

# ENDODONTİ ALANINDA AKADEMİK TARTIŞMALAR

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Güzide ÇANKAYA

**yaz**  
yayınları

# **Endodonti Alanında Akademik Tartışmalar**

**Editör**

Dr.Öğr.Üyesi Güzide ÇANKAYA

**yaz**  
yayınları

2026

**Endodonti Alanında Akademik  
Tartışmalar**

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Güzide ÇANKAYA

---

**© YAZ Yayınları**

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

---

E\_ISBN 978-625-8996-78-4

Haziran 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3  
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

[www.yazyayinlari.com](http://www.yazyayinlari.com)

[yazyayinlari@gmail.com](mailto:yazyayinlari@gmail.com)

## İÇİNDEKİLER

- Endodontik Enfeksiyonların Patolojisi: Konak Yanıtı, İnflamasyonun Çözülmesi ve Doku Onarım Mekanizmaları.....1**  
*Güzide ÇANKAYA, Hatice ERÖKSÜZ, Eren ÇANKAYA*
- Endodontide Güncel İrrigasyon Teknolojileri: Multisonik Sistemler ve Lazer Yaklaşımları .....26**  
*Murat ÜNAL, Zümra ÇAKIROĞLU*
- Pain Management in Endodontic Emergencies.....47**  
*Hilal GÜLEN, Hanife ALTUN*
- Endodontide Yapay Zekâ Uygulamaları: Tanı, Tedavi Planlaması ve Klinik Karar Destek Sistemleri .....72**  
*Hazal FAİZ ARSLANPARÇASI, Mehmet Ali ARSLANPARÇASI*
- Posterior Dişlerin Rehabilitasyonunda Endokron Restorasyonlar .....97**  
*Gizem YÜKSEL*
- Endodontide Manyetik Rezonans Görüntüleme: Güncel Yaklaşım.....110**  
*Ekin Deniz ÇATMABACAĞ*
- Endodontik Akut Alevlenmelerde Farmakolojik Yönetim: Analjezik, Antiinflamatuvar ve Antimikrobiyal Tedavi Yaklaşımları.....126**  
*Ceren TURAN GÖKDUMAN, Esra ARILI ÖZTÜRK*
- Apikal Periodontitis Patogenezinde Genetik Polimorfizmlerin Rolü .....138**  
*Esra ARILI ÖZTÜRK, Ceren TURAN GÖKDUMAN*

**Vital Pulpa Tedavilerine Genel ve Güncel Bir Bakış .....149**  
*Hilal COŞKUN*

**Endodontide Apikal Patensi Konsepti .....173**  
*Gamze ÖZBAY, Fatma PERTEK HATİPOĞLU*

*"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."*

# **ENDODONTİK ENFEKSİYONLARIN PATOLOJİSİ: KONAK YANITI, İNFLAMASYONUN ÇÖZÜLMESİ VE DOKU ONARIM MEKANİZMALARI**

**Güzide ÇANKAYA<sup>1</sup>**

**Hatice ERÖKSÜZ<sup>2</sup>**

**Eren ÇANKAYA<sup>3</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Endodontik enfeksiyonlar, kök kanal sistemi içerisinde yerleşen polimikrobiyal biyofilmler ile konak immün yanıtı arasındaki dinamik etkileşim sonucunda gelişen ve pulpa ile periapikal dokuları etkileyen kompleks patolojik süreçlerdir. Bu süreç genellikle dentin–pulpa kompleksinin mikroorganizmalar tarafından invazyonu ile başlamakta, ilerleyen evrelerde pulpa nekrozu ile sonuçlanarak enfeksiyonun periapikal dokulara yayılması ve apikal periodontitis gelişimi ile devam etmektedir. Bu bağlamda, kök kanal sistemi içerisinde organize olan biyofilm yapıları ile konak savunma mekanizmaları arasındaki denge, hastalığın şiddeti ve progresyonunun temel belirleyicisini oluşturmaktadır (Nair, 2004; Siqueira & Rôças, 2007; Graunaitė et al., 2012).

---

<sup>1</sup> Doktora Öğretim Üyesi, Bingöl Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-4699-6988.

<sup>2</sup> Profesör Doktor, Fırat Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Patoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0002-8407-5792.

<sup>3</sup> Araştırma Görevlisi, Fırat Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Patoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-3456-398X.

Mikrobiyal invazyonun başlamasıyla birlikte odontoblastlar ve pulpa bağ dokusu hücreleri tarafından tetiklenen konak yanıtı, Toll-like reseptörler aracılığıyla NF- $\kappa$ B ve MAPK sinyal yollarının aktivasyonu ile şekillenmektedir. Bu erken yanıt, sitokin ve kemokin salınımını artırarak nötrofiller, makrofajlar ve lenfositler gibi immün hücrelerin enfeksiyon bölgesine yönlendirilmesini sağlamakta ve inflamatuvar sürecin temelini oluşturmaktadır (Lin et al., 2017).

Enfeksiyonun persiste olması durumunda, fizyolojik inflamatuvar yanıt kronikleşerek doku homeostazını bozabilmekte ve yıkıcı immün mekanizmaların baskın hale gelmesine neden olabilmektedir. Bu süreçte inflamatuvar hücre infiltrasyonu, reaktif oksijen türlerinin aşırı üretimi ve osteoklastik aktivasyon ile karakterize doku yıkımı ön plana çıkmakta; sonuç olarak periapikal kemik rezorpsiyonu ve çevre dokularda yapısal bozulma gelişmektedir (Duncan et al., 2019).

Bununla birlikte, inflamasyon yalnızca yıkıcı bir süreç olmayıp, aktif olarak düzenlenen bir çözülme fazına sahiptir. Bu çözülme sürecinde görev alan lipoksinler, resolvinler ve diğer specialized pro-resolving mediatörler (SPM'ler), nötrofil infiltrasyonunu sınırlandırmakta, makrofaj aracılı fagositozu artırmakta ve inflamatuvar yanıtın sonlandırılmasına katkıda bulunmaktadır. Son yıllarda biyoseramik materyaller, nanopartikül bazlı sistemler, antimikrobiyal peptidler ve çeşitli biyolojik modülatörlerin de konak yanıtını düzenleyerek inflamasyonun çözülmesini destekleyebileceği bildirilmektedir (Hussein & Kishen, 2022). Böylece doku homeostazının yeniden sağlanması ve iyileşme süreçlerinin başlatılması mümkün hale gelmektedir (Serhan et al., 2005; Serhan & Levy, 2018; Aubeux et al., 2021).

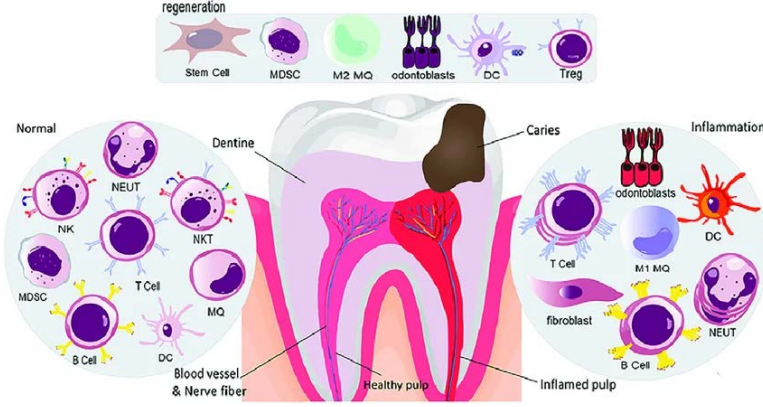
Bu çerçevede, endodontik enfeksiyonların patolojisi yalnızca mikrobiyal invazyonun neden olduğu doku hasarı ile

açıklanamayıp; konak yanıtının başlatılması, sürdürülmesi ve kontrollü şekilde çözülmesi ile doku onarım süreçlerinin birlikte değerlendirildiği çok boyutlu bir biyolojik süreç olarak ele alınmalıdır.

## **2. PULPA-PERİAPİKAL KOMPLEKSİN ANATOMİK VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ**

### **2.1. Pulpa Dokusunun Anatomik ve Hücresel Yapısı**

Pulpa dokusu; odontoblastlar, fibroblastlar, kök hücreler, immün hücreler ile zengin damar ve sinir ağından oluşan, mekanik ve kimyasal uyarılara duyarlı, yüksek savunma ve onarım kapasitesine sahip, dinamik ve iyi vaskülarize olmuş bir bağ dokusudur (Lin et al., 2017). Odontoblastlar yalnızca dentin sentezinden sorumlu hücreler olmayıp aynı zamanda mikrobiyal ürünleri tanıyabilen ve immün yanıtın başlatılmasına katkı sağlayan aktif hücresel bileşenlerdir. Fibroblastlar ise ekstrasellüler matriks sentezinin yanı sıra stromal ve immün hücrelerle etkileşim içerisinde inflamatuvar yanıtın düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır. Odontoblastlar, fibroblastlar ve immün hücreler arasındaki bu hücresel etkileşim ağı, enfeksiyona karşı savunma mekanizmalarının sürdürülmesi ile doku bütünlüğünün korunması açısından önemli rol oynamaktadır (Hussein & Kishen, 2022).



**Şekil 1. Pulpa-Periapikal Kompleks (Sarfi et al., 2024).**

Pulpa dokusunun dentin ile olan yakın anatomik ilişkisi, bu yapının dış uyaranlara karşı oldukça duyarlı olmasına neden olmaktadır. Dentin tübülleri aracılığıyla mikroorganizmalar ve toksinler pulpaya ulaşabilmekte ve bu durum inflamatuvar sürecin başlamasında kritik rol oynamaktadır (Hargreaves & Cohen, 2016). Pulpa dokusunda inflamasyon geliştiğinde, sınırlı bir hacim içinde bulunması nedeniyle intrapulpal basınç artışı meydana gelmekte; bu durum vasküler dolaşımın bozulmasına yol açarak iskemi ve nekroz sürecini hızlandırmaktadır (Nair, 2004). Ayrıca inflamasyon sırasında ortaya çıkan reaktif oksijen türleri (ROS), sitokinler ve çeşitli inflamatuvar mediatörler, pulpal mikroçevrenin biyolojik dengesini etkileyerek doku hasarının ilerlemesine katkıda bulunabilmektedir (Hussein & Kishen, 2022).

Periapikal dokular ise periodontal ligament, sement ve alveolar kemikten oluşmakta olup kök ucu forameni ve lateral kanallar aracılığıyla pulpa ile morfofonksiyonel bir bütünlük oluşturmaktadır (Segura-Egea et al., 2023). Bu dokular yalnızca dişe mekanik destek sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda immün hücreler ve vasküler yapı açısından zengin bir mikroçevre oluşturarak enfeksiyonlara karşı immün yanıtın düzenlenmesinde aktif rol oynamaktadır.

Pulpa ve periapikal dokuların zengin innervasyonu ve mikrosirkülasyonu, ağrı iletimi, inflamasyonun regülasyonu ve rejeneratif süreçlerin koordinasyonu açısından merkezi öneme sahiptir (Giraldo-Badillo et al., 2025).

## **2.2. Enfeksiyon, İnflamasyon Ve Konak Savunma Yanıtı**

Çürük veya travma sonucu dentin–pulpa kompleksinin bütünlüğü bozulduğunda, bakteriler dentin tübülleri aracılığıyla pulpaya ilerleyerek pulpa nekrozuna yol açmakta; ilerleyen süreçte ise apikal foramenden periradiküler dokulara yayılarak apikal periodontitis gelişimine neden olmaktadır (Lin et al., 2017). Bu süreçte doğuştan bağışıklık mekanizmaları aktive olmakta ve odontoblastlar, fibroblastlar ile immün hücreler patojenlere ait moleküler yapıları (PAMP'lar) tanıyarak antimikrobiyal peptidler, sitokinler ve kemokinler üretmektedir. Nötrofil ekstrasellüler tuzakları (NET'ler) bakterilerin sınırlandırılmasında önemli rol oynarken, pulpa fibroblastları da çeşitli mediatörler ve büyüme faktörleri üreterek immün yanıtın düzenlenmesine katkı sağlamaktadır (Chen et al., 2021).

Bu savunma mekanizmaları enfeksiyonun kontrol altına alınmasında kritik rol oynasa da, mikrobiyal yük ile konak immün yanıtı arasındaki etkileşimin şiddeti inflamasyonun derecesi ve doku yıkımının boyutunu belirlemektedir. Özellikle aşırı ve kontrolsüz inflamatuvar yanıt; oksidatif stres, sitokin aktivasyonu ve inflamatuvar mediatörlerin sürekliliği aracılığıyla enfeksiyonun kronikleşmesine ve periapikal doku hasarının ilerlemesine katkıda bulunabilmektedir (Hussein & Kishen, 2022).

Kök kanal sistemindeki enfeksiyonun ortadan kaldırılması ile birlikte antijenik yükün azalması, inflamasyonun çözülmesini tetiklemekte ve periapikal dokuların fizyolojik iyileşme süreçleri doğrultusunda onarılmasına olanak

sağlamaktadır (Lin et al., 2017). Güncel yaklaşımlar ise iyileşme sürecinin yalnızca mikrobiyal eliminasyona değil, aynı zamanda konak yanıtının kontrollü şekilde düzenlenmesine ve inflamasyonun etkin biçimde çözülmesine de bağlı olduğunu ortaya koymaktadır (Hussein & Kishen, 2022).

### **2.3. Pulpa–Dentin Kompleksinde Onarım Mekanizmaları**

Pulpa–dentin kompleksinde gelişen inflamasyon, yalnızca yıkıcı bir süreç olmayıp aynı zamanda onarım ve rejenerasyon mekanizmalarını da tetiklemektedir. Bu süreçte mezenkimal kök hücrelerin (MSC) inflamasyon bölgesine göçü, odontoblast veya odontoblast benzeri hücrelere farklılaşması ve reaksiyonel/reparatif dentin oluşumu temel biyolojik yanıtı oluşturmaktadır. İnflamatuvar mikroçevrede yer alan immün hücreler, sitokinler ve büyüme faktörleri ise kök hücre davranışlarının yönlendirilmesi ve rejeneratif yanıtların şekillenmesinde önemli rol oynamaktadır (Hussein & Kishen, 2022; Shah et al., 2020).

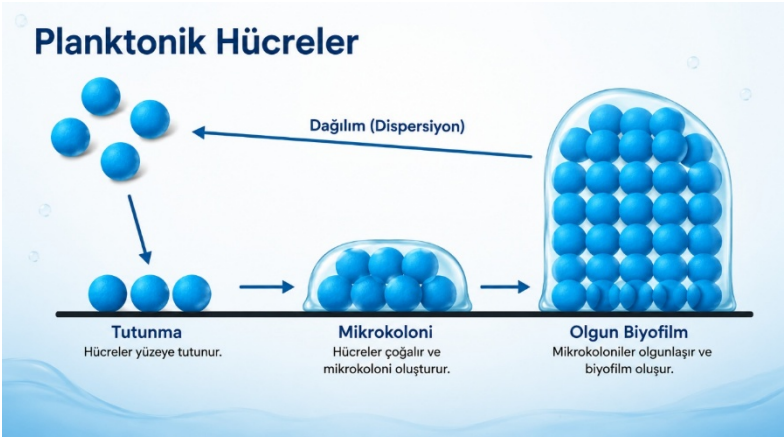
VEGF, bFGF, BMP-7, NGF ve PDGF gibi biyomoleküller; anjiyogenez, nörogenez ve dentin benzeri doku oluşumunu destekleyerek doku bütünlüğünün yeniden sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Özellikle vasküler yeniden yapılanma, nöro-immün etkileşimler ve makrofaj polarizasyonu, pulpa dokusunun fonksiyonel restorasyonu açısından kritik öneme sahiptir. Sinir lifleri ve Schwann hücreleri de immün hücre aktivasyonu ile kök hücre göçünü düzenleyerek reparatif dentin oluşumunun koordinasyonunda rol almaktadır (Hussein & Kishen, 2022; Shah et al., 2020).

Son yıllarda biyoseramik materyaller, biyolojik ajanlar ve çeşitli immünomodülatör yaklaşımların nöro-vasküler iyileşme ile doku onarım süreçlerini destekleyebileceği ve pulpa

rejenerasyonu açısından umut verici potansiyeller taşıdığı bildirilmektedir (Hussein & Kishen, 2022).

### 3. ENDODONTİK ENFEKSİYON VE MİKROBİYAL DİNAMİKLER

#### 3.1. Polimikrobiyal Biyofilm Yapısı



**Şekil 2. Biyofilm gelişimi (Karthika et al., 2020)**

Endodontik enfeksiyonlar, farklı bakteri türlerinin bir araya gelerek oluşturduğu kompleks ve dinamik biyofilm yapıları ile karakterizedir. Bu biyofilmler, mikroorganizmaların ekstrasellüler polimerik matris (EPS) içerisinde organize şekilde yaşamalarını sağlayarak çevresel streslere, konak savunma mekanizmalarına ve antimikrobiyal ajanlara karşı belirgin bir direnç geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Biyofilm yapısı içerisinde bakteriler yalnızca fiziksel olarak korunmakla kalmaz; aynı zamanda hücreler arası iletişim (quorum sensing) yoluyla gen ekspresyonlarını düzenleyerek kolektif bir adaptasyon mekanizması sergilerler (Siqueira & Rôças, 2007; Braga Diniz et al., 2021).

Bu kompleks yapı, kök kanal sisteminin anatomik düzensizlikleri (lateral kanallar, isthmuslar ve dentin tübülleri) ile

birleştiğinde, mikroorganizmaların mekanik ve kimyasal temizleme yöntemlerinden korunmasına neden olmaktadır. Özellikle biyofilm içerisinde yer alan bakterilerin metabolik heterojenitesi, bazı hücrelerin düşük metabolik aktiviteye sahip “persistor hücreler” haline geçmesine yol açmakta; bu durum antimikrobiyal ajanlara ve irrigasyon solüsyonlarına karşı toleransı artırarak enfeksiyonun tamamen elimine edilmesini zorlaştırmaktadır (Nair, 2004; Siqueira & Rôças, 2007; Jhajharia et al., 2023) Bu durum yalnızca enfeksiyonun persistansını artırmakla kalmamakta, aynı zamanda konak immün yanıtının sürekliliğine ve kronik inflamasyonun devamına da katkıda bulunmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar, endodontik biyofilmlerin yalnızca bakterilerden oluşmadığını; aynı zamanda fungal organizmalar ve viral bileşenlerin de bu mikroekosisteme katkıda bulunabileceğini göstermektedir. Bu çok bileşenli yapı, enfeksiyonun patogenezi daha karmaşık hale getirerek tedaviye direnç gelişimini artırmaktadır (Braga Diniz et al.,2021)

### **3.2. Persistan Enfeksiyon ve Direnç Mekanizmaları**

Persistan endodontik enfeksiyonlar, kök kanal tedavisi sonrasında mikroorganizmaların tamamen elimine edilememesi sonucu gelişen ve genellikle tedavi başarısızlığı ile sonuçlanan klinik durumları ifade etmektedir. Bu enfeksiyonlarda özellikle *Enterococcus faecalis*'in ön planda olduğu bilinmektedir. *E. faecalis*, dentin tübüllerine derin penetrasyon yeteneği, düşük besin koşullarında uzun süre canlı kalabilmesi ve yüksek pH ortamlarına karşı direnç gösterebilmesi gibi özellikleri sayesinde endodontik tedavilere karşı yüksek adaptasyon kapasitesine sahiptir (Gomes et al., 2004; Stuart et al., 2006).

Bu mikroorganizmanın patojenitesinde rol oynayan önemli mekanizmalardan biri, dentin kollajenine bağlanma ve biyofilm oluşturma kapasitesidir. Ayrıca proton pompa sistemleri

ve stres yanıt proteinleri aracılığıyla alkali ortamlarda hayatta kalabilmesi, özellikle kalsiyum hidroksit gibi yüksek pH'lı medikamentlere karşı direnç geliştirmesine olanak sağlamaktadır (Love, 2001).

Persistan enfeksiyonlarda yalnızca *E. faecalis* değil, aynı zamanda diğer anaerob bakteriler ve karma mikrobiyal topluluklar da rol oynamaktadır. Bu mikroorganizmalar, biyofilm içerisinde metabolik olarak inaktif veya yavaş çoğalan hücre formlarına geçerek antimikrobiyal ajanların etkisinden kaçabilmektedir. Bu durum, “fenotipik direnç” olarak tanımlanmakta olup, klasik antibiyotik direncinden farklı olarak çevresel koşullara bağlı geçici bir adaptasyon mekanizmasıdır (Braga Diniz et al., 2021; Jhajharia et al., 2023).

Bunun yanı sıra, kök kanal sisteminin kompleks anatomisi, irrigasyon solüsyonlarının ve intrakanal medikamentlerin tüm mikroorganizmalarla temasını engelleyerek enfeksiyonun persiste olmasına katkıda bulunmaktadır. Dentin tübülleri, lateral kanallar ve apikal dallanmalar, mikroorganizmalar için korunaklı nişler oluşturarak tedavi sonrası yeniden kolonizasyon riskini artırmaktadır (Nair, 2004).

