarda ADA yüksekliği tanısız değeri artırmaktadır (10,12).

8.4 Trigliserid ve Şilotoraks

Plevral sıvıda trigliserid yüksekliği şilotoraks düşündürmektedir. Plevral sıvı trigliserid düzeyinin >110 mg/dL olması şilotoraks lehine kabul edilmektedir. Trigliserid düzeyinin <50 mg/dL olması ise şilotoraks olasılığını belirgin şekilde azaltmaktadır. Ara değerlerde lipoprotein elektroforezi ile şilomikron gösterilmesi tanıyı desteklemektedir (13).

Şilotoraks ile psödoşilotoraks ayırımında plevral sıvı trigliserid/kolesterol oranı yardımcıdır. Şilotoraksta trigliserid düzeyi belirgin yüksek, kolesterol düzeyi ise görece düşük olduğundan trigliserid/kolesterol oranı genellikle >1 olarak saptanmaktadır. Psödoşilotoraksta ise kolesterol düzeyi yükselirken trigliserid düzeyi daha düşüktür ve oran sıklıkla <1 bulunur. Ayrıca psödoşilotoraksta kolesterol kristalleri izlenebilmekte olup uzun süreli kronik plevral inflamasyon öyküsü daha sık eşlik etmektedir (13).

8.5 Hematokrit

Plevral sıvı hematokritinin serum hematokritinin %50'sinden fazla olması hemotoraks lehinedir.

9. YOĞUN BAKIM VE MEKANİK VENTİLASYON

Masif plevral efüzyonlu kritik hastalarda yoğun bakım izlemi gerekebilir.

Yakın takip edilmesi gereken parametreler:

- arteriyel kan gazı,
- invaziv kan basıncı,
- laktat düzeyi,
- idrar çıkışı,
- santral venöz basınç.

Pozitif basınçlı ventilasyon intratorasik basıncı artırarak venöz dönüşü azaltabilir. Bu nedenle özellikle tension hydrothorax olgularında entübasyon sonrası ani hipotansiyon gelişebilir.

PEEP düzeyleri dikkatli ayarlanmalıdır.

10. TRAPPED LUNG VE NON-EXPANDABLE LUNG

Trapped lung, visseral plevrada gelişen fibröz restriksiyon sonucu akciğerin tam ekspande olamaması durumudur (11).

Nedenler:

- kronik inflamasyon,
 - ampiyem,
 - malignite,
 - geçirilmiş hemotoraks
- olarak sıralanabilir.

Klinik sonuçları:

- persistan dispne,
 - rekürren efüzyon,
 - başarısız pleurodezis
- şeklindeir.

Non-expandable lung kavramı trapped lung ve lung entrapment tablolarını içermektedir.

11. KOMPLİKASYONLAR

11.1 Re-ekspansiyon Pulmoner Ödem

Hızlı drenaj sonrası gelişebilen nadir fakat ciddi bir komplikasyondur.

Risk faktörleri:

- genç yaş,
- uzun süreli kollaps,
- yüksek hacimli drenaj.

11.2 Kanama

Torasentez ve tüp torakostomi sırasında interkostal damar, akciğer parankimi ve diyafragma yaralanmaları gelişebilir.

11.3 Enfeksiyon

Uzamış drenaj enfeksiyon riskini artırmaktadır.

11.4 Subkutan Amfizem

Tüp çevresinden hava kaçağına bağlı gelişebilir.

11.5 Fibrotoraks

Tedavisi gecikmiş ampiyem ve hemotoraks sonrası gelişebilir.

12. SONUÇ

Masif plevral efüzyonlar yalnızca plevral boşlukta sıvı birikimini değil; ciddi respiratuvar ve hemodinamik bozulmayı içeren kompleks klinik tabloları temsil etmektedir. Özellikle tension hydrothorax gelişen olgularda hızlı tanı ve kontrollü plevral dekompresyon hayat kurtarıcıdır.

Başarılı yönetim:

- erken tanı,
 - uygun görüntüleme,
 - doğru plevral sıvı analizi,
 - kontrollü drenaj,
 - zamanında cerrahi müdahale,
 - yoğun bakım desteği
- gerektirmektedir.

Göğüs cerrahisinin erken dönemde sürece dahil edilmesi; komplikasyon oranlarını azaltmakta, tanısal doğruluğu artırmakta ve definitive tedavi başarısını yükseltmektedir.

KAYNAKLAR

1. Light RW. Pleural Diseases. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2022.
2. Porcel JM. Pleural Effusions. *Eur Respir Rev.* 2023;32(167):220196.
3. Feller-Kopman D, Light R. Pleural Disease. *N Engl J Med.* 2018;378:740-751.
4. Roberts ME, Neville E, Berrisford RG, et al. BTS Pleural Disease Guideline. *Thorax.* 2023;78(Suppl 3):iii1-iii42.
5. Mahfood S, Hix WR, Aaron BL, et al. Reexpansion pulmonary edema. *Ann Thorac Surg.* 1988;45:340-345.
6. Leung AN, Müller NL, Miller RR. CT in differential diagnosis of diffuse pleural disease. *AJR Am J Roentgenol.* 1990;154:487-492.
7. Davies HE, Davies RJ, Davies CW. Management of pleural infection in adults. *Thorax.* 2010;65(Suppl 2):ii41-ii53.
8. Rahman NM, Chapman SJ, Davies RJ. Pleural effusion: a structured approach to care. *Br Med Bull.* 2004;72:31-47.
9. Kulshrestha P, Munshi I, Wait R. Profile of chest trauma in a level I trauma center. *J Trauma.* 2004;57:576-581.
10. Light RW. Update on tuberculous pleural effusion. *Respirology.* 2010;15:451-458.
11. Doelken P. Clinical implications of unexpandable lung due to pleural disease. *Am J Med Sci.* 2008;335:21-25.
12. Greco S, Girardi E, Masciangelo R, et al. Adenosine deaminase and interferon gamma measurements for the diagnosis of tuberculous pleurisy. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2003;7:777-786.
13. Staats BA, Ellefson RD, Budahn LL, et al. The lipoprotein profile of chylous and nonchylous pleural effusions. *Mayo Clin Proc.* 1980;55:700-704.

15. Bölüm

İmplant Cerrahisi Sırasında Karşılaşılan Komplikasyonlar

Tülay ÇİLEL¹

Giriş

Dental implant tedavisi, eksik dişlerin fonksiyonel ve estetik rehabilitasyonunda günümüzde en başarılı ve öngörülebilir tedavi yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Biyouyumluluğu yüksek implant yüzeylerinin geliştirilmesi, dijital görüntüleme yöntemlerinin yaygınlaşması, cerrahi tekniklerdeki ilerlemeler ve protetik planlamadaki gelişmeler sayesinde implant tedavisinin başarı oranları %95'in üzerine ulaşmıştır (Misch, 2023; ITI, 2023a). Bununla birlikte implant cerrahisi, ayrıntılı anatomik bilgi, dikkatli cerrahi planlama ve deneyim gerektiren cerrahi bir girişim olup, tedavi sürecinin her aşamasında çeşitli komplikasyonlarla karşılaşılabilir.

İmplant cerrahisi sırasında gelişen komplikasyonlar, cerrahi işlemin başarısını olumsuz etkileyebildiği gibi hastanın yaşam kalitesini de önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bu komplikasyonlar; yanlış endikasyon konulması, yetersiz radyolojik değerlendirme, anatomik yapıların yanlış yorumlanması, sistemik risk faktörlerinin göz ardı edilmesi veya cerrahi teknik hataları sonucunda ortaya çıkabileceği gibi, deneyimli cerrahların uygulamalarında dahi anatomik varyasyonlara bağlı olarak gelişebilmektedir (Lang ve ark., 2000; Spioala ve ark., 2022).

İntraoperatif komplikasyonlar arasında kanama, sinir yaralanmaları, maksiller sinüs veya nazal kavite perforasyonu, kortikal kemik perforasyonu, implantın primer stabilite sağlayamaması, implant migrasyonu, frez veya cerrahi alet kırılması ile komşu anatomik yapıların yaralanması en sık karşılaşılan sorunlar arasında yer almaktadır. Bu komplikasyonların erken tanınması ve uygun şekilde yönetilmesi, uzun dönem implant başarısının korunmasında kritik öneme sahiptir (Pjetursson ve ark., 2014; Sanz ve Chapple, 2012).

Günümüzde konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT), bilgisayar destekli implant planlama sistemleri, statik cerrahi rehberler ve dinamik navigasyon teknolojileri sayesinde implant cerrahisi daha güvenli ve öngörülebilir hale

¹ Uz.Dt., Edirne Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Edirne, Türkiye
ORCID: 0000-0003-3257-3092

gelmiştir. Buna rağmen özellikle ileri kemik rezorpsiyonu bulunan hastalar, anatomik varyasyonlar, daha önce geçirilmiş cerrahiler ve kompleks implant uygulamaları komplikasyon riskini artırmaktadır. Bu nedenle ayrıntılı preoperatif değerlendirme, uygun hasta seçimi ve komplikasyonların önlenmesine yönelik cerrahi stratejilerin uygulanması büyük önem taşımaktadır (ITI, 2023a).

Bu bölümde implant cerrahisi sırasında karşılaşılabilecek intraoperatif komplikasyonlar güncel literatür doğrultusunda sınıflandırılacak; komplikasyonların oluşum mekanizmaları, risk faktörleri, önleme yöntemleri ve güncel tedavi yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

İmplant Cerrahisi Sırasında Karşılaşılan Komplikasyonların Sınıflandırılması

Dental implant cerrahisinde görülen komplikasyonlar; oluşum zamanı, etiyolojisi ve klinik sonuçlarına göre farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Klinik uygulamada en yaygın kabul gören yaklaşım komplikasyonların preoperatif, intraoperatif ve postoperatif olarak değerlendirilmesidir. Bu sınıflandırma, komplikasyonların önlenmesi, erken tanınması ve uygun tedavi stratejilerinin belirlenmesi açısından önemli kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca komplikasyonlar cerrahi, biyolojik, mekanik ve protetik kökenli olarak da gruplandırılabilir (Hooshier ve Yari, 2025).

İntraoperatif komplikasyonlar implant osteotomisi veya implant yerleştirilmesi sırasında gelişen olayları kapsamakta olup; kanama, komşu anatomik yapıların yaralanması, sinir hasarı, Schneider membranı perforasyonu, kortikal kemik perforasyonu, primer stabilitenin sağlanamaması, implantın yanlış pozisyonlandırılması, implant migrasyonu ile cerrahi alet veya frez kırılması en sık bildirilen komplikasyonlardır. Bu komplikasyonların önemli bir kısmı ayrıntılı preoperatif planlama ve doğru cerrahi teknik uygulanması ile önlenmektedir. (Hooshier ve Yari, 2025)

Postoperatif komplikasyonlar ise erken dönemde ağrı, ödem, enfeksiyon, hematoma, yara ayrışması ve erken implant kaybı şeklinde görülebilirken; geç dönemde peri-implant mukozitis, peri-implantitis, marjinal kemik kaybı, mekanik komplikasyonlar ve protetik sorunlar ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda yayımlanan konsensus raporları, implant başarısının yalnızca osseointegrasyon ile değil, komplikasyon gelişmemesi ve uzun dönem fonksiyonun korunması ile değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Komplikasyonların görülme sıklığı; cerrahin deneyimi, hastanın sistemik durumu, sigara kullanımı, kemik kalitesi ve miktarı, implantın yerleştirildiği anatomik bölge, cerrahi planlama ve kullanılan dijital teknolojiler gibi çok sayıda faktörden etkilenmektedir. Özellikle konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT)

ile yapılan üç boyutlu değerlendirme ve bilgisayar destekli cerrahi planlama, anatomik risklerin önceden belirlenmesini sağlayarak intraoperatif komplikasyonların azaltılmasına önemli katkı sağlamaktadır. (Hooshlar ve Yari, 2025)

Bu bölümün devamında implant cerrahisi sırasında karşılaşılan başlıca intraoperatif komplikasyonlar ayrı başlıklar altında değerlendirilerek etiyolojileri, klinik bulguları, korunma yöntemleri ve güncel tedavi yaklaşımları ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Kanama ve Vasküler Yaralanmalar

Kanama, implant cerrahisi sırasında en sık karşılaşılan intraoperatif komplikasyonlardan biridir. Çoğu olguda kanama lokal önlemlerle kolaylıkla kontrol altına alınabilmekle birlikte, anatomik varyasyonlar, yetersiz cerrahi planlama veya yanlış cerrahi teknik uygulanması durumunda ciddi vasküler yaralanmalar meydana gelebilmektedir. Özellikle mandibulada lingual korteks perforasyonu sonucu sublingual arter, submental arter veya bunların dallarının yaralanması, ağız tabanında hızla gelişen hematoma ve hava yolu obstrüksiyonu gibi yaşamı tehdit edebilecek komplikasyonlara neden olabilmektedir (Misch, 2023; Greenstein ve ark., 2008).

Posterior mandibulada inferior alveoler arter ve beraberindeki venöz pleksus, anterior mandibulada ise lingual vasküler ağ dikkatle değerlendirilmelidir. Maksillada ise posterior superior alveoler arter, infraorbital arter ve palatinal damarlar cerrahi sırasında yaralanma riski taşıyan önemli anatomik yapılardır. Bu nedenle operasyon öncesinde konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile vasküler anatomiye etkileyebilecek kemik morfolojisinin değerlendirilmesi, komplikasyon riskinin azaltılmasına önemli katkı sağlamaktadır (Greenstein ve ark., 2008; Sakka ve ark., 2012).

Kanama geliştiğinde ilk yaklaşım doğrudan basınç uygulanmasıdır. Kanamanın devam etmesi durumunda lokal hemostatik ajanlar (okside selüloz, jelatin sünger, kollajen sünger veya fibrin bazlı materyaller), sütür uygulaması ve elektrokoterizasyon gibi yöntemlerden yararlanılabilir. Şiddetli arteriyel kanamalarda damar ligasyonu veya girişimsel radyolojik yöntemler gerekebilmektedir. Ağız tabanında hızla ilerleyen hematoma gelişmesi halinde hava yolu güvenliği öncelikli olarak sağlanmalı ve hasta gecikmeden ileri merkeze sevk edilmelidir (Misch, 2023; Romanos ve ark., 2019).

Kanama komplikasyonlarının önlenmesinde ayrıntılı sistemik anamnez alınması büyük önem taşımaktadır. Hastanın antikoagülan veya antitrombotik ilaç kullanımı, koagülasyon bozuklukları, karaciğer hastalıkları ve kontrolsüz hipertansiyon gibi sistemik durumları operasyon öncesinde değerlendirilmelidir.

Güncel kılavuzlar, birçok hastada antikoagülan tedavinin tamamen kesilmesi yerine gerekli konsültasyonların yapılmasını ve uygun lokal hemostatik önlemler eşliğinde implant cerrahisinin planlanmasını önermektedir (Juodzbaly ve ark., 2011).

Sinir Yaralanmaları

Dental implant cerrahisinde sinir yaralanmaları, hastanın yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyebilen ve medikolegal açıdan en kritik komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Özellikle mandibular posterior bölgede implant uygulamaları sırasında inferior alveoler sinir, mental sinir ve lingual sinir yaralanmaları görülebilmektedir. Bu yaralanmalar geçici veya kalıcı parestezi, hipoestezi, disestezi, anestezi ve nadiren nöropatik ağrı ile sonuçlanabilmektedir (Misch, 2023; Greenstein ve ark., 2008).

Sinir hasarı; yetersiz radyolojik değerlendirme, implant yatağının aşırı derin hazırlanması, implantın mandibular kanal içerisine ilerlemesi, frez perforasyonu, aşırı retraksiyon uygulanması veya lokal anestezi enjeksiyonuna bağlı olarak gelişebilmektedir. Günümüzde konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT), mandibular kanalın üç boyutlu değerlendirilmesine olanak sağlayarak sinir yaralanması riskini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bununla birlikte anatomik varyasyonlar, anterior loop varlığı ve bifid mandibular kanal gibi farklılıklar cerrahi planlamada mutlaka dikkate alınmalıdır (Juodzbaly ve ark., 2011; Renton, 2010).

Klinik olarak hastalarda dudak, çene veya dilde uyuşukluk, karıncalanma, his kaybı, elektrik çarpması hissi veya yanıcı karakterde ağrı görülebilmektedir. Operasyon sırasında hastanın ani ve şiddetli ağrı hissetmesi de sinir temasını düşündüreren önemli bir bulgudur. Bu durumda implant yerleştirme işlemi derhal durdurulmalı ve implantın sinir ile ilişkisi radyografik olarak değerlendirilmelidir (Greenstein ve ark., 2008; Romanos ve ark., 2019).

İmplantın mandibular kanal içerisine yerleştığının veya sinire mekanik bası yaptığının düşünülmesi halinde mümkün olan en kısa sürede implantın çıkarılması önerilmektedir. Literatürde ilk 24–36 saat içerisinde gerçekleştirilen dekompresyonun nörolojik iyileşme açısından daha başarılı sonuçlar sağlayabileceği bildirilmektedir. Cerrahi sonrasında hastalar düzenli aralıklarla nörosensöriyel testler ile takip edilmeli; gerekli durumlarda oral ve maksillofasiyal cerrahi veya mikrocerrahi konusunda deneyimli merkezlere yönlendirilmelidir (Misch, 2023).

Sinir yaralanmalarının önlenmesinde ayrıntılı preoperatif planlama temel prensiptir. Cerrahi öncesinde CBCT değerlendirmesi yapılmalı, implant boyu ve çapı mevcut kemik yüksekliğine uygun seçilmeli ve mandibular kanal ile implant

arasında güvenlik mesafesi bırakılmalıdır. Güncel kılavuzlar, özellikle posterior mandibulada implant apeksi ile mandibular kanal arasında en az 2 mm güvenlik mesafesi bırakılmasını önermektedir. Ayrıca cerrahi rehber kullanımı ve kontrollü frezleme protokolü komplikasyon riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Juodzbals ve ark., 2011).

Maksiller Sinüs ve Schneider Membranı Perforasyonu

Posterior maksillada implant cerrahisi sırasında karşılaşılan en önemli intraoperatif komplikasyonlardan biri maksiller sinüs perforasyonu ve buna eşlik eden Schneider membranının hasarlanmasıdır. Posterior bölgede alveoler kemik rezorpsiyonu ve maksiller sinüs pnömatizasyonu nedeniyle rezidüel kemik yüksekliğinin azalması, implant cerrahisini anatomik açıdan güçleştirmektedir. Özellikle yetersiz kemik yüksekliğine rağmen uzun implant tercih edilmesi, osteotomi derinliğinin yanlış hesaplanması veya cerrahi planlamadaki hatalar sinüs tabanının perforasyonu ile sonuçlanabilmektedir (Misch, 2023; Pjetursson ve ark., 2008).

Schneider membranı, maksiller sinüsün fizyolojik fonksiyonlarının korunmasında önemli rol oynayan ince bir mukoperiostal yapıdır. Bu membranın perforasyonu yalnızca implant cerrahisi sırasında değil, sinüs tabanı yükseltme işlemleri esnasında da en sık görülen komplikasyon olarak bildirilmektedir. Perforasyonun büyüklüğü ve lokalizasyonu, uygulanacak tedavi yaklaşımını doğrudan etkilemektedir (Pjetursson ve ark., 2008; Tavelli ve ark., 2020).

İmplant cerrahisi sırasında sinüs tabanının küçük çaplı perforasyonlarında, implantın primer stabilitesi yeterli ise ve sinüs içerisinde belirgin kontaminasyon oluşmamışsa implant yerleştirilmeye devam edilebilmektedir. Ancak geniş perforasyonlar, implantın sinüs boşluğuna ilerlemesi, primer stabilitenin sağlanamaması veya aktif sinüs enfeksiyonu varlığında işlemin sonlandırılması ve uygun tedavi planının yeniden oluşturulması önerilmektedir (Wallace ve Froum, 2003).

Schneider membranı perforasyonu sonrasında en sık görülen komplikasyonlar akut veya kronik maksiller sinüzit, oroantral ileti, implant başarısızlığı ve nadiren implantın sinüs içerisine migrasyonudur. Bu nedenle operasyon sonrasında hastalar burun tıkanıklığı, yüzde dolgunluk hissi, tek taraflı nazal akıntı, postnazal akıntı ve sinüzit semptomları açısından dikkatle değerlendirilmelidir. Gerekli durumlarda kulak burun boğaz uzmanı ile multidisipliner yaklaşım benimsenmelidir (Chan ve Wang, 2011; Testori ve ark., 2019).

Bu komplikasyonun önlenmesinde en önemli basamak ayrıntılı preoperatif planlamadır. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile rezidüel kemik yüksekliği, sinüs tabanının anatomik yapısı, sinüs septaları, mukozal

kalınlaşmalar ve olası patolojiler operasyon öncesinde değerlendirilmelidir. Ayrıca uygun implant boyunun seçilmesi, kontrollü osteotomi hazırlanması ve gerektiğinde cerrahi rehber kullanılması perforasyon riskini önemli ölçüde azaltmaktadır (Misch, 2023).

Perforasyon gelişmesi durumunda tedavi yaklaşımı perforasyonun çapına göre değişmektedir. Küçük perforasyonlarda kollajen membran uygulamaları veya fibrin bazlı biyomateryaller yeterli olabilmektedir. Daha geniş perforasyonlarda ise rezorbe olabilen membranlar, sütür teknikleri veya gerektiğinde sinüs cerrahisinin ertelenmesi önerilmektedir. Son yıllarda trombositten zengin fibrin (PRF) uygulamalarının Schneider membranının iyileşmesini desteklediğini ve küçük perforasyonların kapatılmasında başarılı sonuçlar sağladığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Tavelli ve ark., 2020)

Nazal Kavite Perforasyonu

Nazal kavite perforasyonu, özellikle anterior maksillada implant cerrahisi sırasında karşılaşılabilen intraoperatif komplikasyonlardan biridir. Üst santral ve lateral kesici diş bölgelerinde ileri alveoler kemik rezorpsiyonu bulunan hastalarda rezidüel kemik yüksekliğinin azalması ve nazal tabanın alveoler kret ile yakın komşuluğu nedeniyle implant osteotomisi sırasında nazal kavite tabanının perforasyonu gelişebilmektedir. Yanlış implant boyu seçimi, yetersiz radyolojik değerlendirme ve hatalı cerrahi planlama bu komplikasyonun en önemli nedenleri arasında yer almaktadır (Misch, 2023; Greenstein ve ark., 2008).

Çoğu olguda birkaç milimetrelik sınırlı nazal taban perforasyonları belirgin klinik probleme yol açmamaktadır. Nazal mukozanın elastik yapısı sayesinde küçük perforasyonlar spontan olarak iyileşebilmekte ve implant osseointegrasyonu olumsuz etkilenmeyebilmektedir. Bununla birlikte geniş perforasyonlar, nazal mukozada irritasyon, epistaksis, enfeksiyon, implant stabilitesinde azalma ve nadiren oro-nazal ileti gelişimine neden olabilmektedir (Greenstein ve ark., 2008; Romanos ve ark., 2019).

Cerrahi sırasında beklenenden daha düşük direnç hissedilmesi, osteotominin planlanandan daha derine ilerlemesi veya nazal mukozanın görülmesi perforasyonu düşündürmelidir. Böyle bir durumda osteotomi derinliği yeniden değerlendirilmeli, implant boyu gözden geçirilmeli ve gerekli durumlarda daha kısa implant tercih edilmelidir. Primer stabilitenin yeterli olduğu ve perforasyonun sınırlı kaldığı olgularda implant yerleştirilmeye devam edilebilirken, geniş perforasyonlarda işlemin sonlandırılması daha güvenli bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Juodzbals ve ark., 2011).

Nazal kavite perforasyonunun önlenmesinde en etkili yöntem ayrıntılı preoperatif değerlendirmedir. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT), nazal taban yüksekliği, alveoler kemik kalınlığı ve implantın planlanan aksı hakkında üç boyutlu bilgi sağlayarak komplikasyon riskini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ayrıca dijital implant planlama sistemleri ve cerrahi rehber kullanımı, özellikle ileri derecede rezorbe anterior maksillada implantın ideal pozisyonda yerleştirilmesine katkı sağlamaktadır (Misch, 2023).

Perforasyon gelişen hastalar postoperatif dönemde burun kanaması, nazal tıkanıklık, tek taraflı akıntı, enfeksiyon bulguları ve implant stabilitesi açısından izlenmelidir. Geniş mukozal yaralanma veya kalıcı semptom gelişmesi halinde kulak burun boğaz uzmanı ile multidisipliner değerlendirme önerilmektedir. Erken tanı ve uygun yaklaşım sayesinde olguların büyük çoğunluğunda başarılı implant tedavisi sürdürülebilmektedir (Romanos ve ark., 2019).

Kortikal Kemik Perforasyonu (Fenestrasyon ve Dehisens)

Kortikal kemik perforasyonu, implant osteotomisi hazırlanması veya implantın yerleştirilmesi sırasında bukkal ya da lingual/palatinal kortikal kemiğin istenmeyen şekilde perforasyonu ile karakterize edilen intraoperatif komplikasyonlardan biridir. Bu durum özellikle ince alveoler kreterlerde, ileri derecede kemik rezorpsiyonu bulunan olgularda ve implantın mevcut kemik hacmine uygun planlanmadığı vakalarda daha sık görülmektedir. Bukkal kortikal kemiğin ince olduğu anterior maksilla ile posterior mandibula, perforasyon açısından en riskli anatomik bölgeler arasında yer almaktadır (Misch, 2023; Buser ve ark., 2004).

Fenestrasyon, implant yüzeyinin belirli bir kısmının kemik dışında kalması ancak marjinal kemiğin korunması olarak tanımlanırken; dehisens, implantın koronal kısmındaki bukkal veya lingual kortikal kemiğin kaybı ile karakterizedir. Her iki durum da primer stabiliteyi her zaman olumsuz etkilemese de uzun dönemde marjinal kemik kaybı, yumuşak doku çekilmesi, implant yüzeyinin açığa çıkması ve estetik problemlere zemin hazırlayabilmektedir (Buser ve ark., 2004; Chen ve Buser, 2014).

Kortikal perforasyonun başlıca nedenleri arasında yetersiz preoperatif değerlendirme, iki boyutlu radyografiler ile planlama yapılması, implant çapının mevcut kemik hacmine göre büyük seçilmesi, osteotomi aksının yanlış yönlendirilmesi ve anatomik eğimlerin dikkate alınmaması yer almaktadır. Ayrıca cerrahi sırasında frezlerin kontrolsüz kullanılması ve cerrahi rehber kullanılmaması komplikasyon riskini artıran faktörler arasında gösterilmektedir (Chen ve Buser, 2014; Urban ve Monje, 2019).

Cerrahi sırasında kortikal perforasyondan şüphelenildiğinde implant pozisyonu klinik olarak değerlendirilmeli ve gerekirse periapikal radyografi veya konik ışımlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile doğrulanmalıdır. Primer stabilitenin yeterli olduğu ve perforasyonun sınırlı kaldığı olgularda implant korunabilir. Bununla birlikte geniş dehisens veya fenestrasyon varlığında yönlendirilmiş kemik rejenerasyonu (GBR), partikül kemik grefti ve rezorbe olabilen kollajen membran uygulamaları başarılı sonuçlar vermektedir. Gerektiğinde implantın çıkarılması ve daha uygun pozisyonda yeniden yerleştirilmesi de değerlendirilmelidir (Urban ve Monje, 2019).

Bu komplikasyonun önlenmesinde üç boyutlu cerrahi planlama temel rol oynamaktadır. CBCT değerlendirmesi ile alveoler kret genişliği, kortikal kemik kalınlığı ve implant aksı ayrıntılı olarak analiz edilmelidir. Dijital planlama yazılımları ve statik veya dinamik cerrahi rehber sistemleri implantın ideal pozisyonda yerleştirilmesini sağlayarak kortikal perforasyon riskini önemli ölçüde azaltmaktadır. Özellikle estetik bölgede implantın protez odaklı planlanması ve yeterli bukkal kemik kalınlığının korunması uzun dönem biyolojik ve estetik başarının temelini oluşturmaktadır (Misch, 2023).

Primer Stabilitenin Sağlanamaması

Primer stabilite, implantın yerleştirildiği anda çevre kemik ile mekanik olarak sağladığı tutunmayı ifade etmekte olup başarılı osseointegrasyonun temel belirleyicilerinden biridir. Yetersiz primer stabilite, erken implant başarısızlığının en önemli nedenleri arasında kabul edilmektedir. Primer stabilitenin sağlanamaması; düşük kemik yoğunluğu, yetersiz kemik hacmi, yanlış implant seçimi, hatalı osteotomi hazırlanması veya cerrahi teknik yetersizliklerine bağlı olarak gelişebilmektedir (Misch, 2023; Albrektsson ve Wennerberg, 2019).

Maksillanın posterior bölgesi, düşük kemik yoğunluğu (Tip III ve Tip IV kemik), maksiller sinüs pnömatizasyonu ve rezidüel kemik yüksekliğinin azalması nedeniyle primer stabilitenin en zor sağlandığı anatomik alanlardan biridir. Buna karşılık mandibular posterior bölgede yüksek kemik yoğunluğu primer stabilite açısından avantaj sağlamakla birlikte aşırı kompresyon nedeniyle kemik nekrozu gelişme riski de göz önünde bulundurulmalıdır (Misch, 2023; Javed ve ark., 2013).

Cerrahi sırasında implantın yeterli tork değerine ulaşmaması, implantın osteotomi içerisinde hareket etmesi veya yerleştirme sırasında stabilitesini kaybetmesi primer stabilitenin yetersiz olduğunu düşündürmektedir. Günümüzde yerleştirme torku ve rezonans frekans analizi (RFA) ile elde edilen Implant Stability Quotient (ISQ) değerleri primer stabilitenin objektif olarak değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yerleştirme torkunun

yaklaşık 35 Ncm ve üzerinde olması ile uygun ISQ değerleri, özellikle hemen veya erken yükleme planlanan olgularda başarılı klinik sonuçlarla ilişkilendirilmektedir (Albrektsson ve Wennerberg, 2019; Atsumi ve ark., 2007).