Sonuç olarak, endodontik enfeksiyonların polimikrobiyal doğası, biyofilm organizasyonu ve mikroorganizmaların gelişmiş adaptasyon mekanizmaları, bu enfeksiyonların eradikasyonunu zorlaştırmakta ve tedavi başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle modern endodontik yaklaşımlar, yalnızca mikroorganizmaların mekanik olarak uzaklaştırılmasını değil, aynı zamanda biyofilm yapısının bozulmasını ve mikrobiyal direnç mekanizmalarının hedeflenmesini amaçlamaktadır. Ayrıca güncel yaklaşımlar, mikrobiyal eliminasyonun yanı sıra konak yanıtının düzenlenmesi ve inflamasyonun kontrol altına alınmasına yönelik biyolojik stratejilere de odaklanmaktadır (Hussein & Kishen, 2022).

#### **4. KONAK YANITI VE İNFLAMASYONUN BAŞLATILMASI**

Endodontik enfeksiyonlara karşı gelişen konak yanıtı, doğuştan (innate) ve kazanılmış (adaptif) bağışıklık mekanizmalarının koordineli etkileşimi ile şekillenmektedir. Enfeksiyonun erken döneminde, dentin tübülleri ve kök kanalı aracılığıyla pulpaya ulaşan mikrobiyal ürünler, pulpa ve periapikal dokularda bulunan immün hücreler tarafından tanınmakta ve inflamatuvar süreç başlatılmaktadır. Bu tanıma süreci, başta Toll-like reseptörler (TLR2 ve TLR4) olmak üzere pattern recognition reseptörleri aracılığıyla gerçekleşmekte ve bu reseptörlerin aktivasyonu NF- $\kappa$ B gibi transkripsiyon faktörlerini tetikleyerek proinflamatuvar sitokinlerin ekspresyonuna yol açmaktadır (Kawai & Akira, 2010).

Nötrofiller, inflamasyonun erken fazında enfeksiyon bölgesine ilk ulaşan hücreler olup fagositoz, degranülasyon ve reaktif oksijen türlerinin üretimi yoluyla mikroorganizmaların eliminasyonunda kritik rol oynamaktadır. Bununla birlikte, aşırı nötrofil aktivasyonu çevre dokularda kollateral hasara neden olabilmekte ve inflamatuvar sürecin şiddetini artırabilmektedir. Bu durum, inflamasyonun etkin biçimde kontrol altına alınamaması halinde periapikal doku yıkımının ilerlemesine katkıda bulunmaktadır. Nötrofillerin oluşturduğu ekstrasellüler tuzak yapıları (NET'ler), patojenlerin tutulmasında etkili olmakla birlikte, bu yapıların kontrolsüz oluşumu inflamasyonun çözülmesini geciktirebilmektedir (Wang et al., 2024).

Makrofajlar ise inflamasyonun hem başlatılması hem de çözülmesinde merkezi bir role sahiptir. Enfeksiyon bölgesine gelen monositler, doku içinde makrofajlara farklılaşmakta ve bu hücreler mikroorganizmaların fagositozu ile birlikte sitokin üretimi yoluyla inflamatuvar yanıtı düzenlemektedir. Adaptif bağışıklık yanıtı ise T ve B lenfositlerinin aktivasyonu ile

karakterize olup, antijen spesifik yanıtın oluşmasını sağlamaktadır. Bu süreçte Th1 ve Th17 hücrelerinin proinflamatuvar etkileri ile Treg hücrelerinin baskılayıcı fonksiyonları arasındaki denge, inflamasyonun yönünü belirleyen kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır (Braga Diniz et al.,2021). Ayrıca makrofaj polarizasyonu ve proinflamatuvar/antiinflamatuvar mediatörler arasındaki dengenin korunması, inflamasyonun çözülmesi ve doku homeostazının yeniden sağlanması açısından önemli rol oynamaktadır (Hussein & Kishen, 2022).

## **5. İNFLAMATUVAR MEDIATÖRLER VE SİTOKİN AĞI**

Endodontik patolojilerin gelişiminde inflamatuvar mediatörler, hücresel yanıtın düzenlenmesinde ve doku yıkımının şekillenmesinde temel rol oynamaktadır. Proinflamatuvar sitokinler arasında yer alan TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  ve IL-6, inflamasyonun başlatılması ve sürdürülmesinde kritik öneme sahiptir. Bu sitokinler, vasküler permeabilitenin artmasına, immün hücrelerin enfeksiyon bölgesine göçünün hızlanmasına ve osteoklast aktivitesinin uyarılmasına neden olarak kemik rezorpsiyonuna katkıda bulunmaktadır (Graves et al., 2018; Borgo et al., 2023). Özellikle IL-1 $\beta$ 'nin osteoklast diferansiyasyonu üzerindeki etkisi, periapikal kemik kaybının patogenezinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Antiinflamatuvar sitokinler ise inflamatuvar yanıtın sınırlandırılmasında görev almaktadır. IL-10 ve TGF- $\beta$ , proinflamatuvar sitokinlerin ekspresyonunu baskılayarak doku homeostazının yeniden sağlanmasına katkıda bulunmakta ve inflamasyonun kronikleşmesini önlemektedir (Braz-Silva et al., 2019). Bu sitokinler, aynı zamanda makrofajların M2 fenotipine

yönelmesini destekleyerek doku onarım süreçlerini teşvik etmektedir.

Kemokinler, inflamasyon bölgesine hücre göçünü düzenleyen önemli mediatörlerdir. Özellikle IL-8 (CXCL8), nötrofillerin enfeksiyon bölgesine yönlendirilmesinde kritik rol oynarken, MCP-1 gibi kemokinler monosit ve makrofajların migrasyonunu sağlamaktadır (Braga Diniz et al., 2021). Bunun yanı sıra prostaglandinler ve lökotrienler gibi klasik lipid mediatörler, inflamatuvar yanıtın şiddetini ve süresini belirleyen önemli faktörler arasında yer almaktadır (Serhan et al., 2005). Bu nedenle güncel yaklaşımlar, inflamasyonun kontrollü şekilde çözülmesini ve biyolojik dengenin korunmasını hedefleyen immünomodülatör stratejilere odaklanmaktadır (Hussein & Kishen, 2022).

## **6. DOKU YIKIMI VE KEMİK REZORPSİYONU**

Endodontik enfeksiyonların ilerlemesi ile birlikte periapikal dokularda meydana gelen en belirgin patolojik değişikliklerden biri kemik rezorpsiyonudur. Bu süreç, RANK/RANKL/OPG sistemi tarafından düzenlenmektedir. RANKL'nin osteoblastlar ve stromal hücreler tarafından artan ekspresyonu, osteoklast prekürsörlerinin diferansiyasyonunu uyarak kemik rezorpsiyonuna neden olmaktadır. Buna karşılık osteoprotegerin (OPG), RANKL'ye bağlanarak bu süreci inhibe etmekte ve kemik yıkımını sınırlandırmaktadır (Graves et al., 2018).

Matriks metalloproteinazlar (MMP'ler), ekstrasellüler matriks bileşenlerinin yıkımında önemli rol oynamakta olup, özellikle kollajen degradasyonu yoluyla periodontal ligament yapısının bozulmasına katkıda bulunmaktadır. İnflamatuvar süreç sırasında artan MMP aktivitesi, ekstrasellüler matriks yıkımını

hızlandırarak doku bütünlüğünün kaybına yol açmaktadır (Mittal et al., 2014).

Oksidatif stres de doku yıkımının önemli bir bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Reaktif oksijen türlerinin aşırı üretimi, hücrel membranlara, proteinlere ve DNA'ya zarar vererek hücrel ölüm mekanizmalarını tetiklemekte ve inflamatuvar hasarı derinleştirmektedir (Mittal et al., 2014). Bu nedenle güncel biyolojik yaklaşımlar; osteoklast aktivitesinin düzenlenmesi, MMP aktivitesinin kontrol altına alınması ve oksidatif stresin azaltılması yoluyla inflamatuvar doku yıkımının sınırlandırılmasını hedeflemektedir (Hussein & Kishen, 2022).

## **7. HÜCRESEL YANIT VE PATOLOJİK DİNAMİKLER**

Makrofajlar, inflamatuvar süreçte fonksiyonel plastisite gösteren hücreler olup, M1 ve M2 fenotipleri arasında dönüşüm sağlayabilmektedir. M1 makrofajlar proinflamatuvar sitokin üretimi ile doku yıkımını desteklerken, M2 makrofajlar antiinflamatuvar sitokin üretimi ve büyüme faktörleri aracılığıyla doku onarımını teşvik etmektedir. Bu iki fenotip arasındaki dengenin bozulması, inflamasyonun kronikleşmesine veya iyileşme sürecinin yetersiz kalmasına yol açabilmektedir (Vazquez et al., 2015).

Nötrofil ve makrofaj etkileşimi, inflamatuvar sürecin yönünü belirleyen önemli bir faktördür. Özellikle makrofajların apoptotik nötrofilleri fagosite etme kapasitesi (efferositoz), inflamasyonun çözülmesinde kritik rol oynamaktadır. Bu mekanizmanın bozulması durumunda inflamatuvar mediatörlerin üretimi devam etmekte ve kronik inflamasyon gelişmektedir (Wang et al., 2024).

Apoptozis ve nekroz gibi hücresele ölüm mekanizmaları da patolojik süreçte önemli rol oynamaktadır. Kontrollü hücre ölümü (apoptozis) inflamasyonun çözülmesine katkıda bulunurken, nekroz hücresele içeriklerin açığa çıkmasına neden olarak inflamasyonu artırmaktadır (Afford & Randhawa, 2000). Bu nedenle güncel immünomodülatör yaklaşımlar, makrofaj polarizasyonunun düzenlenmesi, efferositoz kapasitesinin desteklenmesi ve inflamasyonun kontrollü şekilde çözülmesini hedefleyen biyolojik stratejiler üzerine yoğunlaşmaktadır (Hussein & Kishen, 2022).

## **8. İNFLAMASYONUN ÇÖZÜLMESİ (RESOLUTION)**

İnflamasyonun çözülmesi, pasif bir süreç olmayıp aktif olarak düzenlenen biyolojik bir olaydır. Bu süreçte specialized pro-resolving mediators (SPMs) olarak adlandırılan resolvinler, lipoxinler ve protectinler önemli rol oynamaktadır. Bu mediatörler, nötrofil infiltrasyonunu sınırlandırmakta, makrofajların fagositik kapasitesini artırmakta ve inflamatuvar yanıtın sonlandırılmasını sağlamaktadır (Serhan et al., 2005; Serhan & Levy, 2018).

Resolvin D1, SPM ailesinin inflamasyonun çözümünde en iyi karakterize edilen üyelerinden biri olup, nötrofil migrasyonunu inhibe etmekte ve makrofajların M2 fenotipine geçişini destekleyerek doku onarımını hızlandırmaktadır (Aubeux et al., 2021). Bu özellikleri nedeniyle SPM'ler ve diğer immünomodülatör biyolojik ajanlar, endodontik tedavilerde potansiyel terapötik yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir (Balta et al., 2021; Hussein & Kishen, 2022).

## **9. REJENERASYON VE DOKU ONARIMI**

İnflamasyonun kontrol altına alınmasının ardından öncelikle doku onarımı süreçleri başlamakta, uygun biyolojik koşullar sağlandığında ise rejeneratif yanıtlar ortaya çıkabilmektedir. Bu süreçte kök hücreler, büyüme faktörleri ve anjiyogenez önemli rol oynamaktadır. Dental pulpa kök hücreleri (DPSCs), diferansiyasyon kapasiteleri sayesinde dentin ve kemik benzeri dokuların oluşumuna katkıda bulunabilmektedir (Lin et al., 2017). Ayrıca inflamatuvar mikroçevrede yer alan sitokinler, büyüme faktörleri ve immün hücre etkileşimleri, rejeneratif yanıtın yönlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Hussein & Kishen, 2022).

Onarım sürecinde makrofajların M2 fenotipi, fibroblast aktivasyonu ve ekstrasellüler matriks sentezi artmakta; bu durum doku bütünlüğünün yeniden sağlanmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca vasküler yeniden yapılanma (anjiyogenez), iyileşme sürecinin devamlılığı açısından kritik öneme sahiptir (Hesketh et al., 2017).

## **10. KLİNİK YANSIMALAR**

Persistan inflamasyon, endodontik tedavi başarısızlıklarının temel patobiyolojik belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kök kanal sisteminde yer alan kompleks anatomik yapı ve biyofilm organizasyonu nedeniyle mikroorganizmaların tam eliminasyonunun çoğu zaman mümkün olmaması, rezidüel enfeksiyonun devamlılığına zemin hazırlamaktadır. Bunun yanı sıra, konak immün yanıtının yetersiz, aşırı veya düzensiz regülasyonu; inflamatuvar sürecin kronikleşmesine, doku yıkımının ilerlemesine ve periapikal lezyonların persiste etmesine neden olmaktadır (Dholwani & Mandke, 2022; Wen et al., 2024 ).

Mikrobiyal faktörler ile konak yanıtı arasındaki bu dinamik etkileşim, yalnızca enfeksiyonun varlığını değil, aynı zamanda iyileşme kapasitesini de belirleyen kritik bir süreçtir. Bu bağlamda, geleneksel endodontik yaklaşımların temelini oluşturan kemomekanik preparasyon ve irrigasyon protokollerinin tek başına yeterli olmayabileceği; özellikle dirençli mikroorganizmalar ve kompleks kanal morfolojisi varlığında tedavi başarısının sınırlanabileceği bildirilmektedir (Nair, 2004; Alshargawi et al., 2025).

Güncel literatürde, bu sınırlamaları aşmaya yönelik olarak geliştirilen yeni tedavi konseptlerinin, yalnızca mikrobiyal yükün azaltılmasına odaklanmadığı; aynı zamanda inflamatuvar yanıtın regülasyonu ve çözülmesini hedefleyen konak modülasyon stratejilerini de içerdiği vurgulanmaktadır (Balta et al., 2021). Özellikle biyoseramik materyaller ve diğer immünomodülatör biyolojik yaklaşımlar, inflamasyonun aktif olarak çözülmesini destekleyerek doku onarımını ve uygun koşullarda rejeneratif yanıtları teşvik etme potansiyeline sahiptir (Nan & Serhan, 2020).

Sonuç olarak, modern endodontik tedavi paradigması; enfeksiyon kontrolü ile birlikte konak yanıtının dengelenmesini hedefleyen bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir. Bu doğrultuda, hem mikrobiyal eliminasyonun optimize edilmesi hem de inflamatuvar süreçlerin kontrollü bir şekilde modüle edilmesi, klinik başarıyı artırmada belirleyici faktörler olarak ön plana çıkmaktadır (Kong et al., 2024). Bu yaklaşım, inflamasyonun yalnızca baskılanmasını değil, aynı zamanda kontrollü şekilde çözülmesini ve doku homeostazının yeniden sağlanmasını hedefleyen biyolojik bir tedavi perspektifini yansıtmaktadır.

## 11. SONUÇ

Endodontik hastalıklar, mikrobiyal enfeksiyonlar ile konak immün yanıtı arasındaki dinamik etkileşim sonucunda gelişen kompleks immünopatolojik süreçlerdir (López-Valverde et al., 2024). Bu süreçlerin moleküler ve hücresele düzeyde daha iyi anlaşılması, yalnızca enfeksiyonun eliminasyonu açısından değil, aynı zamanda inflamasyonun etkin biçimde kontrol edilmesi ve periapikal dokuların fonksiyonel olarak iyileşmesi ve uygun koşullarda rejeneratif yanıtların desteklenmesi açısından da kritik öneme sahiptir (Wen vd., 2024; Kong vd., 2024; Ordinola-Zapata vd., 2022).

Güncel literatür, inflamasyonun yalnızca baskılanmasının yeterli olmadığını; bunun yerine inflamatuvar yanıtın fizyolojik çözülme süreçlerinin desteklenmesinin daha rasyonel ve sürdürülebilir bir tedavi yaklaşımı sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, specialized pro-resolving mediatörler (SPM'ler), immünomodulator biyolojik ajanlar ve biyoseramik temelli yaklaşımlar gibi konak yanıtını hedefleyen stratejilerin endodontik tedavi protokollerine entegrasyonu, gelecekte klinik başarı oranlarını artırabilecek önemli bir potansiyel taşımaktadır (Aubeux vd., 2021; Merularini vd., 2022; Hussein & Kishen, 2022).

Bu bağlamda, endodontik tedavi planlamasında yalnızca antimikrobiyal etkinliğe odaklanmak yerine, inflamasyonun aktif çözülmesini destekleyen biyolojik yaklaşımların da dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle SPM'ler, immünomodulator biyomalzemeler ve biyolojik konak modülasyon stratejilerinin endodontik enfeksiyonlar ve periapikal inflamasyon üzerindeki etkilerini değerlendiren ileri düzey prelinik ve klinik çalışmalar, bu alandaki bilgi boşluklarının doldurulmasına katkı sağlayacaktır. Özellikle SPM temelli biyolojik yaklaşımların periapikal iyileşme, inflamasyonun çözülmesi ve kök

rezorpsiyonunun kontrolü üzerindeki etkilerinin deneysel ve klinik modellerde kapsamlı biçimde değerlendirilmesi, gelecekte daha hedefe yönelik ve biyolojik temelli tedavi stratejilerinin geliştirilmesine zemin hazırlayacaktır (Siddiqui vd., 2019; Jung vd., 2019; Quigley vd., 2024)

## **KAYNAKÇA**

- Afford, S., & Randhawa, S. (2000). Apoptosis. *Molecular Pathology*, 53(2), 55–63. doi:10.1136/mp.53.2.55
- Alshargawi, W., Alfawzan, S., Alrobayan, G., Alsuwailem, F., Almishari, F., Kanzou, M., Alqahtani, A., & Alruwaili, R. (2025). Assessment of the microbiota in persistent periapical lesions and its clinical implications. *International Journal of Community Medicine and Public Health*. doi:10.18203/2394-6040.ijcmph20250054
- Aubeux, D., Peters, O. A., Hosseinpour, S., Tessier, S., Geoffroy, V., Pérez, F., & Gaudin, A. (2021). Specialized pro-resolving lipid mediators in endodontics: A narrative review. *BMC Oral Health*, 21(1), 276. doi:10.1186/s12903-021-01619-8
- Balta, M. G., Papathanasiou, E., Blix, I. J., & Van Dyke, T. E. (2021). Host modulation and treatment of periodontal disease. *Journal of Dental Research*, 100(8), 798–809. doi:10.1177/0022034521995157
- Borgo Sarmiento, E., Helena Teixeira de Lima Ribeiro Andrade, R., Cristina Gomes, C., Ramôa Pires, F., Bastos Valente, M. I., Mafra Moreno, A., Orsini, M., Carvalho Ferreira, D., Souza Gonçalves, L., & Armada, L. (2023). Proinflammatory cytokine expression in apical periodontitis from diabetic patients. *International Journal of Dentistry*, 2023, 4961827. doi:10.1155/2023/4961827
- Braga Diniz, J. M., Espaladori, M. C., e Souza Silva, M. E., de Brito, L. C. N., Vieira, L. Q., & Sobrinho, A. P. R. (2021). Immunological profile of periapical endodontic infection in patients undergoing haematopoietic transplantation. *Clinical Oral Investigations*, 25(3), 1403–1410. doi:10.1007/s00784-020-03448-5

- Braz-Silva, P. H., Bergamini, M. L., Mardegan, A. P., De Rosa, C. S., Hasseur, B., & Jonasson, P. (2019). Inflammatory profile of chronic apical periodontitis: A literature review. *Acta Odontologica Scandinavica*, 77(3), 173–180. doi:10.1080/00016357.2018.1521005
- Dholwani, D., & Mandke, L. (2022). Persistent apical periodontitis associated with endodontically treated teeth: A review. *International Journal of Oral Health Dentistry*. doi:10.18231/j.ijohd.2022.053
- Duncan, H. F., Cooper, P. R., & Smith, A. J. (2019). Dissecting dentine-pulp injury and wound healing responses: Consequences for regenerative endodontics. *International Endodontic Journal*, 52(3), 261–266. doi:10.1111/iej.13064
- Galler, K. M., Weber, M., Korkmaz, Y., Widbiller, M., & Feuerer, M. (2021). Inflammatory response mechanisms of the dentine-pulp complex and the periapical tissues. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1480. doi:10.3390/ijms22031480
- Giraldo-Badillo, I., Pineda-Vélez, E., Carbonell-Medina, B. A., & Ardila, C. M. (2025). Microbiological and pharmacological aspects involved in dentin-pulp complex regeneration: A scoping review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 17(9), e1149–e1158. doi:10.4317/jced.62918
- Gomes, B. P., Pinheiro, E. T., Gadê-Neto, C. R., Sousa, E. L., Ferraz, C. C., Zaia, A. A., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2004). Microbiological examination of infected dental root canals. *Oral Microbiology and Immunology*, 19(2), 71–76. doi:10.1046/j.0902-0055.2003.00116.x