Primer stabilitenin yetersiz olduğu olgularda uygulanacak yaklaşım, stabilite kaybının derecesine bağlıdır. Osteotominin yeniden hazırlanması, daha geniş çaplı veya daha uzun implant seçilmesi, osteotomiye undersize hazırlama tekniği, kemik kondansasyonu (osseodensification) veya implantın farklı bir pozisyonda yeniden yerleştirilmesi tercih edilebilmektedir. Stabilitenin istenilen düzeye ulaştırılamadığı durumlarda ise implant yerleştirilmesinin ertelenmesi ve kemik iyileşmesinin beklenmesi daha güvenli bir yaklaşım olarak önerilmektedir (Javed ve ark., 2013; Trisi ve ark., 2016).

Primer stabilitenin sağlanabilmesi için ayrıntılı preoperatif planlama büyük önem taşımaktadır. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile kemik hacmi ve yoğunluğu değerlendirilmeli, implant çapı ve boyu mevcut anatomik koşullara göre belirlenmelidir. Ayrıca implant tasarımı, yüzey özellikleri, frezleme protokolü ve cerrahi deneyim primer stabiliteyi etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Son yıllarda geliştirilen konik gövdeli implant tasarımları ve osseodensification tekniklerinin düşük yoğunluklu kemikte primer stabiliteyi artırdığı bildirilmektedir (Atsumi ve ark., 2007).

Primer stabilitenin korunması yalnızca implantın erken dönemde başarısını değil, aynı zamanda uzun dönem osseointegrasyonu ve marjinal kemik seviyelerinin korunmasını da doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle implant cerrahisi sırasında primer stabilitenin dikkatle değerlendirilmesi ve gerektiğinde tedavi planının intraoperatif olarak revize edilmesi başarılı implant tedavisinin temel prensiplerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Sonuç

Dental implant cerrahisi günümüzde yüksek başarı oranlarına sahip, güvenilir ve öngörülebilir bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmesine rağmen, cerrahi uygulamanın her aşamasında çeşitli intraoperatif komplikasyonlarla karşılaşılabilir. Kanama, vasküler yaralanmalar, sinir hasarı, maksiller sinüs ve nazal kavite perforasyonları, kortikal kemik perforasyonları, primer stabilitenin sağlanamaması ve diğer cerrahi komplikasyonlar, uygun şekilde yönetilmediği takdirde implant başarısını olumsuz etkileyebilmekte ve hastanın yaşam kalitesinde önemli kayıplara neden olabilmektedir (Misch, 2023; Romanos ve ark., 2019).

Bu komplikasyonların büyük çoğunluğu ayrıntılı anamnez alınması, doğru hasta seçimi, sistemik risk faktörlerinin değerlendirilmesi, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ile gerçekleştirilen üç boyutlu radyolojik analiz,

uygun implant seçimi ve cerrahi prensiplere titizlikle uyulması sayesinde önlenebilmektedir. Dijital cerrahi planlama sistemleri, statik cerrahi rehberler ve dinamik navigasyon teknolojilerinin yaygınlaşması, implant cerrahisinin güvenilirliğini artırmış ve komplikasyon görülme sıklığının azaltılmasına önemli katkılar sağlamıştır (Greenstein ve ark., 2008).

Komplikasyon gelişmesi durumunda erken tanı, doğru klinik yaklaşım ve gerektiğinde multidisipliner tedavi planlaması başarılı sonuçların elde edilmesinde kritik öneme sahiptir. Cerrahin komplikasyonları önceden öngörebilmesi, geliştiğinde etkin şekilde yönetebilmesi ve uygun tedavi algoritmalarını uygulayabilmesi implant tedavisinin uzun dönem başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle implant cerrahisi yalnızca cerrahi teknik bilgi değil; ayrıntılı anatomik bilgi, doğru endikasyon, deneyim ve güncel bilimsel gelişmelerin sürekli takip edilmesini gerektiren dinamik bir uygulama alanıdır.

Sonuç olarak implant cerrahisi sırasında karşılaşılan komplikasyonların nedenlerinin iyi bilinmesi, risk faktörlerinin doğru değerlendirilmesi ve güncel kanıta dayalı yaklaşımların uygulanması, komplikasyonların önlenmesi ve başarılı implant tedavisinin sürdürülmesinde temel rol oynamaktadır. Gelişen dijital teknolojiler ve biyomateryaller ile birlikte gelecekte komplikasyon oranlarının daha da azalacağı ve implant cerrahisinin güvenilirliğinin artacağı öngörülmektedir.

Kaynaklar

- Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2019). On osseointegration in relation to implant surfaces. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*.
- Atsumi, M., Park, S.H., & Wang, H.L. (2007). Methods used to assess implant stability: current status. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 22(5), 743–754.
- Blyleven, G.M., Johnson, T.M., Inouye, K.A., Stancoven, B.W., & Lincicum, A.R. (2024). Factors influencing intraoperative and postoperative complication occurrence: A series of 1135 periodontal and implant-related surgeries. *Clinical and Experimental Dental Research*, 10(1), e849.
- Buser, D., Martin, W., & Belser, U.C. (2004). Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 19(Suppl), 43–61.
- Chan, H.L., & Wang, H.L. (2011). Sinus pathology and anatomy in relation to complications in lateral window sinus augmentation. *Implant Dentistry*, 20(6), 406–412.
- Chen, S.T., & Buser, D. (2014). Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla: a systematic review. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(Suppl), 186–215.
- Greenstein, G., Cavallaro, J., Romanos, G., & Tarnow, D. (2008). Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry. *Journal of Periodontology*, 79(8), 1317–1329.
- Hooshiar, M.H., & Yari, A. (2025). Intra- and Postoperative Complication Management in Implant and Grafting Procedures. In *Handbook of Oral and Maxillofacial Surgery and Implantology*. Springer.
- International Team for Implantology (ITI). (2023). *ITI Treatment Guide Volume 13: Digital Workflows in Implant Dentistry*. Berlin: Quintessence Publishing.
- Javed, F., Ahmed, H.B., Crespi, R., & Romanos, G.E. (2013). Role of primary stability for successful osseointegration of dental implants: factors of influence and evaluation. *Interventional Medicine & Applied Science*, 5(4), 162–167.
- Juodzbalsys, G., Wang, H.L., & Sabalys, G. (2011). Injury of the inferior alveolar nerve during implant placement: a literature review. *Journal of Oral & Maxillofacial Research*, 2(1), e1.

- Lang, N.P., Wilson, T.G., & Corbet, E.F. (2000). Biological complications with dental implants: their prevention, diagnosis and treatment. *Clinical Oral Implants Research*, 11(Suppl 1), 146-155.
- Misch, C.E. (2023). *Contemporary Implant Dentistry* (5th ed.). St. Louis: Elsevier.
- Pjetursson, B.E., Asgeirsson, A.G., Zwahlen, M., & Sailer, I. (2014). Improvements in implant dentistry over the last decade: comparison of survival and complication rates in older and newer publications. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 29(Suppl), 308-324.
- Pjetursson, B.E., Tan, W.C., Zwahlen, M., & Lang, N.P. (2008). A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. *Journal of Clinical Periodontology*, 35(Suppl 8), 216–240.
- Renton, T. (2010). Prevention of iatrogenic inferior alveolar nerve injuries in relation to dental procedures. *Dental Update*, 37, 350–363.
- Romanos, G.E., Delgado-Ruiz, R., & Sculean, A. (2019). Concepts for prevention of complications in implant therapy. *Periodontology 2000*, 81(1), 7-17.
- Sakka, S., Baroudi, K., & Nassani, M.Z. (2012). Factors associated with early and late complications of dental implants. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 3(4), 258–261.
- Sanz, M., & Chapple, I.L.C.; Working Group 4 of the VIII European Workshop on Periodontology. (2012). Clinical research on peri-implant diseases: consensus report of Working Group 4. *Journal of Clinical Periodontology*, 39(Suppl 12), 202-206.
- Spoiala, A.M., Paiu, R.G., Yildiz, Y., Vasiliu, L., Istrati, I., & Forna, N.C. (2022). Complications and failures in modern implantology. *Romanian Journal of Medical and Dental Education*, 11(1), 59-72.
- Tavelli, L., Borgonovo, A.E., Saleh, M.H., Ravidà, A., Chan, H.L., & Wang, H.L. (2020). Classification of sinus membrane perforations occurring during transcrestal sinus floor elevation and related treatment. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 40(1), 111-118.
- Testori, T., Weinstein, T., Taschieri, S., & Wallace, S.S. (2019). Risk factors in lateral window sinus elevation surgery. *Periodontology 2000*, 81(1), 91-123.
- Trisi, P., Berardini, M., Falco, A., & Podaliri Vulpiani, M. (2016). New osseodensification implant site preparation method to increase bone

density in low-density bone: In vivo evaluation in sheep. *Implant Dentistry*, 25(1), 24-31.

Urban, I.A., & Monje, A. (2019). *Guided Bone Regeneration in Alveolar Bone Reconstruction*. Quintessence Publishing.

Wallace, S.S., & Froum, S.J. (2003). Effect of maxillary sinus augmentation on implant survival. *Annals of Periodontology*, 8(1), 328–343.

16. Bölüm

Orofasiyal Enfeksiyonlar

Tülay ÇİLEL¹

1. Giriş

Orofasiyel enfeksiyonlar; dişler, periodontal dokular, çene kemikleri, ağız mukozası ve çevre yumuşak dokuları etkileyen, sıklıkla odontojenik kaynaklı gelişen enfeksiyonlardır. Günlük diş hekimliği pratiğinde en sık karşılaşılan acil durumlar arasında yer almakta olup, erken tanı ve uygun tedavi ile çoğu olgu başarıyla yönetilebilmektedir. Bununla birlikte, tedavide gecikme veya yetersiz müdahale enfeksiyonun komşu anatomik boşluklara yayılmasına, hava yolu obstrüksiyonuna, derin boyun enfeksiyonlarına, mediastinite, sepsise ve nadiren mortaliteye kadar uzanabilen ciddi komplikasyonlara neden olabilmektedir (Hupp ve ark., 2023; Miloro, 2022; Flynn, 2006).

Orofasiyel enfeksiyonların yaklaşık %90'ından fazlası odontojenik kökenlidir. Derin dentin çürükleri, pulpa nekrozu, apikal periodontitis, periodontal hastalıklar ve perikoronitis en sık etiyolojik faktörler arasında yer almaktadır. Enfeksiyon başlangıçta diş veya periodontal dokularla sınırlıyken, kortikal kemiğin perforasyonu sonrasında anatomik boşluklara ilerleyerek farklı klinik tablolar oluşturabilmektedir. Enfeksiyonun yayılımı; enfeksiyon kaynağının lokalizasyonu, etken mikroorganizmaların virülansı, konağın immün yanıtı ve çevre anatomik yapıların özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Miloro, 2022; Topazian ve ark., 2002).

Odontojenik enfeksiyonlar çoğunlukla polimikrobiyal karakterdedir ve aerob ile anaerob bakterilerin birlikte bulunduğu karma mikrobiyal floraya sahiptir. Başlangıç döneminde fakültatif anaerob streptokoklar baskınken, enfeksiyon ilerledikçe zorunlu anaerob bakterilerin sayısı artmakta ve enfeksiyonun şiddeti belirgin şekilde yükselmektedir. Özellikle *Streptococcus anginosus* grubu, *Prevotella* spp., *Porphyromonas* spp., *Fusobacterium nucleatum* ve *Peptostreptococcus* türleri odontojenik enfeksiyonlardan en sık izole edilen mikroorganizmalar arasında yer almaktadır (Robertson ve Smith, 2009; Kuriyama ve ark., 2000).

Son yıllarda antibiyotik direncinin giderek artması, orofasiyel enfeksiyonların tedavisinde yalnızca ampirik antibiyotik kullanımının yeterli olmadığını

¹ Uz.Dt., Edirne Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Edirne, Türkiye
ORCID: 0000-0003-3257-3092

göstermektedir. Güncel yaklaşım; enfeksiyon kaynağının ortadan kaldırılması, gerekli olgularda cerrahi drenaj uygulanması, uygun antibiyotik seçimi ve hastanın sistemik durumunun birlikte değerlendirilmesini esas almaktadır. Özellikle diabetes mellitus, immünsüpresyon, maligniteler, kortikosteroid kullanımı ve ileri yaş gibi risk faktörlerine sahip bireylerde enfeksiyonların daha hızlı ilerleyebileceği ve komplikasyon riskinin artabileceği unutulmamalıdır (Flynn, 2006; Bahl ve ark., 2014).

Tanı sürecinde ayrıntılı anamnez, dikkatli klinik muayene ve uygun radyolojik incelemeler büyük önem taşımaktadır. Panoramik radyografi çoğu odontojenik enfeksiyonun ilk değerlendirilmesinde yeterli bilgi sağlarken, enfeksiyonun derin fasiyal boşluklara yayıldığından şüphelenilen olgularda kontrastlı bilgisayarlı tomografi altın standart görüntüleme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Erken tanı ve uygun tedavi planlaması sayesinde hem morbidite hem de hastanede yatış süresi önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Milor, 2022; Bakathir, 2011).

Bu bölümde orofasiyel enfeksiyonların etiyolojisi, mikrobiyolojisi, patogenezi, klinik bulguları, tanı yöntemleri, tedavi prensipleri, antibiyotik kullanımı, cerrahi yaklaşım ve olası komplikasyonlar güncel literatür eşliğinde ele alınacaktır.

2. Etiyoloji

Orofasiyel enfeksiyonlar, etiyolojilerine göre odontojenik ve nonodontojenik enfeksiyonlar olarak iki ana grupta değerlendirilmektedir. Klinik uygulamada görülen olguların büyük çoğunluğunu odontojenik enfeksiyonlar oluşturmakta olup, tüm orofasiyel enfeksiyonların yaklaşık %90–95'inin diş kaynaklı olduğu bildirilmektedir (Hupp ve ark., 2023; Milor, 2022).

Odontojenik enfeksiyonlar genellikle tedavi edilmemiş dental çürüklerin pulpayı etkilemesi ve pulpa nekrozu gelişmesi ile başlamaktadır. Enfeksiyon kök kanal sistemi aracılığıyla periapikal dokulara ulaşarak apikal periodontitis ve apikal apse oluşumuna neden olur. Tedavi edilmediği takdirde kortikal kemiği aşarak çevre yumuşak dokulara ve fasiyal boşluklara yayılabilir. Bunun yanında ileri periodontal hastalıklar, periodontal apseler, perikoronitis, başarısız endodontik tedaviler, travmatik diş yaralanmaları ve implant çevresinde gelişen enfeksiyonlar da önemli odontojenik enfeksiyon kaynakları arasında yer almaktadır (Milor, 2022; Flynn, 2006).

Özellikle mandibular üçüncü molar dişlerde görülen perikoronitis, genç erişkinlerde sık karşılaşılan akut enfeksiyonlardan biridir. Perikoronel dokuda biriken bakteri plağı ve besin artıkları lokal inflamasyona neden olurken, enfeksiyon ilerlediğinde submandibular, pterigomandibular veya masseterik boşluklara yayılabilmektedir. Benzer şekilde başarısız implant tedavileri veya

peri-implantitis olguları da uygun şekilde tedavi edilmediğinde ciddi kemik kaybı ve çevre yumuşak dokulara yayılan enfeksiyonlara yol açabilmektedir (Topazian ve ark., 2002; Bahl ve ark., 2014).

Nonodontojenik enfeksiyonlar ise tükürük bezi enfeksiyonları, maksiller sinüzitler, travmatik yaralanmalar, osteomyelit, lenfadenitler ve ağız mukozasını etkileyen bakteriyel, viral veya fungal enfeksiyonları kapsamaktadır. Özellikle immünsüpresif hastalarda kandidiyazis, mukormikoz ve fırsatçı enfeksiyonların görülme sıklığı artmaktadır. Ayrıca baş-boyun bölgesine uygulanan radyoterapi, kemoterapi ve uzun süreli kortikosteroid kullanımı da enfeksiyon gelişimine zemin hazırlayan önemli faktörlerdir (Miloró, 2022; Brook, 2003).

Enfeksiyonun gelişmesi ve yayılımında yalnızca mikroorganizmaların virülansı değil, konağa ait sistemik faktörler de belirleyici rol oynamaktadır. Diabetes mellitus, kontrolsüz hipertansiyonla birlikte görülen vasküler bozukluklar, kronik böbrek hastalığı, malnütrisyon, sigara kullanımı, alkol bağımlılığı ve bağışıklık sistemini baskılayan hastalıklar enfeksiyonun daha ağır seyretmesine neden olabilmektedir. Özellikle diyabetik hastalarda nötrofil fonksiyonlarının bozulması ve doku perfüzyonunun azalması nedeniyle enfeksiyonların kontrol altına alınması daha güç olabilmektedir (Flynn, 2006; Robertson ve Smith, 2009).

Son yıllarda antibiyotiklerin yaygın ve bilinçsiz kullanımı sonucu gelişen antimikrobiyal direnç de orofasiyel enfeksiyonların yönetiminde önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu nedenle güncel tedavi yaklaşımı yalnızca antibiyotik reçete edilmesini değil, enfeksiyon odağının ortadan kaldırılması, gerekli durumlarda cerrahi drenaj uygulanması ve uygun antibiyotik seçiminin birlikte planlanmasını önermektedir (Flynn, 2006; Bahl ve ark., 2014).

3. Mikrobiyoloji ve Patogenez

Odontojenik enfeksiyonlar, aerob ve anaerob mikroorganizmaların birlikte bulunduğu polimikrobiyal enfeksiyonlardır. Enfeksiyonun başlangıç döneminde fakültatif anaerob bakteriler baskın olmakla birlikte, doku oksijen basıncının azalmasıyla birlikte zorunlu anaerob bakterilerin sayısı artmakta ve enfeksiyon daha agresif bir seyir göstermektedir (Hupp ve ark., 2023; Miloró, 2022).

Sağlıklı ağız florasında çok sayıda mikroorganizma bulunmasına rağmen, pulpa nekrozu veya periodontal dokuların bütünlüğünün bozulması sonrasında bu mikroorganizmalar patojen özellik kazanabilmektedir. En sık izole edilen aerob bakteriler arasında *Streptococcus viridans* grubu ve özellikle *Streptococcus anginosus* grubu yer almaktadır. Anaerob mikroorganizmalar içerisinde ise *Prevotella* spp., *Porphyromonas* spp., *Fusobacterium nucleatum*, *Peptostreptococcus* spp. ve *Parvimonas micra* en sık bildirilen etkenlerdir. Bu

bakterilerin birlikte oluşturduğu sinerjistik etki, enfeksiyonun çevre dokulara yayılımını kolaylaştırmaktadır (Miloro, 2022; Flynn, 2006; Topazian ve ark., 2002; Robertson ve Smith, 2009).

Mikroorganizmalar çeşitli virülans faktörleri sayesinde konak dokularında invazyon oluşturabilmektedir. Hyalüronidaz, kollajenaz ve çeşitli proteolitik enzimler bağ dokusunun parçalanmasına neden olurken, lipopolisakkaritler ve diğer bakteriyel toksinler inflamatuvar yanıtı artırmaktadır. Bunun sonucunda vasküler permeabilite artmakta, ödem gelişmekte ve enfeksiyon anatomik fasiyal boşluklar boyunca ilerleyebilmektedir (Topazian ve ark., 2002; Bahl ve ark., 2014).

Enfeksiyon gelişiminde konağın bağışıklık sistemi önemli bir rol oynamaktadır. İlk aşamada nötrofiller enfeksiyon bölgesine göç ederek bakterilerin fagositozunu gerçekleştirir. Bunu makrofajlar ve lenfositler izler. İnterlökin-1 (IL-1), interlökin-6 (IL-6), tümör nekroz faktörü alfa (TNF- α) ve çeşitli kemokinlerin salınımı inflamatuvar süreci düzenleyen temel mekanizmaları oluşturmaktadır. Sağlıklı bireylerde bu yanıt çoğu zaman enfeksiyonun sınırlandırılmasını sağlarken, immün sistemi baskılanmış hastalarda enfeksiyon kontrolü güçleşmekte ve yayılım riski artmaktadır (Flynn, 2006; Robertson ve Smith, 2009).

Pulpa nekrozu geliştikten sonra enfeksiyon başlangıçta periapikal bölgede sınırlı kalabilir. Ancak intramedüller basıncın artmasıyla kortikal kemikte rezorpsiyon meydana gelir ve enfeksiyon en düşük direnç gösteren anatomik bölgeyi takip ederek çevre yumuşak dokulara yayılır. Yayılım yönü; enfekte dişin kök apeksinin konumu, kasların kemiğe tutunma seviyeleri ve kortikal kemiğin kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle aynı dişe ait enfeksiyon farklı hastalarda farklı fasiyal boşlukları tutabilmektedir (Hupp ve ark., 2023; Topazian ve ark., 2002).

Son yıllarda antibiyotik direncinde görülen artış, odontojenik enfeksiyonların mikrobiyolojik özelliklerinin önemini daha da artırmıştır. Özellikle β -laktamaz üreten anaerob bakterilerin sıklığındaki artış nedeniyle ampisilin ve penisilin grubu antibiyotiklere karşı direnç gelişebilmektedir. Bu nedenle antibiyotik tedavisi planlanırken enfeksiyonun şiddeti, hastanın sistemik durumu, olası direnç mekanizmaları ve gerektiğinde kültür-antibiyogram sonuçları birlikte değerlendirilmelidir (Kuriyama ve ark., 2000; Bahl ve ark., 2014).

4. Enfeksiyonun Anatomik Yayılımı ve Fasiyal Boşluk Enfeksiyonları

Odontojenik enfeksiyonların klinik seyri yalnızca enfeksiyonun kaynağına değil, aynı zamanda baş ve boyun bölgesinin anatomik yapısına da bağlıdır. Enfeksiyon başlangıçta periapikal dokularla sınırlı olsa da kortikal kemiğin

perforasyonu sonrasında kasların kemiğe tutunma seviyesine göre farklı fasiyal boşluklara yayılabilmektedir. Bu nedenle enfekte dişin lokalizasyonu, kök apeksinin anatomik konumu ve çevre kasların yerleşimi enfeksiyonun hangi boşlukta ilerleyeceğini belirleyen temel faktörlerdir (Hupp ve ark., 2023; Miloro, 2022).

Maksiller dişlerden kaynaklanan enfeksiyonlar sıklıkla vestibüler, bukkal ve kanin boşluklarına yayılırken, posterior maksiller dişlerde enfeksiyon infratemporal ve temporal boşluklara kadar ilerleyebilmektedir. Mandibular dişlerde ise özellikle ikinci ve üçüncü molar dişlerden kaynaklanan enfeksiyonlar submandibular, sublingual ve pterigomandibular boşluklara yayılma eğilimindedir. Mandibular molarların kök apekslerinin m. mylohyoideus kasının tutunma seviyesinin altında veya üstünde bulunması, enfeksiyonun sırasıyla submandibular veya sublingual boşluğa yayılmasını belirleyen önemli anatomik özelliklerden biridir (Miloro, 2022; Topazian ve ark., 2002).

4.1. Vestibüler Boşluk

Vestibüler boşluk enfeksiyonları, odontojenik enfeksiyonların en sık görülen yayılım şeklidir. Kortikal kemiğin kas tutunma seviyesinin üzerinde perforasyonu sonucunda enfeksiyon vestibüler mukozaya ulaşır ve lokalize şişlik oluşturur. Klinik olarak vestibüler sulkusta fluktuasyon, ağrı ve hassasiyet izlenirken sistemik bulgular çoğunlukla hafiftir. Enfeksiyon kaynağının ortadan kaldırılması ve gerektiğinde insizyon-drenaj uygulanması genellikle yeterlidir (Hupp ve ark., 2023; Bahl ve ark., 2014).

4.2. Bukkal Boşluk

Bukkal boşluk enfeksiyonları özellikle maksiller ve mandibular molar dişlerden kaynaklanmaktadır. Hastalarda yanağın dış kısmında belirgin şişlik, ağrı ve palpasyon hassasiyeti görülmektedir. Ağız açmada hafif kısıtlılık gelişebilmekle birlikte hava yolu açısından genellikle risk oluşturmaz. Ancak enfeksiyonun ilerlemesi durumunda komşu boşluklara yayılım görülebilir (Miloro, 2022; Topazian ve ark., 2002).

4.3. Kanin Boşluğu

Üst kanin dişlerden gelişen enfeksiyonlar sıklıkla kanin boşluğuna yayılmaktadır. Hastalarda nazolabial oluğun silinmesi, üst dudakta şişlik ve infraorbital bölgede ödem dikkati çekmektedir. Enfeksiyonun orbital yapılara ilerlemesi nadir olmakla birlikte ciddi komplikasyonlara neden olabileceğinden erken tedavi önem taşımaktadır (Flynn, 2006).

4.4. Sublingual Boşluk

Mandibular premolar ve birinci molar dişlerden kaynaklanan enfeksiyonlar, kök apeksi m. mylohyoideus kasının üzerinde bulunduğu sublingual boşluğa yayılmaktadır. Klinik olarak ağız tabanında şişlik, dil elevasyonu, konuşma güçlüğü ve yutma sırasında ağrı görülebilir. Dilin posteriora itilmesi hava yolu açıklığını azaltabileceğinden dikkatli değerlendirme gerektirir (Miloró, 2022; Bahl ve ark., 2014).

4.5. Submandibular Boşluk

Mandibular ikinci ve üçüncü molar dişlerden gelişen enfeksiyonların en sık yayıldığı alan submandibular boşluktur. Bu hastalarda mandibula alt kenarı boyunca sert ve ağrılı şişlik, ateş, trismus ve disfaji görülebilmektedir. Enfeksiyonun hızla ilerlemesi durumunda derin boyun boşluklarına yayılım gelişebilir ve hastaneye yatırılarak intravenöz antibiyotik tedavisi ile cerrahi drenaj planlanmalıdır (Hupp ve ark., 2023; Topazian ve ark., 2002).

4.6. Masseterik ve Pterigomandibular Boşluklar

Bu boşlukların tutulumu genellikle mandibular üçüncü molar enfeksiyonları veya cerrahi işlemler sonrasında gelişmektedir. Hastalarda belirgin trismus en önemli klinik bulgudur. Bunun yanında çiğneme sırasında ağrı, mandibular hareketlerde kısıtlılık ve yüzün arka kısmında şişlik görülebilir. Klinik muayene tek başına yetersiz kalabileceğinden bilgisayarlı tomografi ile değerlendirme önerilmektedir (Miloró, 2022; Flynn, 2006).

4.7. Derin Boyun Enfeksiyonları ve Ludwig Anjini

Birden fazla fasiyal boşluğun birlikte tutulduğu enfeksiyonlar derin boyun enfeksiyonları olarak değerlendirilmektedir. Özellikle submandibular, sublingual ve submental boşlukların bilateral tutulumu ile karakterize olan Ludwig anjini, hava yolu obstrüksiyonu açısından yaşamı tehdit eden acil bir klinik tablodur. Hastalarda yaygın boyun şişliği, ağız tabanında sertlik, dil elevasyonu, disfaji, odinofaji, konuşma güçlüğü ve solunum sıkıntısı gelişebilir. Bu olgularda öncelikli yaklaşım hava yolunun güvence altına alınması, geniş spektrumlu intravenöz antibiyotik tedavisinin başlanması ve gerekli durumlarda acil cerrahi drenaj uygulanmasıdır (Topazian ve ark., 2002; Boscolo-Rizzo ve Da Mosto, 2009).

Enfeksiyonun anatomik boşluklar boyunca kontrolsüz şekilde ilerlemesi mediastinit, internal juguler ven trombozu, sepsis ve multiorgan yetmezliği gibi ciddi komplikasyonlara neden olabileceğinden erken tanı ve uygun cerrahi

yaklaşım hayati önem taşımaktadır (Bahl ve ark., 2014; Boscolo-Rizzo ve Da Mosto, 2009).

Sonuç

Orofasiyel enfeksiyonlar, diş hekimliği ve özellikle ağız, diş ve çene cerrahisi pratiğinde en sık karşılaşılan enfeksiyon hastalıkları arasında yer almakta olup, erken tanı ve uygun tedavi ile büyük oranda başarılı şekilde yönetilebilmektedir. Ancak enfeksiyonun tanınmasında gecikme, enfeksiyon odağının ortadan kaldırılmaması veya yetersiz antibiyotik kullanımı, enfeksiyonun fasiyal boşluklara yayılmasına ve yaşamı tehdit eden ciddi komplikasyonların gelişmesine neden olabilmektedir (Hupp ve ark., 2023; Miloro, 2022).

Başarılı tedavinin temelini ayrıntılı anamnez, dikkatli klinik muayene, uygun radyolojik değerlendirme ve enfeksiyon kaynağının ortadan kaldırılması oluşturmaktadır. Cerrahi drenaj gerektiren olgularda zamanında müdahale edilmesi, uygun antibiyotik tedavisi ile birlikte hastalığın kontrol altına alınmasında kritik öneme sahiptir. Bunun yanı sıra hastanın sistemik hastalıkları, bağışıklık durumu ve enfeksiyonun yayılım derecesi tedavi planının belirlenmesinde mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (Miloro, 2022; Flynn, 2006).

Günümüzde antibiyotik direncindeki artış nedeniyle yalnızca ampirik antibiyotik tedavisine dayanan yaklaşımlar yerini, kanıta dayalı ve enfeksiyon kaynağının ortadan kaldırılmasını esas alan tedavi protokollerine bırakmıştır. Antibiyotiklerin akılcı kullanımı, gereksiz reçetelenmenin önlenmesi ve gerektiğinde kültür-antibiyoqram sonuçlarına göre tedavinin düzenlenmesi hem bireysel hasta başarısını artırmakta hem de toplumda antimikrobiyal direncin gelişiminin önlenmesine katkı sağlamaktadır (Robertson ve Smith, 2009; Bahl ve ark., 2014).

Özellikle derin boyun enfeksiyonları ve Ludwig anjini gibi yaşamı tehdit eden klinik tabloların erken dönemde tanınması, hava yolu güvenliğinin sağlanması ve multidisipliner yaklaşımın benimsenmesi mortalite ve morbiditenin azaltılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle ağız, diş ve çene cerrahları başta olmak üzere diş hekimleri ve ilgili sağlık profesyonellerinin orofasiyel enfeksiyonların tanı ve tedavisine ilişkin güncel bilgi ve yaklaşımları yakından takip etmeleri gerekmektedir (Hupp ve ark., 2023; Topazian ve ark., 2002; Boscolo-Rizzo ve Da Mosto, 2009).

Sonuç olarak, orofasiyel enfeksiyonların etkin yönetimi yalnızca uygun antibiyotik seçimi ile sınırlı olmayıp, enfeksiyon kaynağının eliminasyonu, cerrahi drenajın doğru zamanda uygulanması, hastaya özgü risk faktörlerinin değerlendirilmesi ve komplikasyonların erken dönemde tanınmasını kapsayan

bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir. Güncel tanı ve tedavi protokollerinin uygulanması sayesinde hastanede yatış süresi, komplikasyon oranları ve mortalite azaltılabilir; hastaların yaşam kalitesi ve tedavi başarısı önemli ölçüde artırılabilir.

Kaynaklar

- Bahl, R., et al. (2014). Odontogenic infections: microbiology and management. *Contemporary Clinical Dentistry*, 5(3), 307-311.
- Bakathir, A.A. (2011). Imaging of odontogenic infections and deep fascial space involvement. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 23(3), 519-527.
- Boscolo-Rizzo, P., & Da Mosto, M.C. (2009). Submandibular space infection: a potentially lethal infection. *International Journal of Infectious Diseases*, 13(3), 327-333.
- Brook, I. (2003). Microbiology and management of deep facial infections and Lemierre syndrome. *ORL: Journal for Oto-Rhino-Laryngology and Its Related Specialties*, 65(2), 117-120.
- Flynn, T.R. (2006). Severe odontogenic infections, part 1: prospective report. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 64(7), 1093-1103.
- Hupp, J.R., Ellis, E., & Tucker, M.R. (2023). *Contemporary Oral and Maxillofacial Surgery* (8th ed.). St. Louis: Elsevier.
- Kuriyama, T., Karasawa, T., et al. (2000). Incidence of beta-lactamase-producing bacteria in oral infection and antimicrobial susceptibility. *Oral Microbiology and Immunology*, 15(4), 238-243.
- Miloro, M. (Ed.). (2022). *Peterson's Principles of Oral and Maxillofacial Surgery* (4th ed.). Cham: Springer.
- Robertson, D., & Smith, A.J. (2009). The microbiology of the acute dental abscess. *Journal of Medical Microbiology*, 58(Pt 2), 155-162.
- Topazian, R.G., Goldberg, M.H., & Hupp, J.R. (2002). *Oral and Maxillofacial Infections* (4th ed.). St. Louis: Saunders Elsevier.

Güncel Davranış Yönlendirme Teknikleri

Sena SAKIN ULUBAY¹, Zehra PAMUKÇU²

Giriş

Dental anksiyete

Dental korku, diş tedavisi esnasında oluşan tehdit edici uyarana karşı verilen normal bir tepki iken; dental anksiyete, diş tedavisi ile ilişkili kötü bir olayın gerçekleşeceğine yönelik yoğun bir endişe duygusu ile kontrolünü kaybetme hissini ifade etmektedir. Dental fobi ise dental anksiyetenin daha ağır bir formu olup, belirli dental uyaranlara (örneğin; frez kullanımı veya lokal anestezi enjeksiyonu) ya da genel olarak diş tedavisi ortamına karşı belirgin ve sürekli kaygı ile karakterizedir (Acharya vd., 2024; Klingberg & Broberg, 2007). Dental anksiyete, her yaş grubunda karşılaşılabilen yaygın bir sorundur ve kronolojik yaş ile birlikte azalma eğilimindedir (Acharya vd., 2024). Çocuk diş hekimliğinde dental anksiyetenin etkili bir şekilde yönetilmesi, çocuğun tedaviye uyumunun artırılması, olumlu davranış geliştirilmesi ve başarılı bir dental tedavi sürecinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır (Armfield & Heaton, 2013). Bu amaçla uygulanan davranış yönlendirme teknikleri, çocuk hastayla etkili iletişim kurulması, güven ilişkisinin geliştirilmesi ve dental tedavinin güvenli ve başarılı bir şekilde tamamlanmasını amaçlayan klinik uygulamanın temel bileşenlerinden biridir (Acharya vd., 2024).

Çocuk hastaların büyük çoğunluğu uygun davranış yönlendirme teknikleri ile tedaviye uyum sağlayabilse de küçük bir hasta grubunda kooperasyon yetersizliği kaliteli dental bakımın sunulmasını güçleştirebilmektedir (Klingberg & Broberg, 2007). Bu gibi durumlarda çocuk diş hekimleri, iletişim temelli davranış yönlendirme tekniklerini desteklemek veya gerektiğinde bunlara alternatif oluşturmak amacıyla farklı farmakolojik ve farmakolojik olmayan davranış yönlendirme tekniklerinden yararlanmaktadır (Shim vd., 2015).

Farmakolojik yöntemler (nitroz oksit, oral sedasyon ve genel anestezi) etkili olabilse de maliyetli olmaları özel ekipman gereksinimi ve komplikasyon riskleri nedeniyle aileler tarafından her zaman tercih edilmeyebilmektedir. Nitroz oksit, anksiyetenin azaltılmasında etkili bir ajan olsa da nazal obstrüksiyonu bulunan ya da yeterli kooperasyon gösteremeyen küçük yaş grubundaki çocuklarda uygulanabilirliği sınırlı kalabilmektedir. Oral sedasyon amacıyla sıklıkla tercih edilen benzodiazepinler ise hava yolu kontrolünün kaybı ve solunum depresyonu gibi istenmeyen etkilere yol açabilmesi nedeniyle tedavi öncesinde

¹Öğretim Görevlisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı, ORCID: 0000-0003-4086-1502

² Araştırma Görevlisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği A.B.D, ORCID: 0009-0000-8633-8093

dikkatle değerlendirilmelidir (Kapov vd., 2025). Genel anestezi, güvenilir bir yöntem kabul edilmesine rağmen, kardiyovasküler ve nörolojik komplikasyonlar başta olmak üzere ciddi risk taşıması ve yüksek maliyeti nedeniyle kullanımı sınırlı bir seçenek olarak değerlendirilmektedir (Kapov vd., 2025). Bu nedenle güvenli ve etkili farmakolojik olmayan yaklaşımlara ihtiyaç artmaktadır (Asokan vd., 2025). Bu tekniklerin verimli kullanımı, kaygı ve ağrıyı hafifleterek hasta hekim işbirliğini artırmakta, diş tedavisinin etkin bir şekilde tamamlanmasını sağlayarak olumlu diş tedavisi deneyimi yaşamalarına yardımcı olmakta ve bu da hastalara ömür boyu fayda sağlamaktadır (Asokan vd., 2025).

Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (AAPD) önerilerine göre, iletişim teknikleri herhangi bir özel onam gerektirmezken, bunların dışındaki diğer tüm teknikler tedaviye başlamadan önce ebeveyn veya yasal vasiden alınacak bilgilendirilmiş onamı gerektirmekte ve bu onamın hastanın dosyasına kaydedilmesi zorunlu tutulmaktadır (American Academy of Pediatric Dentistry, 2024).

Çocuğun davranışlarının kaydedilmesi, sonraki randevuların planlanması açısından önemli bir yardımcıdır. Bugün en yaygın kullanılan dental anksiyete ölçüm yöntemleri arasında güvenilir ve geçerli kabul edilen skalalar arasında Modifiye Frankl Davranış Skalası (Frankl vd., 1962), Modifiye Çocuk Dental Anksiyete Skalası (Wong vd., 1998), Venham'ın Resim Testi (Venham vd., 1977) ve Gülen Yüz Skalası sayılabilmektedir. Klinik diş hekimliği uygulamalarında ve araştırmalarda en yaygın kullanılan davranış değerlendirme sistemlerinden biri Frankl Davranış Derecelendirme Ölçeği gözlenen davranışları kesinlikle olumsuz ile kesinlikle olumlu arasında değişen dört kategoriye ayırmaktadır (Frankl vd., 1962) (Tablo 1). Derecelendirme ölçeğine ek olarak, "pozitif, sözel olmayan (+, nonverbal)" gibi açıklayıcı ifadelerin kaydedilmesi, hekimin sonraki seansları daha etkin şekilde planlamasına yardımcı olabilmektedir (Allen vd., 1990; Carr vd., 1999).

Tablo 1. Frankl Davranış Derecelendirme Ölçeği

1 Kesinlikle olumsuz	Tedaviyi reddetme, şiddetli ağlama, korku veya belirgin düzeyde aşırı olumsuz tutum sergileme.
2 Olumsuz	Tedaviyi kabul etmede isteksizlik, iş birliği yapmama, olumsuz tutuma ilişkin bazı belirtilerin bulunması ancak bunların belirgin düzeyde olmaması (örneğin sessiz kalma veya geri çekilme).
3 Olumlu	Tedaviyi kabul etme, zaman zaman temkinli davranış sergilese de diş hekimiyle iş birliği yapmaya istekli olma ve diş hekiminin yönergelerine uyum gösterme.
4 Kesinlikle olumlu	Diş hekimiyle iyi iletişim kurma, dental işlemlere ilgi gösterme, gülme, keyif alma ve tedavi boyunca olumlu iş birliği sergileme.

Kaynak: (Frankl vd., 1962)

Başlıca davranış yönlendirme teknikleri arasında; randevu öncesi görselleştirme, doğrudan gözlem, anlat–göster–uygula, sor–anlat–sor, ses kontrolü, sözel olmayan iletişim, olumlu pekiştirme, dikkat dağıtma, belleğin yeniden yapılandırılması,

duyarsızlaştırma, ebeveynin tedavi sırasında bulunması veya bulunmaması, çocuğa kontrol hissi kazandırmaya yönelik yaklaşımlar, duyuşal uyarlanmış dental ortam, hayvan destekli terapi, resim değiş-tokuş iletişim sistemi, bilişsel davranışçı terapi ve farmakolojik olarak nitröz oksit/oksijen inhalasyon sedasyonu yer almaktadır (American Academy of Pediatric Dentistry, 2024)(Bkz. Tablo 2).

Tablo 2. Pediatric Diş Hekimliğinde Davranış Yönlendirme Tekniklerinin Sınıflandırması

Ana Başlık	Alt Başlık (Teknik)
1. TEMEL DAVRANIŞ YÖNLENDİRME TEKNİKLERİ	İletişim Rehberliği- Sözlü İletişim
	Sözsüz İletişim
	Doğrudan Gözlem / Modelleme
	Anlat-Göster-Yap
	Sor-Anlat-Sor
	Ses Kontrolü
	Kontrolü artırma
	Pozitif Pekiştirme ve Tanımlayıcı Övgü
	Dikkat Dağıtma-Geleneksel teknikler
	Nefes Egzersizi ile Gevseme
	Biyolojik Geri Bildirim Terapisi
	Duyarsızlaştırma
2. GÜNCEL/KANITA DAYALI TEKNİKLER	Dikkat Dağıtma- Teknoloji Tabanlı
	Bilişsel Davranışçı Terapi
	Bellek Yeniden Yapılandırma
	Hipnoz
	Hayvan Destekli Terapi
	Duyusal Uyarlanmış Diş Ortamı
	Resim Değiş-Tokuş İletişim Sistemi
3. FARMAKOLOJİK VE İLERİ DÜZEY FARMAKOLOJİK OLMAYAN DAVRANIŞ YÖNLENDİRME TEKNİKLERİ	Koruyucu Tespit / İmmobilizasyon
	Genel Anestezi
	Sedasyon

Kaynak: (American Academy of Pediatric Dentistry, 2024), (Randall & Dhar, 2023), (Dhar, Gosnell, vd., 2023), (Shahnavaz vd., 2016) 'dan uyarlanmıştır.

TEMEL DAVRANIŞ YÖNLENDİRME TEKNİKLERİ

Temel davranış yönlendirme teknikleri basit ve uygulanabilirliği kolay tekniklerdir (Wright vd., 1991). Güncel yöntemlerde hastanın olumsuz uyaranlara karşı geliştirdiği anksiyeteyi, dikkatini süreçten uzaklaştırarak azaltmak hedeflenmektedir (Cianetti vd., 2017). Bu dikkat dağıtma teknikleri hastanın tedavi sürecine aktif katılımını gerektiren uygulamalar (medikal oyuncaklar, kontrollü solunum egzersizleri, yönlendirilmiş imgeleme) ile hastanın sürece dahil olmadan harici uyaranları deneyimlediği pasif uygulamalar (işitsel/görsel-işitsel materyallerin takibi ve somatik gevşeme protokolleri) yer almaktadır (Koller & Goldman, 2012).

İletişim Rehberliği- Sözlü İletişim

Sözlü iletişim, hekim-hasta ilişkisinin temelini oluşturan, hasta ile güven ve yakınlık kurmayı hedefleyen bir iletişim tekniğidir; açıklama yapma, izin isteme, güven verme ve müzakere gibi unsurları içerir (İbraheem, 2021). Randevunun başında sorular sorma ve aktif dinleme yoluyla kurulan bu güven ilişkisi, tedavi sürecinde hekimin davranış yönlendirme rolünün ön plana çıkmasıyla birlikte, giderek yönerge temelli bir iletişime dönüşür (American Academy of Pediatric Dentistry, 2025). Çocuk diş hekimleri tarafından yaygın bir şekilde rutin kullanıma sahip olduğu bildirilmiştir (Randall & Dhar, 2023).

Sözsüz İletişim

Beden dili, göz teması, dokunma gibi sözel olmayan yollarla çocuğu yönlendirme ve rahatlatma tekniğidir; özellikle işitme engelli çocuklarda kritik önem taşır (American Academy of Pediatric Dentistry, 2024). Katila ve ark., dört farklı ülkeden (Finlandiya, Çin, Irak ve ABD) 3-12 yaş arası çocukların diş tedavisi görüntülerini video mikro analiz yöntemiyle incelemiş; sonuç olarak rahatlatıcı dokunmanın, sıkıntı belirtileri gösteren çocuklarda bir sakinleşme sağladığı ve dokunma sırasında eşlik eden güven verici sözlerin de çocuğu işleme katılmaya ikna etmede etkili olduğu saptanmıştır (Katila vd., 2024).

Doğrudan Gözlem / Modelleme

Çocuğun kendisine yakın yaşta bir hastanın sakince işlem yaptırmasını izlediği tekniktir. Bu, işleme aşinalık kazandırarak iş birliğini artırır. Canlı modelleme tekniğinin özellikle küçük yaş gruplarında anlat-göster-yap tekniğinden daha etkili olduğu bulunmuştur (Gizani vd., 2022). Video modelleme yöntemi ise, çocuğun dental tedavi öncesinde olumlu davranış sergileyen bir modeli izleyerek tedavi sürecine hazırlanmasını amaçlayan davranış yönlendirme tekniklerinden biridir (Almarzouq vd., 2024). Yapılan çalışmalarda, tedavi öncesinde video modelleme uygulanan çocukların, diş hekimliği ile ilişkili olmayan videolar izleyen kontrol grubuna göre daha düşük anksiyete ve ağrı skorlarına sahip olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında, video modellemenin olumsuz davranışları azaltmada da etkili olduğu gösterilmiştir. Ancak

bazı araştırmalarda, video modelleme ile canlı modelleme ve Anlat-Göster-Uygula yöntemleri arasında fizyolojik parametreler bakımından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir (Karekar vd., 2019).

Anlat-Göster-Yap

Bu teknikte çocuğa yapılacak işlemler sırasıyla anlatılıp zarar vermeyecek şekilde gösterildikten sonra uygulamaya geçilir. Yapılan bir çalışmada diğer farmakolojik olmayan davranış yönlendirme tekniklerine göre çocuk diş hekimleri tarafından en yaygın kullanılan (%98,6) ve ebeveyn tarafından en yüksek kabul oranına sahip davranış yönlendirme tekniği olduğu gösterilmiştir (Randall & Dhar, 2023).

Ses kontrolü

Ses kontrolü, diş hekiminin ses volümü, tonu veya konuşma hızını kontrollü biçimde değiştirerek çocuğun davranışını yönlendirmesine dayanan temel bir tekniktir. AAPD güncel kılavuzunda geleneksel ses kontrolünün yüksek ses içermesine rağmen, sesi alçaltma pratiğinin de bir modifikasyon olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Randall & Dhar, 2023). Greenbaum ve ark. çalışmasında; restoratif tedavi sırasında 3,5-7 yaş grubu çocuklarda yüksek ses komutunun ardından yıkıcı davranışta anlamlı azalma gözlenmiş, normal seste bu etki bulunmamıştır (Greenbaum vd., 1990). Buna karşın koşullu/yüksek/kararlı ses komutunu normal sesle karşılaştıran başka bir randomize kontrollü çalışmada korku ve iş birliği üzerinde yalnızca önemsiz etki saptanmıştır (Randall & Dhar, 2023). Hekimlerinin davranış yönlendirme tekniği seğimlerinin incelendiği bir çalışmada katılımcıların %59,2'si ses kontrolünü kullandığını, ancak özellikle yüksek ses nedeniyle sık sık ebeveyn çekincesiyle karşılaştığını bildirmektedir (Dhar, Randall, vd., 2023). Ebeveynlik tarzlarının daha az otoriter yöne evrilmesiyle, ses kontrolü gibi "agresif" algılanan tekniklerin toplumsal kabulü giderek azalmaktadır (Wells vd., 2018).

Pozitif Pekiştirme ve Tanımlayıcı Övgü

İstenen davranışları yerine getiren çocuğun sözlü olarak veya küçük hediyelerle ödüllendirilmesi yöntemidir. Böylece istenen davranışın tekrarlanma olasılığı artar. Çocuk diş hekimleri tarafından sıkça tercih edilmektedir (Randall & Dhar, 2023).

Nefes Alma Pratikleri (Nefes Egzersizleri)

Fiziksel, duygusal ve ruhsal gelişimin temel unsurların kabul edilen nefes alma pratikleri, stres, kaygı ve depresyonu azaltmaya yardımcı olmaktadır. Derin ve yavaş alınan nefesler, vücudun stres tepkisini yöneten sempatik sinir sistemini yatıştırıp sakinleşme mekanizmasını devreye sokarak kalp atış hızını ve kan basıncını düşürür (Zisopoulou & Varvogli, 2023). Nefes alma pratikleri, nefesin hızında, düzeninde ve kalitesinde gönüllü değişiklikleri içerir. Aynı zamanda gerginliği serbest bırakmaya, stresi, kaygıyı ve depresyonu azaltmaya yardımcı olan fiziksel, duygusal ve ruhsal

gelişimin temel unsurları olarak da kabul edilir (Petosa & Oldfield, 1985; Yates, 1983). Balon Nefesi tekniği, çocuğun diyaframını kullanarak derin nefes alması ve daha sonra durması söylenene kadar balon üflüyormuş gibi nefesini yavaşça vermesi esasına dayanmaktadır. Bu tekniğin, 7–11 yaş arası çocuklarda üst çene bukkal infiltrasyon lokal anestezi uygulanması sırasında algılanan ağrıyı azalttığı gösterilmiş olup, işlem sırasında oluşan ağrının kontrolünde etkili bir yöntem olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Sridhar vd., 2019).

Biyolojik Geri Bildirim Terapisi

Biyolojik geri bildirim terapisi ise bireylerin kalp atış hızı ve solunum düzeni gibi fizyolojik süreçleri kontrol etmesine olanak tanıyan, nihayetinde stres ve kaygıyı azaltan bir öz-düzenleme tekniğidir (Dedeepya vd., 2014). Bu yöntemde çocukların düşünme tarzlarını fark ederek gevşeme tekniklerini ve sorun çözme yeteneklerini öğrenmeleri hedeflenmektedir. Böylece yeni düşünme yolları geliştirmeleri sayesinde fizyolojik yanıtlarını düzenledikleri bildirilmiştir (Barros Padilha vd., 2023). Ancak yöntemin bilişsel katılım, motivasyon ve sürekli dikkat gerektirmesi nedeniyle özellikle küçük yaş grubundaki çocuklarda uygulanabilirliğinin sınırlı olabileceği vurgulanmıştır (Rayen vd., 2006; Sowjanya vd., 1995).

Padminee ve ark. tarafından 70 çocukla yürütülen randomize kontrollü bir çalışmada, lokal anestezi uygulaması sırasında biyolojik geri bildirim terapisi ile tekniğin uygulanmadığı kontrol seansı karşılaştırılmıştır. Çocuğun kendi fizyolojik yanıtlarını (örn. kalp atım hızı) gerçek zamanlı olarak izleyip bu geri bildirimle dayanarak öz-düzenleme becerisi geliştirmesine odaklanılmıştır. Sonuç olarak biyolojik geri bildirim terapisinin kontrol seansına göre dental anksiyeteyi anlamlı düzeyde azalttığı gösterilmiştir (Padminee vd., 2022).

Duyarsızlaştırma

Duyarsızlaştırma, çocuğun anksiyete oluşturan dental uyaranlara kademeli olarak maruz bırakılması ve bu uyaranlara zaman içinde alışmasının sağlanmasını amaçlayan bir davranış yönlendirme tekniğidir (Kupietzky vd., 2021). Bu teknik, çocuğun kaygı uyandıran uyaranlara verdiği olumsuz tepkiyi azaltmayı, dental ortama uyumunu artırmayı ve tedavi sürecinde olumlu davranışları geliştirmeyi amaçlamaktadır (Klingberg & Broberg, 2007). Çocuğun gelişim düzeyi ve iş birliği değerlendirilerek çoğunlukla Anlat-Göster-Uygula, olumlu pekiştirme, modelleme gibi diğer teknikler ile birlikte uygulanmaktadır (Kupietzky vd., 2021).

GÜNCEL/KANITA DAYALI TEKNİKLER

Temel davranış yönlendirme tekniklerinin çoğunlukla hafif ile orta düzeyde anksiyeteye sahip, iş birliğine açık çocuklarda yeterli olduğu kabul edilmektedir; ancak bazı hastalarda bu yaklaşımlar tek başına yetersiz kalabilmektedir. Ciddi dental anksiyete veya fobisi bulunan, özel sağlık bakımı gereksinimi olan ya da temel

tekniklere yeterli yanıt vermeyen çocuklarda, davranışın yönlendirilmesi için daha fazla eğitim, zaman ve kaynak gerektiren, karmaşıklık düzeyi daha yüksek yaklaşımlara ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda geliştirilen ileri düzey teknikler; bilişsel davranış terapisi ve hipnoz gibi psikolojik müdahaleler ile hayvan destekli terapi, duyuşsal uyarlanmış dental ortam ve resim değiş-tokuş iletişim sistemi gibi genellikle bir uzmanlık alanıyla iş birliği veya özel ekipman gerektiren yardımcı uygulamaları kapsamaktadır. Bu tekniklerin özel sağlık bakımı gereksinimi olan çocuklarda anksiyeteyi azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir (Dhar, Marghalani, vd., 2023). Güncel tekniklerin ortak özelliği, sistematik derlemelerde değişken düzeyde olumlu etkiler göstermelerine rağmen, gerektirdikleri eğitim, maliyet ve kaynak nedeniyle klinik uygulamada temel tekniklere kıyasla çok daha sınırlı bir yaygınlığa sahip olmalarıdır (Dhar, Gosnell, vd., 2023).

Dikkat Dağıtma

Dikkat dağıtma tekniği sık kullanılan farmakolojik olmayan davranış yönlendirme tekniklerinden biridir (Acharya vd., 2024). Teknik aktif ve pasif olmak üzere iki şekilde uygulanabilir. Aktif biçimleri, prosedür sırasında çocuğun da etkinliğe katılımını artırır, genellikle birden fazla duyuşsal öğeyi içerir. Pasif biçimde ise dikkat dağıtma, çocuğun aktif katılımı yerine bir uyarıcının gözlemlenmesi yoluyla sağlanmaktadır (Koller & Goldman, 2012). En sık kullanılan yöntemi görsel-işitsel yardımcı araçların kullanılmasıdır (Barreiros vd., 2018). Görsel-işitsel gözlükler, başa takılan ekran ve kulaklıklarla donatılmış, hafif, gözlük benzeri, taşınabilir bir set olup, çocuğun teknolojik cihazlara bağlanarak özel olarak kullanmasını sağlar böylece olumlu duyguları tetikleyerek rahatlatıcı etki sağlamaktadır (Chaturvedi vd., 2016).

Görsel-İşitsel Dikkat Dağıtma

Çocuğun dikkatinin dental işlemde uzaklaştırılarak ilgi çekici görsel ve işitsel uyaranlara yönlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Aynı zamanda çocukların izleyecekleri çizgi filmi kendilerinin seçebilmesi yöntemin etkinliğini artırmakta ve kontrol duygusunu destekleyerek anksiyetelerini azaltabilmektedir. Çizgi filmin ses seviyesinin çocuğun, hekimi duyabileceği düzeyde tutulması kooperasyonlarını olumlu yönde etkilemektedir (Acharya vd., 2024).

Khandelwal ve arkadaşları tarafından 400 çocukla yapılan bir randomize çalışmada görsel-işitsel dikkat dağıtma yönteminin, restoratif tedavi sırasında anksiyeteyi azaltmada anlat-göster-uygula yöntemine kıyasla daha etkili olduğu bulunmuştur (Khandelwal vd., 2018). Benzer şekilde, lokal anestezi uygulaması sırasında 3 boyutlu görsel-işitsel dikkat dağıtımının anksiyeteyi azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir (Nuvvula vd., 2015).

Odyovizüel Gözlük ve Sanal gerçeklik

Odyovizüel gözlükler, videoların iki boyutlu formatta (2D) gösterilmesine olanak sağlayarak çocuk hastalar için geliştirilmiş bir görsel deneyim sunmaktadır (Şekil 1). Bu 2D gözlüklerin geliştirilmesiyle günümüze gelen üç boyutlu formatta (3D) etkileşimli içerik sunabilen sanal gerçeklik gözlükleri, hastaların gerçek prosedür başlamadan önce tüm senaryoyu sanal olarak deneyimlemelerini sağlayarak tedaviyi daha iyi anlamalarını ve güvenli ve kontrol edilen bir ortamda korkuları ile yüzleşmelerini mümkün kılarak diş tedavisi sırasında ağrı ve kaygıyı hafifletmede geleneksel yöntemleri geride bırakan, etkili bir davranış yönetimi tekniği olduğu gösterilmiştir (Barros Padilha vd., 2023).



Şekil 1 Diş tedavisi esnasında odyovizüel gözlük kullanımı(Juvva vd., 2025).

Bu gözlükler çocuğun görme ve işitme duyularını meşgul eder ve çocuğu kısmen diş ortamından izole eder (Ram vd., 2010). Ancak çocuk, gerçek dünyayı göremediğinde bu durum bilinmeyene karşı korkuya yol açabilir ve göremediği ortam tehdit edici olarak algılanabilir, bu da kaygı ve ağrı algısında artışa yol açabilir (Alhalabi vd., 2018).

Müzik ile Dikkat Dağıtma

Müziğin otonom sinir sistemi aktivitesini modüle edebileceği; kalp hızını, kan basıncını ve kortizol düzeylerini düşürebileceği, aynı zamanda iş birliğini ve genel tedavi deneyimini iyileştirebileceği öne sürülmektedir. Müzik terapisi iki şekilde sınıflandırılabilir: alıcı yaklaşım, kaydedilmiş bir müziğin hastaya dinletilmesini hedeflerken; aktif yaklaşım, hastanın şarkı söyleme veya enstrüman çalma gibi eylemlerle sürece etkin biçimde katıldığı bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Thoma vd., 2013; Van Der Weijden vd., 2022).

Müzikle dikkat dağıtma yönteminin çocuk hastalarda dental anksiyeteyi azaltmadaki etkinliğine ilişkin farklı sonuçlar bildirilmiştir. Aitken ve ark. tarafından gerçekleştirilen

çalışmada, restoratif tedavi sırasında hareketli müzik ve gevşetici müzik uygulamaları, müzik uygulanmayan kontrol grubuyla karşılaştırılmış; davranış, ağrı algısı ve anksiyete düzeyleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Aitken vd., 2002). Buna karşın Marwah ve ark. tarafından yapılan çalışmada, kulaklık aracılığıyla dinletilen enstrümantal müzik ile çocuk şarkılarının dental anksiyete üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Kontrol grubu ile müzik uygulanan gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken, enstrümantal müzik dinleyen çocuklarda çocuk şarkıları dinleyen gruba kıyasla daha belirgin anksiyete azalması gözlenmiştir (Marwah vd., 2005). Bununla birlikte, 3D video gözlükleri, öz-bildirim, nabız hızı ve davranış ölçütleriyle değerlendirilen anksiyete azaltımında müziğe kıyasla daha üstün bulunmuş; bu yöntemi deneyimleyen çocukların büyük çoğunluğu yüksek memnuniyet bildirmiş ve gelecekteki tedavilerinde de tercih edeceklerini belirtmiştir (Nuvvula vd., 2015).

Bilişsel Davranış Terapisi (BDT)

Bilişsel Davranış Terapisi tekniğinde hastalarda psikolog ile davranış analizleri, psikoeğitim, ebeveyn eğitimi, dental işlemlere hem kısa filmler izleyerek hem de kullanılan malzemelere erişim sağlayarak maruz bırakma, gevşeme teknikleri, prosedürel ağrı yönetimini öğrenme gibi işlemler ile bilişsel yeniden yapılandırma hedeflenmiştir.

Diş anksiyetesi açısından standart hastalar ile bilişsel davranış terapisi uygulanan hastaların karşılaştırıldığı bir çalışmada; bilişsel davranış terapisi grubuna atanan hastalar psikologla yapılan seanslar sırasında bir çocuğun çeşitli diş işlemlerinden geçtiğini gösteren kısa filmler izlemişler ve ebeveynler, evde pratik yapabilmeleri için sond, pamuk topları, topikal anestezi ve iğne gibi diş aletleri ve materyallerine erişim sağlamıştır (Shahnavaz vd., 2016). Tedavi sonrasında, bilişsel davranış terapisi grubundaki katılımcıların %64'ü artık diş anksiyetesi tanı kriterlerini karşılamazken, bu oran standart tedavi grubunda %18 olmuştur. Bir yıllık takipte ise karşılık gelen değişimler sırasıyla %91 ve %25 olarak gerçekleşmiştir. Diş anksiyetesi tanı kriterlerini karşılamayan katılımcı oranının istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek olması, klinik açıdan anlamlı bir iyileşmenin kanıtı olarak değerlendirilmektedir (Shahnavaz vd., 2016).