- Graunaite, I., Lodiene, G., & Maciulskiene, V. (2012). Pathogenesis of apical periodontitis: A literature review. *Journal of Oral & Maxillofacial Research*, 2(4), e1. doi:10.5037/jomr.2011.2401
- Graunaite, I., Skucaite, N., Lodiene, G., Agentiene, I., & Machiulskiene, V. (2018). Effect of resin-based and bioceramic root canal sealers on postoperative pain: A split-mouth randomized controlled trial. *Journal of Endodontics*, 44(5), 689–693. doi:10.1016/j.joen.2018.02.010
- Graves, D. T., Alshabab, A., Albiero, M. L., Mattos, M., Corrêa, J. D., Chen, S., & Yang, Y. (2018). Osteocytes play an important role in experimental periodontitis in healthy and diabetic mice through expression of RANKL. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(3), 285–292. doi:10.1111/jcpe.12851
- Hesketh, M., Sahin, K. B., West, Z. E., & Murray, R. Z. (2017). Macrophage phenotypes regulate scar formation and chronic wound healing. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(7), 1545. doi:10.3390/ijms18071545
- Hussein H, Kishen A. Local Immunomodulatory Effects of Intracanal Medications in Apical Periodontitis. *J Endod*. 2022 Apr;48(4):430-456. doi: 10.1016/j.joen.2022.01.003. Epub 2022 Jan 13. PMID: 35032538.
- Jhajharia, K., Parolia, A., Shetty, K. V., & Mehta, L. K. (2015). Biofilm in endodontics: A review. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, 5(1), 1–12. doi:10.4103/2231-0762.151956

- Jung, C., Kim, S., Sun, T., Cho, Y., & Song, M. (2019). Pulp-dentin regeneration: Current approaches and challenges. *Journal of Tissue Engineering*, *10*, 1–13. doi:10.1177/2041731418819263
- Karthika, J., Devi, L.S., Aravind, L., Sreedhar, S., & Nair, S.V. (2020). Endodontic Biofilms - A Review.
- Kawai, T., & Akira, S. (2010). The role of pattern-recognition receptors in innate immunity: Update on toll-like receptors. *Nature Immunology*, *11*(5), 373–384. doi:10.1038/ni.1863
- Kong, X., Vishwanath, V., Neelakantan, P., & Ye, Z. (2024). Harnessing antimicrobial peptides in endodontics. *International Endodontic Journal*. doi:10.1111/iej.14043
- Lin, L. M., & Kahler, B. (2017). A review of regenerative endodontics: Current protocols and future directions. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, *51*(3 Suppl 1), S41–S51. doi:10.17096/jiufd.53911
- López-Valverde, N., Quispe-López, N., & Blanco Rueda, J. A. (2024). Inflammation and immune response in the development of periodontal disease: A narrative review. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *14*, 1493818. doi:10.3389/fcimb.2024.1493818
- Love, R. M. (2001). Enterococcus faecalis: A mechanism for its role in endodontic failure. *International Endodontic Journal*, *34*(5), 399–405. doi:10.1046/j.1365-2591.2001.00437.x
- Merularini, S., Krishnamurthy, M., Leburu, A., Nehrudas, P., Elangovan, S., & Venugopal, N. (2022). Specialized pro-resolving lipid mediators: A future for conventional endodontics: A review. *IP Indian Journal of Conservative and Endodontics*. doi:10.18231/j.ijce.2022.023

- Mittal, M., Siddiqui, M. R., Tran, K., Reddy, S. P., & Malik, A. B. (2014). Reactive oxygen species in inflammation and tissue injury. *Antioxidants & Redox Signaling*, 20(7), 1126–1167. doi:10.1089/ars.2012.5149
- Nair, P. N. R. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 15(6), 348–381. doi:10.1177/154411130401500604
- Nan, C., & Serhan, C. (2020). Specialized pro-resolving mediator network: An update on production and actions. *Essays in Biochemistry*. doi:10.1042/ebc20200018
- Ordinola-Zapata, R., Noblett, C., Perez-Ron, A., Ye, Z., & Vera, J. (2022). Present status and future directions of intracanal medicaments. *International Endodontic Journal*, 55, 613–636. doi:10.1111/iej.13731
- Quigley, R., Kearney, M., Kennedy, O., & Duncan, H. (2024). Tissue engineering approaches for dental pulp regeneration: The development of novel bioactive materials using pharmacological epigenetic inhibitors. *Bioactive Materials*, 40, 182–211. doi:10.1016/j.bioactmat.2024.06.012
- Sarfi, S., Azaryan, E., & Naseri, M. (2024). Immune System of Dental Pulp in Inflamed and Normal Tissue. *DNA and cell biology*, 43(8), 369–386. <https://doi.org/10.1089/dna.2024.0044>
- Segura-Egea, J. J., Cabanillas-Balsera, D., Martín-González, J., & Cintra, L. T. A. (2023). Impact of systemic health on treatment outcomes in endodontics. *International Endodontic Journal*, 56(Suppl 2), 219–235. doi:10.1111/iej.13789

- Serhan, C. N., & Levy, B. D. (2018). Resolvins in inflammation: Emergence of the pro-resolving superfamily of mediators. *The Journal of Clinical Investigation*, 128(7), 2657–2669. doi:10.1172/JCI97943
- Serhan, C. N., & Savill, J. (2005). Resolution of inflammation: The beginning programs the end. *Nature Immunology*, 6(12), 1191–1197. doi:10.1038/ni1276
- Shah, D., Lynd, T., Ho, D., Chen, J., Vines, J., Jung, H. D., Kim, J. H., Zhang, P., Wu, H., Jun, H. W., & Cheon, K. (2020). Pulp-dentin tissue healing response: A discussion of current biomedical approaches. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2), 434. doi:10.3390/jcm9020434
- Siddiqui, Y., Omori, K., Ito, T., Yamashiro, K., Nakamura, S., Okamoto, K., Ono, M., Yamamoto, T., Van Dyke, T., & Takashiba, S. (2019). Resolvin D2 induces resolution of periapical inflammation and promotes healing of periapical lesions in rat periapical periodontitis. *Frontiers in Immunology*, 10. doi:10.3389/fimmu.2019.00307
- Siqueira, J. F., Jr., Rôças, I. N., Paiva, S. S., Guimarães-Pinto, T., Magalhães, K. M., & Lima, K. C. (2007). Bacteriologic investigation of the effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine during the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 104(1), 122–130. doi:10.1016/j.tripleo.2007.01.027
- Stuart, C. H., Schwartz, S. A., Beeson, T. J., & Owatz, C. B. (2006). Enterococcus faecalis: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *Journal of Endodontics*, 32(2), 93–98. doi:10.1016/j.joen.2005.10.049

- Vazquez, M. I., Catalan-Dibene, J., & Zlotnik, A. (2015). B cell responses and cytokine production are regulated by their immune microenvironment. *Cytokine*, 74(2), 318–326. doi:10.1016/j.cyto.2015.02.007
- Wang, K., Liu, J., Yue, J., Zhou, L., Mao, H., Li, J., Sun, Z., Chen, Z., & Zhang, L. (2024). NLRP3 inflammasome drives regulatory T cell depletion to accelerate periapical bone erosion. *International Endodontic Journal*, 57(8), 1110–1123. doi:10.1111/iej.14062
- Wen, Y., Lin, Y., Zhou, L., Lin, C., & Zhang, L. (2024). The immune landscape in apical periodontitis: From mechanism to therapy. *International Endodontic Journal*. doi:10.1111/iej.14125

# ENDODONTİDE GÜNCEL İRRİGASYON TEKNOLOJİLERİ: MULTİSONİK SİSTEMLER VE LAZER YAKLAŞIMLARI

Murat ÜNAL<sup>1</sup>

Zümra ÇAKIROĞLU<sup>2</sup>

## 1. ENDODONTİNİN TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Endodonti, diş pulpası ve çevresindeki periapikal dokuların hastalıklarının tanı, tedavi ve önlenmesiyle ilgilenen diş hekimliği dalıdır (Gutmann & Lovdahl, 2019). Yunanca kökenli “endo” (iç) ve “odont” (diş) sözcüklerinden türetilen bu disiplin; enfekte veya nekrotik pulpa dokusunun uzaklaştırılması, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu ve biyouyumlu materyallerle doldurulmasını amaçlamaktadır (Peters, 2004). Modern endodontik tedavinin başarısı; doğru tanı, etkili mekanik preparasyon, yeterli kimyasal dezenfeksiyon ve uygun obturasyonun birlikte uygulanmasına bağlıdır.

Endodontinin gelişimi, diş hekimliğindeki bilimsel ve teknolojik ilerlemelerle paralel ilerlemiştir. 19. yüzyılda kanal eğelerinin geliştirilmesiyle mekanik preparasyonun temelleri atılmış, antiseptik irrigasyon solüsyonlarının kullanımı ise kök kanal dezenfeksiyonuna bilimsel yaklaşım kazandırmıştır (Haapasalo & Shen, 2012; Hülsmann vd., 2003). 20. yüzyılda rubberdam izolasyonu, radyografik görüntüleme teknikleri ve

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, ORCID: 0000-0002-1712-1517.

<sup>2</sup> Lisans Öğrencisi, Yozgat Bozok Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, ORCID: 0009-0000-8746-0509.

nikel-titanyum (NiTi) döner sistemlerin geliştirilmesi, endodontik tedavilerin daha güvenilir ve öngörülebilir hâle gelmesini sağlamıştır (Dioguardi vd., 2020).

Schilder tarafından tanımlanan “cleaning, shaping and obturation” ilkesi, modern endodontik tedavinin temelini oluşturmuştur. Bu yaklaşım, mekanik şekillendirme ile birlikte kimyasal temizliğin önemini vurgulamış ve irrigasyonun tedavi başarısındaki kritik rolünü ortaya koymuştur (Peters vd., 2001). Günümüzde dijital görüntüleme sistemleri, operasyon mikroskopları ve gelişmiş irrigasyon teknolojileri sayesinde daha konservatif ve etkili tedaviler uygulanabilmektedir.

Özellikle minimal invaziv endodonti yaklaşımı, dentin dokusunun korunmasını hedeflerken etkin dezenfeksiyon ihtiyacını da beraberinde getirmiştir (Kim vd., 2024). Bu durum, irrigasyon aktivasyon sistemleri ve yeni nesil temizleme teknolojilerinin gelişimini hızlandırmıştır. Kök kanal sisteminin kompleks anatomisi ve bakteriyel biyofilmin dirençli yapısı, endodontik tedavinin temel zorlukları arasında yer almaktadır (Molina vd., 2015). Bu nedenle güncel endodontik yaklaşımlarda mekanik preparasyonun yanı sıra etkin irrigasyon ve aktivasyon teknikleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle yeni nesil irrigasyon sistemleri, kanal sisteminin ulaşılması güç bölgelerinde daha etkili dezenfeksiyon sağlayarak modern endodontide önemli bir yer edinmiştir.

## **2. KÖK KANAL SİSTEMİ ANATOMİSİ VE ENFEKSİYONUN PATOGENEZİ**

Kök kanal sistemi; ana kanal, lateral kanallar, isthmuslar, apikal delta ve anastomozlar gibi mikroanatomik yapılardan oluşan kompleks bir yapıdır (Gutmann & Lovdahl, 2019; Peters, 2004). Kanal anatomisindeki varyasyonlar, endodontik tedavinin başarısını doğrudan etkileyen önemli faktörler arasında yer

almaktadır. Özellikle mandibular molarların mezial kökleri, maksiller molarların mezial kanalları ve premolar dişlerin kök kanal anatomisi, yapısal çeşitlilik açısından dikkat çekmektedir (Peters, 2004; Haapasalo & Shen, 2012). Kanal sisteminin karmaşık yapısı, mekanik preparasyon ve irrigasyon etkinliğini sınırlayabilmektedir. Özellikle lateral kanallar ve isthmuslar, mikroorganizmaların yerleşebildiği ve biyofilm oluşturabildiği bölgeler olarak kabul edilmektedir (Hülsmann vd., 2003). Bu alanlarda yetersiz dezenfeksiyon, debris ve mikroorganizma birikimine neden olarak tedavi başarısını olumsuz etkileyebilmektedir (Dioguardi vd., 2020).

Endodontik enfeksiyonlarda mikroorganizmalar çoğunlukla biyofilm formunda bulunmaktadır. Biyofilm, bakterilerin kendilerini koruyan bir matriks içerisinde organize olduğu dirençli bir yapıdır (Peters vd., 2001). *Enterococcus faecalis*, *Fusobacterium nucleatum* ve *Porphyromonas endodontalis* endodontik enfeksiyonlarda sık karşılaşılan mikroorganizmalar arasında yer almakta; özellikle *E. faecalis*, persistans enfeksiyonlarla ilişkilendirilmektedir (Peters vd., 2001; Kim vd., 2024). Enfeksiyon süreci genellikle pulpa nekrozu ile başlamakta apikal dokulara ilerleyerek periapikal inflamasyona neden olmaktadır. Kanal içerisindeki bakteri ve toksinler apikal foramen yoluyla periapikal dokulara ulaşarak inflamatuvar yanıtı tetiklemekte ve kronik apikal periodontitis gelişimine yol açabilmektedir (Kim vd., 2024). Kanal anatomisinin karmaşıklığı ve biyofilmin dirençli yapısı nedeniyle modern endodontide etkin irrigasyon büyük önem taşımaktadır. Özellikle minimal invaziv preparasyon yaklaşımlarında, kanal sisteminin yeterli şekilde dezenfekte edilebilmesi için gelişmiş irrigasyon teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Kim vd., 2024; Molina vd., 2015).

### **3. KÖK KANAL TEDAVİSİNİN TEMEL AMAÇLARI, ENDİKASYONLARI VE KONTRENDİKASYONLARI**

Kök kanal tedavisinin temel amacı, pulpa dokusunun irreversibl hasar gördüğü veya nekrotik olduğu durumlarda dişi ağızda fonksiyonel olarak korumaktır (Gutmann & Lovdahl, 2019; Peters, 2004). Bu amaç doğrultusunda kanal sisteminin mekanik ve kimyasal olarak temizlenmesi, dezenfekte edilmesi ve uygun şekilde doldurulması hedeflenmektedir. Mekanik preparasyon; pulpa dokusu, nekrotik artıklar ve enfekte dentinin uzaklaştırılmasını sağlarken, irrigantların kanal sistemi boyunca etkin dolaşımına da olanak tanımaktadır (Haapasalo & Shen, 2012; Hülsmann vd., 2003). Bununla birlikte kanal sisteminin kompleks anatomisi nedeniyle yalnızca mekanik preparasyon yeterli olmamakta; biyofilm eliminasyonu için kimyasal dezenfeksiyon büyük önem taşımaktadır (Dioguardi vd., 2020; Peters vd., 2001).

Kök kanal tedavisi; irreversibl pulpitis, pulpa nekrozu, akut veya kronik apikal periodontitis ve travmaya bağlı pulpal hasar gibi durumlarda uygulanmaktadır (Gutmann & Lovdahl, 2019; Peters, 2004). Buna karşılık ileri periodontal yıkım, restoratif olarak korunamayacak dişler veya güvenli dezenfeksiyonun sağlanamayacağı kompleks kanal anatomileri bazı kontrendikasyonlar arasında değerlendirilmektedir (Gutmann & Lovdahl, 2019; Haapasalo & Shen, 2012). Minimal invaziv endodonti yaklaşımı, dentin dokusunun korunmasını ön planda tutmaktadır. Ancak daha konservatif preparasyonlar, irrigasyonun etkinliğini daha önemli hâle getirmektedir (Dioguardi vd., 2020; Kim vd., 2024). Bu nedenle güncel endodontik tedavilerde gelişmiş irrigasyon sistemleri ve aktivasyon yöntemleri, kanal dezenfeksiyonunun artırılması açısından önemli avantajlar sağlamaktadır (Kim vd., 2024; Molina vd., 2015). Tedavi başarısı; periapikal iyileşme,

semptomların ortadan kalkması, dişin fonksiyonunu sürdürebilmesi ve uzun dönem mekanik bütünlüğün korunması ile değerlendirilmektedir (Peters, 2004; Haapasalo & Shen, 2012). Bu nedenle modern endodontik yaklaşımlarda etkin irrigasyon ve biyofilm eliminasyonu temel hedefler arasında yer almaktadır.

#### **4. KÖK KANAL İRRİGASYONUNUN ÖNEMİ**

Kök kanal tedavisinde mekanik preparasyon tek başına yeterli değildir. Kanal sisteminin kompleks anatomisi ve mikroorganizmaların biyofilm formunda bulunması, mekanik temizliğin etkinliğini sınırlandırmaktadır (Gutmann & Lovdahl, 2019; Peters, 2004). Lateral kanallar, isthmuslar, apikal delta ve dentin tübülleri gibi bölgeler, bakterilerin yerleştiği ve geleneksel enstrümantasyon ile tam olarak temizlenemeyen alanlardır (Haapasalo & Shen, 2012; Hülsmann vd., 2003). İrrigasyonun temel amacı; pulpa artıklarının, nekrotik dokuların, biyofilmin ve smear tabakasının uzaklaştırılmasıdır. Smear tabakası, mekanik preparasyon sırasında oluşan organik ve inorganik artıkların oluşturduğu bir tabaka olup bakterilerin dentin yüzeyine tutunmasını kolaylaştırabilmektedir (Dioguardi vd., 2020; Peters vd., 2001). Ayrıca dentin tübüllerini tıkayarak irrigantların ve kanal dolgu materyallerinin penetrasyonunu azaltabilmektedir.

İrrigasyonun etkinliği yalnızca kullanılan kimyasal ajana değil, irrigantın kanal sistemi içerisindeki dolaşımına da bağlıdır. Güncel irrigasyon sistemleri, irrigantın lateral kanallar ve apikal bölgeler gibi ulaşılması güç alanlara taşınmasını sağlayarak dezenfeksiyon etkinliğini artırmayı amaçlamaktadır (Peters vd., 2001; Kim vd., 2024). Sodyum hipoklorit (NaOCl), güçlü antibakteriyel ve doku çözücü etkisi nedeniyle en yaygın kullanılan irrigasyon ajanıdır (Dioguardi vd., 2020; Kim vd.,

2024). EDTA smear tabakasının uzaklaştırılmasına katkı sağlarken, klorheksidin özellikle persistans enfeksiyonlarda antibakteriyel etkisi nedeniyle tercih edilmektedir (Peters vd., 2001; Kim vd., 2024). Minimal invaziv preparasyon yaklaşımlarında daha sınırlı şekillendirme yapıldığından, etkin irrigasyon ve irrigasyon aktivasyonu daha önemli hâle gelmiştir (Kim vd., 2024; Molina vd., 2015). Bu nedenle sonik, ultrasonik ve multisonik sistemler gibi gelişmiş teknolojiler modern endodontik tedavilerde giderek daha fazla kullanılmaktadır.

## **5. GELENEKSEL İRRİGASYON TEKNİKLERİ VE KISITLILIKLARI**

Geleneksel kök kanal irrigasyonu çoğunlukla şırınga ve iğne sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemler kullanım kolaylığı ve düşük maliyet gibi avantajlar sunsa da kanal sisteminin mikroanatomik bölgelerine ulaşmada sınırlılıklar göstermektedir (Gutmann & Lovdahl, 2019; Peters, 2004). Şırınga-iğne yöntemi irrigantın kanal içerisine pozitif basınçla uygulanmasına dayanır. Ancak irrigantın lateral kanallar, isthmuslar ve apikal bölgelerde yeterli dolaşım sağlayamaması dezenfeksiyon etkinliğini azaltabilmektedir (Haapasalo & Shen, 2012; Hülsmann vd., 2003). Ayrıca yüksek basınçlı irrigasyon, apikal ekstrüzyon riskini artırarak postoperatif ağrı ve inflamasyona neden olabilmektedir (Hülsmann vd., 2003; Dioguardi vd., 2020).

İrrigasyon iğneleri açık uçlu ve yan delikli olmak üzere farklı tasarımlara sahiptir. Açık uçlu iğneler daha derin penetrasyon sağlarken ekstrüzyon riski daha yüksektir. Yan delikli iğneler ise irrigantın daha kontrollü dağılımına olanak tanımaktadır (Peters vd., 2001; Charara vd., 2016). Geleneksel irrigasyon teknikleri smear tabakasının ve biyofilmin tam olarak uzaklaştırılmasında yetersiz kalabilmektedir (Dioguardi vd.,

2020; Peters vd., 2001). Bu durum özellikle kompleks kanal anatomisine sahip dişlerde daha belirgin hâle gelmektedir. Bu nedenle günümüzde irrigasyon etkinliğini artırmak amacıyla çeşitli aktivasyon sistemleri geliştirilmiştir.

## **6. İRRİGASYON AKTİVASYON TEKNİKLERİ**

Kök kanal irrigasyonunun etkinliği yalnızca irrigantın kimyasal özelliklerine değil, irrigantın kanal sistemi içerisinde nasıl aktive edildiğine de bağlıdır (Gutmann & Lovdahl, 2019). Geleneksel şırınga-iğne yöntemlerinin sınırlılıkları nedeniyle irrigant penetrasyonunu artırmak amacıyla çeşitli aktivasyon teknikleri geliştirilmiştir. Sonik aktivasyon sistemleri, düşük frekanslı titreşimler oluşturarak irrigantın kanal sistemi boyunca hareketini artırmaktadır. Bu yöntem, biyofilm ve smear tabakasının uzaklaştırılmasına katkı sağlamaktadır (Dioguardi vd., 2020; Peters vd., 2001).