Hayvan Destekli Terapi

Hayvan destekli terapi, eğitilmiş bir terapi hayvanı ve bu hayvanı yöneten eğitilmiş bir görevlinin birlikte yer aldığı, anksiyete ve korkunun azaltılmasını amaçlayan farmakolojik olmayan bir davranış yönlendirme tekniğidir (Şekil 2). Hayvan destekli terapinin tıp alanında hem yatarak hem de ayakta tedavi gören hastalarda anksiyete, ağrı ve korkunun azaltılmasına katkı sağladığı gösterilmiştir (Kamioka vd., 2014; Lundqvist vd., 2017; Waite vd., 2018). Diş hekimliği alanındaki çalışma sayısı sınırlı olmakla birlikte mevcut bulgular umut vericidir. Pinheiro ve ark. yaptıkları çalışmada,

terapi köpeği eşliğinde diş tedavisi yapılan çocuklarda kalp atım hızında anlamlı bir azalma gözlemlendiğini, öz bildirime dayalı anksiyete düzeyinde ise anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca kontrol grubunda anksiyete düzeyinin anlamlı biçimde arttığı görülmüştür (Pinheiro vd., 2023).



Şekil 2 Hayvan Destekli Terapi Uygulaması (Zipster969, 2013)

Duyusal Uyarlanmış Dış Ortamı

Özellikle otizm spektrum bozukluğu gibi duysal işleme güçlüğü yaşayan çocuklarda dental ortamın bireyin profiline göre düzenlenmesini (örneğin ışıklandırmanın azaltılması, gürültünün en az indirilmesi) esas alan bir yöntemdir. Gelişimsel bozukluğu olan çocuklarda bu yaklaşımın etkinliğini değerlendiren ilk çalışmalarda, duysal uyarlama yapılan ortamda tedavi gören çocukların anksiyete düzeylerinde azalma ve kooperatif davranışlarında iyileşme gözlenmiştir (Shapiro vd., 2007, 2009)

Resim Değiş-Tokuş İletişim Sistemi

Resim Değiş-Tokuş İletişim Sistemi, sözel iletişim becerisi kısıtlı çocuklarda iletişimin işlevselliğini artırmak amacıyla geliştirilmiş artırılmış iletişim sistemidir. Teknik, otizm spektrum bozukluğu tanımlı çocuklarda, istediği nesneyi temsil eden resmi seçip karşılığında karşısındaki ortağından o nesneyi elde etmesi esasına dayanan çocuklara iletişim kurmayı öğretmek için tasarlanan bir tekniktir (Bondy & Frost, 1994). Tek yönlü bir bilgilendirme sistemi değil karşılıklı değiş-tokuş içeren öğretilebilir bir iletişim biçimidir. Tekniğin getirdiği ek donanım (özel aydınlatma, projeksiyon sistemi, karartma perdesi) ve ortam düzenlemesinin getirdiği maliyet ve kaynaklar sebebiyle

teknikğin uygulanabilirliğinin değişkenlik gösterebileceği vurgulanmıştır (Dhar, Gosnell, vd., 2023).

Hipnoz

Amerikan Psikoloji Derneği, hipnozu odaklanmış dikkat, azalmış çevresel farkındalık ve telkine karşı artmış yanıt verme kapasitesiyle karakterize bir bilinç durumu olarak tanımlamaktadır (Wolf vd., 2022). Çocuk hastalar, yetişkinlere kıyasla daha canlı bir hayal gücüne sahip oldukları ve telkinlere daha açık oldukları için hipnoz tekniklerine özellikle uygun kabul edilmektedir (Achmad vd., 2021). Literatürde ses kaydıyla hipnoz, ilerleyici kas gevşetme şeklinde hipnoz, bilişsel davranışçı terapi ve Chiasson'un standartlaştırılmış optik hipnoz yöntemi gibi farklı hipnoz ve hipnoterapi türleri bulunmaktadır (Wolf vd., 2022). Glaesmer ve ark. (Glaesmer vd., 2015), hipnotize edilen hastalarda tedavi sırasında korkuda anlamlı bir azalma; Ramírez-Carrasco ve ark. (Ramírez-Carrasco vd., 2017) ise hipnoz uygulanan hastaların kalp atım hızında anlamlı bir düşüş olduğunu bildirmiştir. Özel ekipman veya ilaç gereksinimi olmadığı için düşük maliyetli olduğu vurgulanmakta olan hipnozun aynı zamanda aşırı öğürme refleksi olan hastalarda da hastayı daha rahat az uyarılmış hâle getirerek öğürme refleksini azaltılabileceği ya da tamamen ortadan kaldırılabileceği bildirilmektedir (Achmad vd., 2021). Sonuç olarak, diş tedavisi, endodontik tedavi veya yetersiz anestezi gibi kaygı uyandıran uyanların hipnoz altında etkili bir şekilde azaltılabileceği gösterilmiştir (Halsband & Wolf, 2015).

Aromaterapi (Koku Terapisi)

Aromaterapi, uçucu bitkisel yağların inhalasyonu yoluyla limbik sistemi uyarak gevşeme yanıtını destekleyen ve dental anksiyeteyi azaltmayı amaçlayan farmakolojik olmayan bir davranış yönlendirme yöntemidir. Aromaterapi çocuk hastalarda dental tedavi sırasında stres ve anksiyetenin azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Ayrıca lavanta inhalasyonunun sedatif, anksiyolitik ve analjezik özellikler sayesinde ağrı algısını azaltılabileceği öne sürülmüş olsa da. Bu alandaki kanıtların kesin sonuçlara varmaya yeterli olmadığı belirtilmiştir (Perry vd., 2012).

Janthasila ve Keeratisiroj tarafından gerçekleştirilen randomize kontrollü çalışmada, 128 okul çağı çocuk kontrol, müzik terapisi, aromaterapi ve müzik terapisi ile aromaterapinin birlikte uygulandığı grup olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Sonuçlar, aromaterapinin tek başına sistolik kan basıncı, kalp hızı ve dental anksiyete skorlarında anlamlı bir azalma gösterdiğini ve oksijen satürasyonunu artırdığını, müzik terapisinin tek başına dental anksiyete ve korkuyu azalttığını, iki yöntemin birlikte kullanılmasının ise anksiyete, korku, kalp atım hızı ve kan basıncı üzerinde daha güçlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ortak etki yarattığı gösterilmiştir (Janthasila & Keeratisiroj, 2023). Araştırmacılar, aromaterapinin uygulanmasının kolay, noninvaziv ve düşük maliyetli bir yaklaşım olduğunu, ancak etkinliğinin ortam kokusu, çevresel gürültü ve hasta yoğunluğu gibi çevresel faktörlerden etkilenebileceğini vurgulamıştır. Bu nedenle

aromaterapi, çocuk diş hekimliğinde davranış yönlendirmesini destekleyebilecek yardımcı bir yöntem olarak değerlendirilmekle birlikte, farklı yaş gruplarında ve farklı dental tedavilerde etkinliğinin doğrulanmasına yönelik daha fazla randomize kontrollü çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Janthasila & Keeratisiroj, 2023).

Görsel Pedagoji

Farmakolojik olmayan davranış yönlendirme yöntemlerinden biri olan görsel pedagojide ise çocuklara resimli kartlar ve görsel ipuçları gösterilerek dental işlemlere hazırlanması amaçlanır (Almarzouq vd., 2024). Dental muayene ve restoratif işlemler sırasında görsel ipuçlarının kullanıldığı uygulamalar ile yalnızca sözel yönlendirme yapılan uygulamalar karşılaştırıldığında, çocukların anksiyete düzeyleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığı bildirilmiştir. Ancak bu bulguların kanıt kalitesinin, meta-analize dahil edilen çalışmalar arasındaki yanlılık riski ve sonuçlardaki kesinlik eksikliği nedeniyle çok düşük olduğu belirtilmiştir (Almarzouq vd., 2024). Görsel pedagoji ve aromaterapi gibi yöntemler, AAPD'nin (Dhar, Randall, vd., 2023) resmi davranış yönlendirme sınıflandırmasında henüz ayrı birer kategori olarak yer almamaktadır; bu durum, söz konusu tekniklere ilişkin kanıt tabanının görece sınırlı ve yeni gelişmekte olduğunu yansıtmaktadır.

Sonuç

Çocuk diş hekimliğinde davranış yönlendirme tekniklerinin kullanımında son yıllarda önemli değişiklikler olmaktadır. Ebeveynlerin davranış yönlendirme tekniklerine ilişkin beklenti ve kabul düzeylerindeki değişim, hukuki ve etik sorumluluklar ve tekniklerin klinik uygulanabilirliği bu değişimin kaynağı olarak görülmektedir. Özellikle daha tartışmalı yöntemlerin kullanımının azalmasına yönelik güncel eğilimler sonucu daha kabul edilebilir ve çocuk merkezli davranış yönlendirme teknikleri sık tercih edilmeye başlanmıştır. Sonuç olarak, davranış yönlendirme alanındaki güncel gelişmeler, çocuk hastalarda daha etkili, güvenli ve bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Çocuğun bireysel özellikleri ve klinik gereksinimleri doğrultusunda, kanıta dayalı davranış yönlendirme tekniklerinin uygun şekilde seçilmesi ve gerektiğinde birlikte kullanılması, çocuk hastalarda başarılı bir tedavi sürecinin önemli unsurlarından biridir (Shah vd., 2017).

Kaynakça/References

- Acharya, S., Godhi, B. S., Saxena, V., Assiry, A. A., Alessa, N. A., Dawasaz, A. A., Alqarni, A., & Karobari, M. I. (2024). Role of artificial intelligence in behavior management of pediatric dental patients-a mini review. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 48(3), 24-30. <https://doi.org/10.22514/jocpd.2024.055>
- Achmad, H., Djais, A. I., Rieuwpassa, I. E., Riyanti, E., Saptarini, R., & Vionita, V. (2021). *Hypnodontics as an Alternative to Relieve Anxiety in Children: A Systematic Review*.
- Aitken, J. C., Wilson, S., Coury, D., & Moursi, A. M. (2002). The effect of music distraction on pain, anxiety and behavior in pediatric dental patients. *Pediatric Dentistry*, 24(2), 114-118.
- Alhalabi, M.-N., Bshara, N., & Al-Nerabieah, Z. (2018). Effectiveness of audio visual distraction using virtual reality eyeglasses versus tablet device in child behavioral management during inferior alveolar nerve block. *Anaesthesia, Pain and Intensive Care*, 22, 55-61.
- Allen, K. D., Stanley, R. T., & McPherson, K. (1990). Evaluation of behavior management technology dissemination in pediatric dentistry. *Pediatric Dentistry*, 12(2), 79-82.
- Almarzouq, S. S. F. S., Chua, H., Yiu, C. K. Y., & Lam, P. P. Y. (2024). Effectiveness of Nonpharmacological Behavioural Interventions in Managing Dental Fear and Anxiety among Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Healthcare*, 12(5), 537. <https://doi.org/10.3390/healthcare12050537>
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2024). *Behavior Guidance for the Pediatric Dental Patient*. 358-378.
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2025). Behavior guidance for the pediatric dental patient. İçinde *The reference manual of pediatric dentistry* (ss. 379-399).
- Armfield, J., & Heaton, L. (2013). Management of fear and anxiety in the dental clinic: A review. *Australian Dental Journal*, 58(4), 390-407. <https://doi.org/10.1111/adj.12118>
- Asokan, S., Rodrigues, S. J., Nuvvula, S., Marwah, N., Panda, A. K., Yuvaraj, P. M., Rao, A., Namineni, S., Singh, S., & Mallineni, S. K. (2025). Behavior Puzzle: Nonpharmacological Behavior

- Management. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 18(3), 348-358. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-3099>
- Barreiros, D., De Oliveira, D. B., De Queiroz, A., Da Silva, R. B., De Paula-Silva, F. G., & Kuchler, E. (2018). Audiovisual distraction methods for anxiety in children during dental treatment: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 36(1), 2. https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_188_16
- Barros Padilha, D. X. D., Veiga, N. J., Mello-Moura, A. C. V., & Nunes Correia, P. (2023). Virtual reality and behaviour management in paediatric dentistry: A systematic review. *BMC Oral Health*, 23(1), 995. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03595-7>
- Bondy, A. S., & Frost, L. A. (1994). The Picture Exchange Communication System. *Focus on Autistic Behavior*, 9(3), 1-19. <https://doi.org/10.1177/108835769400900301>
- Carr, K. R., Wilson, S., Nimer, S., & Thornton, J. B. (1999). Behavior management techniques among pediatric dentists practicing in the southeastern United States. *Pediatric Dentistry*, 21(6), 347-353.
- Chaturvedi, S., Walimbe, H., Karekar, P., Nalawade, H., Nankar, M., & Nene, K. (2016). Comparative Evaluation of Anxiety Level during the Conventional Dental Procedures with and without Audiovisual Distraction Eyeglasses in Pediatric Dental Patients. *Journal of International Oral Health*, 8(11), 1016. <https://doi.org/10.4103/0976-7428.195151>
- Cianetti, S., Paglia, L., Gatto, R., Montedori, A., & Lupatelli, E. (2017). Evidence of pharmacological and non-pharmacological interventions for the management of dental fear in paediatric dentistry: A systematic review protocol. *BMJ Open*, 7(8), e016043. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016043>
- Deddepya, P., Nuvvula, S., Kamatham, R., & Nirmala, S. V. S. G. (2014). Behavioural and physiological outcomes of biofeedback therapy on dental anxiety of children undergoing restorations: A randomised controlled trial. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 15(2), 97-103. <https://doi.org/10.1007/s40368-013-0070-3>
- Dhar, V., Gosnell, E., Jayaraman, J., Law, C., Majstorović, M., Marghalani, A. A., Randall, C. L., Townsend, J., Wells, M., Chen, C.-Y., &

- Wedeward, R. (2023). Nonpharmacological Behavior Guidance for the Pediatric Dental Patient. *Pediatric Dentistry*, 45(5), 385-410.
- Dhar, V., Marghalani, A. A., Jayaraman, J., Wells, M., Law, C., Randall, C. L., Townsend, J., Majstorović, M., Gosnell, E., Chen, C.-Y., & Wedeward, R. (2023). Nonpharmacological Behavior Guidance for Children with Special Health Care Needs During Preventive and Treatment Dental Visits: A Systematic Review-Part 3. *Pediatric Dentistry*, 45(3), 221-230.
- Dhar, V., Randall, C. L., Marghalani, A. A., Jayaraman, J., Chen, C.-Y., Wells, M., Law, C., Gosnell, E., Majstorović, M., Townsend, J., & Wedeward, R. (2023). Nonpharmacological Behavior Guidance for Children During Preventive Dental Visits: A Systematic Review-Part 1. *Pediatric Dentistry*, 45(3), 181-196.
- Frankl, S. N., Shiere, F. R., & Fogels, H. R. (1962). *Should the parent remain with the child in the dental operatory?* 29, 150-163.
- Gizani, S., Seremidi, K., Katsouli, K., Markouli, A., & Kloukos, D. (2022). Basic behavioral management techniques in pediatric dentistry: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 126, 104303. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104303>
- Glaesmer, H., Geupel, H., & Haak, R. (2015). A controlled trial on the effect of hypnosis on dental anxiety in tooth removal patients. *Patient Education and Counseling*, 98(9), 1112-1115. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2015.05.007>
- Greenbaum, P. E., Turner, C., Cook, E. W., & Melamed, B. G. (1990). Dentists' voice control: Effects on children's disruptive and affective behavior. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 9(5), 546-558. <https://doi.org/10.1037//0278-6133.9.5.546>
- Halsband, U., & Wolf, T. G. (2015). Functional changes in brain activity after hypnosis in patients with dental phobia. *Journal of Physiology, Paris*, 109(4-6), 131-142. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2016.10.001>
- Ibraheem, M. (2021). Behavior Guidance in Pediatric Dentistry—A Review. *International Journal of Dentistry and Oral Science*. <https://doi.org/10.19070/2377-8075-21000482>

- Janthasila, N., & Keeratisiroj, O. (2023). Music therapy and aromatherapy on dental anxiety and fear: A randomized controlled trial. *Journal of Dental Sciences*, 18(1), 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2022.06.008>
- Juvva, R., Kumar, V. A., Prasad, M. G., Sahana, S., Kumar, K. S., & Gavini, S. (2025). Comparison between “Audiovisual Eyeglasses Distraction” and “Biofeedback Therapy” as Behavior Guidance Tools in Managing Pediatric Dental Patients. *Journal of South Asian Association of Pediatric Dentistry*, 8(3), 205-209. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10077-3357>
- Kamioka, H., Okada, S., Tsutani, K., Park, H., Okuizumi, H., Handa, S., Oshio, T., Park, S.-J., Kitayuguchi, J., Abe, T., Honda, T., & Mutoh, Y. (2014). Effectiveness of animal-assisted therapy: A systematic review of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine*, 22(2), 371-390. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2013.12.016>
- Kapov, G., Linton, K., Gatewood, C., Liu, C., Strauman, T., Hodges, E., Graves, C., Sawicki, C., Wu, D., Divaris, K., & Jacox, L. A. (2025). Effects of animal-assisted therapy on dental anxiety, behavior, and perceptions in young pediatric patients: A blinded randomized controlled trial. *Trials*, 26(1), 279. <https://doi.org/10.1186/s13063-025-08970-z>
- Karekar, P., Bijle, M. N., & Walimbe, H. (2019). Effect of Three Behavior Guidance Techniques on Anxiety Indicators of Children Undergoing Diagnosis and Preventive Dental Care. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 43(3), 167-172. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-43.3.4>
- Katila, J., Guo, E., Aziz, N., Bradford, K. E., & Lahti, S. (2024). Intercorporeal Formations in Pediatric Dental Encounters With Patients Showing Distress: The Intertwine of Controlling and Comforting Touch. *Qualitative Health Research*, 34(4), 323-339. <https://doi.org/10.1177/10497323231211451>
- Khandelwal, D., Kalra, N., Tyagi, R., Khatri, A., & Gupta, K. (2018). Control of Anxiety in Pediatric Patients using “Tell Show Do” Method and Audiovisual Distraction. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(9), 1058-1064.

- Klingberg, G., & Broberg, A. G. (2007). Dental fear/anxiety and dental behaviour management problems in children and adolescents: A review of prevalence and concomitant psychological factors. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 17(6), 391-406. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2007.00872.x>
- Koller, D., & Goldman, R. D. (2012). Distraction Techniques for Children Undergoing Procedures: A Critical Review of Pediatric Research. *Journal of Pediatric Nursing*, 27(6), 652-681. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2011.08.001>
- Kupietzky, A., Wright, G. Z., Simchi, E., & Cohen, D. A. (2021). Non-Pharmacologic Approaches in Behavior Management. İçinde A. Kupietzky (Ed.), *Wright's Behavior Management in Dentistry for Children* (1. bs., ss. 87-125). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119680987.ch7>
- Lundqvist, M., Carlsson, P., Sjö Dahl, R., Theodorsson, E., & Levin, L.-Å. (2017). Patient benefit of dog-assisted interventions in health care: A systematic review. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(1), 358. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1844-7>
- Marwah, N., Prabhakar, A., & Raju, O. (2005). Music distraction—Its efficacy in management of anxious pediatric dental patients. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 23(4), 168. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.19003>
- Nuvvula, S., Alahari, S., Kamatham, R., & Challa, R. R. (2015). Effect of audiovisual distraction with 3D video glasses on dental anxiety of children experiencing administration of local analgesia: A randomised clinical trial. *European Archives of Paediatric Dentistry: Official Journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 16(1), 43-50. <https://doi.org/10.1007/s40368-014-0145-9>
- Padminee, K., Hemalatha, R., Shankar, P., Senthil, D., Jayakaran, T. G., & Kabita, S. (2022). Effectiveness of biofeedback relaxation and audio-visual distraction on dental anxiety among 7- to 12-year-old children while administering local anaesthesia: A randomized clinical trial. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 32(1), 31-40. <https://doi.org/10.1111/ipd.12787>
- Perry, R., Terry, R., Watson, L. K., & Ernst, E. (2012). Is lavender an anxiolytic drug? A systematic review of randomised clinical trials.

*Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and
Phytopharmacology*, 19(8-9), 825-835.
<https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.02.013>

- Petosa, R., & Oldfield, D. (1985). A pilot study of the impact of stress management techniques on the classroom behavior of elementary school students. *The Journal of School Health*, 55(2), 69-71. <https://doi.org/10.1111/j.1746-1561.1985.tb04082.x>
- Pinheiro, S. L., Silva, C., Luiz, L., Silva, N., Fonseca, R., Velásquez, T., & Grandizoli, D. R. (2023). Dog-assisted therapy for control of anxiety in pediatric dentistry. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 47(6), 38-43. <https://doi.org/10.22514/jocpd.2023.080>
- Ram, D., Shapira, J., Holan, G., Magora, F., Cohen, S., & Davidovich, E. (2010). Audiovisual video eyeglass distraction during dental treatment in children. *Quintessence International*, 41(8), 673-679.
- Ramírez-Carrasco, A., Butrón-Téllez Girón, C., Sanchez-Armass, O., & Pierdant-Pérez, M. (2017). Effectiveness of Hypnosis in Combination with Conventional Techniques of Behavior Management in Anxiety/Pain Reduction during Dental Anesthetic Infiltration. *Pain Research & Management*, 2017, 1434015. <https://doi.org/10.1155/2017/1434015>
- Randall, C. L., & Dhar, V. (2023). Pediatric Dentists' Use of Nonpharmacological Behavior Guidance Techniques and Experiences with Parent / Caregiver Acceptance: A National Survey. *Pediatric Dentistry*, 45(5), 418-424.
- Rayen, R., Muthu, M., Rao, C., & Sivakumar, N. (2006). Evaluation of physiological and behavioral measures in relation to dental anxiety during sequential dental visits in children. *Indian Journal of Dental Research*, 17(1), 27. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.29895>
- Shah, H. A., Kv, N. S., & Kulkarni, S. (2017). *Evaluation of dental anxiety and hemodynamic changes (Sympatho-Adrenal Response) during various dental procedures using smartphone applications v/s traditional behaviour management techniques in pediatric patients*.
- Shahnavaz, S., Hedman, E., Grindefjord, M., Reuterskiöld, L., & Dahllöf, G. (2016). Cognitive Behavioral Therapy for Children with Dental Anxiety: A Randomized Controlled Trial. *JDR Clinical and*

- Translational Research*, 1(3), 234-243.
<https://doi.org/10.1177/2380084416661473>
- Shapiro, M., Melmed, R. N., Sgan-Cohen, H. D., Eli, I., & Parush, S. (2007). Behavioural and physiological effect of dental environment sensory adaptation on children's dental anxiety. *European Journal of Oral Sciences*, 115(6), 479-483. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2007.00490.x>
- Shapiro, M., Sgan-Cohen, H. D., Parush, S., & Melmed, R. N. (2009). Influence of adapted environment on the anxiety of medically treated children with developmental disability. *The Journal of Pediatrics*, 154(4), 546-550.
<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2008.10.017>
- Shim, Y.-S., Kim, A.-H., Jeon, E.-Y., & An, S.-Y. (2015). Dental fear & anxiety and dental pain in children and adolescents; a systemic review. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 15(2), 53.
<https://doi.org/10.17245/jdapm.2015.15.2.53>
- Sowjanya, V., Tandon, S., & Tharian, E. (1995). Physiological response to dental anxiety in children. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 13(1), 13-17.
- Sridhar, S., Suprabha, B. S., Shenoy, R., Shwetha, K. T., & Rao, A. (2019). Effect of a relaxation training exercise on behaviour, anxiety, and pain during buccal infiltration anaesthesia in children: Randomized clinical trial. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 29(5), 596-602. <https://doi.org/10.1111/ipd.12497>
- Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., & Nater, U. M. (2013). The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE*, 8(8), e70156.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070156>
- Van Der Weijden, F. N., Hussain, A. M., Tang, L., & Slot, D. E. (2022). The effect of playing background music during dental treatment on dental anxiety and physiological parameters: A systematic review and meta-analysis. *Psychology of Music*, 50(2), 365-388.
<https://doi.org/10.1177/0305735621998439>
- Venham, L., Bengston, D., & Cipes, M. (1977). Children's response to sequential dental visits. *Journal of Dental Research*, 56(5), 454-459.
<https://doi.org/10.1177/00220345770560050101>

- Waite, T. C., Hamilton, L., & O'Brien, W. (2018). A meta-analysis of Animal Assisted Interventions targeting pain, anxiety and distress in medical settings. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 33, 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2018.07.006>
- Wells, M. H., McCarthy, B. A., Tseng, C.-H., & Law, C. S. (2018). Usage of Behavior Guidance Techniques Differs by Provider and Practice Characteristics. *Pediatric Dentistry*, 40(3), 201-208.
- Wolf, T. G., Schläppi, S., Benz, C. I., & Campus, G. (2022). Efficacy of Hypnosis on Dental Anxiety and Phobia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain Sciences*, 12(5), 521. <https://doi.org/10.3390/brainsci12050521>
- Wong, H. M., Humphris, G. M., & Lee, G. T. (1998). Preliminary validation and reliability of the Modified Child Dental Anxiety Scale. *Psychological Reports*, 83(3 Pt 2), 1179-1186. <https://doi.org/10.2466/pr0.1998.83.3f.1179>
- Wright, F. A. C., Giebartowski, J. E., & McMurray, N. E. (1991). A national survey of dentists' management of children with anxiety or behaviour problems. *Australian Dental Journal*, 36(5), 378-383. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1991.tb01361.x>
- Yates, A. (1983). Stress management in childhood. *Clinical Pediatrics*, 22(2), 131-135. <https://doi.org/10.1177/000992288302200208>
- Zipster969. (2013). *Service dog at doctor's office* [Grafik]. Kendi çalışmam. <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28123670>
- Zisopoulou, T., & Varvogli, L. (2023). Stress Management Methods in Children and Adolescents: Past, Present, and Future. *Hormone Research in Paediatrics*, 96(1), 97-107. <https://doi.org/10.1159/000526946>

18. Bölüm

Yaşlı Hastada Anestezi

Zeliha DEDEBAĞI¹

1. Giriş

Dünyada ve Türkiye'de yaşlanan nüfus, sağlık sistemleri üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır; 65 yaş ve üstü nüfusun önümüzdeki 30 yıl içinde iki katına çıkması beklenmektedir. Bu demografik değişimle birlikte, yaşlı hastalarda cerrahi gereksinimi artmakta, 65 yaş üstü bireyler tüm yatan hasta ameliyatlarının %30'undan fazlasını oluşturmaktadır (1). Değerlendirmelerde yaştan kronolojik mi biyolojik mi olduğu kritik bir sorudur; çünkü kronolojik yaş cerrahi sonucu öngörmede yetersiz kalırken, hastanın fizyolojik rezervini yansıtan biyolojik (fizyolojik) yaş çok daha belirleyicidir. Yaşlı hastalar, azalan fonksiyonel kapasite ve eşlik eden hastalıklar nedeniyle perioperatif mortalite ve morbidite açısından yüksek risk altındadır; özellikle 85 yaş üstü grupta fonksiyonel kayıp ve bağımsızlığın yitilmesi sık görülen komplikasyonlardır.

2. Yaşlanmanın Fizyolojisi

Kardiyovasküler sistem: Yaşlanma ile birlikte miyokard rezervi azalır ve bu durum genel anestezi indüksiyonu sırasında belirgin tansiyon düşüşlerine yol açabilir. Ventriküler hipertrofi ve azalan kalp uyumu nedeniyle diyastolik disfonksiyon gelişir. Damar duvarındaki elastik lif kaybı sonucu oluşan arteriyel sertlik, sistolik hipertansiyona ve baroreseptör duyarlılığında azalmaya neden olur. Ayrıca, beta-adrenerjik reseptör duyarlılığının azalması gibi otonom yanıt azalması, hastanın akut hacim değişikliklerine uyum sağlama yeteneğini kısıtlar.

Solunum sistemi: Akciğer parankimi ve göğüs duvarı elastikiyetinde azalma meydana gelir. Fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC) değişiklikleri ve küçük hava yollarının erken kapanmasıyla karakterize kapanma hacmi artışı, ventilasyon-perfüzyon uyumsuzluğuna yol açar. Yaşlılarda hipoksi ve hiperkapni yanıtı körelmiştir, bu da postoperatif solunum komplikasyonları riskini artırır.

Santral sinir sistemi: Yaşla birlikte beyin hacmi ve ağırlığı azalır; özellikle gri madde kaybı daha belirgindir. Norepinefrin, dopamin ve serotonin gibi nörotransmitter değişiklikleri ve azalan nöral plastisite görülür (2). Sinaptik aktivitedeki bu değişimler, inhalasyon ajanlarının MAC değerinde azalmaya

¹ Dr., Eskişehir Şehir Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü Eskişehir, TÜRKİYE
Orcid: 0000-0001-9682-3447

neden olur. Bu fizyolojik gerileme, hastayı deliryum yatkınlığına ve postoperatif kognitif bozukluklara açık hale getirir.

Renal sistem: Böbrek kan akımı ve kitle kaybı nedeniyle GFR azalması belirgindir. Kas kitlesindeki azalma nedeniyle serum kreatinin seviyesi yanıltıcı olabilir; normal sınırlarda görünse bile gerçek böbrek fonksiyonu düşük olabilir. Azalan GFR, böbrek yoluyla atılan ilaç eliminasyonunun yavaşlamasına ve ilaç birikimine yol açar (3).

Hepatik sistem: Karaciğer kütlesi ve kan akımı azalır. Özellikle sitokrom P450 sistemi gibi enzim aktivitelerindeki düşüş, karaciğerde metabolize edilen ilaç metabolizmasını yavaşlatır ve ilaçların yarı ömrünü uzatır.

Endokrin ve metabolik değişiklikler: Hücresel yaşlanma, mitokondriyal disfonksiyon ve azalan kök hücre rezervi temel özelliklerdir. Büyüme hormonu, IGF-1 ve seks hormonlarında azalma görülürken, kortizol seviyelerinde artış eğilimi ve diurnal ritimde bozulma gözlenebilir.

Kas-iskelet sistemi: Yaşlılarda kas kütlesi ve kuvvetinin ilerleyici kaybı olan sarkopeni yaygındır. Osteoporoz ve eklem sertliği, cerrahi sırasında pozisyonlama risklerini artırır; yağ dokusunun kaybı kemik çıkıntılarında basınç yaralarına ve sinir hasarına yatkınlık oluşturur.