Ultrasonik aktivasyon ise yüksek frekanslı titreşimler sayesinde akustik akım ve kavitasyon etkisi oluşturarak irrigantın daha etkin dolaşımını sağlamaktadır. Özellikle apikal bölgelerde ve lateral kanallarda dezenfeksiyon etkinliğini artırdığı bildirilmektedir (Gorduysus vd., 2018; Kim vd., 2024; Molina vd., 2015). Lazer aktivasyonu, irrigantın fotomekanik ve fototermal enerji ile aktive edilmesine dayanmaktadır. Bu sistemlerde oluşan mikro kabarcıklar ve hidrodinamik hareketler smear tabakasının parçalanmasına ve biyofilm eliminasyonuna katkıda bulunmaktadır (Charara vd., 2016; Coaguila-Llerena vd., 2022). Negatif basınç sistemleri ise irrigantın apikale kontrollü şekilde taşınmasını sağlayarak apikal ekstrüzyon riskini azaltmayı amaçlamaktadır. Özellikle kompleks kanal anatomisine sahip dişlerde daha güvenli irrigasyon olanağı sunmaktadır (Kim vd., 2024; Molina vd., 2015). Bu aktivasyon teknikleri, geleneksel irrigasyon yöntemlerinin sınırlılıklarını azaltarak

kanal sisteminin daha etkin şekilde temizlenmesini sağlamaktadır. Son yıllarda geliştirilen yeni nesil irrigasyon teknolojileri ise bu sistemlerin daha ileri düzeyde optimize edilmesine odaklanmaktadır.

## **7. ENDODONTİDE YENİ NESİL İRRİGASYON TEKNOLOJİLERİ**

Kök kanal tedavisinde kanal sisteminin kompleks anatomisi ve biyofilm yapısının dirençli karakteri, geleneksel irrigasyon yöntemlerinin etkinliğini sınırlandırmaktadır (Gutmann & Lovdahl, 2019). Özellikle minimal invaziv preparasyon yaklaşımlarının yaygınlaşmasıyla birlikte, daha konservatif kanal şekillendirmesine rağmen etkin dezenfeksiyon sağlayabilecek yeni nesil irrigasyon teknolojilerine olan ihtiyaç artmıştır (Dioguardi vd., 2020; Peters vd., 2001). Bu doğrultuda geliştirilen multisonik ve lazer destekli irrigasyon sistemleri, kanal sisteminin mikroanatomik bölgelerinde daha etkin temizlik sağlamayı amaçlamaktadır.

### **7.1. Multisonik İrrigasyon Sistemleri**

#### **GentleWave Sistemi**

GentleWave sistemi, kök kanal dezenfeksiyonunu artırmak amacıyla geliştirilmiş multisonik ultracleaning teknolojisine sahip modern bir irrigasyon sistemidir (Kim vd., 2024). Sistem; akustik enerji, gelişmiş sıvı dinamiği, hidrodinamik akış ve mikro-kavitasyon etkilerini birlikte kullanarak irrigantın kanal sistemi boyunca daha etkin dolaşmasını sağlamaktadır. Geleneksel irrigasyon yöntemlerinden farklı olarak yalnızca mekanik irrigant akışına değil, çok yönlü sıvı hareketlerine dayalı bir temizleme mekanizmasına sahiptir. Kök kanal sisteminin kompleks anatomisi; lateral kanallar, isthmuslar, apikal delta ve dentin

tübülleri gibi geleneksel enstrümantasyonun ulaşmakta zorlandığı bölgeler içermektedir (Dioguardi vd., 2020). GentleWave sistemi, oluşturduğu multisonik enerji sayesinde irrigantın bu mikroanatomik yapılara daha etkin ulaşmasını hedeflemektedir. Böylece biyofilm eliminasyonu, debris uzaklaştırılması ve smear tabakasının temizlenmesi açısından daha homojen bir dezenfeksiyon sağlanabilmektedir.

### ***Çalışma Prensibi***

GentleWave sistemi irrigantın kanal içerisine yüksek hızda ancak kontrollü şekilde dolaştırılması prensibine dayanmaktadır. Sistem içerisinde oluşan multisonik dalgalar ve hidrodinamik hareketler, irrigantın yalnızca ana kanal boyunca değil, lateral anatomik yapılara da taşınmasını kolaylaştırmaktadır (Molina vd., 2015). Sistem temel olarak: multisonik ultracleaning ünitesi, irrigant dağıtım sistemi, kontrollü sıvı dolaşım mekanizması, negatif basınç prensibine dayalı aspirasyon sistemi bileşenlerinden oluşmaktadır. Negatif basınç mekanizması sayesinde irrigantın kontrollü dolaşımı sağlanmakta ve apikal ekstrüzyon riskini azaltmaktadır (Charara vd., 2016; Coaguila-Llerena vd., 2022). Bu durum özellikle periapikal dokuların korunması ve postoperatif komplikasyonların azaltılması açısından önem taşımaktadır. Multisonik enerji ile oluşan mikro-kavitasyon etkileri, biyofilm yapısının parçalanmasına ve dentin yüzeyine tutunan debrislerin uzaklaştırılmasına katkı sağlamaktadır (Molina vd., 2015). Ayrıca irrigantın dentin tübülleri ve ulaşılması güç anatomik bölgelere penetrasyonu artırılabilir.

### ***Klinik Etkinlik***

Literatürde GentleWave sisteminin: biyofilm eliminasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması, irrigant penetrasyonunun artırılması, debris eliminasyonu, kanal dezenfeksiyonu açısından başarılı sonuçlar gösterdiği

bildirilmektedir (Kim vd., 2024). Özellikle kompleks kanal anatomisine sahip dişlerde irrigantın lateral kanallar, isthmuslar ve apikal bölgelerde daha etkin dolaşım sağlayabildiği belirtilmektedir. Bu durum geleneksel şırınga-iğne irrigasyonuna kıyasla daha homojen dezenfeksiyon oluşturabilmektedir. Çeşitli çalışmalar, GentleWave sisteminin postoperatif ağrıyı azaltabildiğini ve daha düşük apikal ekstrüzyon riski oluşturduğunu göstermektedir (Coaguila-Llerena vd., 2022; Charara vd., 2016). Kontrollü sıvı dolaşımı sayesinde irrigantın periapikal dokulara taşma riskinin azaltılması, hasta konforu açısından önemli avantaj sağlayabilmektedir. GentleWave sisteminin özellikle: dar kanal anatomilerinde, eğimli kanallarda, kalsifiye kanallarda, minimal preparasyon yapılan dişlerde avantaj sağlayabildiği bildirilmektedir (Coaguila-Llerena vd., 2022; Zhang vd., 2019). Kanal içerisine herhangi bir aktivasyon ucunun ilerletilmesini gerektirmemesi, ulaşılması güç anatomik bölgelerde irrigasyon etkinliğini artırabilmektedir.

### ***Minimal İnvaziv Endodonti ile İlişkisi***

Minimal invaziv endodonti yaklaşımı, dentin dokusunun mümkün olduğunca korunmasını hedeflemektedir (Dioguardi vd., 2020; Peters vd., 2001). Ancak daha konservatif preparasyonlar irrigasyon etkinliğini zorlaştırabilmektedir. GentleWave sistemi, minimal preparasyon yapılan kanallarda dahi etkin irrigant dolaşımı sağlayabilmesi nedeniyle minimal invaziv endodonti ile birlikte değerlendirilmektedir (Kim vd., 2024). Daha az dentin kaldırılması: dişin mekanik dayanıklılığının korunmasına, kırılma riskinin azaltılmasına, uzun dönem fonksiyonel başarının artırılmasına katkı sağlayabilmektedir. GentleWave sistemi, sınırlı preparasyonla birlikte etkin dezenfeksiyon sağlayabilmesi nedeniyle bu yaklaşımın önemli teknolojik desteklerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

### ***Avantaj ve Dezavantajları***

GentleWave sisteminin avantajları: kompleks kanal anatomilerinde etkin irrigasyon, biyofilm eliminasyonunun artırılması, smear tabakasının etkin uzaklaştırılması, düşük apikal ekstrüzyon riski, postoperatif ağrının azaltılması, minimal invaziv preparasyon ile uyumluluk, dentin korunumu, ulaşılması güç anatomik bölgelerde irrigant penetrasyonunun artırılması olarak bildirilmektedir (Kim vd., 2024). Bununla birlikte sistemin: yüksek maliyet, özel ekipman gereksinimi, operatör deneyimi ihtiyacı, teknik altyapı gereksinimi gibi sınırlılıkları bulunmaktadır (Molina vd., 2015).

## **7.2. Lazer Destekli İrrigasyon Sistemleri**

### ***Lazerlerin Endodontide Kullanımı***

Lazer teknolojileri, endodontik tedavilerde kanal dezenfeksiyonunu artırmak ve irrigasyon etkinliğini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Dioguardi vd., 2020). Özellikle kompleks kanal anatomisine sahip dişlerde lazer sistemleri; biyofilm eliminasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması ve irrigant aktivasyonu açısından önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Lazerlerin endodontide kullanım alanları: kanal dezenfeksiyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması, irrigant aktivasyonu, biyofilm eliminasyonu, retreatment vakalarında persistans enfeksiyonların kontrolü olarak sıralanabilmektedir. Özellikle retreatment vakalarında lazerlerin dirençli biyofilm yapılarının parçalanmasına katkı sağlayabildiği ve antibakteriyel etkinliği artırabildiği bildirilmektedir.

### ***Lazerlerin Çalışma Mekanizmaları***

Lazerlerin etkisi temel olarak: fototermal, fotomekanik, fotokimyasal mekanizmalara dayanmaktadır (Dioguardi vd., 2020). Fototermal etki, lazer enerjisinin ısı oluşturarak mikroorganizmaların hücre yapısını bozmasına dayanmaktadır.

Fotomekanik etki ise irrigant içerisinde oluşan mikro kabarcıklar ve hidrodinamik hareketler sayesinde smear tabakasının parçalanmasına ve biyofilmin uzaklaştırılmasına katkı sağlamaktadır. Lazer aktivasyonu sırasında oluşan akustik akım ve mikro-kavitasyon etkileri, irrigantın lateral kanallar ve dentin tübülleri gibi ulaşılması güç bölgelere taşınmasını kolaylaştırabilmektedir. Bu durum özellikle kompleks kanal anatomilerinde dezenfeksiyon etkinliğini artırmaktadır. Lazer sistemlerinin smear tabakası eliminasyonu açısından dentin tübüllerini açabildiği ve irrigant penetrasyonunu artırabildiği bildirilmektedir.

### ***Lazer Türleri ve Klinik Özellikleri***

Endodontide kullanılan başlıca lazer sistemleri: Er:YAG, Er,Cr:YSGG, Nd:YAG, diode lazerler, CO2 lazerleridir. Er:YAG ve Er,Cr:YSGG Lazerler: Erbium lazerler, su absorpsiyonu yüksek sistemlerdir ve irrigant aktivasyonu açısından etkili sonuçlar göstermektedir. Fotomekanik etkileri sayesinde smear tabakasının uzaklaştırılması ve biyofilm eliminasyonuna katkı sağlayabilmektedir. Bu lazerlerin: minimal invaziv preparasyonlarla uyumlu olması, irrigant penetrasyonunu artırabilmesi, dentin yüzeyinde etkin temizlik sağlayabilmesi önemli avantajları arasında yer almaktadır. Nd:YAG Lazer: Nd:YAG lazerler daha çok antibakteriyel etkileri ile ön plana çıkmaktadır. Derin dentin penetrasyonu sağlayabilmesi nedeniyle dirençli mikroorganizmaların eliminasyonuna katkı sağlayabilmektedir (Colak & Arslan, 2021; Dioguardi vd., 2020). Bununla birlikte yüksek termal enerji nedeniyle dikkatli kullanım gerektirmektedir. Diode Lazerler: Diode lazerler düşük maliyetleri ve kullanım kolaylıkları nedeniyle klinikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle antibakteriyel etkinlik amacıyla tercih edilmektedir (Colak & Arslan, 2021). Ancak smear tabakası uzaklaştırma etkinlikleri erbium lazerlere göre daha sınırlı olabilmektedir. CO2 Lazerler: CO2 lazerler yüksek

termal etki oluşturmaları nedeniyle endodontide daha sınırlı kullanım alanına sahiptir. Dentin yüzeyinde termal değişiklik oluşturabilme riskleri nedeniyle dikkatli kullanılmaları gerekmektedir (Dioguardi vd., 2020).

### ***Waterlase iPlus Sistemi***

Waterlase iPlus, Er,Cr:YSGG lazer teknolojisini kullanan gelişmiş bir lazer destekli irrigasyon sistemidir. Sistem; lazer enerjisi ile su-hava kombinasyonunu birlikte kullanarak hem fotomekanik hem de fototermal etki oluşturmaktadır. Bu özellikleri sayesinde irrigant aktivasyonunu artırmakta ve kanal dezenfeksiyonuna katkı sağlamaktadır. Er,Cr:YSGG lazer sistemi özellikle su absorpsiyonu yüksek bir dalga boyuna sahip olması nedeniyle irrigant aktivasyonu açısından etkili sonuçlar gösterebilmektedir. Lazer enerjisinin irrigant içerisinde oluşturduğu mikro kabarcıklar ve hidrodinamik hareketler, smear tabakasının parçalanmasına ve biyofilmin uzaklaştırılmasına katkı sağlamaktadır.

### ***Çalışma Prensipleri***

Waterlase iPlus sistemi, lazer enerjisi ile su-hava kombinasyonunu birlikte kullanarak hidrokinetik etki oluşturmaktadır. Uygulama sırasında oluşan mikro-kavitasyon etkileri irrigantın kanal sistemi boyunca daha etkin dolaşmasını sağlayabilmektedir. Fotomekanik etki sayesinde: smear tabakasının uzaklaştırılması, biyofilm yapısının parçalanması, debris eliminasyonu, irrigant penetrasyonunun artırılması hedeflenmektedir. Fototermal etki ise bakteriyel hücre yapısının bozulmasına katkı sağlayarak antibakteriyel etkinliği artırabilmektedir. Uygulama sırasında oluşan akustik akım ve sıvı hareketleri, irrigantın lateral kanallar ve dentin tübülleri gibi ulaşılması güç bölgelere taşınmasını kolaylaştırabilmektedir. Özellikle kompleks kanal anatomilerinde bu durum dezenfeksiyon etkinliği açısından avantaj sağlayabilmektedir.

### ***Klinik Etkinlik***

Literatürde Waterlase iPlus sisteminin: biyofilm eliminasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması, antibakteriyel etkinlik, irrigant aktivasyonu, debris eliminasyonu açısından başarılı sonuçlar gösterdiği bildirilmektedir. Özellikle smear tabakası eliminasyonu açısından erbiyum lazerlerin dentin tübüllerini açabildiği ve irrigant penetrasyonunu artırabildiği belirtilmektedir. Ayrıca lazer destekli irrigasyonun dirençli biyofilm yapılarının parçalanmasına katkı sağlayabileceği bildirilmektedir. Retreatment vakalarında ve persistans enfeksiyonların bulunduğu olgularda lazer sistemlerinin antibakteriyel etkinliği avantaj sağlayabilmektedir. Özellikle dirençli mikroorganizmaların bulunduğu retreatment olgularında lazer destekli irrigasyonun yardımcı rol oynayabileceği; fotodinamik terapi ile kombine kullanımının ise antibakteriyel etkinliği daha da artırabileceği belirtilmektedir (Huang vd., 2020; Pratten & Wilson, 2012). Bununla birlikte Waterlase iPlus sisteminde lazer ucunun kanal içerisine ilerletilmesi gerekliliği: ileri derecede kalsifiye kanallarda, dar kanal anatomilerinde, belirgin eğimli kanallarda uygulama güçlükleri oluşturabilmektedir. Eğimli kanallarda lazer enerjisinin kontrollü uygulanması daha dikkatli kullanım gerektirmektedir. Ayrıca parametrelerin uygunsuz seçimi durumunda dentin yüzeyinde termal hasar, mikroçatlak veya yapısal zayıflama meydana gelebileceği bildirilmektedir.

### ***Avantaj ve Dezavantajları***

Waterlase iPlus sisteminin avantajları: lazer destekli antibakteriyel etki, etkin irrigant aktivasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması, biyofilm eliminasyonunun artırılması, irrigant penetrasyonunun artırılması, retreatment vakalarında yardımcı kullanım potansiyeli olarak bildirilmektedir. Sistemin dezavantajları ise: yüksek maliyet, özel eğitim gereksinimi,

parametre hassasiyeti, ileri derecede kalsifiye kanallarda kullanım güçlüğü, eğimli kanallarda dikkat gerektirmesi olarak değerlendirilmektedir.

### **7.3. Güncel Sistemlerin Klinik Değerlendirilmesi ve Karşılaştırılması**

Yeni nesil irrigasyon teknolojileri, geleneksel şırınga-iğne irrigasyonuna kıyasla kanal sisteminin daha etkin şekilde temizlenmesini amaçlamaktadır (Gutmann & Lovdahl, 2019). Özellikle GentleWave ve Waterlase iPlus sistemleri; biyofilm eliminasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması ve irrigant penetrasyonunun artırılması açısından güncel literatürde dikkat çeken sistemler arasında yer almaktadır (Kim vd., 2024). GentleWave sistemi, multisonik enerji ve gelişmiş sıvı dinamiği sayesinde irrigantın kanal sisteminin mikroanatomik bölgelerine ulaşmasını sağlamaktadır. Waterlase iPlus sistemi ise lazer enerjisi ve hidrokinetik etki ile irrigant aktivasyonunu artırmaktadır (Kim vd., 2024). Her iki sistemin de özellikle lateral kanallar, isthmuslar ve apikal bölgelerde dezenfeksiyon etkinliğini artırabildiği bildirilmektedir.

GentleWave sisteminin kontrollü irrigant dolaşımı sayesinde apikal ekstrüzyon riskini azaltabildiği ve eğimli kanal anatomilerinde etkin dezenfeksiyon sağlayabildiği bildirilmektedir (Molina vd., 2015). Minimal preparasyon gereksinimi nedeniyle dar ve kompleks kanal anatomilerinde kullanım avantajı sunduğu belirtilmektedir. Kanal içerisine herhangi bir aktivasyon ucunun ilerletilmesini gerektirmemesi, ileri derecede kalsifiye kanallarda önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Buna karşılık Waterlase iPlus sisteminde lazer ucunun kanal içerisine ilerletilmesi gerekliliği, ileri derecede kalsifiye veya dar kanallarda uygulama güçlükleri oluşturabilmektedir. Ayrıca belirgin eğimli kanallarda lazer

enerjisinin kontrollü uygulanması daha fazla dikkat gerektirebilmektedir.

Geleneksel şırınga-iğne irrigasyonunda irrigant penetrasyonunun sınırlı olması ve apikal ekstrüzyon riskinin daha yüksek olması önemli dezavantajlar arasında yer almaktadır (Gutmann & Lovdahl, 2019). Buna karşılık yeni nesil sistemlerde irrigant dolaşımının optimize edilmesi sayesinde daha kontrollü ve etkin dezenfeksiyon sağlanabilmektedir (Kim vd., 2024). Literatürde GentleWave sisteminin özellikle: düşük apikal ekstrüzyon riski, postoperatif ağrının azaltılması, minimal invaziv preparasyon ile uyumu, kompleks kanal anatomilerinde etkin irrigasyon, dentin korunumu açısından avantaj sağlayabildiği bildirilmektedir (Molina vd., 2015). Waterlase iPlus sisteminin ise: lazer destekli antibakteriyel etkinlik, smear tabakasının uzaklaştırılması, irrigant aktivasyonunun artırılması, dirençli biyofilm yapılarının azaltılması bakımından başarılı sonuçlar sunduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte Waterlase iPlus sisteminde parametrelerin doğru seçilmesi ve uygulama tekniğinin kontrollü olması önemlidir. Yanlış enerji ayarı, uygunsuz süre veya hatalı teknik kullanım; dentin yüzeyinde termal hasar, mikroçatlak veya yapısal zayıflama riskine yol açabilmektedir.

Hasta konforu ve minimal invazivlik açısından değerlendirildiğinde, GentleWave sisteminin kısa işlem süresi, düşük postoperatif ağrı düzeyi ve dentin dokusunu koruyucu etkisi nedeniyle avantaj sağladığı bildirilmektedir (Coaguila-Llerena vd., 2022). Waterlase iPlus ise antibakteriyel etkinliği ve lazer destekli irrigasyon kapasitesiyle güçlü bir alternatif olmakla birlikte, uygulama süresi, parametre hassasiyeti ve operatör deneyimi açısından daha dikkatli kullanım gerektirmektedir (Coaguila-Llerena vd., 2022). Ekonomik açıdan GentleWave sisteminin yüksek başlangıç maliyeti önemli bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte tedavi etkinliği, işlem

süresi ve uzun dönem klinik verimlilik açısından maliyet-etkinlik avantajı sağlayabileceği bildirilmektedir. Waterlase iPlus ise daha ulaşılabilir bir alternatif olarak değerlendirilebilir; ancak kompleks anatomilerdeki uygulama sınırlılıkları ve uzun dönem verimlilik açısından GentleWave'in sağladığı avantajları her olguda tam olarak karşılamayabilir (Zhang vd., 2019). Gelecekte yapay zekâ destekli kanal görüntüleme, CBCT entegrasyonu, mikro-BT temelli analizler ve gelişmiş multisonik/lazer sistemlerinin kullanımı, irrigasyon etkinliğinin daha öngörülebilir hâle gelmesine katkı sağlayabilir (Nair, 2016; Patel vd., 2019; Tzanetakos & Parashos, 2020). Ayrıca bu sistemlerin maliyet-etkinlik analizlerinin ve uzun dönem klinik başarı verilerinin güncellenmesi, klinik karar verme süreçlerini güçlendirecektir.