Farmakokinetik ve farmakodinamik değişiklikler: Vücut suyunun azalması suda çözünen ilaçların plazma konsantrasyonunu artırırken, vücut yağının artması yağda çözünen ilaçların (örneğin diazepam) dağılım hacmini büyütür. Azalan protein bağlaması serbest ilaç miktarını artırabilir. Ayrıca, merkezi sinir sisteminin ilaçlara olan reseptör duyarlılığının artması, yaşlıların ilaç etkilerine karşı daha hassas olmasına neden olur.

3. Preoperatif Değerlendirme

Frailty (kırılganlık), yaşlanma süreciyle birlikte birden fazla organ sisteminde fizyolojik rezervlerin azalması ve homeostatik mekanizmaların zayıflaması sonucunda bireyin cerrahi girişim, enfeksiyon veya akut hastalık gibi stres durumlarına karşı uyum kapasitesinin bozulduğu geriatrik bir sendromdur. Bu durum, kronolojik yaştan çok biyolojik yaşın bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve yaşlı cerrahi hastalarda olumsuz perioperatif sonuçların öngörülmesinde önemli bir belirteç olarak değerlendirilmektedir. Kırılgan hastalarda postoperatif komplikasyon, deliryum, mortalite, hastanede kalış süresinin uzaması, yeniden hastaneye yatış ve fonksiyonel bağımsızlıkta azalma gibi istenmeyen sonuçların görülme olasılığı belirgin olarak artmaktadır. Bu nedenle, preoperatif değerlendirme sürecinde kırılganlığın standart yöntemlerle belirlenmesi, risk değerlendirmesi ve kişiselleştirilmiş perioperatif yönetim açısından büyük önem taşımaktadır.

Kırılğanlığın değerdendirilmesinde farklı ölçeklerden yararlanılmaktadır. Clinical Frailty Scale (CFS), hastaların genel sağık durumu, fonksiyonel kapasitesi ve bağımsızlık düzeyini 1 ile 9 arasında puanlayan, klinik uygulamada kolay kullanılabilen bir ölçektir. Fried Frailty Phenotype, istemsiz kilo kaybı, öznel tükenmişlik hissi, kas gücünde azalma, yürüme hızında yavaşlama ve fiziksel aktivite düzeyinde azalma olmak üzere beş bileşenden oluşur; bu kriterlerden en az üçünün bulunması bireyin kırılğan olarak değerdendirilmesini sağılar. Çok boyutlu bir değerdendirme aracı olan Edmonton Frail Scale (EFS) ise bilişsel fonksiyonlar, genel sağık durumu, fonksiyonel bağımsızlık, sosyal destek, ilaç kullanımı, beslenme durumu, ruhsal durum, kontinans ve fiziksel performans gibi farklı alanları birlikte değerdendirerek kırılğanlık düzeyini belirlemeye olanak tanır.

Kapsamlı Geriatrik Değerdendirme (Comprehensive Geriatric Assessment, CGA), yaşlı cerrahi hastasının yalnızca mevcut hastalıklarını değıl, aynı zamanda fonksiyonel kapasitesini, bilişsel durumunu, beslenmesini, psikososyal özelliklerini ve çevresel gereksinimlerini birlikte değerdendiren multidisipliner bir yaklaşımdır. Bu değerdendirme süreci anesteziyolog, cerrah, geriatrist, hemşire ve gerektiğinde sosyal hizmet uzmanının koordineli çalışmasını gerektirir. CGA'nın temel amacı kronolojik yaştan çok hastanın fizyolojik rezervini ortaya koyarak perioperatif bakımın bireyselleştirilmesini sağlamaktır. Yapılan çalışmalar, kapsamlı geriatrik değerdendirme uygulanan yaşlı hastalarda mortalite, komplikasyon ve taburculuk sonrası bakım gereksiniminin azaldığını, hastanede kalış süresinin ise daha etkin yönetilebildiğini göstermektedir.

Fonksiyonel kapasite, yaşlı hastanın cerrahi ve anesteziye bağı fizyolojik strese uyum sağılayabilme yeteneğinin en önemli göstergelerinden biridir. Bu amaçla kullanılan değerdendirme araçlarından Metabolik Eşdeğer (MET), günlük yaşam aktiviteleri sırasında harcanan enerji miktarını yansıtır ve 4 MET'in altında kapasiteye sahip hastalar artmış perioperatif kardiyak risk taşır. Duke Activity Status Index (DASI), hastanın günlük fiziksel aktivitelerini sorgulayarak fonksiyonel kapasiteyi ve tahmini MET düzeyini belirlemeye yardımcı olur. Timed Up and Go (TUG) testi ise hastanın sandalyeden kalkıp üç metre yürüdüktan sonra geri dönerek tekrar oturması için geçen süreyi değerdendirir ve mobilite, denge, düşme riski ile postoperatif komplikasyon ve uzun dönem mortalitenin öngörülmesinde değeri bilgiler sağılar (4). Hastanın bağımsızlık düzeyi ise Katz Günlük Yaşam Aktiviteleri ve Lawton–Brody Enstrümantal Günlük Yaşam Aktiviteleri ölçekleri ile değerdendirilebilir.

Malnütrisyon yaşlı cerrahi hastalarında sık görölmesine rağmen çoğı zaman yeterince tanınmamaktadır ve perioperatif sonuçları olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle gastrointestinal cerrahi uygulanacak hastalarda

malnütrisyon prevalansı yüksek olup, komplikasyon gelişme riskini belirgin şekilde artırmaktadır (5). Serum albümin düzeyinin 3 g/dL'nin altında olması ve son altı ay içinde istemsiz olarak vücut ağırlığının %10'dan fazlasının kaybedilmesi önemli beslenme bozukluğu göstergeleridir. Yaşlı bireylerde beslenme durumunun değerlendirilmesinde Mini Nutritional Assessment (MNA), bilişsel ve fonksiyonel özellikleri de dikkate alan en yaygın ve en güvenilir tarama araçlarından biridir.

Preoperatif bilişsel değerlendirme, ameliyat sonrası gelişebilecek deliryum ve diğer nörokognitif bozuklukların erken tanınması açısından temel referans oluşturur. Hafif bilişsel bozukluklar rutin klinik görüşme sırasında kolaylıkla gözden kaçabileceğinden, yapılandırılmış değerlendirme araçlarının kullanılması önerilmektedir. Klinik uygulamada kısa uygulanma süresi ve yüksek duyarlılığı nedeniyle Mini-Cog en sık tercih edilen tarama testlerinden biridir.

Postoperatif deliryum yaşlı hastalarda en sık görülen perioperatif nörolojik komplikasyonlardan biri olup, bazı cerrahi gruplarda görülme sıklığı %50'ye ulaşabilmektedir (6). Başlıca risk faktörleri ileri yaş, önceden mevcut bilişsel bozukluk, görme ve işitme kaybı, malnütrisyon, depresyon ve alkol kullanım öyküsüdür. Riskli hastaların ameliyat öncesinde belirlenmesi, görme ve işitme yardımcılarının kullanımının sağlanması, benzodiazepinlerden mümkün olduğunca kaçınılması ve erken mobilizasyon gibi önleyici uygulamaların planlanmasına olanak tanır.

Geçirilmiş düşme öyküsü, yaşlı hastalarda kırılabilirliğin ve fonksiyonel rezerv kaybının önemli klinik göstergelerinden biridir. Denge ve yürüme bozukluğu bulunan bireylerde perioperatif dönemde gelişen deliryum hastane içi düşme ve buna bağlı yaralanma riskini daha da artırmaktadır. Bu nedenle preoperatif değerlendirme sırasında düşme öyküsünün sorgulanması ve gerekli rehabilitasyon planının oluşturulması önerilmektedir.

İleri yaşla birlikte çoklu kronik hastalıkların görülme sıklığının artması nedeniyle yaşlı bireylerde polifarmasi yaygın bir sorundur. Uygunsuz ilaç kullanımının değerlendirilmesinde Beers Kriterleri ile STOPP/START kriterleri en sık kullanılan rehberlerdir. Özellikle uzun etkili benzodiazepinler, güçlü antikolinergik ilaçlar ve meperidin gibi ajanlar deliryum ve diğer ilaç ilişkili komplikasyon riskini artırdığından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

Yaşlı hastaların önemli bir kısmı kardiyovasküler veya tromboembolik hastalıklar nedeniyle antikoagülan ya da antiagregan tedavi almaktadır. Özellikle rejyonel anestezi planlanan olgularda bu ilaçlar spinal veya epidural hematoma gelişimi açısından dikkatle değerlendirilmelidir. Perioperatif ilaç yönetimi planlanırken cerrahinin aciliyeti, kanama riski ve tromboemboli olasılığı birlikte göz önünde bulundurularak güncel kılavuz önerilerine göre hareket edilmelidir.

Preoperatif laboratuvar ve görüntüleme incelemeleri rutin olarak değil, hastanın klinik özellikleri ve planlanan cerrahinin kapsamına göre seçilmelidir. Kardiyovasküler değerlendirmede elektrokardiyografide saptanan değişiklikler yaşlılarda sık görülmekle birlikte her zaman klinik anlam taşımaz; ekokardiyografi ise kapak hastalıkları veya ventrikül fonksiyon bozukluğu düşünülen seçilmiş hastalarda uygulanmalıdır. Renal fonksiyon değerlendirilirken serum kreatinin düzeyinin kas kitlesindeki azalma nedeniyle gerçek böbrek fonksiyonunu olduğundan iyi gösterebileceği unutulmamalı, ilaç doz ayarlamaları için kreatinin klirensi veya tahmini GFR kullanılmalıdır. Ayrıca preoperatif anemi, özellikle kalça kırığı gibi büyük cerrahilerde mortalite, yoğun bakım gereksinimi ve hastanede kalış süresinde artış ile ilişkili olduğundan ameliyat öncesinde araştırılması ve mümkün olduğunca düzeltilmesi önerilmektedir.

4. Yaşlı Hastada Risk Sınıflaması

Yaşlı cerrahi hastalarında perioperatif risk değerlendirmesi yalnızca organ sistemlerine dayalı geleneksel skorlama sistemleriyle sınırlı kalmamalıdır. En yaygın kullanılan araçlardan biri olan ASA (American Society of Anesthesiologists) fiziksel durum sınıflaması, hastanın genel sağlık durumunu yansıtmaya rağmen yaşlanmaya bağlı fizyolojik rezerv kaybını ve kırılganlığı tek başına değerlendiremez. Bu nedenle aynı ASA sınıfında yer alan yaşlı hastalar, genç bireylere göre daha yüksek perioperatif komplikasyon riski taşıyabilir. Kardiyak risk değerlendirmesinde Revised Cardiac Risk Index (RCRI), cerrahiye bağlı mortalite ve majör komplikasyonların tahmininde ise ACS-NSQIP Risk Calculator kullanılabilir. Bununla birlikte güncel kılavuzlar, özellikle kırılganlık değerlendirmesinin yaşlı hastalarda mortalite, delirium, fonksiyonel kayıp ve hastanede kalış süresinin öngörülmesinde yaş, komorbiditeler ve ASA sınıflamasından bağımsız prognostik değer taşıdığını vurgulamaktadır (7). Bu amaçla Clinical Frailty Scale, Frailty Index, Fried Frailty Phenotype ve Edmonton Frail Scale gibi doğrulanmış değerlendirme araçlarından yararlanılabilir. Sonuç olarak perioperatif risk analizinde yalnızca organ temelli skorlar değil, hastanın fonksiyonel durumu, bilişsel kapasitesi ve kırılganlık düzeyi birlikte değerlendirilmelidir.

5. Anestezi Öncesi Hazırlık

Yaşlı hastalarda preoperatif hazırlık, perioperatif komplikasyonların azaltılması ve fonksiyonel iyileşmenin desteklenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Güncel önerilere göre açlık süresi berrak sıvılar için 2 saat, katı gıdalar için ise 6 saat olmalıdır; ancak klinik uygulamada gereksiz yere uzayan

açlık süreleri dehidratasyon, insülin direnci, hipotermi ve hemodinamik instabilite riskini artırabilmektedir. Sıvı tedavisi planlanırken hem hipovolemi hem de sıvı yüklenmesinden kaçınılmalı ve hidrasyon hastanın kardiyovasküler rezervine göre bireyselleştirilmelidir. Premedikasyonda uzun etkili benzodiazepinlerden mümkün olduğunca kaçınılmalı, sedasyon gereksinimi olan seçilmiş hastalarda düşük doz kısa etkili ajanlar dikkatli şekilde kullanılmalıdır. Hastanın ve ailesinin cerrahi süreç hakkında bilgilendirilmesi, beklentilerin yönetilmesi ve deliryum konusunda eğitilmesi anksiyeteyi azaltırken perioperatif bakımın kalitesini artırmaktadır. Ayrıca aktif hasta ısıtma uygulamalarına anestezi indüksiyonundan önce başlanması intraoperatif hipotermi gelişimini önemli ölçüde azaltmaktadır.

6. Anestezik Ajanlarda Yaşa Bağlı Değişiklikler

Yaşlanmaya bağlı farmakokinetik ve farmakodinamik değişiklikler nedeniyle anestezik ilaçların etkisi uzamakta ve ilaçlara duyarlılık artmaktadır. Bu nedenle ilaç dozları hastanın fizyolojik rezervi ve organ fonksiyonları dikkate alınarak bireyselleştirilmelidir.

İndüksiyon ajanları: Propofol yaşlı hastalarda daha düşük dozlarda ve yavaş titre edilerek uygulanmalıdır; azalmış kardiyovasküler rezerv nedeniyle hipotansiyon gelişme olasılığı yüksektir. Etomidat hemodinamik stabilitenin korunmasının ön planda olduğu hastalarda uygun bir seçenek olabilir; ketamin ise dikkatli hasta seçiminde kullanılabilir.

Opioidler: Azalan hepatik ve renal klerens ile artmış santral sinir sistemi duyarlılığı nedeniyle opioid gereksinimi azalır. Özellikle morfin, aktif metabolitlerinin birikmesi nedeniyle böbrek fonksiyon bozukluğu bulunan yaşlılarda dikkatle kullanılmalıdır.

Benzodiazepinler: Yaşlı hastalarda sedasyonun uzaması, deliryum, bilişsel bozukluk ve düşme riskini artırabileceğinden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

Kas gevşeticiler: Hepatik veya renal eliminasyona bağımlı nöromüsküler blokörlerin etki süresi uzayabilir. Hofmann eliminasyonu ile metabolize olan sisatrakuryum organ fonksiyonlarından bağımsız eliminasyonu nedeniyle avantaj sağlayabilir.

İnhalasyon ajanları: Minimum alveoler konsantrasyon (MAC) yaşla birlikte progresif olarak azalır ve yaklaşık 40 yaşından sonra her on yılda %6 düşüş gösterir (9).

Lokal anestezikler: Yaşlanmaya bağlı sinir fizyolojisindeki değişiklikler nedeniyle lokal anesteziklere duyarlılık artabilir; bu nedenle en düşük etkili dozun kullanılması önerilir.

7. Yaşlı Hastada Anestezi Yöntemi Seçimi

Güncel kanıtlar ve 2025 ASA önerileri, uygun endikasyon varlığında genel anestezi ile rejyonal anestezi arasında postoperatif deliryum, mortalite veya hastanede kalış süresi açısından belirgin bir üstünlük bulunmadığını göstermektedir (1). Bu nedenle anestezi tekniği, cerrahinin özellikleri, hastanın komorbiditeleri, antikoagülan kullanımı, beklenen postoperatif analjezi gereksinimi ve hasta tercihi dikkate alınarak belirlenmelidir. Rejyonel tekniklerin multimodal analjezinin bir parçası olarak uygulanması opioid tüketimini azaltabilir ve erken mobilizasyona katkı sağlayabilir. Sedasyon uygulanacak hastalarda gereksiz derin sedasyondan kaçınılmalı ve uygun monitörizasyon kullanılmalıdır.

8. İntraoperatif Yönetim

İntraoperatif dönemde temel amaç, yaşlı hastalarda fizyolojik rezervi koruyarak organ perfüzyonunu sürdürmek ve komplikasyon gelişimini önlemektir.

Monitörizasyon: Standart monitörizasyona ek olarak yüksek riskli cerrahilerde invaziv arter basıncı izlemi düşünülmelidir. Serebral oksimetre seçilmiş olgularda yararlı olabilir.

Hemodinamik yönetim: Hipotansiyondan kaçınılmalı ve ortalama arter basıncı hastanın başlangıç değerlerine göre bireyselleştirilerek organ perfüzyonu korunmalıdır.

Sıvı tedavisi ve vazopressörler: Hedefe yönelik sıvı tedavisi (Goal-Directed Fluid Therapy, GDFT) uygun hastalarda doku perfüzyonunun korunmasına katkı sağlayabilir. Hipotansiyon geliştiğinde anestezi derinliği, intravasküler hacim ve kardiyak fonksiyon birlikte değerlendirilerek uygun vazopressör veya inotrop tedavisi planlanmalıdır.

Ventilasyon: Düşük tidal hacim (6–8 mL/kg ideal vücut ağırlığı) ve uygun PEEP ile uygulanan akciğer koruyucu ventilasyon postoperatif pulmoner komplikasyonları azaltabilir.

Isı yönetimi: Aktif hasta ısıtma sistemleri ve ısıtılmış intravenöz sıvılar kullanılarak normoterminin korunması önemlidir.

Nöromusküler blok izlemi: Kantitatif nöromusküler monitörizasyon kullanılarak TOF oranının $\geq 0,9$ olduğundan emin olunmalı ve rezidüel blok önlenmelidir.

EEG/BIS monitörizasyonu: İşlenmiş EEG monitörizasyonu anestezi derinliğinin titrasyonuna yardımcı olabilir; ancak güncel kanıtlar tek başına kullanımının postoperatif deliryumu kesin olarak azalttığını göstermemektedir. Bu nedenle bireysel hasta özelliklerine göre değerlendirilmelidir (10).

9. Postoperatif Yönetim

Postoperatif dönemde temel hedef, komplikasyonların önlenmesi, fonksiyonel bağımsızlığın korunması ve hastanın en kısa sürede günlük yaşamına dönebilmesidir.

- **Ağrı tedavisi:** Multimodal analjezi yaşlı hastalarda standart yaklaşım olmalıdır. Parasetamol, rejyonal anestezi teknikleri ve uygun hastalarda düşük doz opioidlerin birlikte kullanılması opioid gereksinimini azaltarak solunum depresyonu, bulantı-kusma ve deliryum gelişme riskini düşürebilir.
- **Postoperatif deliryum:** Deliryumun en önemli risk faktörleri ileri yaş, preoperatif bilişsel bozukluk ve kırılganlıktır. Koruyucu yaklaşımlar arasında yeterli hidrasyonun sağlanması, normoterminin korunması, etkin ağrı kontrolü, erken mobilizasyon, uyku düzeninin desteklenmesi ve hastanın gözlük ile işitme cihazı gibi yardımcıların kullanımının sürdürülmesi yer alır. Tanıda Confusion Assessment Method (CAM) en sık kullanılan değerlendirme aracıdır. Tedavide öncelik ilaç dışı yaklaşımlara verilmelidir; farmakolojik tedavi yalnızca hastanın kendisi veya çevresi için tehlike oluşturduğu durumlarda düşünülmelidir.
- **Postoperatif nörokognitif bozukluk (PND):** İleri yaş, önceden var olan bilişsel bozukluk ve majör cerrahi önemli risk faktörleridir. Güncel veriler, gereksiz derin anesteziye kaçınılmasının bilişsel sonuçlar üzerinde olumlu etkileri olabileceğini düşündürmektedir; ancak kesin kanıtlar henüz sınırlıdır.
- **Erken mobilizasyon:** Kas gücünün korunması, tromboembolik olayların önlenmesi ve fonksiyonel iyileşmenin hızlandırılması açısından mümkün olan en erken dönemde mobilizasyon önerilmektedir.
- **Beslenme:** Oral beslenmeye gastrointestinal açıdan uygun olduğu anda başlanması önerilir. Malnütrisyonu bulunan veya risk altında olan hastalarda protein açısından zengin oral beslenme desteği postoperatif dönemde sürdürülmeli, mümkün olduğunda cerrahiden önce de beslenme optimizasyonu sağlanmalıdır.

10. Özel Durumlar

Yaşlı hastalarda bazı klinik durumlar perioperatif yönetimde özel yaklaşımlar gerektirir. Kalça kırığı bulunan hastalarda ilk 24–48 saat içinde gerçekleştirilen cerrahi, mortalite ve komplikasyonların azaltılması açısından önerilmektedir. Anestezi yöntemi seçimi bireyselleştirilmeli olup, mevcut kanıtlar genel ve rejyonal anestezi arasında mortalite veya deliryum açısından belirgin üstünlük göstermemektedir. Demanslı hastalarda postoperatif deliryum, fonksiyonel

kayıp, yeniden hastaneye yatış ve uzun dönem bakım gereksinimi daha sık görülmektedir. Kırılgan hastalarda ise enfeksiyon, üriner kateter uygulaması veya immobilizasyon gibi görece küçük stres faktörleri bile ciddi fonksiyonel gerilemeye neden olabileceğinden multidisipliner yaklaşım büyük önem taşımaktadır.

11. ERAS ve Yaşlı Hastalar

Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protokolleri, yaşlı ve özellikle kırılgan hastalarda cerrahi stres yanıtını azaltmayı, komplikasyonları önlemeyi ve fonksiyonel bağımsızlığı korumayı amaçlayan kanıta dayalı perioperatif bakım modelleridir. Bu yaklaşımın önemli bileşenlerinden biri olan prehabilitasyon; fiziksel egzersiz, beslenme desteği, psikolojik hazırlık ve hasta eğitimini kapsayan çok yönlü uygulamalardan oluşmaktadır. ERAS protokolleri; uygun açlık süreleri, seçilmiş hastalarda preoperatif karbonhidrat yüklemesi, opioid koruyucu multimodal analjezi, uygun olgularda rejyonal anestezi tekniklerinin kullanımı, akciğer koruyucu ventilasyon, normoterminin korunması ve hedefe yönelik sıvı tedavisi gibi uygulamaları içermektedir. Postoperatif dönemde erken mobilizasyon, erken oral beslenme ve gereksiz kateter ile drenlerin en kısa sürede çıkarılması iyileşmeyi destekleyen temel uygulamalardır. Bu protokollerin başarısı; anesteziyolog, cerrah, geriatrist, hemşire, fizyoterapist ve diyetisyenden oluşan multidisipliner ekibin koordineli çalışmasına bağlı olup, uygulamalar hastanın kırılganlık düzeyi ve bireysel özelliklerine göre uyarlanmalıdır.

12. Güncel Kılavuz Önerileri

2025 American Society of Anesthesiologists (ASA) uygulama önerileri, 65 yaş ve üzerindeki hastalarda genişletilmiş preoperatif değerlendirme yapılmasını önermektedir. Bu değerlendirme; kırılganlık, bilişsel durum, fonksiyonel kapasite, beslenme durumu ve psikososyal özelliklerin sistematik olarak incelenmesini içermektedir. Kognitif bozukluk veya kırılganlık saptanan hastalarda multidisipliner bakım planı oluşturulması, hasta ve yakınlarının postoperatif deliryum konusunda bilgilendirilmesi ve gerektiğinde geriatri ekibinin sürece dahil edilmesi önerilmektedir. Ayrıca güncel kılavuzlar, genel ve rejyonal anestezi arasında postoperatif deliryum açısından belirgin üstünlük bulunmadığını, anestezi yönteminin hasta özellikleri ve cerrahi gereksinimler doğrultusunda bireyselleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (1).

13. Sonuç

İleri yaş tek başına cerrahi veya anestezi için bir kontrendikasyon değildir. Perioperatif sonuçların öngörülmesinde kronolojik yaştan çok fizyolojik rezervi, fonksiyonel kapasiteyi ve kırılganlığı yansıtan biyolojik yaş belirleyici rol

oynamaktadır. Günümüzde yaşlı hastada anestezi yönetiminin temel amacı yalnızca cerrahi işlemin güvenli şekilde tamamlanmasını sağlamak değil, aynı zamanda bilişsel fonksiyonları ve fonksiyonel bağımsızlığı koruyarak hastanın ameliyat öncesindeki yaşam kalitesine mümkün olan en kısa sürede yeniden ulaşmasını sağlamaktır.

Kaynaklar

1. Sieber FE, McIsaac DI, Deiner S, Azefor T, Berger M, Hughes C, et al. 2025 American Society of Anesthesiologists practice advisory for perioperative care of older adults scheduled for inpatient surgery. *Anesthesiology*. 2025;142(1):22-51.
2. Lee J, Kim HJ. Normal aging induces changes in the brain and neurodegeneration progress: review of the structural, biochemical, metabolic, cellular, and molecular changes. *Front Aging Neurosci*. 2022;14:931536. doi:10.3389/fnagi.2022.931536.
3. Gad-Alla EF, Mahdy EW, Mostafa AS. Anesthesia for the elderly patients: current concepts and review of the literature. *Benha J Appl Sci*. 2021;6(1):15-19.
4. Lim BG, Lee IO. Anesthetic management of geriatric patients. *Korean J Anesthesiol*. 2020;73(1):8-29. doi:10.4097/kja.19391.
5. Lasithiotakis K, Andreou A, Migdadi H, Kritsotakis EI. Malnutrition and perioperative nutritional rehabilitation in major operations. *Eur Surg*. 2025;57(5):188-203.
6. Smirnov A, Semionov M, Yasinski V, Binyamin Y, Zlotnik A, Frank D. Post-operative delirium in elderly patients: a narrative review. *Int J Mol Sci*. 2025;26(23):11314. doi:10.3390/ijms262311314.
7. Van Zundert TC, Gatt SP, van Zundert AA. Anesthesia and perioperative pain relief in the frail elderly patient. *Saudi J Anaesth*. 2023;17(4):566-574.
8. Franjić S. Anesthesia and elderly patient. *J Anesth Crit Care Open Access*. 2022;14(5):169-172. doi:10.15406/jaccoa.2022.14.00532.
9. Luca E, Schipa C, Cambise C, Sollazzi L, Aceto P. Implication of age-related changes on anesthesia management. *Saudi J Anaesth*. 2023;17(4):474-481.
10. Cottrell JE, Hartung J. Anesthesia and cognitive outcome in elderly patients: a narrative viewpoint. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2020;32(1):9-17.

19. Bölüm

Perioperatif Ultrason

Zeliha DEDEBAĞI¹

1. Giriş

Perioperatif Ultrasonun Tanımı

Perioperatif ultrason, cerrahi girişimin preoperatif, intraoperatif ve postoperatif evrelerini kapsayan süreçte tanısal değerlendirme ve girişimsel işlemlere rehberlik amacıyla kullanılan, gerçek zamanlı hasta başı görüntüleme yöntemidir. Günümüzde yalnızca tanısal bir araç olmanın ötesine geçerek, perioperatif karar verme sürecinin ayrılmaz bir bileşeni haline gelmiştir. Geleneksel radyolojik görüntüleme yöntemlerinden farklı olarak ultrason incelemesi doğrudan anesteziyolog tarafından gerçekleştirilir ve elde edilen bulgular hastanın klinik durumu ile eş zamanlı değerlendirilerek tedavi planına anında yansıtılabilir. Bu özelliği sayesinde perioperatif ultrason, hızlı karar verilmesi gereken kritik klinik durumlarda önemli avantajlar sağlamaktadır.

Anesteziyolojide Kullanım Alanları

Son yıllarda ultrasonografi, anesteziyoloji pratiğinde kullanım alanı giderek genişleyen temel görüntüleme yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Rejyonel anestezi uygulamaları, santral ve periferik vasküler girişimler, havayolu değerlendirmesi, gastrik içerik analizleri, kardiyak ve pulmoner ultrasonografi ile hemodinamik monitörizasyon, perioperatif ultrasonun en sık kullanıldığı alanları oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, intraoperatif veya postoperatif dönemde gelişen hipotansiyon, hipoksemi, dolaşım yetmezliği ve solunum sıkıntısı gibi kritik klinik tabloların ayırıcı tanısında hızlı ve güvenilir bilgi sağlayarak uygun tedavi stratejisinin belirlenmesine katkıda bulunmaktadır.

Point-of-Care Ultrasound (POCUS) Kavramı

Point-of-Care Ultrasound (POCUS), belirli bir klinik soruya yanıt bulmak amacıyla hastanın başında, muayeneyi yapan klinisyen tarafından gerçekleştirilen ve sonuçları anında yorumlanan hedefe yönelik ultrason incelemesini ifade eder. POCUS yaklaşımında temel amaç kapsamlı bir görüntüleme yapmak değil, hastanın mevcut klinik durumunu açıklayabilecek

¹ Dr., Eskişehir Şehir Hastanesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Bölümü Eskişehir, TÜRKİYE
Orcid: 0000-0001-9682-3447

kritik bulguları kısa sürede ortaya koyarak tanı ve tedavi sürecini yönlendirmektedir.

Hasta başı ultrason uygulamalarının ilk örnekleri 1960'lı yıllara kadar uzanmakla birlikte, taşınabilir ultrason cihazlarının geliştirilmesi ve görüntü kalitesinin belirgin şekilde artmasıyla birlikte POCUS özellikle 1990'lı yıllardan sonra hızla yaygınlaşmıştır. Günümüzde fizik muayenenin tamamlayıcı bir unsuru olarak kabul edilmekte ve klinisyene gerçek zamanlı anatomik ve fonksiyonel bilgi sağlaması nedeniyle sıklıkla "21. yüzyılın görsel stetoskopu" olarak tanımlanmaktadır (1).

Perioperatif Dönemde Ultrasonun Avantajları

Perioperatif ultrason, invaziv olmayan yapısı ve hasta başında uygulanabilmesi sayesinde anestezi pratiğinde birçok önemli avantaj sunmaktadır. Başlıca üstünlükleri şunlardır:

- İyonizan radyasyon içermeyen güvenli bir görüntüleme yöntemidir.
- Hastanın ameliyathane veya yoğun bakım ortamından taşınmasına gerek kalmadan yatak başında uygulanabilir.
- Gerçek zamanlı görüntüleme sayesinde anatomik yapıların ve fizyolojik değişikliklerin dinamik olarak değerlendirilmesine olanak sağlar.
- Gerektiğinde kısa aralıklarla tekrarlanabilir ve tedaviye verilen yanıtın seri olarak izlenmesine imkân tanır.
- Girişimsel işlemlerde anatomik yapıların doğrudan görüntülenmesini sağlayarak başarı oranını artırırken komplikasyon riskini azaltır.
- Klinik karar verme sürecini hızlandırarak perioperatif hasta yönetiminin daha güvenli ve etkin şekilde yürütülmesine katkıda bulunur.

Ultrasonun perioperatif bakımda sağladığı bu avantajlar nedeniyle ulusal ve uluslararası birçok bilimsel kuruluş, anesteziyoloji pratiğinde kullanımını güçlü şekilde desteklemektedir. Avrupa Anesteziyoloji ve Yoğun Bakım Derneği (ESAIC), özellikle rejyonel anestezi uygulamaları ile santral ve periferik vasküler girişimlerde ultrason rehberliğini standart yaklaşım olarak önermektedir. Ayrıca havayolu, akciğer ve kardiyak ultrason uygulamalarının anesteziyoloji eğitim programlarına entegre edilmesi gerektiği vurgulanmakta; perioperatif ultrason becerilerinin modern anestezi eğitiminin temel bileşenlerinden biri olduğu kabul edilmektedir (2).

2. Perioperatif Ultrasonun Temel Prensipleri

Ultrason Fiziği

Ultrasonografi, yüksek frekanslı ses dalgalarının biyolojik dokular içerisinde yayılması, farklı akustik özelliklere sahip yapılardan yansıyan ekoların algılanması ve bu sinyallerin bilgisayar tarafından işlenerek gerçek zamanlı görüntüye dönüştürülmesi esasına dayanan noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. İyonizan radyasyon içermemesi, taşınabilir cihazlarla hasta başında uygulanabilmesi, dinamik görüntüleme olanağı sunması ve gerektiğinde seri olarak tekrarlanabilmesi nedeniyle perioperatif dönemde kullanım alanı hızla genişlemektedir. Ancak ultrason incelemesinden güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi, görüntünün doğru yorumlanabilmesi ve uygun prob seçiminin yapılabilmesi için ultrason fiziğinin temel prensiplerinin iyi anlaşılması gerekmektedir.

Ses Dalgaları

Ses, elastik bir ortamda moleküllerin ardışık sıkışma ve gevşeme hareketleri sonucunda yayılan mekanik bir longitudinal dalgadır. Ultrason ise insan kulağının işitebildiği üst sınırın üzerinde, 20 kHz'den daha yüksek frekanstaki ses dalgalarını ifade eder. Tanısal ultrasonografide kullanılan frekanslar çoğunlukla 2–15 MHz arasında değişmekle birlikte, yüzeysel anatomik yapıların ayrıntılı değerlendirilmesinde 18–20 MHz'e ulaşan proplar da kullanılabilir.

Ultrason dalgalarının iletimi için uygun bir fiziksel ortama ihtiyaç vardır. Hava, ses dalgalarının iletimini belirgin ölçüde engellediğinden prob ile cilt arasında bulunan hava tabakası görüntü kalitesini olumsuz etkiler. Bu nedenle ultrason uygulamalarında prob ile cilt arasına akustik iletkenliği artıran ultrason jeli uygulanır. Jel, hava boşluğunu ortadan kaldırarak ses enerjisinin dokulara etkin biçimde iletilmesini sağlar ve görüntü kalitesini belirgin şekilde iyileştirir.

Modern ultrason cihazlarının temelini piezoelektrik etki oluşturur. Prob içerisinde bulunan piezoelektrik kristaller, elektrik enerjisini ultrason dalgalarına dönüştürerek dokuya gönderir; dokulardan geri dönen yankılar ise aynı kristaller tarafından tekrar elektrik sinyallerine çevrilir. Bu sinyaller cihaz tarafından işlenerek monitörde iki boyutlu gerçek zamanlı görüntü oluşturulur.

Frekans

Frekans, bir saniyede oluşan dalga sayısını ifade eden fiziksel bir parametredir ve Hertz (Hz) birimi ile ölçülür. Tıbbi ultrasonografide ise pratik olarak megahertz (MHz) kullanılır. Frekans arttıkça dalga boyu kısalır ve birbirine yakın anatomik yapıların ayırt edilebilme kapasitesi artar. Bu nedenle yüksek frekanslı

problar daha üstün uzaysal çözünürlük sağlayarak yüzeyel yapıların ayrıntılı görüntülenmesine olanak tanır.

Buna karşın frekans ile doku penetrasyonu arasında ters yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Yüksek frekanslı ses dalgaları dokular içerisinde daha fazla zayıflamaya (attenuasyona) uğradığından derin anatomik yapılara ulaşmadan enerji kaybeder. Düşük frekanslı problemler ise daha düşük çözünürlük sağlamalarına rağmen daha derin dokuların görüntülenmesine olanak verir. Bu nedenle ultrason incelemesinde kullanılacak probun frekansı, değerlendirilmesi planlanan anatomik yapının derinliğine göre seçilmelidir.

Perioperatif ultrason uygulamalarında en sık kullanılan prob tipleri şunlardır:

- Lineer prob (10–15 MHz): Yüksek frekanslı olup üstün rezolüsyon sağlar. Radial arter kateterizasyonu, santral venöz girişimler, periferik sinir blokları, plevral değerlendirme ve diğer yüzeyel yumuşak doku incelemelerinde ilk tercihtir. Yaklaşık 0–3 cm derinlikte bulunan yapıların görüntülenmesi için idealdir.
- Konveks (curvilinear) prob (2–5 veya 5–8 MHz): Düşük frekanslı ve geniş görüş alanına sahip olan bu prob, karın içi organların değerlendirilmesi, FAST/eFAST incelemesi, gastrik ultrasonografi ve diğer abdominal uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Daha derin anatomik yapıların (>4–5 cm) görüntülenmesine olanak sağlar.
- Faz dizilimli (phased-array) prob (2–5 MHz): Küçük prob yüzeyi sayesinde interkostal aralıklardan kolaylıkla görüntü alınmasına imkân verir. Özellikle FoCUS uygulamaları, transtorasik ekokardiyografi, inferior vena cava değerlendirmesi ve toraks içi derin yapıların incelenmesinde tercih edilen prob tipidir.

Penetrasyon

Penetrasyon, ultrason dalgalarının dokular içerisinde yeterli enerjiyi koruyarak ilerleyebilmesi ve derin anatomik yapılardan geri dönen yankıların algılanabilmesi olarak tanımlanır. Ultrasonografide görüntülenebilecek maksimum derinlik; kullanılan probun frekansı, incelenen dokunun akustik özellikleri ve ses enerjisinin doku içinde uğradığı zayıflama ile yakından ilişkilidir.

Ultrason dalgaları dokular boyunca ilerlerken enerjilerinin bir bölümü absorbe edilir, bir kısmı saçılır, bir kısmı ise farklı akustik empedansa sahip doku yüzeylerinden yansır. Bu süreçte meydana gelen toplam enerji kaybı attenuation (zayıflama) olarak adlandırılır. Zayıflama derecesi frekans ile doğru orantılıdır; dolayısıyla frekans arttıkça ses dalgalarının doku içerisindeki enerji kaybı artar ve görüntülenebilecek maksimum derinlik azalır. Buna karşılık düşük frekanslı

ultrason dalgaları daha az zayıflamaya uğradığından daha derin anatomik yapılara ulaşabilir.

Perioperatif ultrason uygulamalarında uygun penetrasyonun sağlanabilmesi için incelenecek anatomik yapının derinliğine göre prob seçimi yapılmalıdır. Yüzeysel damarlar, periferik sinirler ve plevral yapıların değerlendirilmesinde yüksek frekanslı lineer problemler üstün görüntü kalitesi sağlarken, transtorasik kardiyak incelemeler, inferior vena cava değerlendirmesi, FAST/eFAST uygulamaları ve abdominal organların görüntülenmesinde daha yüksek penetrasyon sağlayan düşük frekanslı faz dizilimli veya konveks problemler tercih edilmektedir. Bu nedenle başarılı bir ultrason incelemesinin temel koşullarından biri, penetrasyon gereksinimi ile görüntü çözünürlüğü arasında uygun dengeyi kurabilecek probun seçilmesidir.

Rezolüsyon

Rezolüsyon, ultrason sisteminin birbirine çok yakın konumda bulunan iki ayrı yapıyı bağımsız olarak görüntüleyebilme yeteneğini ifade eder ve görüntü kalitesini belirleyen en önemli teknik özelliklerden biridir.

Yüksek rezolüsyon, periferik sinirlerin fasiküler yapılarının, damar duvarlarının, plevral çizginin ve diğer ince anatomik yapıların ayrıntılı olarak görüntülenmesini mümkün kılar. Bununla birlikte derin yerleşimli organların değerlendirilmesinde görüntü kalitesini belirleyen temel unsur rezolüsyondan çok yeterli penetrasyondur. Bu nedenle ultrason uygulamalarında ideal görüntü, yüksek çözünürlük ile yeterli penetrasyonun dengeli şekilde sağlanmasıyla elde edilir.

Görüntü Optimizasyonu

Ultrason incelemesinin tanısal doğruluğu yalnızca uygun prob seçimine değil, aynı zamanda görüntü optimizasyon ayarlarının doğru yapılmasına da bağlıdır. İnceleme öncesinde cihaz ayarlarının hedef anatomik yapıya göre düzenlenmesi, görüntü kalitesini artırırken yanlış yorumlama riskini azaltır. Perioperatif ultrason uygulamalarında en sık kullanılan görüntü optimizasyon parametreleri derinlik (depth), kazanç (gain), odak (focus) ve Doppler ayarlarıdır.

- Depth (Derinlik): Görüntüleme derinliği, incelenecek anatomik yapının ekranda ideal konumda yer almasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Genel olarak hedef yapı ekranın orta ile alt üçte birlik bölümü arasında konumlandırıldığında hem görüntü kalitesi hem de anatomik değerlendirme en uygun düzeye ulaşır. Gereğinden fazla derinlik seçilmesi görüntünün küçülmesine ve çözünürlüğün azalmasına, yetersiz

derinlik ise hedef yapının tam olarak görüntülenememesine neden olabilir.

- **Gain (Kazanç):** Kazanç ayarı, dokulardan geri dönen eko sinyallerinin parlaklığını düzenler. Düşük kazanç görüntünün gereğinden koyu görünmesine ve bazı anatomik yapıların seçilememesine yol açarken, aşırı kazanç görüntüde gürültü oluşturarak kontrastı azaltır ve yanlış yorumlamalara neden olabilir. Bu nedenle kazanç, doku sınırlarının net olarak ayırt edilebildiği optimum seviyeye ayarlanmalıdır.
- **Focus (Odak):** Odak noktası, ultrason demetinin en dar olduğu ve lateral rezolüsyonun en yüksek olduğu bölgeyi ifade eder. En iyi görüntü kalitesinin elde edilebilmesi için odak işareti hedef yapının bulunduğu seviyeye veya hemen altına yerleştirilmelidir. Yanlış odak ayarı görüntü keskinliğinin azalmasına neden olabilir.
- **Doppler:** Doppler ultrasonografi, hareket halindeki eritrositlerden yansıyan ses dalgalarındaki frekans değişikliğini kullanarak damar içi kan akımının varlığını, yönünü ve özelliklerini değerlendirmeye olanak sağlar. Perioperatif uygulamalarda arter ve ven ayrımında, vasküler girişimlerin güvenli şekilde gerçekleştirilmesinde ve hemodinamik değerlendirmede önemli bir yardımcı yöntemdir.

Ultrason Artefaktları

Artefaktlar, görüntü oluşumu sırasında ultrason dalgalarının fiziksel özelliklerine bağlı olarak meydana gelen ve gerçek anatomik yapıları tam olarak yansıtmayan görüntülerdir. Her ne kadar bazı artefaktlar görüntü kalitesini olumsuz etkileyebilse de, birçoğu klinik uygulamada tanısal değer taşımaktadır. Bu nedenle ultrason kullanan anesteziyologların sık karşılaşılan artefaktları tanınması ve doğru yorumlaması önemlidir.

- **Reverberasyon Artefaktı:** Ultrason dalgalarının birbirine paralel iki güçlü yansıtıcı yüzey arasında ardışık olarak yansması sonucu oluşur. Görüntüde birbirine paralel ve eşit aralıklarla uzanan hiperekojen çizgiler şeklinde izlenir. Akciğer ultrasonografisinde görülen A-line görünümü reverberasyon artefaktının en iyi bilinen örneğidir.
- **Shadowing (Akustik Gölgeleme):** Kemik, kalsifikasyon veya taş gibi yüksek akustik empedansa sahip yapıların ultrason dalgalarını büyük oranda yansıtması veya absorbe etmesi sonucunda bu yapıların arkasında sinyal kaybı oluşur. Bunun sonucunda görüntüde tamamen siyah görünen akustik gölgelenme meydana gelir. Özellikle safra taşları, böbrek taşları ve kostaların tanınmasında önemli bir bulgudur.

- Posterior Acoustic Enhancement (Posterior Güçlenme): İçi sıvı ile dolu yapıların ultrason dalgalarını çok az zayıflatması nedeniyle bu yapıların arkasındaki dokular normalden daha parlak görünür. Mesane, safra kesesi ve kistik lezyonların değerlendirilmesinde posterior güçlenme önemli bir tanısal ipucu sağlar.
- Mirror Artifact (Ayna Artefaktı): Diyafram gibi güçlü yansıtıcı yüzeylerden yansıyan ses dalgalarının tekrar prob tarafından algılanması sonucu anatomik yapının karşı tarafta ikinci bir görüntüsü oluşur. Bu sanal görüntü gerçek bir anatomik oluşumu temsil etmez ve yanlış yorumlanmaması gerekir.

3. Perioperatif Kardiyak Ultrason

FoCUS (Focused Cardiac Ultrasound)

Focused Cardiac Ultrasound (FoCUS), belirli klinik sorulara kısa sürede yanıt vermek amacıyla gerçekleştirilen hedefe yönelik hasta başı kardiyak ultrason incelemesidir. Kapsamlı transtorasik ekokardiyografiden farklı olarak FoCUS'un amacı ayrıntılı kardiyak anatomi ve kapak değerlendirmesi yapmak değil, hastanın mevcut klinik tablosunu açıklayabilecek yaşamı tehdit eden kardiyovasküler patolojileri hızlı şekilde tanımlamaktır. Bu nedenle FoCUS, perioperatif dönemde hemodinamik instabilitenin değerlendirilmesinde en önemli POCUS uygulamalarından biri olarak kabul edilmektedir.

Ameliyathane, postanestezi bakım ünitesi, yoğun bakım ve acil servis gibi kritik bakım alanlarında yaygın olarak kullanılan FoCUS; ventrikül fonksiyonunun değerlendirilmesi, intravasküler volüm durumunun belirlenmesi, perikardiyal efüzyonun saptanması ve şok nedenlerinin ayırıcı tanısında anesteziyoloğa gerçek zamanlı bilgi sağlar. Böylece elde edilen ultrason bulguları klinik değerlendirme ile birlikte yorumlanarak sıvı tedavisi, vazopressör veya inotrop kullanımı gibi tedavi kararları hızla yönlendirilebilir.

Temel FoCUS Bulguları

- Sol ventrikül değerlendirmesi: Sol ventrikül sistolik fonksiyonu çoğunlukla ejeksiyon fraksiyonunun görsel (kalitatif) değerlendirilmesi ile belirlenir. Hiperdinamik ve küçük hacimli bir sol ventrikül genellikle hipovolemi lehine değerlendirilirken, belirgin kontraktilite azalması miyokard depresyonunu düşündürür.
- Sağ ventrikül değerlendirmesi: Sağ ventrikülün sol ventriküle göre belirgin genişlemesi, serbest duvar hareketlerinde azalma veya septal deviasyon; pulmoner emboli, pulmoner hipertansiyon ya da sağ ventrikül yetmezliği açısından uyarıcı bulgulardır.

- Perikardiyal efüzyon: Perikard boşluğunda kalbi çevreleyen anekoik sıvı koleksiyonu şeklinde izlenir. Özellikle travma hastalarında FAST incelemesinin ilk değerlendirme alanlarından biridir.
- Kardiyak tamponad: Perikardiyal sıvının hemodinamik bozulmaya neden olduğu klinik tablodur. Ultrasonografide sağ atriyum ve sağ ventrikül diyastolik kollapsı, genişlemiş inferior vena cava ve azalmış solunumsal kollaps en karakteristik bulgular arasındadır.
- Hipovolemi: Hiperdinamik kontraksiyon gösteren küçük hacimli sol ventrikül ile birlikte inspirasyonda belirgin kollabe olan dar çaplı inferior vena cava hipovolemi lehine değerlendirilir.
- Kardiyojenik şok: Belirgin sol ventrikül sistolik disfonksiyonu ile birlikte akciğer ultrasonunda yaygın B-line varlığının gösterilmesi kardiyojenik pulmoner ödem ve buna bağlı kardiyojenik şoku destekleyen önemli bulgulardır.

İntraoperatif Hipotansiyona Yaklaşım

İntraoperatif hipotansiyonun nedeninin kısa sürede belirlenmesi, uygun tedavinin gecikmeden başlanabilmesi açısından kritik öneme sahiptir. FoCUS; hipovolemi, miyokard depresyonu, sağ ventrikül yetmezliği, pulmoner emboli, kardiyak tamponad ve ciddi vazopleji gibi hipotansiyon nedenlerinin birkaç dakika içerisinde ayırt edilmesine olanak sağlar. Ultrason bulgularının klinik değerlendirme ile birlikte yorumlanması sayesinde sıvı replasmanı, vazopressör tedavisi, inotrop desteği veya ileri kardiyovasküler girişim gereksinimi daha doğru şekilde belirlenebilir. Bu nedenle FoCUS, günümüzde perioperatif hemodinamik değerlendirmede en değerli hasta başı ultrason uygulamalarından biri olarak kabul edilmektedir.

4. Akciğer Ultrasonu

Akciğer ultrasonografisi, son yıllarda perioperatif dönemde solunum sisteminin değerlendirilmesinde en değerli hasta başı görüntüleme yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Uygulamasının kolay olması, kısa sürede sonuç vermesi, tekrarlanabilirliği ve taşınabilir cihazlarla ameliyathane, yoğun bakım veya acil servis gibi farklı klinik ortamlarda kullanılabilmesi önemli avantajlar sağlamaktadır. İyonizan radyasyon içermemesi nedeniyle güvenli bir yöntem olup, özellikle kritik hastalarda görüntüleme amacıyla hasta transferi gereksinimini azaltarak olası komplikasyonların önlenmesine katkıda bulunur. Çeşitli çalışmalarda akciğer ultrasonografisinin pnömotoraks, plevral efüzyon, pulmoner ödem ve konsolidasyon gibi birçok patolojinin tanısında fizik muayene ve akciğer grafisine göre daha yüksek tanısal doğruluk sağladığı gösterilmiştir (3).

Normal Akciğer Bulguları

Normal akciğer ultrasonografisinde değerlendirme; plevral çizginin görünümü, plevra hareketleri ve bunlara bağlı oluşan artefaktların analizine dayanır. Havalanmış akciğer parankimi yüksek oranda hava içerdiğinden ultrason dalgaları derin akciğer dokusuna penetre olamaz. Bu nedenle normal akciğerde doğrudan parankim değil, plevral yüzey ve karakteristik ultrason bulguları değerlendirilir.

Plevral Çizgi: Plevral çizgi, kostalar arasında izlenen ince, düzgün ve hiperekojen bir çizgidir. Pariyetal ve visseral plevranın temas yüzeyini temsil eder. Normalde sürekliliğini korur ve solunumla birlikte ritmik hareket eder.

A-Line: A-line'lar, plevral çizginin altında ona paralel uzanan reverberasyon artefaktlarıdır ve normal havalanmış akciğerin karakteristik bulgusudur. Ancak pnömotoraksta da görülebileceğinden tek başına normal akciğeri göstermez; mutlaka lung sliding ile birlikte değerlendirilmelidir.

B-Line: B-line'lar, plevral çizgiden başlayarak ekranın altına kadar uzanan hiperekojen dikey artefaktlardır. Bir veya iki izole B-line fizyolojik kabul edilirken, aynı interkostal aralıkta üç veya daha fazla B-line interstisyel sendrom lehinedir. Bilateral yaygın B-line görünümü en sık pulmoner ödem ile ilişkilidir.

Lung Sliding: Lung sliding, inspirasyon ve ekspirasyon sırasında visseral plevranın pariyetal plevra üzerinde oluşturduğu kayma hareketidir. Bu bulgunun varlığı, değerlendirilen bölgede plevral yaprakların temas halinde olduğunu gösterir ve pnömotoraks olasılığını büyük ölçüde dışlar.

M-Mode Bulguları: Normal akciğerde M-mod incelemesinde plevral çizginin altında granüler görünüm izlenir ve bu karakteristik görüntü Seashore Sign (Deniz Kıyısı Bulgusu) olarak adlandırılır. Pnömotoraksta ise bu görünüm kaybolur.

Pnömotoraks: Pnömotoraks; lung sliding, B-line ve lung pulse'un kaybolması ile karakterizedir. Tanıyı doğrulayan en özgül ultrason bulgusu Lung Point işaretinin gösterilmesidir.

Pulmoner Ödem: Pulmoner ödemde her iki akciğerde yaygın ve simetrik çok sayıda B-line (lung rockets) izlenir. Bulgular kardiyak ultrason ile birlikte değerlendirildiğinde tanısal doğruluk artmaktadır.

Plevral Efüzyon: Plevral efüzyon, diyafram üzerinde anekoik sıvı koleksiyonu şeklinde görülür. Spine Sign bulgusunun izlenmesi plevral sıvı varlığını destekler.

Atektazi: Atektazide lung sliding kaybolabilir ve lung pulse görülebilir. Statik hava bronkogramlarının varlığı rezorpsiyon atelektazisini destekleyen önemli bir bulgudur.

Konsolidasyon: Konsolidasyon, akciğer dokusunun hepatizasyon görünümü alması ile karakterizedir. Dinamik hava bronkogramlarının izlenmesi pnömoni lehine değerlendirilir ve atelektaziden ayırıcı tanıda yardımcıdır.

Diyafram Ultrasonu: Diyafram ultrasonografisi ile diyafram kalınlığı, kalınlaşma fraksiyonu ve ekskürsyonu değerlendirilebilir. Özellikle mekanik ventilasyondan ayırma sürecinde diyafram fonksiyonunun objektif olarak değerlendirilmesinde önemli bir yöntemdir.

5. Hemodinamik Değerlendirmede Ultrason

Perioperatif dönemde hemodinamik durumun doğru değerlendirilmesi, uygun sıvı tedavisinin planlanması ve dolaşım desteğinin yönetimi açısından kritik öneme sahiptir. Hasta başı ultrasonografisi; kardiyak fonksiyon, intravasküler volüm, venöz dönüş ve organ konjesyonunun dinamik olarak değerlendirilmesine olanak sağlayarak klinik karar sürecini destekleyen değerli bir yöntemdir.

İnferior vena cava (IVC) ultrasonografisi, volüm durumunun değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Subkostal görüntülemde IVC çapı ve solunuma bağlı değişiklikler birlikte değerlendirilir. Spontan solunum yapan hastalarda belirgin inspiratuvar kollaps hipovolemiyi düşündürürken, geniş ve kollabe olmayan IVC yüksek sağ atriyal basınç veya volüm yüklenmesini destekler. Ancak bulgular, hastanın klinik durumu ve diğer ultrason parametreleri ile birlikte yorumlanmalıdır.

Venöz Konjesyon Değerlendirmesi (VExUS)

Venous Excess Ultrasound Score (VExUS), sistemik venöz konjesyonun değerlendirilmesinde kullanılan çok parametrelili bir ultrason yöntemidir. IVC çapı ile birlikte hepatik, portal ve intrarenal ven Doppler akımları incelenerek özellikle sağ kalp yetmezliği ve sıvı yüklenmesine bağlı organ konjesyonu değerlendirilebilir.

Sıvı Yanıtlılığı

Sıvı yanıtlılığı, uygulanacak sıvı tedavisinin kardiyak debi veya atım hacminde anlamlı artış sağlayıp sağlamayacağını öngören dinamik bir değerlendirmedir. Bu yaklaşım gereksiz sıvı yüklenmesini önlemeye ve daha hedefe yönelik sıvı tedavisi uygulanmasına yardımcı olur.

Pasif Bacak Kaldırma Testi (PLR)

Pasif bacak kaldırma testi, alt ekstremitelerdeki yaklaşık 250–300 mL venöz kanı santral dolaşıma yönlendiren geri dönüşümlü bir ototransfüzyon

manevrasıdır. Manevra sonrasında kardiyak debi veya atım hacmindeki artış, hastanın sıvı tedavisinden fayda görebileceğini gösterir.

LVOT VTI

Sol ventrikül çıkış yolu hız-zaman integrali (LVOT VTI), pulsed-wave Doppler ile ölçülerek atım hacmi ve kardiyak debinin hesaplanmasında kullanılır. Seri ölçümler, sıvı tedavisi veya inotrop desteğine verilen yanıtın objektif olarak izlenmesini sağlar.

Karotis VTI

Karotis arterden ölçülen hız-zaman integrali (Carotid VTI), kardiyak debi değişikliklerinin noninvaziv değerlendirilmesinde kullanılan yeni yöntemlerden biridir. Özellikle pasif bacak kaldırma testi ile birlikte değerlendirildiğinde sıvı yanıtılığının öngörülmesinde LVOT VTI'ya pratik bir alternatif oluşturabilir.

6. Gastrik Ultrason

Gastrik ultrasonografi, mide içeriğinin niteliği ve hacminin hasta başında değerlendirilmesine olanak sağlayan noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Özellikle açlık süresi belirsiz olan hastalarda aspirasyon riskinin belirlenmesinde önemli klinik bilgiler sağlar. Son yıllarda perioperatif ultrason uygulamalarının önemli bileşenlerinden biri haline gelen gastrik ultrasonografi, acil cerrahi girişimler, diyabetik gastroparezi, gastrointestinal motilite bozuklukları, gebelik ve obezite gibi mide boşalmasının gecikebileceği durumlarda anestezi yönetimini yönlendirmektedir.

Açlık Değerlendirmesi ve Aspirasyon Riski

Pulmoner aspirasyon riski, mide içeriğinin hem hacmine hem de içeriğin özelliklerine bağlıdır. Katı gıdalar ve yüksek hacimli sıvılar aspirasyon açısından daha yüksek risk oluşturur. Standart preoperatif açlık kuralları çoğu hasta için güvenli olmakla birlikte, mide boşalmasının gecikebildiği klinik durumlarda yalnızca anamneze dayalı değerlendirme yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda gastrik ultrasonografi, mide içeriğini objektif olarak değerlendirerek anestezi planının güvenli şekilde oluşturulmasına katkı sağlar(4).

Gastrik Antrum Değerlendirmesi

Gastrik ultrason incelemesinde en güvenilir anatomik bölge mide antrumudur. Antrum; sol karaciğer lobu, pankreas ve abdominal aorta referans alınarak kolaylıkla görüntülenebilir. İnceleme hem sırtüstü hem de sağ lateral dekübit pozisyonunda yapılmakla birlikte, özellikle sağ lateral dekübit pozisyonu mide

içeriğinin antrumda toplanmasını sağladığından hacim değerlendirmesinde daha yüksek duyarlılık sunmaktadır.

Klinik Uygulamalar

Gastrik ultrasonografi yalnızca mide içeriğinin varlığını göstermekle kalmaz, aynı zamanda antrumun kesitsel alanı ölçülerek matematiksel modeller yardımıyla gastrik hacmin tahmin edilmesine de olanak sağlar. Genel olarak 1,5 mL/kg'ın üzerindeki gastrik sıvı hacmi, artmış pulmoner aspirasyon riski ile ilişkilendirilmektedir (5). Gastrik ultrason bulguları; hızlı ardışık entübasyon gereksinimi, cerrahinin ertelenmesi veya aspirasyona karşı ek önlemlerin alınması gibi perioperatif yönetim kararlarının verilmesinde önemli katkılar sağlamaktadır.

7. Havayolu Ultrasonu

Havayolu ultrasonografisi, Point-of-Care Ultrasound (POCUS) uygulamalarının hızla gelişen alanlarından biri olup, perioperatif dönemde havayolunun değerlendirilmesi ve yönetiminde önemli katkılar sağlamaktadır. Gerçek zamanlı görüntüleme olanağı sayesinde üst havayoluna ait anatomik yapıların ayrıntılı olarak değerlendirilmesine, girişimsel işlemlerin güvenliğinin artırılmasına ve entübasyon sonrası oluşabilecek komplikasyonların erken tanınmasına olanak sağlar. Noninvaziv, radyasyon içermeyen ve hasta başında uygulanabilen bu yöntem, özellikle zor havayolu olasılığı bulunan hastalarda değerli bilgiler sunmaktadır.

Günümüzde havayolu ultrasonunun kullanım alanları; üst havayolu anatomisinin değerlendirilmesi, zor havayolunun öngörülmesi, uygun endotrakeal tüp çapının belirlenmesi, trakeal entübasyonun doğrulanması, acil cerrahi havayolu girişimlerinin planlanması ve vokal kord fonksiyonlarının değerlendirilmesini kapsamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, dil kalınlığı, deri-epiglot mesafesi ve deri-vokal kord mesafesi gibi ultrasonografik ölçümlerin zor maske ventilasyonu ve supraglottik havayolu yerleştirilmesini öngörmede klasik klinik değerlendirme yöntemlerine önemli katkılar sağlayabileceğini göstermektedir (6,7).

Krikotiroid Membranın Belirlenmesi

Krikotiroid membranın ultrasonografi ile belirlenmesi, özellikle obez hastalarda, boyun anatomisinin bozulduğu olgularda veya palpasyonun güç olduğu durumlarda önemli avantaj sağlar. Membranın işlem öncesinde işaretlenmesi, "cannot intubate, cannot oxygenate" (CICO) senaryolarında

uygulanacak acil krikotirotomi girişimlerinin başarısını artırmakta ve işlem süresini kısaltmaktadır (8).