## **8. SONUÇ**

Yeni nesil irrigasyon teknolojileri, kanal sisteminin kompleks anatomisinde daha etkin dezenfeksiyon sağlayarak modern endodontik tedavilere önemli katkılar sunmaktadır. Multisonik ve lazer destekli irrigasyon sistemleri; biyofilm eliminasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması ve irrigant penetrasyonunun artırılması açısından geleneksel yöntemlere göre çeşitli avantajlar sağlayabilmektedir. GentleWave sistemi özellikle kompleks, dar ve eğimli kanal anatomilerinde etkin irrigasyon, düşük apikal ekstrüzyon riski ve minimal invaziv preparasyon ile uyumu sayesinde öne çıkmaktadır. Waterlase iPlus sistemi ise lazer destekli antibakteriyel etkisi ve irrigant aktivasyon kapasitesi ile modern endodontide önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Bununla birlikte sistem seçimi; kanal anatomisi, enfeksiyonun şiddeti, klinik gereksinimler, operatör deneyimi ve maliyet-etkinlik kriterleri doğrultusunda değerlendirilmelidir. Gelecekte gelişmiş görüntüleme teknolojileri, yapay zekâ destekli sistemler ve yeni irrigasyon

platformlarının endodontik tedavilerin başarısını daha da artırabileceği öngörülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

- Charara, K., Friedman, S., Sherman, A., Kishen, A., Malkhassian, G., Khakpour, M., & Basrani, B. (2016). Assessment of apical extrusion during root canal irrigation with the novel GentleWave system in a simulated apical environment. *Journal of Endodontics*, 42(1), 135–139.
- Coaguila-Llerena, H., Gaeta, E., & Faria, G. (2022). Outcomes of the GentleWave system on root canal treatment: a narrative review. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 47(1), e11.
- Colak, H., & Arslan, H. (2021). Future perspectives of laser-assisted endodontics. *Lasers in Medical Science*, 36, 2023–2031.
- Dioguardi, M., Cocco, A., Troiano, G., et al. (2020). Laser-assisted endodontics: current concepts and future perspectives. *Lasers in Medical Science*, 35, 1283–1293.
- Gorduysus, M., Gorduysus, O., Friedman, S., & Attin, T. (2018). Ultrasonic activation and irrigant penetration: A review. *International Endodontic Journal*, 51(9), 1021–1032.
- Gutmann, J. L., & Lovdahl, P. E. (2019). *Problem Solving in Endodontics* (6th ed.). Elsevier.
- Haapasalo, M., & Shen, Y. (2012). Evolution of root canal irrigants. *Endodontic Topics*, 27, 55–64.
- Huang, X., Cvitkovitch, D. G., & Kishen, A. (2020). Combined photodynamic therapy and ultracleaning in persistent endodontic infections. *Lasers in Medical Science*, 35(8), 1851–1859.
- Hülsmann, M., Heckendorff, M., & Lennon, A. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and

- indications. *International Endodontic Journal*, 36(12), 810–830.
- Kim, K. H., Lévesque, C., Malkhassian, G., & Basrani, B. (2024). Efficacy of the GentleWave System in the removal of biofilm from the mesial roots of mandibular molars before and after minimal instrumentation: An ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 57(7), 922–932.
- Molina, B., Glickman, G., Vandrangi, P., & Khakpour, M. (2015). Evaluation of root canal debridement of human molars using the GentleWave system. *Journal of Endodontics*, 41(10), 1701–1705.
- Nair, P. N. R. (2016). Novel imaging technologies in endodontics: Clinical implications. *International Endodontic Journal*, 49(4), 353–367.
- Patel, S., Brown, J., Pimentel, T., & Tzanetakakis, G. N. (2019). Cone beam computed tomography in endodontics – a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 52(8), 1138–1152.
- Peters, O. A. (2004). Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics*, 30(8), 559–567.
- Peters, O. A., Schönenberger, K., & Laib, A. (2001). Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro-CT. *International Endodontic Journal*, 34, 221–230.
- Pratten, J., & Wilson, M. (2012). Photodynamic therapy and its potential in endodontics. *Journal of Dentistry*, 40(11), 887–893.
- Tzanetakakis, G. N., & Parashos, P. (2020). Artificial intelligence in endodontics: Potential and challenges. *International Endodontic Journal*, 53(11), 1441–1456.

Zhang, D., Shen, Y., de la Fuente-Núñez, C., & Haapasalo, M. (2019). In vitro evaluation by quantitative real-time PCR and culturing of the effectiveness of disinfection of multispecies biofilms in root canals by two irrigation systems. *Clinical Oral Investigations*, 23, 913–920.

# **PAIN MANAGEMENT IN ENDODONTIC EMERGENCIES**

**Hilal GÜLEN<sup>1</sup>**

**Hanife ALTUN<sup>2</sup>**

## **1. INTRODUCTION**

Endodontic emergencies account for a significant proportion of acute dental pain, which is one of the most common reasons for patients seeking dental care. In particular, pain of pulpal and periapical origin is classified as a clinical condition requiring urgent intervention due to its sudden onset, high intensity and significant impact on daily activities. Severe dental pain has been associated with sleep disturbances, difficulty eating, loss of concentration and a marked reduction in quality of life (Hargreaves & Keiser, 2002; Nixdorf et al., 2010).

The assessment of dental pain should not be limited to merely alleviating the severity of symptoms. Pain of endodontic origin is often the clinical manifestation of pulp inflammation, periapical infection or complications arising from endodontic treatment. Therefore, identifying the correct source of the pain forms the basis of effective treatment. In clinical practice, the accurate differentiation of conditions such as symptomatic irreversible pulpitis, symptomatic apical periodontitis, acute apical abscess and endodontic flare-ups—which can present with similar symptoms—is of critical importance in reducing

---

<sup>1</sup> Research Assistant, Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey, ORCID: 0009-0009-6591-400X.

<sup>2</sup> Research Assistant, Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey, ORCID: 0009-0009-0841-7963.

unnecessary medication use and planning appropriate intervention (Abbott, 2022).

One of the most significant clinical errors in the management of endodontic emergencies is attempting to suppress pain using pharmacological methods alone. Whilst analgesics may improve the patient's short-term comfort, they do not eliminate the source of infection or inflammation. Similarly, the inappropriate use of antibiotics provides no clinical benefit, particularly in cases of pain caused by pulp inflammation, and contributes to significant public health issues regarding antibiotic resistance (Agnihotry et al., 2016; Lockhart et al., 2019). For this reason, the current approach supports an evidence-based strategy that focuses on clinical treatment targeting the aetiology of pain.

Endodontic pain is not merely a simple clinical symptom resulting directly from inflammation; it is a dynamic process associated with complex biological mechanisms. Vascular changes resulting from pulp inflammation, the release of inflammatory mediators, peripheral sensitisation and, in some cases, changes in central pain modulation can determine the intensity and nature of the pain experienced by patients (Hargreaves & Keiser, 2002). For this reason, successful pain management relies not only on clinical skills but also on an understanding of the biological basis of pain.

The correct approach to managing acute endodontic pain should consist of rapid diagnosis, appropriate clinical intervention and, where necessary, rational pharmacological support. However, not every endodontic emergency requires the same clinical management. As symptomatic irreversible pulpitis and acute apical abscess involve different pathophysiological processes, treatment strategies also differ. This makes the clinical decision-making process all the more important (Alhilou et al., 2023).

The aim of this section is to review current knowledge regarding pain management in endodontic emergencies and to discuss diagnostic and treatment approaches for common clinical presentations in the light of evidence-based literature. In particular, the aim is to present current clinical perspectives on the management of acute pulp and periapical pain, the approach to flare-ups, and pharmacological pain control (Şimşek et al., 2026).

### **1.1. The Pathophysiology of Endodontic Pain**

Endodontic pain is not merely a simple symptom resulting from local tissue damage; it is a complex biological process in which inflammatory, immunological and neurophysiological mechanisms all play a role. Inflammation developing in the pulp and periapical tissues triggers pain formation through the activation of nociceptive nerve fibres, whilst the severity and duration of the inflammation determine the clinical characteristics of the pain (Caviedes-Bucheli et al., 2007; Hargreaves & Abbott, 2005).

Pulp tissue is a specialised connective tissue characterised by dense vascularisation and a rich network of nerves. However, the fact that the pulp is enclosed by rigid dentine walls means that inflammatory processes result in different outcomes in this area. Inflammation arising from stimuli such as bacterial invasion, trauma or restorative irritation leads to increased vascular permeability and a rise in intrapulpal fluid pressure. This increase in pressure contributes to the onset of pain by creating mechanical compression on the pulp nerve endings (Cooper et al., 2010).

Various inflammatory mediators play a significant role in the biological basis of endodontic pain. Mediators such as prostaglandins, bradykinin, histamine, serotonin, interleukins and tumour necrosis factor-alpha (TNF- $\alpha$ ) are released during inflammation, lowering the threshold of nociceptors and

increasing pain sensitivity. In particular, it has been demonstrated that an increase in prostaglandin E2 levels is associated with the severity of dental pain (Awawdeh et al., 2002).

In addition, neurogenic inflammation is one of the key components of endodontic pain. Neuropeptides released from sensory nerve fibres are active mediators that not only respond to the inflammatory process but also sustain it. In particular, substance P and calcitonin gene-related peptide (CGRP) have been associated with increased vascular permeability, vasodilation and inflammatory cell activation. It has been demonstrated that these neuropeptides increase significantly during pulp inflammation, and they are thought to play a significant role in the biological basis of acute dental pain (Caviedes-Bucheli et al., 2007).

The clinical severity of endodontic pain cannot be explained solely by the extent of tissue damage; peripheral sensitisation also plays a decisive role in this process. Under the influence of inflammatory mediators, the excitability of nociceptors increases, meaning that even stimuli that do not normally cause pain can become painful. This condition may manifest clinically, particularly as thermal sensitivity, spontaneous throbbing pain and excessive sensitivity during chewing (Çatak et al., 2026).

In some cases, the pain mechanism does not remain confined to the peripheral level but may progress to the development of central sensitisation. Prolonged or intense nociceptive stimulation can lead to changes in pain processing mechanisms within the central nervous system, resulting in an intensification of the pain experience. This is particularly significant in cases where the patient describes the pain as more intense than expected or reports symptoms that are inconsistent with clinical findings (Nixdorf et al., 2010).

Inflammation of the periapical tissues also exhibits distinct pathophysiological characteristics. Unlike pulp inflammation, inflammation developing in the periodontal ligament and surrounding bone tissues is characterised by pain that increases with mechanical loading. Particularly in cases of symptomatic apical periodontitis, percussion sensitivity and a sensation of tooth elevation are associated with these biological mechanisms. The pain in this context is explained by inflammation, oedema and mechanoreceptor activation in the periodontal ligament.

In conclusion, endodontic pain is a complex process in which inflammatory mediators, neurogenic mechanisms, peripheral sensitisation and, in some cases, changes in central pain modulation all play a role. Understanding this biological basis is important for planning targeted clinical interventions rather than merely providing symptomatic treatment.

## **1.2. Irreversible Pulpitis**

Acute irreversible pulpitis is one of the most common painful clinical conditions encountered in endodontic emergency cases. Characterised by irreversible inflammation of the pulp tissue, this condition typically presents with severe spontaneous pain, increased sensitivity to thermal stimuli, and pain that persists even after the stimulus has ceased. Pain described as throbbing, worsening at night, and severe enough to disrupt the patient's sleep pattern is among the typical clinical features.

In the pathophysiology of acute irreversible pulpitis, vascular changes and an increase in intrapulpal pressure resulting from the inflammatory response to bacterial irritation play a significant role. Due to the closed anatomical structure of the pulp tissue, the resulting oedema cannot be easily compensated for; this leads to impaired pulp microcirculation and continuous stimulation of nociceptive nerve fibres. The onset of spontaneous

pain suggests that the inflammation has progressed and that the limits of a reversible pulp response have been exceeded (Rechenberg et al., 2016).

From a diagnostic perspective, acute irreversible pulpitis must be carefully distinguished from other causes of odontogenic pain. The patient's pain history is of great importance in the clinical assessment. In particular, prolonged sensitivity to hot and cold, a history of spontaneous pain, and the fact that the localisation is initially vague but becomes more specific over time are important diagnostic clues. However, it may not always be possible to make a definitive diagnosis based solely on symptoms; vitality tests, percussion assessment and radiographic examination must be interpreted together (Levin et al., 2009).

The fundamental principle in the treatment of acute irreversible pulpitis is to eliminate the source of inflammation. For this reason, a pharmacological approach to pain relief alone is generally insufficient. In the management of acute pain, pulpotomy, partial pulpotomy or pulpectomy may be performed. The aim of these procedures is to reduce intrapulpal pressure and control the source of pain by removing the inflamed tissue (Taha & Khazali, 2017).

In recent years, there has been growing interest in pulpotomy, particularly in the context of emergency pain management. Some systematic reviews have reported that complete pulpotomy may be an effective option for pain control in cases of symptomatic irreversible pulpitis and may, in some instances, serve as an alternative to emergency pulpectomy (Ather et al., 2022). However, treatment selection should be tailored to the individual, taking into account long-term clinical success, the restorative condition of the tooth and patient characteristics.

Although a pharmacological approach does not replace clinical intervention, it plays a supportive role. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs are considered effective in the management of acute pulp pain by suppressing inflammatory mediators. However, postponing definitive treatment by administering analgesics alone may lead to the progression of inflammation and a recurrence of the patient's pain.

The use of antibiotics is not routinely recommended for the management of acute irreversible pulpitis. This is because this clinical condition is predominantly associated with a localised inflammatory process, and there is no strong evidence to suggest that systemic antibiotics make a significant contribution to pain control. The unnecessary use of antibiotics also poses a significant risk in terms of the development of resistance (Aminoshariae et al., 2016).

In conclusion, acute irreversible pulpitis is one of the typical endodontic emergencies requiring rapid and appropriate clinical intervention. Successful management is achievable through accurate diagnosis, appropriate endodontic treatment and, where necessary, rational pharmacological support. Targeting the source of inflammation, rather than merely suppressing the pain symptomatically, forms the basis of the modern endodontic approach.

### **1.3. Symptomatic Apical Periodontitis**

Symptomatic apical periodontitis is a common endodontic emergency resulting from an inflammatory response in the periapical tissues caused by pulp infection or irritation; clinically, it is characterised in particular by percussion sensitivity and pain during mastication (UÇAŞ-YILDIZ, 2025). In this condition, the inflammation is no longer confined to the pulp tissue alone; the periodontal ligament and surrounding periapical tissues have become involved in the process. Patients frequently describe a

sensation of 'lengthening', 'high contact' or 'inability to bite down' on the affected tooth (Rechenberg et al., 2016).

The fundamental pathophysiology of symptomatic apical periodontitis is associated with vascular changes and increased tissue pressure in the periodontal ligament tissue caused by inflammatory mediators. As the periodontal ligament is a densely innervated tissue sensitive to mechanical forces, the oedema and cellular infiltration that develop during inflammation cause pain that is exacerbated by mastication or percussion. Consequently, unlike pulp pain, the pain associated with symptomatic apical periodontitis typically tends to increase with mechanical loading.

From a diagnostic perspective, symptomatic apical periodontitis must be carefully distinguished from other odontogenic and non-odontogenic causes of pain. In particular, occlusal trauma, cracked tooth syndrome, periodontal pain and certain orofacial pain of musculoskeletal origin may present with similar clinical symptoms. Therefore, relying solely on the description of the pain is insufficient; the percussion test, palpation, vitality assessment and radiographic examination must be interpreted in conjunction (Levin et al., 2009).

The primary aim in the management of symptomatic apical periodontitis is to eliminate the source of inflammation. If a pulp infection is the primary aetiological factor, intra-canal irritants must be removed through appropriate endodontic treatment (UÇAŞ-YILDIZ & YILDIZ, 2025). In some cases, reducing occlusal loading may provide temporary relief, particularly in patients with marked percussion sensitivity. However, it is reported that occlusal adjustment is not a routine approach for every patient and should be assessed according to clinical necessity (Rosenberg et al., 1998).

Pharmacological pain management plays a supportive role in this clinical condition. As the inflammatory process is the

primary factor, non-steroidal anti-inflammatory drugs are generally effective options. NSAIDs help to reduce inflammation-related pain by inhibiting prostaglandin synthesis. However, pharmacological treatment is no substitute for definitive clinical treatment that eliminates the source of infection or irritation (Smith et al., 2017).

The use of antibiotics is not routinely recommended for the management of symptomatic apical periodontitis. This is because the condition is usually associated with a localised inflammatory process, and the clinical benefit of antibiotic use is limited in cases where there is no systemic spread. The unnecessary use of antibiotics poses a significant risk not only in terms of unnecessary drug exposure for the patient, but also in terms of the development of antimicrobial resistance (Aminoshariae et al., 2016).

In conclusion, symptomatic apical periodontitis is one of the typical endodontic emergencies that requires proper clinical assessment. Successful management is achievable through accurate differential diagnosis, elimination of the source of inflammation, and supportive pain control where necessary. The clinical approach should focus not merely on symptom relief, but on the biological cause of the pathology.

#### **1.4. Acute Apical Abscess**

An acute apical abscess is a serious endodontic emergency characterised by the formation of purulent exudate, resulting from the spread of pulp necrosis and root canal infection to the periapical tissues, and typically presenting with severe pain and, in most cases, swelling. Unlike symptomatic apical periodontitis, in this condition the inflammatory process is complicated by infection, and the development of a purulent collection renders the clinical picture more aggressive. Patients typically present with complaints of severe, constant, localised pain, an inability to

bite down on the tooth, and swelling in the affected area. In some cases, systemic symptoms such as trismus, lymphadenopathy, fever, and general malaise may also accompany the condition (Siqueira & Rôças, 2013).

The pathogenesis of acute apical abscess is predominantly associated with polymicrobial infections. The necrotic root canal system creates a suitable microenvironment for anaerobic bacteria, thereby facilitating the spread of infection to the periapical tissues. A disruption in the balance between the host immune response and the microbial load accelerates the acute inflammatory process, leading to neutrophil infiltration and the formation of purulent exudate. This biological process explains why the abscess causes severe pain and rapid clinical progression (Siqueira & Rôças, 2013).

In the diagnostic assessment, it is important to distinguish acute apical abscess from other odontogenic infections. Localised swelling, percussion tenderness, pain on palpation, the presence of fluctuation, and loss of vitality in the affected tooth are significant clinical findings. However, in some cases, periodontal abscess, pericoronitis, pain caused by sinusitis, or other facial infections may present with a similar clinical picture. Therefore, a detailed medical history, clinical examination and radiographic assessment should be carried out together.

The fundamental approach to the treatment of acute apical abscesses is to eliminate the source of infection and ensure drainage. The evacuation of purulent exudate is of critical importance in terms of reducing tissue pressure and controlling the microbial load. If drainage via the root canal is possible, this approach may be preferred through endodontic intervention. If a localised soft tissue collection is present, incision and drainage may be required. Clinical evidence indicates that drainage not only provides symptomatic relief but also contributes to

biological healing by reducing the infectious load (Matthews et al., 2003).

The use of antibiotics in acute apical abscesses should be assessed on a case-by-case basis. In localised abscesses without signs of systemic infection, the administration of antibiotics alone is not sufficient treatment. This is because the primary problem is a closed focus of infection, and the penetration of antibiotics into the tissue may be limited. Conversely, antibiotic treatment may be indicated in the presence of diffuse swelling, cellulitis, fever, lymphadenopathy, trismus or immunosuppression.

NSAIDs play a significant role in pharmacological pain management. However, as the source of pain in these patients is not only inflammation but also an increase in purulent pressure, drug therapy alone is often insufficient. For this reason, the pharmacological approach to acute apical abscess must be supported by appropriate clinical drainage and infection control.

Delayed or inadequate management of acute apical abscesses can lead to serious complications. Complications such as facial space infections, cellulitis, airway compromise and, rarely, systemic spread are of particular concern in patients with compromised immune systems. Clinicians must therefore be able to distinguish between a localised infection and a serious condition with the potential for spread (Robertson & Smith, 2009).

In conclusion, acute apical abscess is a significant endodontic emergency requiring rapid diagnosis and active clinical intervention. Successful treatment should be based on the elimination of the source of infection, adequate drainage, the use of selective antibiotics where necessary, and supportive pain management.

### **1.5. Management Of Endodontic Flare-Ups**

An endodontic flare-up is a significant clinical complication characterised by unexpected pain and/or swelling occurring during or after root canal treatment, which may lead to an unplanned emergency visit by the patient. Although mild post-operative sensitivity may be expected as part of the natural course of endodontic treatment, a flare-up differs from this physiological healing process in that it presents with symptoms severe enough to require clinical intervention. This situation not only significantly compromises patient comfort but may also negatively affect the patient's perception of the clinician's treatment success (Alves Vde, 2010).

Multifactorial mechanisms play a role in the development of flare-ups. One of the most widely accepted aetiological factors is microbial extrusion. During root canal preparation, the extrusion of infected debris or microorganisms through the apical foramen can trigger an acute inflammatory response in the periapical tissues. In addition, mechanical trauma, overflow of irrigation solutions, excessive instrumentation and individual variations in the host immune response may also contribute to the development of flare-ups (Siqueira, 2003).