Trakeal Entübasyonun Doğrulaması

Ultrasonografi, endotrakeal tüpün doğru yerleşiminin hızlı ve güvenilir şekilde doğrulanmasına olanak sağlar. Trakea üzerine yerleştirilen lineer prob ile tüpün trakeadan geçişi gerçek zamanlı olarak izlenebilir. Özofageal entübasyon durumunda trakeanın yanında ikinci bir hava yolu görüntüsünün oluşması "double tract sign" olarak tanımlanır ve yanlış tüp yerleşimini düşündüren karakteristik bir bulgudur. Ultrasonografi, özellikle kapnografi kullanımının sınırlı olduğu kardiyak arrest veya düşük pulmoner kan akımı bulunan hastalarda önemli bir alternatif doğrulama yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Endobronşiyal Entübasyon ve Çift Lümen Tüp Değerlendirmesi

Akciğer ultrasonografisi, çift lümen tüplerin ve bronşiyal blokörlerin doğru yerleşiminin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Her iki hemitoraksta lung sliding'in varlığının değerlendirilmesi, tek akciğer ventilasyonunun etkinliğinin doğrulanmasına ve istem dışı ana bronş entübasyonunun erken dönemde saptanmasına yardımcı olur. Bu yaklaşım özellikle toraks cerrahisi olgularında fiberoptik bronkoskopiye tamamlayıcı bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Trakeostomi

Ultrasonografi, perkütan dilatasyonel trakeostomi öncesinde boyun anatomisinin ayrıntılı değerlendirilmesine olanak sağlar. Trakeal halkalar, tiroid bezi, büyük damarlar ve orta hat yapıları görüntülenerek girişim için en güvenli ponksiyon noktası belirlenebilir. Böylece kanama, damar yaralanması ve yanlış girişim yeri gibi komplikasyonların görülme olasılığı azaltılmaktadır (9).

Laringeal Yapıların Değerlendirilmesi

Laringeal ultrasonografi ile vokal kordların hareketleri gerçek zamanlı olarak değerlendirilebilir. Bu yöntem özellikle tiroidektomi sonrası rekürren laringeal sinir fonksiyonunun değerlendirilmesinde, tek taraflı vokal kord paralizisinin saptanmasında ve ekstübasyon sonrası gelişebilecek laringeal ödem veya stridor riskinin belirlenmesinde yararlı bilgiler sağlamaktadır.

8. Vasküler Ultrason

Ultrason rehberliğinde vasküler girişimler, modern anesteziyoloji pratiğinde güvenli damar erişiminin temel yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Gerçek zamanlı görüntüleme sayesinde damar anatomisinin doğrudan değerlendirilmesi,

iğnenin ilerleyişinin izlenmesi ve kateter yerleşiminin doğrulanması mümkün olmaktadır. Bu yaklaşım, anatomik belirteçlere dayalı klasik tekniklere kıyasla işlem başarısını artırırken girişim sayısını ve komplikasyon oranlarını belirgin şekilde azaltmaktadır (10).

Ultrasonografi yalnızca damar lokalizasyonunu göstermekle kalmaz; damar çapı, derinliği, açıklığı, tromboz varlığı ve vazospazm gibi klinik açıdan önemli özelliklerin de değerlendirilmesine olanak sağlar. Bu nedenle günümüzde santral venöz kateterizasyon, arteriyel kanülasyon ve zor periferik damar erişimi girişimlerinde ilk tercih edilen yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir.

Santral Venöz Kateterizasyon

Ultrason rehberliğinde santral venöz kateterizasyon, özellikle internal juguler ven girişimlerinde standart yaklaşım olarak önerilmektedir. Gerçek zamanlı görüntüleme ile venin açıklığı doğrulanabilir, iğne ucu sürekli izlenebilir ve kateter yerleşimi güvenli şekilde gerçekleştirilebilir. Bu yöntem, anatomik belirteçlere dayalı tekniklere kıyasla ilk girişim başarısını artırırken arter ponksiyonu, hematoma, pnömotoraks ve kateter malpozisyonu gibi komplikasyonların görülme sıklığını anlamlı ölçüde azaltmaktadır.

Arteriyel Kateterizasyon

Ultrason rehberliği, radial ve femoral arter başta olmak üzere arteriyel kanülasyon işlemlerinde başarı oranını artırmaktadır. Özellikle hipotansif hastalarda, çocuklarda, obez bireylerde veya damar çapının küçük olduğu olgularda arterin gerçek zamanlı görüntülenmesi girişi kolaylaştırmaktadır. Ayrıca vazospazm, aterosklerotik değişiklikler veya anatomik varyasyonların gösterilebilmesi, uygun girişim bölgesinin seçilmesine katkıda bulunmaktadır.

Periferik Damar Erişimi

Zor intravenöz damar erişimi bulunan hastalarda ultrasonografi, yüzeysel olarak görülemeyen veya palpe edilemeyen derin venlerin güvenli şekilde kanülasyonuna olanak sağlar. Bu yöntem özellikle obez hastalar, kronik hastalığı bulunan bireyler, kemoterapi alan olgular ve uzun süreli intravenöz tedavi gerektiren hastalarda damar erişim başarısını önemli ölçüde artırmaktadır.

Tromboz Değerlendirmesi

Ultrasonografi, derin ven trombozu (DVT) tanısında ilk basamak görüntüleme yöntemidir. Kompresyon ultrasonografisi sırasında normal venin prob basısıyla tamamen kollabe olması beklenirken, tromboz bulunan damarda kompresibilitenin kaybolması en güvenilir tanısal bulgulardan biridir.

Gerektiğinde renkli Doppler incelemesi ile venöz akım değerlendirilerek tanısal doğruluk artırılabilir. Perioperatif dönemde DVT'nin erken tanınması, pulmoner emboli gelişiminin önlenmesi açısından büyük klinik önem taşımaktadır.

9. Rejyonel Anesteziye Ultrason

Ultrason Eşliğinde Sinir Blokları

Ultrason teknolojisinin rejyonel anestezi pratiğine girmesi, periferik sinir bloklarının uygulanmasında önemli bir paradigma değişikliği oluşturmıştır. Geleneksel anatomik belirteçlere veya periferik sinir stimülatörüne dayalı tekniklerden farklı olarak ultrason rehberliği, sinirlerin, çevredeki anatomik yapıların, iğne ucunun ve lokal anestezi dağılımının gerçek zamanlı olarak görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. Böylece hedef sinire daha güvenli ve doğru şekilde ulaşılabilen, lokal anesteziğin uygun fasyal plan içerisinde yayılımı doğrudan izlenebilmekte ve blok başarısı önemli ölçüde artırılmaktadır.

Ultrason rehberliğinde gerçekleştirilen periferik sinir blokları; damar, plevra ve diğer kritik anatomik yapıların eş zamanlı olarak görüntülenmesini sağlayarak istem dışı vasküler ponksiyon, pnömotoraks, sinir yaralanması ve intranöral enjeksiyon gibi komplikasyonların görülme sıklığını azaltmaktadır. Ayrıca lokal anesteziğin hedef bölgeye daha etkin şekilde yönlendirilmesi sayesinde daha düşük hacim ve dozlarda ilaç kullanımı mümkün olmakta, bu durum özellikle çoklu blok uygulamalarında ve yüksek riskli hastalarda Lokal Anestezi Sistemik Toksisitesi (LAST) gelişme riskinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (11). Günümüzde brakial pleksus, femoral, siyatik, adduktor kanal, transversus abdominis plan (TAP), erektör spina plan (ESP), quadratus lumborum (QL) ve pektoralis (PECS) blokları başta olmak üzere birçok rejyonel anestezi tekniğinde ultrason rehberliği standart yaklaşım olarak kabul edilmektedir.

İğne Görüntüleme Teknikleri

Ultrason rehberliğinde sinir blokları uygulanırken iğnenin ultrason demeti ile olan ilişkisine göre iki temel görüntüleme tekniği kullanılmaktadır.

- In-plane tekniği: İğne ultrason probunun uzun ekseni boyunca ilerletilir ve iğnenin shaftı ile ucu işlem boyunca sürekli olarak görüntülenebilir. İğne ucunun gerçek zamanlı takip edilebilmesi nedeniyle günümüzde en sık tercih edilen ve en güvenli yöntem olarak kabul edilmektedir.
- Out-of-plane tekniği: İğne ultrason demetine dik açıyla ilerletilir. Görüntüde yalnızca iğnenin kesit görüntüsü parlak bir nokta şeklinde izlenir. Dar anatomik alanlarda uygulanması daha kolay olmakla birlikte iğne ucunun kesin lokalizasyonunun belirlenmesi daha güç olduğundan deneyim gerektirir.

Hidrodiseksiyon

Hidrodiseksiyon, iğne ucunun doğru anatomik planda bulunduğunu doğrulamak ve doku planlarını birbirinden ayırmak amacıyla az miktarda serum fizyolojik veya dekstroz çözeltisinin enjekte edilmesi işlemidir. Bu teknik sayesinde sinir çevresindeki fasya planları daha belirgin hale gelir, lokal anesteziğin uygun kompartmanda yayılımı kolaylaşır ve intranöral enjeksiyon riski azaltılabilir.

Güvenlik

Ultrason rehberliği, rejyonel anestezide güvenliği artıran en önemli araçlardan biri olmakla birlikte tek başına komplikasyonları tamamen ortadan kaldırmaz. Maksimum güvenliğin sağlanabilmesi için ultrason görüntülemesinin periferik sinir stimülatörü, enjeksiyon basıncı monitörizasyonu ve işlem sırasında hastanın ağrı veya parestezi açısından sürekli değerlendirilmesi ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Lokal anesteziğin küçük fraksiyonlar halinde uygulanması ve enjeksiyon sırasında gerçek zamanlı yayılımın izlenmesi, intravasküler veya intranöral enjeksiyon riskini azaltan temel uygulamalardır.

10. FAST ve eFAST

FAST (Focused Assessment with Sonography for Trauma)

Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST), travma hastalarında yaşamı tehdit eden iç kanamaların hızlı şekilde saptanması amacıyla geliştirilen hedefe yönelik hasta başı ultrason protokolüdür. İlk olarak künt abdominal travmaya bağlı hemoperitoneumun değerlendirilmesi amacıyla tanımlanmış olmakla birlikte, günümüzde travma resüsitasyonunun temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Özellikle hemodinamik olarak instabil hastalarda FAST incelemesi, tanısal süreci hızlandırarak cerrahi veya girişimsel tedavi kararlarının gecikmeden verilmesine olanak sağlar.

FAST incelemesinin temel amacı, travma hastasında serbest sıvının varlığını araştırmaktır. Klinik bağlamda saptanan serbest sıvı, aksi kanıtlanıncaya kadar hemoperitoneum veya hemoperikardiyum olarak değerlendirilmelidir. İnceleme kısa sürede tamamlanabilmesi, noninvaziv olması, iyonizan radyasyon içermemesi ve gerektiğinde seri olarak tekrarlanabilmesi nedeniyle acil ve perioperatif hasta yönetiminde önemli avantajlar sunmaktadır.

FAST İncelemesinin Temel Pencereleri

Standart FAST protokolü dört temel anatomik pencerenin değerlendirilmesini içerir:

- Perikardiyal pencere (Subkostal dört boşluk): Perikardiyal efüzyon ve kardiyak tamponad araştırılır.

- Sağ üst kadr n (Hepatorenal veya Morrison poşu): Karaciğer ile sa  böbrek arasındaki potansiyel boşluk serbest intraperitoneal sıvı açısından değerlendirilir. Hemoperitoneumun en sık saptandığı bölgelerden biridir.
- Sol  st kadr n (Splenorenal pencere): Dalak ile sol böbrek arasındaki boşluk ve diyafram çevresinde sıvı birikimi araştırılır.
- Pelvik pencere (Suprapubik): Erkeklerde rektovezikal, kadınlarda Douglas boşluğu serbest sıvı açısından değerlendirilir.

FAST incelemesinin en önemli avantajları arasında hasta başında uygulanabilmesi, hızlı sonuç vermesi, kolay tekrarlanabilmesi ve hastanın görüntüleme amacıyla başka bir bölüme transfer edilmesini gerektirmemesi yer almaktadır. Ayrıca iyonizan radyasyon içermemesi nedeniyle gebelerde ve çocuklarda güvenle kullanılabilir.

eFAST (Extended FAST)

Extended FAST (eFAST), klasik FAST protokolüne toraks ultrasonografisinin eklenmesiyle oluşturulmuş genişletilmiş değerlendirme yöntemidir. Bu inceleme ile intraabdominal ve perikardiyal kanamaların yanı sıra travmaya bağlı gelişebilecek pnömotoraks, hemotoraks ve plevral efüzyon da kısa sürede değerlendirilebilir.

eFAST incelemesinde anterior ve lateral toraks bölgeleri bilateral olarak değerlendirilir. Lung sliding, A-line, B-line, lung point ve M-mod bulguları kullanılarak pnömotoraks araştırılırken, diyafram üzerinde izlenen anekoik sıvı koleksiyonları hemotoraks açısından değerlendirilir. Özellikle supin pozisyonadaki travma hastalarında eFAST'ın pnömotoraks tanısındaki duyarlılığı akciğer grafisinden daha yüksek olup, erken tanı ve zamanında tedaviye olanak sağlamaktadır.

Travma algoritmalarında eFAST, hemodinamik olarak instabil hastanın ilk değerlendirmesinin ayrılmaz bir parçasıdır. İnteraperitoneal serbest sıvı, perikardiyal efüzyon, pnömotoraks veya hemotoraksın kısa sürede gösterilebilmesi; acil laparotomi, torakostomi veya diğer yaşam kurtarıcı girişimlerin gecikmeden planlanmasına olanak sağlayarak hasta prognozunu olumlu yönde etkilemektedir.

Travma Hastasında Kullanımı

FAST ve eFAST incelemeleri, günümüzde travma hastasının erken değerlendirilmesinde Advanced Trauma Life Support (ATLS) yaklaşımının temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Özellikle hemodinamik olarak instabil hastalarda, yaşamı tehdit eden kanama odaklarının ve torasik yaralanmaların kısa sürede belirlenmesine olanak sağlayarak tanı ve tedavi sürecini hızlandırmaktadır.

Hemodinamik olarak instabil travma hastasında eFAST incelemesinde intraperitoneal serbest sıvı veya perikardiyal efüzyon saptanması, aktif kanama olasılığını güçlü şekilde düşündürür. Bu durumda hastanın bilgisayarlı tomografi için zaman kaybetmeden doğrudan ameliyathaneye veya uygun olgularda girişimsel radyoloji ünitesine yönlendirilmesi yaşam kurtarıcı olabilir. Benzer şekilde, perikardiyal efüzyona eşlik eden kardiyak tamponad bulgularının gösterilmesi acil cerrahi girişim veya perikardiyosentez gereksinimini ortaya koyarak tedavi stratejisinin hızla belirlenmesini sağlar.

eFAST incelemesinin toraks bileşeni, travmaya bağlı gelişen pnömotoraks ve hemotoraksın erken dönemde tanınmasına önemli katkı sağlamaktadır. Lung sliding'in kaybolması, lung point bulgusunun gösterilmesi veya plevral boşlukta anekoik sıvı koleksiyonunun saptanması gibi ultrason bulguları, tüp torakostomi gibi acil girişimlerin gecikmeden uygulanmasına olanak tanır. Bu nedenle eFAST yalnızca tanısal amaçlı bir görüntüleme yöntemi olmayıp, travma hastasında uygulanacak yaşam kurtarıcı girişimlerin zamanlamasını doğrudan etkileyen dinamik bir değerlendirme aracıdır.

Bununla birlikte, negatif FAST veya eFAST incelemesi intraabdominal yaralanmayı kesin olarak dışlamaz. Özellikle düşük hacimli erken dönem kanamalar, retroperitoneal hematomlar, mezenter yaralanmaları, pankreatik travmalar ve içi boş organ perforasyonları ultrasonografi ile saptanamayabilir. Ayrıca görüntü kalitesi uygulayıcının deneyimi, hastanın vücut habitusu, obezite, bağırsak gazı, subkutan amfizem ve eşlik eden torakoabdominal yaralanmalar gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilir. Bu nedenle ultrason bulguları her zaman hastanın klinik durumu, fizik muayene bulguları, laboratuvar sonuçları ve gerektiğinde diğer görüntüleme yöntemleri ile birlikte değerlendirilmelidir.

Hemodinamik olarak stabil hastalarda klinik şüphenin devam etmesi durumunda kontrastlı bilgisayarlı tomografi, solid organ yaralanmaları, retroperitoneal patolojiler ve içi boş organ perforasyonlarının değerlendirilmesinde altın standart görüntüleme yöntemi olmaya devam etmektedir (12). FAST ve eFAST bu hasta grubunda bilgisayarlı tomografinin yerine geçen yöntemler değil, ilk değerlendirmeyi hızlandıran ve ileri görüntüleme gereksinimini yönlendiren tamamlayıcı tanısal araçlardır.

Sonuç olarak FAST ve eFAST, travma hastalarının erken değerlendirilmesinde hızlı, güvenilir, tekrarlanabilir ve hasta başında uygulanabilen ultrason protokolleridir. Özellikle anesteziyologlar, acil tıp uzmanları, yoğun bakım hekimleri ve travma cerrahları için bu yöntemler; hemodinamik instabilitenin nedeninin belirlenmesi, yaşamı tehdit eden yaralanmaların erken tanınması ve zamanında cerrahi veya girişimsel tedavi kararının verilmesinde vazgeçilmez bir rol üstlenmektedir(13).

Kaynaklar

1. Sekiguchi H. Tools of the trade: point-of-care ultrasonography as a stethoscope. *Semin Respir Crit Care Med*. 2016;37(1):68-87.
2. Boselli E, Hopkins P, Lamperti M, Estebe JP, Fuzier R, Biasucci DG, et al. European Society of Anaesthesiology and Intensive Care Guidelines on peri-operative use of ultrasound for regional anaesthesia (PERSEUS regional anaesthesia): peripheral nerve blocks and neuraxial anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol*. 2021;38(3):219-250. doi:10.1097/EJA.0000000000001332.
3. Miller A. A practical approach to lung ultrasound. *BJA Educ*. 2016;16(2):39-45.
4. Pan X, Chai J, Gao X, Li S, Liu J, Li L, et al. Diagnostic performance of ultrasound in the assessment of gastric contents: a meta-analysis and systematic review. *Insights Imaging*. 2024;15(1):98. doi:10.1186/s13244-024-01665-0.
5. Godschalx V, Vanhoof M, Soetens F, Van de Putte P, Hadzic A, Van de Velde M, et al. The role of gastric ultrasound in anaesthesia for emergency surgery: a review and clinical guidance. *Eur J Anaesthesiol Intensive Care*. 2023;2(4):e0027. doi:10.1097/EA9.0000000000000027.
6. Soni VM, Pappu A, Zarabi S, Khalil C, You-Ten KE, Siddiqui N, et al. Point-of-care ultrasound of the upper airway in difficult airway management: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia*. 2025;80(12):1556-1567. doi:10.1111/anae.16751.
7. Lin J, Bellinger R, Shedd A, Wolfshohl J, Walker J, Healy J, et al. Point-of-care ultrasound in airway evaluation and management: a comprehensive review. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(9):1541. doi:10.3390/diagnostics13091541.
8. Paternò DS, La Via L, Giudice EL, Lentini M, Maniaci A, Bonaccorso AM, et al. Point-of-care ultrasound in airway management. *J Clin Med*. 2026;15(7):2726.
9. Cho SA, Jang YE, Ji SH, Kim EH, Lee JH, Kim HS, et al. Ultrasound-guided arterial catheterization. *Anesth Pain Med (Seoul)*. 2021;16(2):119-132. doi:10.17085/apm.21025.
10. Olga D. Features of ultrasound techniques in performing peripheral regional blocks. *Am J MSPR*. 2025;7(8):35-43.
11. Savoia P, Jayanthi SK, Chammas MC. Focused assessment with sonography for trauma (FAST). *J Med Ultrasound*. 2023;31(2):101-106. doi:10.4103/jmu.jmu_12_23.
12. American College of Surgeons. Advanced Trauma Life Support (ATLS®): Student Course Manual. 11th ed. Chicago (IL): American College of Surgeons; 2023.

Kanser Tedavisinde Kullanılan Monoklonal Antikorlar: Güncel Yaklaşımlar ve Gelecek Perspektifleri

Ziad JOHA¹, Mustafa ERGÜL²

1. GİRİŞ

1.1 Tanım ve Tarihsel Gelişim

Kanser, tanı ve tedavi alanındaki önemli gelişmelere rağmen dünya genelinde morbidite ve mortalitenin başlıca nedenlerinden biri olmaya devam etmektedir. Cerrahi, radyoterapi ve kemoterapi gibi geleneksel tedavi yöntemleri son yıllarda hasta sağkalımını önemli ölçüde artırmış olsa da, bu yaklaşımların düşük hedef seçiciliği normal dokularda ciddi toksisiteye yol açabilmekte ve tedavi direnci ile hastalık nüksüne katkıda bulunabilmektedir. Bu sınırlılıklar, tümöre özgü molekülleri seçici olarak hedefleyen ve sağlıklı dokular üzerindeki zararı en aza indiren hedefe yönelik tedavilerin geliştirilmesini teşvik etmiştir. Bu tedavi yaklaşımları arasında monoklonal antikorlar (mAb'ler), modern onkolojinin en başarılı ve en hızlı gelişen biyolojik tedavi sınıflarından biri olarak öne çıkmaktadır [1]. Monoklonal antikorlar, tek bir B lenfosit klonundan elde edilen ve belirli bir antijen üzerindeki tek bir epitopu tanıyacak şekilde tasarlanmış yüksek özgüllüğe sahip immünoglobulin molekülleridir. Birden fazla epitopu tanıyabilen poliklonal antikorların aksine, monoklonal antikorlar olağanüstü hedef seçiciliği gösterir [1, 2]. Bu özellikleri sayesinde tümör gelişimi, anjiyogenez, metastaz ve immün kaçış gibi kanser biyolojisinin temel süreçlerinde görev alan moleküler yolları seçici olarak modüle edebilirler. Malign ve normal hücreleri ayırt edebilme yetenekleri, tümörlerin moleküler özelliklerine göre şekillendirilen hassas (precision) tıp yaklaşımının gelişmesinde önemli rol oynamıştır [1].

Antikor temelli tedavilerin kavramsal temeli, yirminci yüzyılın başlarında Paul Ehrlich tarafından ortaya atılan "sihirli mermi (magic bullet)" hipotezine dayanmaktadır. Ehrlich, tedavi edici ajanların normal dokulara zarar vermeden yalnızca hastalıklı hücreleri hedefleyebileceğini öne sürmüştür. Bu yaklaşım uzun yıllar teorik düzeyde kalsa da, günümüzdeki hedefe yönelik tedavilerin

¹ Departments of Pharmacology, School of Medicine, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
E-mail: ziadjoa@cumhuriyet.edu.tr

² Departments of Biyokimya, School of Medicine, Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

bilimsel temelini oluşturmuştur. Antikorların moleküler yapısının 1960'lı yıllarda aydınlatılması ise antijen-antikor etkileşimlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır [3].

Monoklonal antikorların geliştirilmesindeki en önemli dönüm noktası, 1975 yılında Georges Köhler ve Csar Milstein tarafından hibritoma teknolojisinin geliştirilmesi olmuştur. Bu yöntem, antikor üreten B lenfositlerinin ölümsüz miyelom hücreleri ile kaynaştırılması esasına dayanmakta olup, belirli bir antijene karşı sınırsız miktarda özdeş antikor üretebilen hibrit hücrelerin elde edilmesini sağlamıştır. Hibritoma teknolojisi immünoloji alanında devrim niteliğinde kabul edilmiş ve Köhler ile Milstein'a 1984 yılında Nobel Fizyoloji veya Tıp dl kazandırmıştır. Bu gelişme, monoklonal antikorların tanı, araştırma ve klinik tedavi alanlarında yaygın olarak kullanılmasının temelini oluşturmuştur [4].

Bununla birlikte, ilk nesil fare kökenli monoklonal antikorların insanlarda immünojenik olmaları nedeniyle klinik kullanımları sınırlı kalmıştır. İnsan anti-fare antikorlarının gelişmesi, tedavi etkinliğini azaltmış ve tekrarlayan uygulamaları güçleştirmiştir. Rekombinant DNA teknolojisi ve protein mühendisliğindeki ilerlemeler sayesinde daha sonra kimerik, hümanize ve tamamen insan kaynaklı monoklonal antikorlar geliştirilmiş; böylece immünojenisite önemli ölçüde azaltılırken farmakokinetik özellikler ve tedavi etkinliğı artırılmıştır [5, 6].

1990'lı yılların sonlarında CD20 hedefli rituksimabın B hücreli non-Hodgkin lenfoma tedavisinde klinik başarı göstermesi, hedefe yönelik kanser tedavisinde yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. Bunu HER2, EGFR, VEGF, PD-1, PD-L1 ve CTLA-4 gibi farklı moleküler hedeflere yönelik çok sayıda monoklonal antikor izlemiş ve günümüzde bu ajanlar hem hematolojik malignitelerde hem de solid tümörlerde standart tedavi protokollerinin önemli bileşenleri hâline gelmiştir. Son yıllarda ise antikor-ilac konjugatları (ADC), bispesifik antikorlar ve immün kontrol noktası inhibitörleri gibi yeni nesil teknolojiler, antikor temelli kanser tedavisinin kapsamını daha da genişletmiştir [1].

Günümüzde monoklonal antikorlar, hassas onkolojinin temel taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Moleküler biyoloji, yapısal immünoloji, protein mhendisliğı ve yapay zekâ destekli antikor tasarımı alanlarındaki gelişmeler, daha yüksek etkinliğı, daha iyi güvenlik profiline ve daha geniş klinik kullanım alanına sahip yeni nesil antikorların geliştirilmesini hızlandırmaktadır [7].

1.2 Kanser Tedavisinde Monoklonal Antikorların Önemi

Monoklonal antikorlar (mAb'ler), tümöre özgü antijenleri yüksek seçicilikle hedefleyerek tedavi etkinliğini artırırken normal dokular üzerindeki hasarı en aza indirmeleri sayesinde kanser tedavisinde önemli bir dönüşüm sağlamıştır. Düşük hedef özgüllüğüne sahip olan konvansiyonel kemoterapinin aksine, mAb'ler tümör büyümesi, anjiyogenez, metastaz ve immün kaçışta rol oynayan temel moleküler yolları hedef alarak etkilerini gösterir. Doğrudan antitümör etkilerinin yanı sıra, antikora bağımlı hücrel sitotoksikite (ADCC), komplemana bağımlı sitotoksikite (CDC) ve immün kontrol noktası blokajı gibi immün aracılı mekanizmaları da aktive edebilmektedir. Hassas (precision) onkoloji uygulamalarına entegre edilmeleri, hematolojik maligniteler ve solid tümörler dâhil olmak üzere çok sayıda kanser türünde klinik sonuçların iyileştirilmesine önemli katkı sağlamış ve monoklonal antikorları modern kanser tedavisinin vazgeçilmez bileşenlerinden biri hâline getirmiştir [8].

1.3 Yapısal Özellikler ve Sınıflandırma

Monoklonal antikorlar, ağırlıklı olarak immünoglobulin G (IgG) sınıfına ait glikoproteinler olup, disülfid bağları ile birbirine bağlanmış iki özdeş ağır zincir ve iki özdeş hafif zincirden oluşmaktadır. Yapısal olarak her antikor, hedef antijeni özgül olarak tanıyıp bağlayan antijen bağlayıcı parça (Fab) bölgesi ile Fc reseptörleri ve kompleman proteinleriyle etkileşerek immün efektör fonksiyonları gerçekleştiren kristalleşebilir parça (Fc) bölgesinden meydana gelir. Bu yapı, monoklonal antikorların hem doğrudan antitümör etki göstermesine hem de immün aracılı sitotoksik mekanizmaları aktive etmesine olanak sağlar. Monoklonal antikorlar, kökenlerine ve insanlaştırılma derecelerine göre dört temel gruba ayrılır: fare kökenli (-omab), kimerik (-ximab), hümanize (-zumab) ve tamamen insan kaynaklı (-umab) antikorlar. İnsanlaştırma teknolojilerindeki gelişmeler, immünojenisiteyi önemli ölçüde azaltırken farmakokinetik özellikleri ve klinik etkinliği artırmıştır. Ayrıca antikor mühendisliğindeki ilerlemeler sonucunda antikor-ilaç konjugatları (ADC), bispesifik antikorlar ve Fc bölgesi modifiye edilmiş antikorlar geliştirilmiş olup, bu yeni nesil yaklaşımlar monoklonal antikorların hedefe yönelik ve kişiselleştirilmiş kanser tedavisindeki kullanım alanlarını önemli ölçüde genişletmiştir [9].

Bu kitap bölümünde, kanser tedavisinde kullanılan monoklonal antikorların tarihsel gelişimi, yapısal özellikleri, etki mekanizmaları, klinik uygulamaları ve yeni nesil yaklaşımları güncel literatür ışığında ele alınacaktır. Ayrıca, bu tedavilerin hassas onkolojideki rolü ile gelecekteki gelişim potansiyeli ve karşılaşılabilecek temel zorluklar değerlendirilecektir.

2. Monoklonal Antikorların Etki Mekanizmaları

Monoklonal antikorlar (mAb'ler), doğrudan tümör hücresi sinyal iletiminin inhibisyonu, immün efektör fonksiyonların aktivasyonu, tümör mikroçevresinin modülasyonu ve sitotoksik ajanların hedefe yönelik taşınması dâhil olmak üzere çok sayıda ve çoğu zaman birbirini tamamlayan mekanizma aracılığıyla antitümör etkilerini gösterir. Baskın etki mekanizması; hedef antijen, antikor izotipi, Fc bölgesinin özellikleri ve tümör hücreleri ile konağın immün sistemi arasındaki etkileşimler gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu nedenle tek bir monoklonal antikor, eş zamanlı olarak birden fazla mekanizma üzerinden kanser hücrelerini ortadan kaldırabilir ve böylece terapötik etkinliği katkıda bulunabilir [1].