Certain patient and dental characteristics may increase the risk of a flare-up. The presence of preoperative pain, symptomatic apical periodontitis, necrotic pulp, retreatment cases and certain anatomical difficulties have been associated with a higher risk. However, there is no complete consensus in the literature regarding all risk factors; this indicates that the development of a flare-up cannot be explained by a single mechanism alone (Tsisis et al., 2008).

Clinically, a flare-up typically presents as a sudden increase in pain, usually occurring within hours or the first few days following treatment. In some cases, this may be

accompanied by localised swelling. The intensity of the pain may reach a level that the patient cannot manage with standard analgesics. At this stage, it is important for the clinician to distinguish between routine postoperative tenderness and a genuine flare-up.

The first step in managing a flare-up is a proper clinical assessment. If the underlying cause of the symptoms is increased periapical pressure and the accumulation of exudate, re-entry into the root canal and drainage may be considered. Reducing the pressure within the canal may provide symptomatic relief. However, routine re-entry is not necessary in all cases of flare-up; the decision should be based on the clinical presentation.

In the pharmacological approach, NSAIDs are first-line adjuvant agents. Pain control can be achieved by suppressing inflammatory mediators. There is evidence to suggest that short-term use of corticosteroids may contribute to postoperative pain control in some cases exhibiting a severe inflammatory response. However, this approach must be carefully assessed on a case-by-case basis.

The use of antibiotics is not routine in the management of flare-ups. This is because, in many cases of flare-ups, the underlying problem is an inflammatory response or localised irritation, rather than a systemic infection. In cases where there are no signs of systemic spread, the symptomatic benefit of antibiotics is limited. The unnecessary use of antibiotics is also problematic in terms of antimicrobial resistance (Aminoshariae et al., 2016).

Although it is not always possible to prevent flare-ups entirely, certain clinical strategies can reduce the risk. Determining the correct working length, using instrumentation techniques that minimise debris extrusion, the controlled application of irrigation, and careful management of the

preoperative infection burden are important in this regard (Tsesis et al., 2008).

In conclusion, an endodontic flare-up is a significant endodontic emergency that is highly stressful for the patient and requires careful management by the clinician. A successful approach is achievable through a correct understanding of the aetiology, appropriate clinical assessment, selective re-intervention and rational pharmacological support.

### **1.6. Pharmacological Pain Management**

In endodontic emergencies, pharmacological pain management, whilst not a substitute for definitive clinical treatment, is an important supportive component in ensuring patient comfort and controlling the inflammatory response. However, the success of the pharmacological approach depends not only on the correct choice of medication but also on a proper understanding of the biological source of the pain. As endodontic pain arising from pulp and periapical inflammation is predominantly caused by the effects of inflammatory mediators, the treatment approach should target this biological mechanism (Carrasco-Labra et al., 2024).

Nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) are considered first-line agents in the pharmacological management of acute endodontic pain. NSAIDs help to control inflammation-related pain by reducing prostaglandin synthesis through the inhibition of the cyclooxygenase enzyme. Ibuprofen, in particular, is one of the most commonly used agents in the management of dental pain, and its efficacy has been demonstrated in numerous clinical studies.

In cases where NSAID use is insufficient, combination therapy with paracetamol may be preferred. It has been reported that the combination of ibuprofen and paracetamol provides more effective pain control compared to the use of either drug alone.

The primary reason for this is that the two drugs can produce a synergistic analgesic effect through their different mechanisms of action. This combination has been found to be clinically beneficial, particularly in cases of moderate to severe dental pain (Moore & Hersh, 2013).

Although opioids were used more frequently in the past for the management of dental pain, current practice significantly restricts the use of these drugs. Due to their sedative effects, potential for nausea and dependence, and adverse effect profile, opioids are not recommended as a routine first-line option. Recent systematic reviews indicate that NSAID-based protocols are more effective or equally effective compared to opioid-containing regimens in many cases of acute dental pain.

Corticosteroids may help to control pain in certain selected cases where there is a marked inflammatory response. There is evidence to suggest that short-term steroid use may reduce pain intensity, particularly in patients at high risk of postoperative inflammation or flare-ups. However, this approach is not routine for every patient; systemic condition, contraindications and potential side effects must be taken into account.

Antibiotics should not be considered as analgesic agents in the management of endodontic pain. It has been demonstrated that antibiotics have no pain-relieving effect, particularly in localised inflammatory processes such as symptomatic irreversible pulpitis (Agnihotry et al., 2019). Similarly, prescribing antibiotics alone is not the appropriate approach in cases of localised endodontic infection that do not show systemic spread. The unnecessary use of antibiotics poses a serious global public health problem in terms of the development of antimicrobial resistance.

When planning a pharmacological approach, the patient's general health must also be taken into account. Gastrointestinal disorders, renal impairment, liver disease, cardiovascular risks and drug interactions are important considerations when selecting NSAIDs or other analgesics. Therefore, rather than a standard prescribing approach, a patient-centred, individualised pharmacological plan should be developed.

In conclusion, pharmacological pain management in endodontic emergencies is an important component that supports clinical treatment; however, it is not a substitute for definitive treatment. The current approach emphasises NSAID-based protocols that target the inflammatory mechanism, whilst making the use of opioids and antibiotics more selective.

### **1.7. Clinical Decision-Making and Practical Approaches**

Successful pain management in endodontic emergencies depends not only on pharmacological support or technical intervention, but also on accurate diagnosis and appropriate clinical decision-making. As patients presenting with similar symptoms may have different underlying conditions, the clinician's accurate identification of the source of pain forms the foundation of treatment success. In particular, clinical data such as spontaneous pain, percussion sensitivity, swelling, thermal response and vitality tests must be evaluated in conjunction (Levin et al., 2009).

The first step in the clinical decision-making process is a detailed medical history. The onset of pain, whether it is spontaneous, its relationship to thermal stimuli, its duration, its location and how it changes with chewing provide important diagnostic information. For example, spontaneous, throbbing pain that persists for a long time following thermal stimuli is more commonly associated with symptomatic irreversible pulpitis;

whereas localised pain that becomes more pronounced during chewing suggests symptomatic apical periodontitis (Rechenberg et al., 2016).

Clinical examination findings are also an integral part of the decision-making process. Whilst vitality tests provide important information about the condition of the pulp, percussion and palpation tests contribute to the assessment of periapical tissues. However, rather than reaching a definitive diagnosis based on the result of a single test, it is recommended that all clinical data be interpreted collectively. This is because there may be clinical overlap between pulp and periapical pathologies (Jespersen et al., 2014).

In patients suspected of having symptomatic irreversible pulpitis, the primary approach is urgent endodontic intervention to reduce the burden on the inflamed pulp tissue. In such cases, prescribing analgesics alone may provide short-term relief but does not offer a permanent solution. Depending on the clinical circumstances, options such as partial pulpotomy, complete pulpotomy or pulpectomy may be considered (Taha & Khazali, 2017).

As pain in cases of symptomatic apical periodontitis is usually associated with inflammation of the periodontal ligament, the aim should be to eliminate the source of infection or irritation. In certain selected cases where there is a clear contribution from occlusal trauma, temporary occlusal adjustment may be considered; however, this approach should not be regarded as standard routine practice (Rosenberg et al., 1998).

In cases of acute apical abscess, the clinical approach requires more aggressive infection control. In the presence of a localised purulent collection, drainage forms the cornerstone of treatment. In cases showing signs of systemic spread, antibiotic therapy may be added. However, prescribing antibiotics alone

whilst delaying treatment of the active source of infection is not consistent with the current evidence-based approach (Siqueira & Rôças, 2013).

In patients experiencing a flare-up, the clinician must first distinguish between expected postoperative tenderness and a genuine complication. Re-evaluation may be necessary in the presence of severe, progressive pain or swelling. If an increase in canal pressure or accumulation of exudate is suspected, selective re-intervention may be planned. However, re-intervention is not mandatory in every case of flare-up; the clinical presentation must be assessed on an individual basis (Tsesis et al., 2008).

A pharmacological approach supports the clinical decision-making process but does not replace it. Whilst NSAIDs are the appropriate first-line treatment for most cases of acute inflammatory dental pain, the choice of medication should be tailored to the patient's systemic condition and any contraindications. The use of antibiotics, however, should only be considered in specific clinical situations.

In conclusion, clinical decision-making in endodontic emergencies should be based on systematic diagnostic assessment and treatment planning focused on the aetiology, rather than on symptom-based reflex approaches. Successful pain management is a dynamic process that begins with an accurate diagnosis and is shaped by patient-centred clinical decision-making.

## **2. CONCLUSION**

Endodontic emergencies are among the clinical conditions frequently encountered in dental practice and which significantly affect patients' quality of life. In such cases, although pain is often the reason for patients' urgent consultation, the pain itself is not the primary disease; rather, it is the clinical manifestation of pulp

or periapical pathologies. Therefore, successful pain management in endodontic emergencies should be based not merely on the suppression of symptoms, but on the correct identification of the underlying biological cause (Abbott, 2022).

Endodontic pain arises as a result of complex biological processes such as inflammatory mediators, neurogenic mechanisms and peripheral sensitisation. Therefore, although pharmacological treatment plays an important supportive role, it is not a substitute for definitive clinical treatment. Particularly in cases such as symptomatic irreversible pulpitis and symptomatic apical periodontitis, the elimination of the source of inflammation or infection forms the basis for lasting pain control (Hargreaves & Keiser, 2002).

In more complex clinical situations, such as acute apical abscesses and endodontic flare-ups, pain management should not be limited to an analgesic approach alone; infection control, the need for drainage, the risk of systemic spread, and the necessity for clinical re-intervention must be assessed holistically. In particular, rather than the unnecessary use of antibiotics, a selective and evidence-based prescribing approach based on appropriate indications should be adopted (Lockhart et al., 2019).

The current clinical approach to endodontic emergencies focuses not only on the pharmacological management of pain, but also on accurate diagnosis, appropriate endodontic intervention and patient-centred clinical decision-making processes. Careful differentiation between different pathologies presenting with similar symptoms is important both for reducing the unnecessary use of medication and for achieving more effective clinical outcomes (Levin et al., 2009).

In conclusion, pain management in endodontic emergencies is a dynamic process that requires a holistic and evidence-based clinical approach addressing the underlying

cause, rather than merely providing symptomatic relief. Successful management is achieved through accurate diagnosis, timely intervention, rational pharmacological support, and clinical decisions tailored to the individual patient. Effective management of endodontic emergencies not only enhances patient comfort but also contributes to treatment success and strengthens patient confidence.

## REFERENCES

- Abbott, P. V. (2022). Present status and future directions: Managing endodontic emergencies. *Int Endod J*, 55 Suppl 3, 778-803.
- Agnihotry, A., Fedorowicz, Z., van Zuuren, E. J., Farman, A. G., & Al-Langawi, J. H. (2016). Antibiotic use for irreversible pulpitis. *Cochrane Database Syst Rev*, 2, Cd004969.
- Agnihotry, A., Thompson, W., Fedorowicz, Z., van Zuuren, E. J., & Sprakel, J. (2019). Antibiotic use for irreversible pulpitis. *Cochrane Database Syst Rev*, 5(5), Cd004969.
- Alhilou, A. M., Al-Moraissi, E. A., Bakhsh, A., Christidis, N., & Näsman, P. (2023). Pain after emergency treatments of symptomatic irreversible pulpitis and symptomatic apical periodontitis in the permanent dentition: a systematic review of randomized clinical trials. *Front Oral Health*, 4, 1147884.
- Alves Vde, O. (2010). Endodontic flare-ups: a prospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 110(5), e68-72.
- Aminoshariae, A., Kulild, J. C., Donaldson, M., & Hersh, E. V. (2016). Evidence-based recommendations for analgesic efficacy to treat pain of endodontic origin: A systematic review of randomized controlled trials. *J Am Dent Assoc*, 147(10), 826-839.
- Ather, A., Patel, B., Gelfond, J. A. L., & Ruparel, N. B. (2022). Outcome of pulpotomy in permanent teeth with irreversible pulpitis: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep*, 12(1), 19664.
- Awawdeh, L., Lundy, F. T., Shaw, C., Lamey, P. J., Linden, G. J., & Kennedy, J. G. (2002). Quantitative analysis of

substance P, neurokinin A and calcitonin gene-related peptide in pulp tissue from painful and healthy human teeth. *Int Endod J*, 35(1), 30-36.

Carrasco-Labra, A., Polk, D. E., Urquhart, O., Aghaloo, T., Claytor, J. W., Jr., Dhar, V., Dionne, R. A., Espinoza, L., Gordon, S. M., Hersh, E. V., Law, A. S., Li, B. S., Schwartz, P. J., Suda, K. J., Turturro, M. A., Wright, M. L., Dawson, T., Miroshnychenko, A., Pahlke, S., . . . Moore, P. A. (2024). Evidence-based clinical practice guideline for the pharmacologic management of acute dental pain in adolescents, adults, and older adults: A report from the American Dental Association Science and Research Institute, the University of Pittsburgh, and the University of Pennsylvania. *J Am Dent Assoc*, 155(2), 102-117.e109.

Caviedes-Bucheli, J., Gutierrez-Guerra, J. E., Salazar, F., Pichardo, D., Moreno, G. C., & Munoz, H. R. (2007). Substance P receptor expression in healthy and inflamed human pulp tissue. *Int Endod J*, 40(2), 106-111.

Cooper, P. R., Takahashi, Y., Graham, L. W., Simon, S., Imazato, S., & Smith, A. J. (2010). Inflammation-regeneration interplay in the dentine-pulp complex. *J Dent*, 38(9), 687-697.

Çatak, T., Üstün, M., Demiray, M. D., & Yıldız, F. S. U. (2026). Would you perform this procedure under general anesthesia? A scenario-based comparison of dentist and anesthesiologist approaches. *BMC anesthesiology*.

Hargreaves, K., & Abbott, P. V. (2005). Drugs for pain management in dentistry. *Aust Dent J*, 50(4 Suppl 2), S14-22.

- Hargreaves, K. M., & Keiser, K. (2002). Development of new pain management strategies. *J Dent Educ*, 66(1), 113-121.
- Jespersen, J. J., Hellstein, J., Williamson, A., Johnson, W. T., & Qian, F. (2014). Evaluation of dental pulp sensibility tests in a clinical setting. *J Endod*, 40(3), 351-354.
- Levin, L. G., Law, A. S., Holland, G. R., Abbott, P. V., & Roda, R. S. (2009). Identify and define all diagnostic terms for pulpal health and disease states. *J Endod*, 35(12), 1645-1657.
- Lockhart, P. B., Tampi, M. P., Abt, E., Aminoshariae, A., Durkin, M. J., Fouad, A. F., Gopal, P., Hatten, B. W., Kennedy, E., Lang, M. S., Patton, L. L., Paumier, T., Suda, K. J., Pilcher, L., Urquhart, O., O'Brien, K. K., & Carrasco-Labra, A. (2019). Evidence-based clinical practice guideline on antibiotic use for the urgent management of pulpal- and periapical-related dental pain and intraoral swelling: A report from the American Dental Association. *J Am Dent Assoc*, 150(11), 906-921.e912.
- Matthews, D. C., Sutherland, S., & Basrani, B. (2003). Emergency management of acute apical abscesses in the permanent dentition: a systematic review of the literature. *J Can Dent Assoc*, 69(10), 660.
- Moore, P. A., & Hersh, E. V. (2013). Combining ibuprofen and acetaminophen for acute pain management after third-molar extractions: translating clinical research to dental practice. *J Am Dent Assoc*, 144(8), 898-908.
- Nixdorf, D. R., Moana-Filho, E. J., Law, A. S., McGuire, L. A., Hodges, J. S., & John, M. T. (2010). Frequency of persistent tooth pain after root canal therapy: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*, 36(2), 224-230.

- Rechenberg, D. K., Held, U., Burgstaller, J. M., Bosch, G., & Attin, T. (2016). Pain levels and typical symptoms of acute endodontic infections: a prospective, observational study. *BMC Oral Health, 16*(1), 61.
- Robertson, D., & Smith, A. J. (2009). The microbiology of the acute dental abscess. *J Med Microbiol, 58*(Pt 2), 155-162.
- Rosenberg, P. A., Babick, P. J., Schertzer, L., & Leung, A. (1998). The effect of occlusal reduction on pain after endodontic instrumentation. *J Endod, 24*(7), 492-496.
- Siqueira, J. F. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal, 36* 7, 453-463.
- Siqueira, J. F., Jr., & Rôças, I. N. (2013). Microbiology and treatment of acute apical abscesses. *Clin Microbiol Rev, 26*(2), 255-273.
- Smith, E. A., Marshall, J. G., Selph, S. S., Barker, D. R., & Sedgley, C. M. (2017). Nonsteroidal Anti-inflammatory Drugs for Managing Postoperative Endodontic Pain in Patients Who Present with Preoperative Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod, 43*(1), 7-15.
- Şimşek, E., Satar, S., Özdemir, S. G., Uçaş Yıldız, F. S., Kurt, Ö., & Akbulut, M. B. (2026). Do irrigation activation techniques and setting time affect the dentin bond strength of bioceramic-based root canal sealers? *International Journal of Adhesion and Adhesives, 149*, 104367.
- Taha, N. A., & Khazali, M. A. (2017). Partial Pulpotomy in Mature Permanent Teeth with Clinical Signs Indicative of Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *J Endod, 43*(9), 1417-1421.

- Tsesis, I., Faivishevsky, V., Fuss, Z., & Zukerman, O. (2008). Flare-ups after endodontic treatment: a meta-analysis of literature. *J Endod*, 34(10), 1177-1181.
- Uçaş-Yildiz, F. S. (2025). Neglected Factor In Endodontic Treatment Success: Temporary Filling Selection And Application. *Dentistry*, 25.
- Uçaş-Yildiz, F. S., & Yıldiz, K. K. (2025). Pain And Its Management In Endodontics. *Oral And Dental Health: Clinical Case Reports, Systemic Interactions, And Preventive Strategies*, 67.

# ENDODONTİDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI: TANI, TEDAVİ PLANLAMASI VE KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

**Hazal FAİZ ARSLANPARÇASI<sup>1</sup>**

**Mehmet Ali ARSLANPARÇASI<sup>2</sup>**

## 1. GİRİŞ

Endodontik tedavilerde doğru tanı ve uygun tedavi planlaması, tedavi başarısını belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Endodontik tanı süreci yalnızca radyografik görüntülerin değerlendirilmesine dayanmamakta; hastanın semptomları, klinik muayene bulguları, pulpa vitalite testleri, periodontal durum ve radyografik verilerin birlikte yorumlanmasını gerektirmektedir. Özellikle periapikal lezyonların saptanması, kök kanal anatomisinin değerlendirilmesi, kanal varyasyonlarının belirlenmesi ve vertikal kök kırığı gibi komplike bulguların ayırt edilmesi, klinisyenin deneyimine ve kullanılan görüntüleme yönteminin kalitesine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle endodontik tanıda klinisyenler arası yorum farklılıkları, tanısal standardizasyonu ve tedavi planlamasının tutarlılığını etkileyebilen önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Setzer, Li, and Khan 2024).

---

<sup>1</sup> Araştırma Görevlisi, Harran Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0002-3172-6966.

<sup>2</sup> Öğretim Görevlisi, Harran Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Diş Protez Teknolojisi Bölümü, ORCID: 0009-0001-2753-2096.

Son yıllarda yapay zekâ teknolojileri, özellikle makine öğrenmesi ve derin öğrenme tabanlı algoritmalar aracılığıyla endodontik görüntülerin analizinde giderek daha fazla araştırılmaktadır. Konvolüsyonel sinir ağları gibi derin öğrenme modelleri; periapikal radyografiler, panoramik radyografiler ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülerinde anatomik ve patolojik yapıların tanınması, sınıflandırılması ve segmentasyonu amacıyla kullanılabilir. Bu yaklaşımlar, periapikal patolojilerin değerlendirilmesi, kök kanal morfolojisinin incelenmesi, kök kırıklarının saptanması ve tedavi sonuçlarının yorumlanması gibi alanlarda klinisyene destek sunma potansiyeli taşımaktadır (Ourang et al. 2024; Rokhshad et al. 2024).

Endodontide yapay zekâ uygulamalarının en çok araştırıldığı alanlardan biri periapikal patolojilerin görüntü temelli saptanmasıdır. Periapikal radyografiler ve KIBT görüntüleri üzerinde yapılan çalışmalarda, yapay zekâ destekli sistemlerin apikal patoloji varlığını belirlemede ve lezyon sınırlarının değerlendirilmesinde umut verici sonuçlar gösterebildiği bildirilmiştir. Bununla birlikte mevcut bulguların çoğu belirli veri setleri, retrospektif çalışma tasarımları ve araştırma koşulları üzerinden elde edildiğinden, sonuçların tüm klinik ortamlara doğrudan genellenmesi konusunda dikkatli olunmalıdır (Hu et al. 2022; Issa et al. 2023).

Yapay zekâ tabanlı sistemlerin endodontideki temel katkısı, hekimin yerini almak değil; görüntü yorumlama, tanısal standardizasyon ve klinik karar verme süreçlerinde yardımcı bir araç olarak kullanılmasıdır. Bu sistemler, radyografik görüntülerde şüpheli alanların işaretlenmesi, periapikal lezyon varlığının değerlendirilmesi, kanal anatomisinin analiz edilmesi veya kök kırığı açısından riskli bölgelerin belirlenmesi gibi işlemlerde ikinci görüş niteliğinde katkı sağlayabilir. Ancak endodontik tanı çok boyutlu bir süreç olduğundan, yapay zekâ çıktıları her zaman klinik muayene bulguları ve hekimin mesleki

değerlendirmesiyle birlikte yorumlanmalıdır (Khanagar et al. 2023; Pul and Schwendicke 2024).

Bu kitap bölümünde yapay zekânın endodontideki temel prensipleri, tanısal uygulamaları, kök ve kök kanal anatomisinin değerlendirilmesindeki rolü, vertikal kök kırıkları ve komple bulguların saptanmasındaki potansiyeli, tedavi planlaması ve klinik karar destek sistemleriyle ilişkisi ele alınacaktır. Ayrıca endodontik tedavi sonuçlarının ve prognozun değerlendirilmesi, eğitim ve klinik pratikte yapay zekâ kullanımı, etik sorunlar, sınırlılıklar ve geleceğe yönelik uygulama alanları güncel literatür ışığında tartışılacaktır.

## **2. YAPAY ZEKÂNIN ENDODONTİDEKİ TEMEL PRENSİPLERİ**

Yapay zekâ, bilgisayar sistemlerinin öğrenme, örüntü tanıma, problem çözme ve karar destekleme gibi insan zekâsıyla ilişkilendirilen işlevleri yerine getirmesini amaçlayan disiplinlerarası bir alandır. Endodontide bu teknolojinin temel kullanım amacı, radyografik ve konik ışıklı bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilen verilerin analizinde, anatomik varyasyonların saptanmasında ve patolojik bulguların sınıflandırılmasında klinisyene destek sağlamaktır. Bu yaklaşım, büyük veri setleri içerisindeki örüntülerin algoritmalar tarafından öğrenilmesine ve yeni görüntüler üzerinde benzer örüntülerin tanınmasına dayanır (Koç et al. 2023; Ourang et al. 2024).

Makine öğrenmesi, yapay zekânın verilerden deneyim yoluyla öğrenmesine olanak tanıyan bir alt alanıdır; derin öğrenme ise bu sürecin çok katmanlı yapay sinir ağları aracılığıyla gerçekleştirildiği daha ileri bir yaklaşımdır. Özellikle görüntü işleme görevlerinde yaygın olarak kullanılan konvolüsyonel sinir ağları, radyolojik görüntülerdeki yoğunluk farklılıklarını, kenar özelliklerini ve mekânsal ilişkileri analiz

ederek lezyon saptama, kanal anatomisini değerlendirme ve vertikal kök kırıklarının incelenmesi gibi endodontik uygulamalarda kullanılabilir. Bununla birlikte model performansı; kullanılan veri setinin niteliği, görüntüleme yöntemi, etiketleme güvenilirliği ve eksternal validasyon varlığı gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir (Dennis et al. 2024).

Endodontik görüntü analizinde yapay zekâ modelleri çoğunlukla segmentasyon, sınıflandırma ve nesne tespiti gibi görevler için geliştirilir. Segmentasyon, pulpa boşluğu, kök kanalı, periapikal lezyon veya alveoler kemik gibi yapıların sınırlarının belirlenmesini sağlar. Sınıflandırma, görüntülerin veya görüntüden elde edilen özelliklerin önceden tanımlanmış kategorilere ayrılmasıdır; periapikal lezyon varlığı veya kanal morfolojisinin belirli bir gruba atanması bu kapsamda değerlendirilebilir. Nesne tespiti ise görüntü içerisindeki belirli anatomik veya patolojik yapıların lokalizasyonuna olanak tanıyarak şüpheli alanların işaretlenmesine katkı sağlayabilir (Ba-Hattab et al. 2023; Liu et al. 2024).

Yapay zekâ modellerinin geliştirilmesi genellikle eğitim, doğrulama ve test aşamalarını içerir. Eğitim aşamasında model, etiketlenmiş veri setleri üzerinden belirli örüntüleri öğrenir; doğrulama aşaması model parametrelerinin ayarlanmasına yardımcı olur; test aşaması ise modelin daha önce görmediği veriler üzerindeki performansını değerlendirmek için kullanılır. Bu süreçte veri setlerinin büyüklüğü, çeşitliliği, klinik temsiliyeti ve etiketleme kalitesi model güvenilirliği açısından belirleyicidir. Model performansı doğruluk, duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif prediktif değerler ile ROC eğrisi altında kalan alan gibi ölçütlerle değerlendirilebilir; ancak bu metrikler klinik uygulanabilirlik açısından tek başına yeterli değildir (Van Calster et al. 2025).

Klinik karar destek sistemi olarak değerlendirilen yapay zekâ tabanlı yazılımlar, endodontide özellikle görüntü yorumlama ve tanısal standardizasyon açısından ikinci görüş niteliğinde destek sunabilir. Bu sistemler periapikal lezyonların değerlendirilmesi, kanal anatomisinin analizi, vertikal kök kırığı gibi komplike bulguların ön değerlendirilmesi veya riskli alanların işaretlenmesi gibi görevlerde kullanılabilir. Bununla birlikte endodontik tanı yalnızca görüntüye dayalı bir süreç değildir; klinik muayene bulguları, pulpa testleri, semptomlar, periodontal durum, restoratif gereksinimler ve hekimin mesleki değerlendirmesi birlikte ele alınmalıdır (Khanagar et al. 2023).

Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojileri endodontik klinik iş akışlarında tanı, tedavi planlaması, prognoz değerlendirmesi ve eğitim süreçlerine destek sunabilecek yardımcı araçlar olarak değerlendirilmektedir. Bu sistemlerin klinik katkısı yalnızca algoritmik performansa değil; veri kalitesi, modelin açıklanabilirliği, etik uygunluk, bağımsız validasyon ve klinisyenin uzmanlığıyla birlikte kullanılmasına bağlıdır. Gelecekte daha geniş, standardize ve çok merkezli veri setleriyle geliştirilen açıklanabilir yapay zekâ modellerinin, endodontik karar süreçlerine daha güvenilir biçimde entegre edilebileceği öngörülmektedir (Dennis et al. 2024; Setzer et al. 2024).

### **3. ENDODONTİK TANIDA YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI**

Endodontik tanı; klinik muayene, semptomlar, vitalite testleri, periodontal değerlendirme ve radyografik bulguların birlikte yorumlanmasını gerektiren bir süreçtir. Bu süreçte radyografik görüntüler, özellikle periapikal lezyonların, kök kanal anatomisinin ve anatomik varyasyonların değerlendirilmesinde önemli rol oynar. Bununla birlikte geleneksel radyografik yorumlama, klinisyenin deneyimine,

görüntü kalitesine ve kullanılan görüntüleme yöntemine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle yapay zekâ sistemleri, bilgisayarlı görü ve derin öğrenme algoritmaları aracılığıyla radyografik görüntüleri analiz ederek endodontik tanıda destekleyici bir araç olarak araştırılmaktadır (Sadr et al. 2023).

Yapay zekânın endodontik tanıdaki en belirgin kullanım alanlarından biri periapikal lezyonların ve apikal periodontitis bulgularının görüntü temelli saptanmasıdır. Konvolüsyonel sinir ağları, radyografik görüntülerdeki yoğunluk farklılıklarını ve mekânsal örüntüleri analiz ederek apikal bölgedeki radyolüsent değişikliklerin değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Periapikal radyografiler üzerinde yapılan çalışmalarda yapay zekâ destekli sistemlerin apikal patoloji varlığını saptamada umut verici tanısal performans gösterebildiği bildirilmiştir. Ancak bu sonuçlar kullanılan veri seti, görüntü kalitesi, referans standart ve validasyon yöntemine bağlı olarak değişebileceğinden, tüm klinik koşullara doğrudan genellenmemelidir (Issa et al. 2023; Pul and Schwendicke 2024).

Endodontik tanıda periapikal radyografiler, panoramik radyografiler ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntüleri yapay zekâ modelleri için temel veri kaynaklarını oluşturmaktadır. Periapikal radyografiler rutin klinik takipte yaygın olarak kullanılırken, KIBT görüntüleri kök kanal morfolojisinin, periapikal dokuların ve komplike anatomik yapıların üç boyutlu değerlendirilmesine olanak sağlar. Bu nedenle yapay zekâ modelleri, farklı görüntüleme yöntemlerinden elde edilen verileri analiz ederek periapikal patolojilerin, kök kanal anatomisinin ve endodontik komplikasyonların değerlendirilmesine katkı sağlayabilir (Khanagar et al. 2023).

Pulpal patolojiler ve pulpa kalsifikasyonlarının değerlendirilmesi, yapay zekânın endodontik tanıda araştırılan

diğer kullanım alanları arasında yer almaktadır. Özellikle daralmış pulpa boşluğu, kalsifiye kanallar veya kanal obliterasyonu gibi durumlarda görüntü yorumlama güçleşebilir. Yapay zekâ modelleri, bu tür anatomik değişikliklerin görüntü temelli analizinde klinisyene destek sağlayabilir; ancak bu alandaki kanıtlar periapikal lezyon saptama çalışmalarına kıyasla daha sınırlıdır. Bu nedenle pulpal patoloji veya kalsifikasyonların tanısında yapay zekâdan elde edilen çıktılar, klinik muayene ve diğer tanı yöntemleriyle birlikte değerlendirilmelidir (Firincioglulari et al. 2025; Ye et al. 2024).

Mevcut çalışmalar yapay zekâ modellerinin endodontik tanıda umut verici sonuçlar gösterebildiğini ortaya koysa da, bulguların önemli bir bölümü sınırlı veri setlerine, retrospektif araştırma tasarımlarına ve belirli görüntüleme protokollerine dayanmaktadır. Klinik genellenebilirlik açısından farklı cihazlarla elde edilen görüntüler, farklı hasta popülasyonları, veri seti çeşitliliği, anotasyon kalitesi ve eksternal validasyon gibi unsurlar önem taşımaktadır. Bu nedenle yüksek doğruluk, duyarlılık veya özgüllük değerleri, tek başına klinik uygulanabilirlik göstergesi olarak değerlendirilmemelidir (Pul and Schwendicke 2024).

Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojileri endodontik tanı süreçlerinde periapikal lezyonların saptanması, anatomik yapıların değerlendirilmesi, görüntü analizinin standardize edilmesi ve klinik karar verme sürecinin desteklenmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ, endodontik tanıda hekimin yerini alan bağımsız bir sistem değil, klinik değerlendirmeyi destekleyen yardımcı bir teknoloji olarak ele alınmalıdır.

#### **4. KÖK VE KÖK KANAL ANATOMİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE YAPAY ZEKÂ**

Endodontik tedavinin başarısı, kök kanal sisteminin doğru biçimde değerlendirilmesi ve tedavi sürecinde etkin şekilde yönetilmesiyle yakından ilişkilidir. Anatomik varyasyonların, ek kanalların veya karmaşık kanal konfigürasyonlarının gözden kaçırılması; yetersiz dezenfeksiyon, tedavi edilmemiş kanallar, perforasyon, basamak oluşumu veya alet kırılması gibi klinik komplikasyonlara zemin hazırlayabilir. Geleneksel radyografik değerlendirme, görüntü kalitesi, anatomik süperpozisyonlar ve klinisyenin deneyimine bağlı olarak değişkenlik gösterebildiğinden, yapay zekâ sistemleri kök ve kanal anatomisinin görüntü temelli analizinde destekleyici bir araç olarak araştırılmaktadır (Hiraiwa et al. 2018).

Kök kanal anatomisinin değerlendirilmesinde periapikal ve panoramik radyografiler iki boyutlu veri sunarken, KIBT görüntüleri kök kanal sisteminin üç boyutlu değerlendirilmesine olanak tanır. Yapay zekâ algoritmaları bu görüntülerde kök morfolojisi, kanal sayısı, pulpa boşluğu ve kök kanal sistemi gibi yapıların tanınması, sınıflandırılması veya segmentasyonu amacıyla kullanılabilir. Özellikle derin öğrenme modellerinin, kök morfolojisi ve karmaşık kanal anatomisinin değerlendirilmesinde umut verici sonuçlar verdiği bildirilmektedir (Duan et al. 2021).

Segmentasyon teknikleri, pulpa boşluğu, kök kanalları ve dentin sınırlarının görüntü üzerinde belirlenmesini sağlayarak endodontik tedavi planlamasına katkı sunabilir. KIBT görüntülerinde pulpa boşluğu ve kök kanal sisteminin otomatik veya yarı otomatik segmentasyonu; giriş kavitesi planlaması, kanal lokalizasyonu ve anatomik sınırların dijital ortamda değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu konuda U-Net ve 3D U-Net gibi derin öğrenme tabanlı yaklaşımların diş, pulpa

boşluğu ve kök kanal segmentasyonunda kullanılabileceği gösterilmiştir (Duan et al. 2021; Zhang et al. 2021).

Kanal morfolojisi ve kanal konfigürasyonlarının değerlendirilmesi, yapay zekânın endodontide araştırılan önemli kullanım alanları arasındadır. Mandibular molarlarda kök morfolojisinin ve mandibular ikinci molarlarda C şekilli kanal anatomisinin yapay zekâ destekli değerlendirilmesi, bu alandaki araştırmalara örnek gösterilebilir. Bununla birlikte bu çalışmaların sonuçları, kullanılan veri setinin niteliği, görüntüleme yöntemi ve validasyon tasarımına bağlı olarak değişebileceğinden, klinik uygulamaya aktarımda dikkatli olunmalıdır (Jeon et al. 2021).

Maksiller molarlarda MB2 kanalının gözden kaçırılması, yetersiz dezenfeksiyon ve tedavi başarısızlığı riskini artırabilen önemli anatomik faktörlerden biridir. Bu nedenle MB2 kanalın görüntü temelli saptanması, endodontik tedavi planlamasında klinik açıdan önem taşır. Güncel çalışmalarda ve derlemelerde, KIBT görüntülerinde MB2 kanal tespitinde yapay zekâ modellerinin kullanılabilmesi ve bu modellerin klinisyene yardımcı bir değerlendirme aracı olarak katkı sağlayabileceği bildirilmektedir. Ancak MB2 tespitinde model performansı; görüntü çözünürlüğü, voxel boyutu, kanalın açıklığı, eğitim veri setinin büyüklüğü ve referans standart gibi faktörlerden etkilenebilir (Dashti et al. 2025).

Kalsifiye kanallar, daralmış kanal lümenleri ve pulpa kanal obliterasyonu, endodontik tedavide kanal lokalizasyonunu güçleştiren klinik durumlardır. Yapay zekâ modelleri, pulpa boşluğu ve kök kanal sisteminin görüntü temelli segmentasyonu yoluyla bu tür olgularda anatomik yapının daha sistematik değerlendirilmesine katkı sağlayabilir. Ancak kalsifiye kanal veya kanal obliterasyonu gibi durumlarda kanıt düzeyi, periapikal lezyon veya genel kanal segmentasyonu çalışmalarına kıyasla

daha sınırlıdır. Bu nedenle yapay zekâ çıktıları, klinik muayene, büyütme altında değerlendirme, radyografik yorumlama ve gerekli durumlarda KIBT bulguları ile birlikte ele alınmalıdır (Duan et al. 2021).

Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojileri kök ve kök kanal anatomisinin değerlendirilmesinde; kök morfolojisinin sınıflandırılması, kanal sayısının belirlenmesi, pulpa boşluğu ve kök kanal sisteminin segmentasyonu, MB2 kanal ve C şekilli kanal gibi anatomik varyasyonların tanınması açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır (Ahmed et al. 2025).

## **5. VERTİKAL KÖK KIRIKLARI VE KOMPLİKE ENDODONTİK BULGULARIN SAPTANMASI**

Vertikal kök kırıkları, endodontide tanısı güç klinik durumlardan biri olarak kabul edilmektedir. Klinik bulguların çoğu zaman özgül olmaması, periodontal defektler, apikal periodontitis veya başarısız kanal tedavisi bulgularıyla benzerlik göstermesi tanı sürecini zorlaştırabilir. Özellikle kök kanal tedavili dişlerde görülen vertikal kök kırıkları, prognozu olumsuz etkileyebilen ve bazı durumlarda diş kaybına kadar ilerleyebilen önemli komplikasyonlar arasında yer almaktadır. Geleneksel periapikal ve panoramik radyografilerde kırık hattının doğrudan izlenmesi her zaman mümkün değildir; kırık çizgisinin ince olması, anatomik süperpozisyonlar, görüntüleme açısı ve eşlik eden periapikal ya da periodontal radyolüsensiler tanısal değerlendirmeyi güçleştirebilir. Bu nedenle vertikal kök kırığı tanısı çoğu zaman klinik muayene, periodontal sondlama bulguları, semptomlar, radyografik veriler ve gerektiğinde ileri görüntüleme yöntemlerinin birlikte değerlendirilmesini gerektirir (Patel, Bhuva, and Bose 2022).

KIBT, üç boyutlu görüntüleme olanağı sayesinde vertikal kök kırıklarının değerlendirilmesinde periapikal radyografilere

göre daha ayrıntılı bilgi sağlayabilir. Bununla birlikte, endodontik tedavili dişlerde bulunan kanal dolgu materyalleri, postlar ve metalik restorasyonlar saçılma artefaktlarına neden olarak kırık hattının yorumlanmasını zorlaştırabilir. Bu durum, KIBT'nin vertikal kök kırığı tanısındaki yararına rağmen, görüntü kalitesi ve artefakt düzeyi gibi faktörlerin tanısal doğruluğu etkileyebileceğini göstermektedir (Habibzadeh et al. 2023).

Yapay zekâ ve özellikle derin öğrenme temelli konvolüsyonel sinir ağları, KIBT görüntülerindeki yoğunluk farklılıkları, morfolojik örüntüler ve mekânsal ilişkileri analiz ederek vertikal kök kırığı varlığının değerlendirilmesinde yardımcı araçlar olarak araştırılmaktadır. Hu ve ark. tarafından yapılan in vivo çalışmada, KIBT görüntüleri üzerinde derin öğrenme modellerinin vertikal kök kırığı tanısındaki performansı değerlendirilmiş ve bu modellerin klinik tanıya destek sağlayabilecek potansiyel taşıdığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, ResNet tabanlı modellerin KIBT görüntülerinde in vitro ve in vivo vertikal kök kırıklarının tespitinde kullanılabileceği gösterilmiştir (Hu et al. 2022).

Yapay zekâ destekli sistemler, görüntü analizi süreçlerinde kırık varlığına ilişkin sınıflandırma yapma, şüpheli bölgeleri işaretleme ve klinisyene ikinci görüş niteliğinde destek sunma potansiyeline sahiptir. Ancak vertikal kök kırığı ile periodontal defekt, lateral radyolüsensi, apikal periodontitis veya kök rezorpsiyonu gibi benzer radyografik bulguların ayırıcı tanısı, görüntü bulgularının klinik muayene ve hasta semptomlarıyla birlikte yorumlanmasını gerektirir. Bu nedenle yapay zekâ çıktıları, vertikal kök kırığı tanısında tek başına kesin karar verici olarak değil, tanısal değerlendirmeyi destekleyen ek bilgi kaynakları olarak ele alınmalıdır (Alshahrani et al. 2026).

## **6. TEDAVİ PLANLAMASI VE KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİ**

Endodontik tedavi planlaması, yalnızca radyografik görüntülerin değerlendirilmesine dayanan tek boyutlu bir süreç değildir. Hastanın semptomları, klinik muayene bulguları, pulpal ve periapikal tanı, periodontal durum, kök kanal anatomisi, sistemik sağlık durumu, hasta beklentileri ve hekimin klinik deneyimi birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle endodontik tedavi kararı; primer kök kanal tedavisi, retreatment, apikal cerrahi, izlem veya çekim gibi seçenekler arasında kanıta dayalı ve hasta merkezli bir yaklaşımla verilmelidir. Güncel klinik rehberler, pulpal ve apikal hastalıkların yönetiminde tanı, tedavi endikasyonu ve tedavi seçiminin çok faktörlü bir değerlendirme sonucunda belirlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Duncan et al. 2023; Essam, Umerji, and Blundell 2025).

Endodontik vaka zorluğunun değerlendirilmesi, tedavi planlamasının önemli bir bileşenidir. Kök kanal anatomisinin karmaşıklığı, kanal kalsifikasyonları, sınırlı ağız açıklığı, restoratif durum, periapikal lezyon varlığı, önceki endodontik tedavi öyküsü ve periodontal destek gibi faktörler tedavinin teknik zorluğunu ve prognozunu etkileyebilir. Amerikan Endodontistler Birliği tarafından geliştirilen vaka zorluğu değerlendirme formu, klinisyenin vakayı düşük, orta veya yüksek zorluk düzeyinde sınıflandırmasına yardımcı olan sistematik bir araç olarak kullanılmaktadır. Yapay zekâ tabanlı sistemler gelecekte bu tür klinik ve radyografik parametreleri birlikte analiz ederek vaka zorluğu değerlendirmesini daha standart hâle getirme potansiyeline sahip olabilir; ancak bu kullanım alanı henüz güçlü klinik validasyon gerektirmektedir (Huang et al. 2026).