2.1 Tümör Hücresi Sinyal İletiminin Doğrudan Modülasyonu

Birçok terapötik monoklonal antikor, tümör hücrelerinin proliferasyonunu ve sağkalımını düzenleyen reseptörlere veya ligandlara doğrudan bağlanır. Ligand-reseptör etkileşimlerini bloke ederek veya reseptör dimerizasyonunu engelleyerek bu antikorlar PI3K/AKT, MAPK/ERK ve JAK/STAT gibi aşağı akım sinyal yollarını inhibe eder. Bunun sonucunda hücre döngüsünün durması, hücre proliferasyonunun azalması ve apoptoz meydana gelebilir. Örneğin trastuzumab, HER2-pozitif meme kanserinde HER2 aracılı sinyal iletimini inhibe ederken, cetuximab kolorektal ve baş-boyun kanserlerinde epidermal büyüme faktörü reseptörünün (EGFR) aktivasyonunu bloke eder. Reseptör blokajına ek olarak bazı antikorlar reseptör internalizasyonunu ve yıkımını da indükleyerek tümör hücresi yüzeyindeki reseptörlerin kullanılabilirliğini azaltır ve antitümör etkinliği artırır [10, 11].

2.2 Antikora Bağımlı Hücrel Sitotoksite (ADCC)

ADCC, monoklonal antikor tedavisinin temel immün aracılı mekanizmalarından biridir. Antikorum Fab bölgesi tümörle ilişkili bir antijene bağlandıktan sonra Fc bölgesi, doğal öldürücü (NK) hücreler, makrofajlar, nötrofiller ve diğer immün efektör hücrelerde bulunan Fcγ reseptör IIIa (CD16) ile etkileşime girer. Bu etkileşim immün hücreleri aktive ederek antikorla kaplanmış tümör hücrelerinde apoptozu indükleyen perforin ve granzimlerin salınmasına neden olur. Klinik ve deneysel çalışmalar, ADCC'nin rituksimab, trastuzumab ve cetuximab gibi antikorların terapötik etkinliğine önemli ölçüde katkı sağladığını göstermiştir. Fc mühendisliği yaklaşımları, yeni nesil antikorlarda ADCC aktivitesini daha da artırmıştır [12].

2.3 Komplemana Bağımlı Sitotoksiste (CDC)

Antikor tümör hücresi yüzeyine bağlandıktan sonra Fc bölgesi, kompleman proteini C1q'yu bağlayarak klasik kompleman kaskadını başlatabilir. Bu yolun aktivasyonu, tümör hücre membranının bütünlüğünü bozan ve hücre lizisine neden olan membran atak kompleksinin (MAC) oluşumuyla sonuçlanır. Doğrudan sitotoksisteye ek olarak kompleman aktivasyonu inflamasyonu destekler ve tümör mikroçevresine ek immün hücrelerin çekilmesini kolaylaştırır. CDC, özellikle rituksimab ve ofatumumab olmak üzere birçok terapötik antikor için önemli bir mekanizma olarak kabul edilmektedir [12].

2.4 Antikora Bağımlı Hücresel Fagositoz (ADCP)

Monoklonal antikorlar, sitotoksisteye ek olarak antikora bağımlı hücresel fagositoz yoluyla da tümörün ortadan kaldırılmasını sağlayabilir. Makrofajlar ve dendritik hücreler, antikorla kaplanmış tümör hücrelerinin Fc bölgesini Fcγ reseptörleri aracılığıyla tanır, bu hücreleri fagosit eder ve fagolizozomlar içerisinde parçalar. Bu süreç yalnızca tümör yükünü azaltmakla kalmaz, aynı zamanda T lenfositlerine antijen sunumunu kolaylaştırarak doğuştan gelen ve adaptif immün yanıtları birbirine bağlar ve uzun süreli antitümör bağışıklığa katkıda bulunabilir [10, 13].

2.5 İmmün Kontrol Noktalarının Bloke Edilmesi

İmmün kontrol noktası inhibitörleri, antikor temelli kanser tedavisindeki en önemli gelişmelerden birini temsil etmektedir. Programlanmış hücre ölümü proteini-1 (PD-1), programlanmış hücre ölümü ligandı-1 (PD-L1) ve sitotoksik T-lenfosit ilişkili protein-4'ü (CTLA-4) hedefleyen antikorlar, inhibitör sinyal yollarını bozarak tükenmiş T hücrelerinin fonksiyonlarını yeniden düzenler. Yeniden aktive olan sitotoksik T lenfositler malign hücreleri daha etkili bir şekilde tanır ve ortadan kaldırır. Bunun sonucunda çeşitli solid tümörlerde ve hematolojik malignitelerde uzun süreli klinik yanıtlar elde edilebilir. Geleneksel tümör hedefli antikorlardan farklı olarak kontrol noktası inhibitörleri, esas olarak kanser hücrelerine doğrudan saldırmak yerine konağın doğal antitümör bağışıklığını güçlendirir [10] [14, 15].

2.6 Sitotoksik Ajanların Hedefe Yönelik Taşınması

Antikor mühendisliğindeki son gelişmeler, monoklonal antikorların terapötik yüklerin yüksek seçicilikle taşınmasını sağlayan araçlar olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır. Antikor-ilaç konjugatları (ADC'ler), bir monoklonal antikoru kimyasal bir bağlayıcı aracılığıyla güçlü bir sitotoksik ajana bağlanmasından oluşur. Antijenin tanınması ve hücre içine alınmasının ardından

sitotoksik yük hücre içinde serbestleşir ve sistemik toksisiteyi azaltırken tümör hücrelerinin seçici olarak ortadan kaldırılmasını sağlar. Benzer şekilde, radyoimmünokonjugatlar radyonüklidleri doğrudan tümör hücrelerine taşıırken, bispesifik antikolar aynı anda tümör antijenlerini ve immün hücreleri tanıyarak T lenfositlerini malign hücrelere yönlendirir. Bu yeni nesil antikor formatları, monoklonal antikoların terapötik kapasitesini önemli ölçüde genişletmiştir [10].

3. Kanser Tedavisinde Kullanılan Başlıca Monoklonal Antikolar

İlk terapötik monoklonal antikor olan muromonab-CD3'ün 1986 yılında onaylanmasından bu yana, antikor temelli tedaviler önemli ölçüde gelişmiş ve modern onkolojinin en önemli bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Muromonab bir antikanser ilacı olmamasına rağmen, 1997 yılında rituksimabın onaylanması kanser tedavisinde önemli bir dönüm noktası oluşturmuş ve monoklonal antikoların klinik olarak etkili antitümör ajanlar olduğunu ortaya koymuştur. Rituksimab, esas olarak B-hücreli non-Hodgkin lenfoma ve kronik lenfositik lösemide kullanılan kimerik bir anti-CD20 antikorudur. B lenfositleri üzerindeki CD20'ye bağlanan rituksimab; komplemana bağımlı sitotoksiste, antikora bağımlı hücrel sitotoksiste, antikora bağımlı hücrel fagositoz ve doğrudan apoptotik mekanizmalar yoluyla tümör hücrelerinin ortadan kaldırılmasını sağlar. Rituksimabın klinik başarısı, tümörle ilişkili antijenleri ve sinyal yollarını hedefleyen çok sayıda antikorum geliştirilmesini teşvik etmiştir [16, 17].

Monoklonal antikor tedavisindeki en önemli sonraki gelişmelerden biri, insan epidermal büyüme faktörü reseptörü 2'yi (HER2) hedefleyen hümanize monoklonal antikor trastuzumabın geliştirilmesidir. Trastuzumab, esas olarak HER2-pozitif meme kanseri ile mide veya gastroözofageal bileşke kanserlerinin tedavisinde kullanılmaktadır. HER2 aracılı sinyal iletimini inhibe eder, reseptör internalizasyonunu destekler ve özellikle antikora bağımlı hücrel sitotoksiste (ADCC) olmak üzere immün aracılı mekanizmaları uyarır. Diğer önemli reseptör hedefli antikolar arasında EGFR'yi hedefleyen ve seçilmiş kolorektal kanser hastalarında kullanılan cetuximab ve panitumumab yer almaktadır. Cetuximab ayrıca baş-boyun skuamöz hücreli karsinomunda da kullanılmaktadır. Bu antikolar, ligand aracılı reseptör aktivasyonunu ve RAS-RAF-MEK-ERK ile PI3K-AKT gibi aşağı akım sinyal yollarını bloke ederek tümör hücrelerinin proliferasyonunu ve sağkalımını baskılar [18].

Anjiyogenez karşıtı tedavi, monoklonal antikoların bir diğer önemli kullanım alanını oluşturmaktadır. VEGF-A'yı hedefleyen bevacizumab, VEGF-A ile endotelial hücreler üzerindeki VEGF reseptörleri arasındaki etkileşimi inhibe ederek tümör ilişkili anjiyogenezi baskılar. Kolorektal, akciğer, renal, over ve serviks kanserleri dâhil olmak üzere çeşitli malignitelerde kullanılmaktadır. Buna

karşılık immün kontrol noktası inhibitörleri, doğrudan tümör hücrelerini hedeflemek yerine konağın antitümör bağışıklığını aktive ederek monoklonal antikor tedavisinin terapötik yaklaşımını dönüştürmüştür. İpilimumab, pembrolizumab, nivolumab, atezolizumab, durvalumab ve avelumab gibi CTLA-4, PD-1 ve PD-L1'i hedefleyen antikorlar günümüzde çok sayıda solid tümör ve hematolojik malignitede kullanılmaktadır. Bu ajanlar, inhibitör immün sinyal yollarını engelleyerek antitümör T hücresi aktivitesini yeniden düzenler [18].

Daha yakın dönemde antikor mühendisliğindeki gelişmeler, terapötik kapsamı geleneksel monoklonal antikorların ötesine taşımıştır. Trastuzumab emtansine, trastuzumab deruxtecan, sacituzumab govitecan ve datopotamab deruxtecan gibi antikor-ilaç konjugatları (ADC'ler), antijen tanınmasını yüksek potent sitotoksik yüklerin seçici olarak taşınmasıyla birleştirmektedir. Bu ajanlar, hedef antijene ve biyobelirteç profiline bağlı olarak meme, mide, ürotelyal, akciğer ve diğer solid tümörlerde kullanılmaktadır. Etki mekanizmaları genel olarak antijen bağlanması, hücre içine internalizasyon, sitotoksik yükün hücre içinde serbestleşmesi ve ardından hücre ölümünün gerçekleşmesini içerir [19].

Bispesifik antikorlar, antikor temelli kanser tedavilerinin en yeni ve en hızlı gelişen sınıflarından birini oluşturmaktadır. Bu moleküller iki farklı antijene eş zamanlı olarak bağlanarak immün hücreleri malign hücrelere yönlendirebilir veya hastalıkla ilişkili iki farklı sinyal yolağını inhibe edebilir. Bu gruba örnek olarak CD3-pozitif T hücrelerini CD19-pozitif B hücreli malignitelere bağlayan blinatumomab ile multipl miyelomda BCMA veya GPRC5D'yi hedefleyen daha yeni bispesifik antikorlar verilebilir. 2023 yılı sonu itibarıyla, 11'i onkolojik endikasyonlarda olmak üzere toplam 14 bispesifik antikor onay almıştır [20].

Antikor temelli tedavilerin geliştirilmesi günümüzde hızla devam etmektedir. Son yıllarda immün kontrol noktası inhibitörleri, bispesifik antikorlar, ADC'ler ve diğer mühendislik ürünü antikor formatlarının onaylanması, bu terapötik platformun hızlı biçimde çeşitlendiğini göstermektedir. Yalnızca 2024 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), geleneksel antikorlar, bispesifik antikorlar, bir immüno sitokin ve bir Fc-füzyon proteini dâhil olmak üzere 15 antikor temelli terapötik molekülü onaylamıştır. Bu nedenle rituksimab gibi ilk nesil antikorlardan yüksek düzeyde mühendislik uygulanmış multispesifik ve konjuge moleküllere geçiş, basit antijen hedeflemesinden çok işlevli ve biyobelirteç temelli kanser tedavisine doğru ilerleyen dönüşümü yansıtmaktadır [21].

4. Monoklonal Antikor Tedavisinin Avantajları, Sınırlılıkları ve Yan Etkileri

Monoklonal antikorlar (mAb'ler), yüksek hedef özgüllükleri ve doğrudan antitümör etkinliği immün aracılı mekanizmalarla birleştirebilme yetenekleri nedeniyle modern kanser tedavisinin temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Konvansiyonel sitotoksik kemoterapiyle karşılaştırıldığında mAb'ler, tümörle ilişkili antijenleri veya düzensizleşmiş sinyal yollarını seçici olarak tanıyabilmekte ve böylece normal dokulardaki spesifik olmayan hasarı azaltabilmektedir. Bu hedef özgüllüğü, biyobelirteç temelli tedavi stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamakta ve hassas onkoloji ilkelerini desteklemektedir. Ayrıca antikorların modüler yapısı, protein mühendisliği yoluyla terapötik fonksiyonlarının değiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu doğrultuda antikorlar; immün efektör fonksiyonları artırmak, farmakokinetik özellikleri iyileştirmek, immünojenisiteyi azaltmak veya sitotoksik ilaçları ve radyonüklidleri doğrudan malign hücrelere taşımak üzere optimize edilebilmektedir. Bu özellikler, antikor-ilâç konjugatları, bispesifik antikorlar ve giderek daha çeşitli terapötik işlevlere sahip diğer mühendislik ürünü antikor formatlarının geliştirilmesini kolaylaştırmıştır [1, 22]

Bu avantajlarına rağmen monoklonal antikor tedavisinin bazı önemli sınırlılıkları bulunmaktadır. Bir antikorum klinik etkinliği genellikle hedef antijenin varlığına, yoğunluğuna ve erişilebilirliğine bağlıdır. Bu nedenle, hastalar ve tümör içindeki hücreler arasında görülen belirgin heterojenlik tedavi yanıtlarını sınırlayabilir. Tümörler ayrıca antijen kaybı veya antijen ekspresyonunun azalması, aşağı akım sinyal yollarında meydana gelen değişiklikler, telafi edici sağkalım mekanizmalarının aktivasyonu ve tümör mikroçevresindeki değişiklikler yoluyla tedavi direnci geliştirebilir. Ayrıca antikorların büyük moleküler yapısı, özellikle anormal damar yapısına ve yoğun ekstrasellüler matrikse sahip solid tümörlerde doku penetrasyonunu sınırlayabilir. İntravenöz uygulama gerekliliği, uzun geliştirme süreçleri, karmaşık üretim süreçleri ve yüksek tedavi maliyetleri de tedaviye erişimi kısıtlayabilmektedir. Bu nedenle uygun hastaların seçimi, güvenilir biyobelirteçlerin kullanılmasını ve moleküler profillemeye yöntemlerindeki gelişmeleri gerektirmektedir [1, 18, 23].

Monoklonal antikorlar genel olarak konvansiyonel kemoterapiden daha seçici kabul edilse de yan etkilerden tamamen bağımsız değildir. Özellikle ilk uygulama sırasında ateş, titreme, baş ağrısı, bulantı, hipotansiyon ve sitokin salınımı gibi infüzyonla ilişkili reaksiyonlar görülebilir. Aşırı duyarlılık reaksiyonları ve nadiren ciddi anafilaksi de ortaya çıkabilir. Birçok terapötik antikor immün yanıtları modüle ettiğinden, immün aracılı toksisiteler gelişebilir. Örneğin immün

kontrol noktası inhibitörleri; deri, gastrointestinal sistem, karaciğer, endokrin organlar, akciğerler, böbrekler ve diğer dokuları etkileyebilen immün ilişkili advers olaylara neden olabilir. Bununla birlikte, her antikorun toksisite profili büyük ölçüde hedeflediği moleküler yapıya bağlıdır. Örneğin bevacizumab ile VEGF inhibisyonu hipertansiyon, proteinüri, kanama, yara iyileşmesinde bozulma ve diğer vasküler komplikasyonlarla ilişkili olabilirken, HER2 hedefli tedaviler duyarlı hastalarda kardiyak disfonksiyona yol açabilir. Anti-CD20 antikorları ise infüzyon reaksiyonları, uzun süreli B hücresi tükenmesi ve enfeksiyonlara yatkınlıkta artışa neden olabilir [1, 24, 25].

Ek önemli sorunlar arasında immünojenisite ve anti-ilaç antikorlarının (ADA'lar) gelişimi yer almaktadır. Hümanizasyon ve tamamen insan kaynaklı antikor teknolojileri immünojenisiteyi önemli ölçüde azaltmış olsa da istenmeyen immün yanıtlar hâlâ ortaya çıkabilmekte ve farmakokinetik özellikleri değiştirebilmekte, terapötik etkinliği azaltabilmekte veya nadiren güvenlilik sorunlarına yol açabilmektedir. İmmünojenisite riski; antikorun yapısı, hastaya ait faktörler, tedavi süresi ve terapötik üründe bulunan safsızlıklar veya agregatların varlığından etkilenmektedir [25].

Genel olarak monoklonal antikorlar seçici hedefleme, immün sistemin aktive edilmesi ve moleküler mühendislik yoluyla önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, tedavi direnci, tümör heterojenitesi, sınırlı doku penetrasyonu, immünojenisite, toksisite ve yüksek maliyet bu tedavilerin klinik kullanımındaki başlıca sınırlılıklar olmaya devam etmektedir. Biyobelirteçlerin geliştirilmesi, antikor mühendisliği, ilaç taşıma sistemleri ve kombinasyon tedavilerindeki ilerlemeler, sınırlılıkları azaltırken monoklonal antikorların terapötik faydasını en üst düzeye çıkarmak açısından büyük önem taşımaktadır [1, 18, 23].

5. Yeni Nesil Monoklonal Antikorlar ve Gelecek Perspektifi

Monoklonal antikor tedavilerinin geliştirilmesi, geleneksel monospesifik antikorların ötesine geçerek giderek daha karmaşık, çok işlevli ve hassas şekilde tasarlanmış terapötik platformlara doğru hızla ilerlemektedir. Moleküler biyoloji, protein mühendisliği, yapısal biyoloji ve hesaplamalı teknolojilerdeki gelişmeler; daha yüksek tümör seçiciliğine, güçlendirilmiş immün aktivasyona, optimize edilmiş farmakokinetik özelliklere ve tedavi direnci mekanizmalarının üstesinden gelme potansiyeline sahip antikorların tasarlanmasını mümkün kılmıştır. Bu nedenle antikor temelli kanser tedavisinin geleceğinin; multispesifik antikorlar, yeni nesil antikor-ilaç konjugatları (ADC'ler), immün sistemi modüle eden antikor formatları ve biyobelirteç temelli kişiselleştirilmiş tedavi stratejileri tarafından şekillendirilmesi beklenmektedir [1].

Bispesifik ve multispesifik antikörler, yeni nesil antikör tedavilerindeki en önemli gelişmelerden birini temsil etmektedir. Tek bir antijeni tanıyan geleneksel monoklonal antikörlerin aksine, bu moleküller eş zamanlı olarak iki veya daha fazla hedefe bağlanabilmektedir. Bu özellik, farklı terapötik işlevlerin tek bir molekül içerisinde birleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Onkolojide bir antikör kolu tümörle ilişkili bir antijeni tanıırken, diğer kol T hücreleri üzerindeki CD3'e bağlanarak sitotoksik T lenfositlerini fiziksel olarak malign hücrelere yönlendirebilir. Diğer multispesifik formatlar ise iki sinyal yolağını aynı anda bloke edebilir veya birden fazla tümörle ilişkili antijeni tanıyabilir. Bu yaklaşımlar, tedavi etkinliğini artırma ve tümör heterojenliğinin üstesinden gelme potansiyeline sahiptir. Protein mühendisliğindeki ilerlemelerin, daha yüksek etkinliğe ve daha uygun güvenlik profillerine sahip giderek daha karmaşık moleküllerin geliştirilmesini sağlayacağı öngörülmektedir [20, 26].

ADC'ler de önemli teknolojik gelişmeler geçirmektedir. Geleneksel ADC'ler tümörü hedefleyen bir antikörü, bir bağlayıcıyı ve sitotoksik bir yükü bir araya getirirken, yeni nesil tasarımlar tedavi direncinin üstesinden gelmeyi, tümör seçiciliğini artırmayı ve terapötik indeksi iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Yeni yaklaşımlar arasında bispesifik ADC'ler, çift sitotoksik yük taşıyan ADC'ler, immün sistemi uyarıcı ADC'ler, protein yıkımını sağlayan ADC'ler ve probodilya ilaç konjugatları yer almaktadır. Bu yaklaşımlar; antijen heterojenliği, yetersiz internalizasyon, kazanılmış ilaç direnci ve hedef dışı toksisite gibi geleneksel ADC'lerin önemli sınırlılıklarını aşabilir. Özellikle çift antijen hedefleme tümör özgüllüğünü artırabilirken, yeni sitotoksik yükler ve bağlayıcı teknolojileri hücre içi ilaç salınımını iyileştirerek direnç mekanizmalarının aşılmasına katkı sağlayabilir [27].

Gelecekteki bir diğer önemli yönelim, tümör mikroçevresini aktif olarak modüle eden antikör formatlarının geliştirilmesidir. Yeni yaklaşımlar; immün baskılayıcı yolları, stromal bileşenleri, anjiyogenik mekanizmaları ve tümör progresyonuna katkıda bulunan immün hücre popülasyonlarını hedeflemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca monoklonal antikörlerin immün kontrol noktası inhibitörleri, kemoterapi, radyoterapi, hedefe yönelik tedaviler ve hücresel immünoterapilerle kombinasyonu sinerjistik antitümör etkiler oluşturabilir. Tümör biyolojisi ve prediktif biyobelirteçlere dayalı rasyonel kombinasyon stratejilerinin seçilmesi, tedavi yanıtlarının iyileştirilmesi ve gereksiz toksisitenin azaltılması açısından kritik öneme sahip olacaktır [1, 20, 28].

Yapay zekâ ve hesaplamalı yaklaşımların antikör keşfi ve mühendisliğini daha da dönüştürmesi beklenmektedir. Makine öğrenimi algoritmaları; yeni tümör ilişkili hedeflerin belirlenmesini, antikör-antijen etkileşimlerinin öngörülmesini, antikör afinitesi ve özgüllüğünün optimize edilmesini ve daha iyi

geliştirilebilirlik özelliklerine sahip antikorların tasarlanmasını kolaylaştırabilir. Büyük ölçekli genomik, proteomik, yapısal ve klinik verilerin bütünleştirilmesi, ampirik antikor keşfinden daha rasyonel ve veri odaklı terapötik tasarım sürecine geçişi hızlandırabilir [29].

6. Sonuç

Monoklonal antikorlar, tümörle ilişkili moleküllerin seçici olarak hedeflenmesini ve antitümör immün yanıtların modüle edilmesini sağlayarak modern kanser tedavisini temelden dönüştürmüştür. İlk terapötik antikorların geliştirilmesinden antikor-ilaç konjugatları, bispesifik antikorlar ve immün kontrol noktası inhibitörlerinin ortaya çıkışına kadar antikor temelli tedaviler giderek daha gelişmiş terapötik platformlara dönüşmüştür. Moleküler özgüllüğü immün aktivasyonla birleştirebilmeleri, hematolojik maligniteler ve solid tümörlerde tedavi sonuçlarının iyileştirilmesine katkı sağlamıştır. Bununla birlikte tedavi direnci, tümör heterojenitesi, toksisite, sınırlı doku penetrasyonu, immünojenisite ve yüksek maliyet önemli sorunlar olmaya devam etmektedir. Gelecekte antikor mühendisliği, biyobelirteç keşfi, yapay zekâ ve kişiselleştirilmiş tıptaki gelişmelerin bu tedavilerin etkinliğini ve güvenliliğini daha da artırması beklenmektedir.

Kaynaklar

1. Paul S, Konig MF, Pardoll DM, et al (2024) Cancer therapy with antibodies. *Nat Rev Cancer* 2024 24:399–426. <https://doi.org/10.1038/s41568-024-00690-x>
2. Lipman NS, Jackson LR, Trudel LJ, Weis-Garcia F (2005) Monoclonal versus polyclonal antibodies: distinguishing characteristics, applications, and information resources. *ILAR J* 46:258–267. <https://doi.org/10.1093/ILAR.46.3.258>
3. Strebhardt K, Ullrich A (2008) Paul Ehrlich's magic bullet concept: 100 years of progress. *Nat Rev Cancer* 2008 8:473–480. <https://doi.org/10.1038/nrc2394>
4. Kaunitz JD (2017) The Development of Monoclonal Antibodies. *Dig Dis Sci* 62:831. <https://doi.org/10.1007/S10620-017-4478-1>
5. Shepard HM, Phillips GL, Thanos CD, Feldmann M (2017) Developments in therapy with monoclonal antibodies and related proteins. *Clin Med (Northfield Il)* 17:220. <https://doi.org/10.7861/CLINMEDICINE.17-3-220>
6. Lu RM, Hwang YC, Liu IJ, et al (2020) Development of therapeutic antibodies for the treatment of diseases. *J Biomed Sci* 27:. <https://doi.org/10.1186/S12929-019-0592-Z>
7. Chan AC, Martyn GD, Carter PJ (2025) Fifty years of monoclonals: the past, present and future of antibody therapeutics. *Nat Rev Immunol* 2025 25:745–765. <https://doi.org/10.1038/s41577-025-01207-9>
8. Crescioli S, Kaplon H, Chenoweth A, et al (2024) Antibodies to watch in 2024. *MAbs* 16:. <https://doi.org/10.1080/19420862.2023.2297450>
9. Lu RM, Hwang YC, Liu IJ, et al (2020) Development of therapeutic antibodies for the treatment of diseases. *J Biomed Sci* 2020 27:1-. <https://doi.org/10.1186/S12929-019-0592-Z>
10. Weiner GJ (2015) Building better monoclonal antibody-based therapeutics. *Nat Rev Cancer* 2015 15:361–370. <https://doi.org/10.1038/nrc3930>
11. Zahavi D, Weiner L (2020) Monoclonal Antibodies in Cancer Therapy. *Antibodies* 9:34. <https://doi.org/10.3390/ANTIB9030034>
12. Shuptrine CW, Surana R, Weiner LM (2012) Monoclonal Antibodies for the Treatment of Cancer. *Semin Cancer Biol* 22:3. <https://doi.org/10.1016/J.SEMCANCER.2011.12.009>
13. Dhodapkar KM, Krasovsky J, Williamson B, Dhodapkar M V. (2002) Antitumor Monoclonal Antibodies Enhance Cross-Presentation of Cellular Antigens and the Generation of Myeloma-specific Killer T Cells by Dendritic Cells. *J Exp Med* 195:125–133. <https://doi.org/10.1084/JEM.20011097>
14. Peggs KS, Quezada SA, Korman AJ, Allison JP (2006) Principles and use of

- anti-CTLA4 antibody in human cancer immunotherapy. *Curr Opin Immunol* 18:206–213. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2006.01.011>
15. Brahmer JR, Tykodi SS, Chow LQM, et al (2012) Safety and activity of anti-PD-L1 antibody in patients with advanced cancer. *N Engl J Med* 366:2455–2465. <https://doi.org/10.1056/NEJMOA1200694>
 16. Shapiro MA (2024) Regulatory considerations in the design, development and quality of monoclonal antibodies and related products for the diagnosis and treatment of cancer. *Front Oncol* 14:. <https://doi.org/10.3389/FONC.2024.1379738/PDF>
 17. Nguyen OTP, Lara S, Ferro G, et al (2024) Rituximab-IgG2 is a phagocytic enhancer in antibody-based immunotherapy of B-cell lymphoma by altering CD47 expression. *Front Immunol* 15:. <https://doi.org/10.3389/FIMMU.2024.1483617/PDF>
 18. Justiz-Vaillant A, Pandit BR, Unakal C, et al (2025) A Comprehensive Review About the Use of Monoclonal Antibodies in Cancer Therapy. *Antibodies* (Basel, Switzerland) 14:. <https://doi.org/10.3390/ANTIB14020035>
 19. Zippelius A, Tolaney SM, Tarantino P, et al (2025) Unveiling the molecular and immunological drivers of antibody–drug conjugates in cancer treatment. *Nat Rev Cancer* 2025 2512 25:925–944. <https://doi.org/10.1038/s41568-025-00869-w>
 20. Klein C, Brinkmann U, Reichert JM, Kontermann RE (2024) The present and future of bispecific antibodies for cancer therapy. *Nat Rev Drug Discov* 2024 234 23:301–319. <https://doi.org/10.1038/s41573-024-00896-6>
 21. Agrawal S, Park E, Kluetz PG (2025) FDA approvals in 2024: new options for patients across cancer types and therapeutic classes. *Nat Rev Clin Oncol* 2025 227 22:457–458. <https://doi.org/10.1038/s41571-025-01018-w>
 22. Lawler M, Keeling P, Kholmanskikh O, et al (2024) Empowering effective biomarker-driven precision oncology: A call to action. *Eur J Cancer* 209:114225. <https://doi.org/10.1016/J.EJCA.2024.114225>
 23. Carlberg C, Velleuer E (2022) Cancer Immunology. *Mol Immunol* 197–213. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04025-2_11
 24. Coulson A, Levy A, Gossell-Williams M (2015) Monoclonal Antibodies in Cancer Therapy: Mechanisms, Successes and Limitations. *West Indian Med J* 63:650. <https://doi.org/10.7727/WIMJ.2013.241>
 25. Carter PJ, Quarmby V (2024) Immunogenicity risk assessment and mitigation for engineered antibody and protein therapeutics. *Nat Rev Drug Discov* 23:898–913. <https://doi.org/10.1038/S41573-024-01051-X;SUBJMETA>
 26. Fontana E, Grochot R, Kotecki N, et al (2026) Evolution of bispecific and

- multispecific antibodies in cancer therapy. *Lancet Reg Heal - Eur* 64:101599. <https://doi.org/10.1016/J.LANEPE.2026.101599>
27. Tsuchikama K, Anami Y, Ha SYY, Yamazaki CM (2024) Exploring the next generation of antibody–drug conjugates. *Nat Rev Clin Oncol* 2024 213 21:203–223. <https://doi.org/10.1038/s41571-023-00850-2>
 28. Hofheinz RD, Al-Batran SE, Hartmann F, et al (2003) Stromal antigen targeting by a humanised monoclonal antibody: an early phase II trial of sibrotuzumab in patients with metastatic colorectal cancer. *Onkologie* 26:44–48. <https://doi.org/10.1159/000069863>
 29. Matsunaga R, Tsumoto K (2025) Accelerating antibody discovery and optimization with high-throughput experimentation and machine learning. *J Biomed Sci* 32:46. <https://doi.org/10.1186/S12929-025-01141-X>