Yapay zekânın endodontik tedavi planlamasındaki en gerçekçi katkısı, mevcut aşamada görüntü analizi ve risk değerlendirmesi üzerinden klinisyene destek sağlamasıdır. Derin

öğrenme ve makine öğrenmesi modelleri; periapikal lezyonlar, kök kanal morfolojisi, vertikal kök kırıkları, rezorpsiyonlar ve tedavi sonucu tahmini gibi alanlarda araştırılmaktadır. Özellikle karmaşık anatomik yapıların, önceki tedaviye ait bulguların veya prognozu etkileyebilecek radyografik özelliklerin analizinde yapay zekâ tabanlı sistemler klinik planlamaya katkı sağlayabilir. Bununla birlikte bu sistemler, primer tedavi, retreatment, apikal cerrahi veya çekim gibi seçenekler arasında doğrudan tedavi kararı veren bağımsız mekanizmalar olarak değerlendirilmemelidir (Khanagar et al. 2023).

Prognoz tahmini, endodontide yapay zekânın gelişmekte olan önemli kullanım alanlarından biridir. Literatürde yapay sinir ağları ve makine öğrenmesi modellerinin postoperatif ağrı, tedavi sonucu veya retreatment sonrası iyileşme gibi değişkenleri tahmin etmeye yönelik kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Gao ve ark., yapay sinir ağı modelini kök kanal tedavisi sonrası postoperatif ağrıyı tahmin etmek için kullanmış ve belirli hasta ve tedavi parametreleri üzerinden tahmin yapılabileceğini bildirmiştir. Güncel çalışmalar, klinik ve radyografik verilerin birlikte kullanılmasıyla kök kanal tedavisi veya retreatment sonuçlarının modellenebileceğini göstermeye başlamıştır. Bununla birlikte veri setlerinin heterojenliği, takip sürelerinin farklılığı, hedef değişkenlerin standardize edilmemesi, sınıf dengesizliği ve eksternal validasyon eksikliği bu modellerin klinik uygulamaya aktarılmasını sınırlamaktadır (Bennasar et al. 2025; Gao et al. 2021; Muskan et al. 2026).

Endodontide yapay zekâ destekli karar sistemlerinin klinik değeri, yalnızca doğruluk oranlarıyla açıklanamaz. Bir modelin klinik olarak kullanılabilir olması için açıklanabilir, güvenilir, farklı hasta gruplarında tutarlı, etik açıdan uygun ve klinik iş akışına entegre edilebilir olması gerekir. Ayrıca modelin hangi veriye dayanarak öneri sunduğunun klinisyen tarafından anlaşılabilmesi, hatalı veya belirsiz çıktılarda sorumluluğun nasıl

paylaşılacağı ve hasta verilerinin güvenliği gibi konular da dikkate alınmalıdır. Bu nedenle yapay zekâ destekli sistemler, nihai tedavi kararını veren bağımsız mekanizmalar değil; hekimin klinik muhakemesini destekleyen yardımcı araçlar olarak konumlandırılmalıdır (Zebouni et al. 2025).

## **7. ENDODONTİ EĞİTİMİNDE VE KLİNİK PRATİKTE YAPAY ZEKÂ**

Endodonti eğitiminde yapay zekânın başlıca kullanım alanları; öğrencilerin tanısal performanslarının değerlendirilmesi, radyografik yorumlama becerilerinin desteklenmesi, standartlaştırılmış geri bildirim sağlanması ve klinik karar verme süreçlerinin tartışılmasıdır. Endodonti eğitimine ilişkin güncel derlemeler, yapay zekâ sistemlerinin özellikle görüntü temelli tanısal görevlerde öğrencilerin değerlendirmeleriyle karşılaştırıldığını göstermektedir. Bununla birlikte mevcut kanıtların büyük bölümü öğrenciler ile yapay zekâ sistemlerinin tanısal performanslarının karşılaştırılmasına dayanmakta; öğrenme kalıcılığı, klinik muhakeme gelişimi ve gerçek hasta tedavisine etkisi gibi doğrudan eğitim sonuçları daha sınırlı biçimde araştırılmaktadır (Aminoshariae et al. 2024).

Yapay zekâ destekli sistemler, öğrencilerin kendi değerlendirmelerini algoritmik çıktılar veya uzmanlar tarafından oluşturulan referanslarla karşılaştırmalarına olanak sağlayabilir. Bu yaklaşım, özellikle biçimlendirici değerlendirme sırasında gözden kaçırılan bulguların belirlenmesi ve öğrenciye daha tutarlı geri bildirim sunulması açısından yararlı olabilir. Ancak algoritmik çıktının doğru yanıt anahtarı olarak kabul edilmesi, öğrencinin klinik muhakeme sürecini zayıflatabilir. Bu nedenle eğitimde yapay zekâ, öğrencinin kararını gereçlendirmesini ve yanlış pozitif ya da yanlış negatif sonuçları tartışmasını sağlayan, eğitici gözetiminde kullanılan tamamlayıcı bir araç olarak

değerlendirilmelidir (Ardila, Pineda-Vélez, and Vivares-Builes 2025).

Büyük dil modelleri ve yapay zekâ tabanlı sohbet robotları da endodonti eğitiminde kavramların açıklanması, olgu senaryolarının oluşturulması, soru hazırlama ve etkileşimli öğrenme gibi amaçlarla kullanılabilir. Bununla birlikte bu sistemler hatalı, güncel olmayan veya güvenilir bir kaynağa dayanmayan yanıtlar üretebilir. Bu nedenle sohbet robotlarından elde edilen bilgilerin güncel klinik rehberler ve bilimsel yayınlarla doğrulanması gerekir (Uribe, Maldupa, and Schwendicke 2025).

Ticari kullanıma yönelik dental yapay zekâ platformları da klinik pratikte görüntü değerlendirmesini destekleyen yardımcı araçlar olarak araştırılmaktadır. Bu bağlamda Diagnostics (Diagnostics Inc., San Francisco, CA, USA), iki ve üç boyutlu dental görüntülerin değerlendirilmesinde otomatik işaretleme, segmentasyon ve raporlama desteği sağlayan platformlardan biridir. Endodontiyle ilişkili olarak Diagnostics'ın periapikal radyolüensilerin saptanmasındaki tanınabilirliği ve endodontik tedavi sonuçlarının radyografik değerlendirilmesindeki kullanımı araştırılmıştır. Bu çalışmalar, sistemin özellikle periapikal radyolüensi gibi görüntü temelli bulguların değerlendirilmesinde yardımcı araç olarak potansiyel taşıdığını göstermektedir. Bununla birlikte performansın görüntü türüne, olgu seçimine, referans standarda ve çalışma tasarımına bağlı olarak değişebileceği dikkate alınmalıdır (Allihaibi, Koller, and Mannocci 2025b, 2025a).

Shujaat ve ark. tarafından yayımlanan güncel derlemede, Temmuz 2025'e kadar FDA tarafından izin verilmiş veya onaylanmış 13 şirkete ait 29 bağımsız ve bulut tabanlı dental yapay zekâ ürünü/modülü tanımlanmıştır. Diş hekimliğinde ticari olarak kullanılan yapay zekâ tabanlı yazılımlara Overjet (Overjet

Inc., USA), Pearl Second Opinion (Pearl, USA), Denti.AI (Denti.AI Technology Inc., Canada/USA), VideaAI/VideaHealth (Videa Health Inc., USA), WebCeph (AssembleCircle Corp., South Korea), CephX (Orca Dental AI, Israel), Relu Creator (Relu BV, Belgium), DentalMonitoring (DentalMonitoring SAS, France) ve Velmeni/VELMENI One (Velmeni AI, USA) örnek gösterilebilir. Söz konusu yazılımların çürük tespiti, periodontal hastalık değerlendirme, sefalometrik analiz, otomatik dental doğrulama, periapikal radyolüseni değerlendirme, periapikal lezyon kontrolü ve üç boyutlu segmentasyon gibi farklı klinik görevlerde kullanıldığı bildirilmiştir. Endodonti açısından bu platformlar içinde özellikle Overjet Periapical Radiolucency Assist, Pearl Second Opinion Periapical Radiolucency Contours, Denti.AI Detect ve Videa Dental Assist dikkat çekmektedir. Overjet Periapical Radiolucency Assist'in periapikal radyografilerde periapikal radyolüseni saptamaya yönelik geliştirildiği; Pearl Second Opinion Periapical Radiolucency Contours modülünün ise periapikal radyolüsenilerin saptanması ve segmentasyonu amacıyla kullanıldığı belirtilmiştir. Denti.AI Detect'in çürük, periapikal radyolüseni ve kemik seviyesi ölçümlerini desteklediği; Videa Dental Assist'in ise periapikal radyolüseni, genişlemiş periodontal ligament aralığı, pulpa taşları, dens invaginatus, restorasyonlar ve implantlar gibi farklı bulguları işaretleyebildiği bildirilmiştir (Shujaat et al. 2025).

Yapay zekâ destekli yazılımların klinik yararı yalnızca duyarlılık, özgüllük veya doğruluk değerleriyle belirlenemez. Sistemin mevcut görüntüleme ve hasta kayıt yazılımlarıyla uyumu, kullanım kolaylığı, oluşturduğu yanlış uyarıların sayısı, klinisyenin değerlendirme süresine etkisi ve gerçek klinik iş akışında sağladığı yarar da dikkate alınmalıdır. Ayrıca yapay zekâ çıktılarının hastalara gösterilmesi, radyografik bulguların anlaşılmasını kolaylaştırabilir; ancak algoritmik işaretlemelerin kesin tanı gibi algılanmasını önlemek için sonuçların klinisyen

tarafından açıklanması gerekir. Yapay zekânın klinik uygulamaya güvenli biçimde aktarılması, bağımsız validasyonun yanı sıra kullanıcı eğitimi, veri güvenliği, hasta mahremiyeti ve klinik sorumluluğun açık biçimde tanımlanmasını gerektirir (A Alzahrani, Alolaiwi, and Alshammari 2025).

## **8. SONUÇ**

Yapay zekâ, endodontide tanı, görüntü analizi, tedavi planlaması, prognoz değerlendirmesi, eğitim ve klinik karar destek süreçlerinde önemli bir yardımcı teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Güncel çalışmalar, yapay zekâ tabanlı modellerin periapikal lezyonların saptanması, kök ve kök kanal anatomisinin değerlendirilmesi, vertikal kök kırıklarının analiz edilmesi, tedavi sonuçlarının öngörülmesi ve öğrencilerin radyografik yorumlama becerilerinin desteklenmesi gibi alanlarda potansiyel katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte endodontik tanı ve tedavi planlaması yalnızca görüntü bulgularına dayandırılmaz; klinik muayene, hasta semptomları, pulpa testleri, periodontal durum, restoratif gereksinimler ve hekimin klinik deneyimi birlikte değerlendirilmelidir. Bu nedenle yapay zekâ sistemleri, hekimin yerini alan bağımsız karar mekanizmaları olarak değil, radyografik değerlendirmeyi yapılandıran, tanısal standardizasyonu destekleyen ve klinik muhakemeye ikinci görüş niteliğinde katkı sağlayan yardımcı araçlar olarak ele alınmalıdır. Klinik uygulamaya güvenilir geçiş için daha geniş, çok merkezli, prospektif ve eksternal validasyonlu çalışmalara; ayrıca açıklanabilirlik, veri güvenliği, etik uygunluk ve klinik iş akışına entegrasyon konularında daha güçlü kanıtlara ihtiyaç vardır.

## **KAYNAKÇA**

- Alzahrani, Fawziah Ahmed, Lubna Alolaiwi, and Sulaiman A. Alshammari. 2025. "Shaping the Future of Dental Education: A Scoping Review of Artificial Intelligence (AI) Integration Strategies." *Cureus* 17(5):e84921. doi:10.7759/cureus.84921.
- Ahmed, Hany Mohamed Aly, Arwa Al-Maswary, Mohamed Hadi Habaebi, Abdulkadir Taşdelen, Mohammed Abdulla Salim Al Husaini, Hoda Mohamed Abdelrazek Elnawawy, Muaiyed Mahmoud Ali Buzayan, Noor Azlin Yahya, Aeman Elkezza, Hithem Ahmed, and Paul Michael Howell Dummer. 2025. "Artificial Intelligence in the Study of Root and Canal Anatomy: A Comprehensive Review on Applications, Advantages, Challenges and Future Directions." *European Endodontic Journal* 10(5):343–64. doi:10.14744/eej.2025.37232.
- Allihaibi, Marwa, Garrit Koller, and Francesco Mannocci. 2025a. "Diagnostic Accuracy of a Commercial AI-Based Platform in Evaluating Endodontic Treatment Outcomes on Periapical Radiographs Using CBCT as the Reference Standard." *Journal of Endodontics* 51(7):898-908.e8. doi:10.1016/j.joen.2025.03.007.
- Allihaibi, Marwa, Garrit Koller, and Francesco Mannocci. 2025b. "The Detection of Apical Radiolucencies in Periapical Radiographs: A Comparison between an Artificial Intelligence Platform and Expert Endodontists with CBCT Serving as the Diagnostic Benchmark." *International Endodontic Journal* 58(8):1146–57. doi:10.1111/iej.14250.
- Alshahrani, Abdulmajeed Saeed, Ahmed Ali Alelyani, Ahmad Jabali, Ahmed Abdullah Al Malwi, Riyadh Alroomy, Amal S. Shaiban, Raid Abdullah Almnea, Vini Mehta, and

- Mohammed M. Al Moaleem. 2026. "Use of Artificial Intelligence in Diagnosing Vertical Root Fractures—A Systematic Review." *Diagnostics* 16(3):406–406. doi:10.3390/diagnostics16030406.
- Aminoshariae, Anita, Ali Nosrat, Venkateshbabu Nagendrababu, Omid Dianat, Hossein Mohammad-Rahimi, Abbey W. O’Keefe, and Frank C. Setzer. 2024. "Artificial Intelligence in Endodontic Education." *Journal of Endodontics* 50(5):562–78. doi:10.1016/j.joen.2024.02.011.
- Ardila, Carlos M., Eliana Pineda-Vélez, and Anny M. Vivares-Builes. 2025. "Artificial Intelligence in Endodontic Education: A Systematic Review with Frequentist and Bayesian Meta-Analysis of Student-Based Evidence." *Dentistry Journal* 13(11):489. doi:10.3390/dj13110489.
- Ba-Hattab, Raidan, Noha Barhom, Safa A. Azim Osman, Iheb Naceur, Aseel Odeh, Arisha Asad, Shahd Ali R. N. Al-Najdi, Ehsan Ameri, Ammar Daer, Renan L. B. Da Silva, Claudio Costa, Arthur R. G. Cortes, and Faleh Tamimi. 2023. "Detection of Periapical Lesions on Panoramic Radiographs Using Deep Learning." *Applied Sciences* 13(3):1516. doi:10.3390/app13031516.
- Bennasar, Catalina, Antonio Nadal-Martínez, Sebastiana Arroyo, Yolanda Gonzalez-Cid, Ángel Arturo López-González, and Pedro Juan Tárraga. 2025. "Integrating Machine Learning and Deep Learning for Predicting Non-Surgical Root Canal Treatment Outcomes Using Two-Dimensional Periapical Radiographs." *Diagnostics* 15(8):1009. doi:10.3390/diagnostics15081009.
- Van Calster, Ben Van, Gary S. Collins, Andrew J. Vickers, Laure Wynants, Kathleen F. Kerr, Lasai Barreñada, Gael Varoquaux, Karandeep Singh, Karel GM Moons, Tina

- Hernandez-Boussard, Dirk Timmerman, David J. McLernon, Maarten van Smeden, and Ewout W. Steyerberg. 2025. "Evaluation of Performance Measures in Predictive Artificial Intelligence Models to Support Medical Decisions: Overview and Guidance." *The Lancet Digital Health* 7(12). doi:10.1016/j.landig.2025.100916.
- Dashti, Mahmood, Farshad Khosraviani, Niloofar Ghadimi, Kimia Baghaei, Sara Esmaeili, Mahjube Entezar-e-Ghaem, Zohaib Khurshid, and Thanaphum Osathanon. 2025. "Use of Artificial Intelligence for Detection of MB2 Canals in Maxillary First Molars on CBCT: A Systematic Review and Meta-Analysis." *BMC Oral Health* 25:1860. doi:10.1186/s12903-025-07254-x.
- Dennis, Dennis, Siriwan Suebnukarn, Sothana Vicharueang, and Wasit Limprasert. 2024. "Development and Evaluation of a Deep Learning Segmentation Model for Assessing Non-Surgical Endodontic Treatment Outcomes on Periapical Radiographs: A Retrospective Study." *PLoS ONE* 19(12). doi:10.1371/journal.pone.0310925.
- Duan, Wei, Yufei Chen, Qi Zhang, Xiang Lin, and Xiaoyu Yang. 2021. "Refined Tooth and Pulp Segmentation Using U-Net in CBCT Image." *Dentomaxillofacial Radiology* 50(6):20200251. doi:10.1259/dmfr.20200251.
- Duncan, Henry F., Lise-Lotte Kirkevang, Ove A. Peters, Ikhlas El-Karim, Gabriel Krastl, Massimo Del Fabbro, Bun San Chong, Kerstin M. Galler, Juan J. Segura-Egea, Moritz Kerschull, and ESE Workshop Participants and Methodological Consultant. 2023. "Treatment of Pulpal and Apical Disease: The European Society of Endontology (ESE) S3-level Clinical Practice Guideline." *International Endodontic Journal* 56(S3):238–95. doi:10.1111/iej.13974.

- Essam, Obyda, Shakil Umerji, and Kate Blundell. 2025. "Endodontic Assessment, Complexity, Diagnosis and Treatment Planning." *British Dental Journal* 238(7):441–47. doi:10.1038/s41415-025-8452-6.
- Firincioglulari, Mujgan, Mehmet Boztuna, Omid Mirzaei, Tolgay Karanfiller, Nurullah Akkaya, and Kaan Orhan. 2025. "Segmentation of Pulp and Pulp Stones with Automatic Deep Learning in Panoramic Radiographs: An Artificial Intelligence Study." *Dentistry Journal* 13(6):274. doi:10.3390/dj13060274.
- Gao, Xin, Xing Xin, Zhi Li, and Wei Zhang. 2021. "Predicting Postoperative Pain Following Root Canal Treatment by Using Artificial Neural Network Evaluation." *Scientific Reports* 11(1):17243. doi:10.1038/s41598-021-96777-8.
- Habibzadeh, Sareh, Zahra Ghoncheh, Pedram Kabiri, and Seyed Ali Mosaddad. 2023. "Diagnostic Efficacy of Cone-Beam Computed Tomography for Detection of Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review." *BMC Medical Imaging* 23(1):68. doi:10.1186/s12880-023-01024-3.
- Hiraiwa, Teruhiko, Yoshiko Ariji, Motoki Fukuda, Yoshitaka Kise, Kazuhiko Nakata, Akitoshi Katsumata, Hiroshi Fujita, and Eiichiro Ariji. 2018. "A Deep-Learning Artificial Intelligence System for Assessment of Root Morphology of the Mandibular First Molar on Panoramic Radiography." *Dentomaxillofacial Radiology* 48(3):20180218. doi:10.1259/dmfr.20180218.
- Hu, Ziyang, Dantong Cao, Yanni Hu, Baixin Wang, Yifan Zhang, Rong Tang, Zhuang Jia, Antian Gao, Ying Chen, and Zitong Lin. 2022. "Diagnosis of in Vivo Vertical Root Fracture Using Deep Learning on Cone-Beam CT

Images.” *BMC Oral Health* 22(1). doi:10.1186/s12903-022-02422-9.

Huang, Xin, Zijia Xu, Han Chen, Xin Guo, Xuebin Yang, and Yuan Zhao. 2026. “Revolutionizing Endodontics: The Impact and Innovations of Artificial Intelligence.” *BMC Oral Health* 26(1):321–321. doi:10.1186/s12903-025-07632-5.

Issa, Julien, Mouna Jaber, Ismail Rifai, Paul Mozdziak, Bartosz Kempisty, and Marta Dyszkiewicz-Konwińska. 2023. “Diagnostic Test Accuracy of Artificial Intelligence in Detecting Periapical Periodontitis on Two-Dimensional Radiographs: A Retrospective Study and Literature Review.” *Medicina* 59(4):768–768. doi:10.3390/medicina59040768.

Jeon, Su-Jin, Jong-Pil Yun, Han-Gyeol Yeom, Woo-Sang Shin, Jong-Hyun Lee, Seung-Hyun Jeong, and Min-Seock Seo. 2021. “Deep-Learning for Predicting C-Shaped Canals in Mandibular Second Molars on Panoramic Radiographs.” *Dentomaxillofacial Radiology* 50(5):20200513. doi:10.1259/dmfr.20200513.

Khanagar, Sanjeev B., Abdulmohsen Alfadley, Khalid Alfouzan, Mohammed Awawdeh, Ali Alaqla, and Ahmed Jamleh. 2023. “Developments and Performance of Artificial Intelligence Models Designed for Application in Endodontics: A Systematic Review.” *Diagnostics* 13(3):414–414. doi:10.3390/diagnostics13030414.

Koç, Simay, Turgut Felek, Damla Erkal, and Kürşat Er. 2023. “The Developing Technology of Artificial Intelligence in Endodontics: A Literature Review.” *DergiPark (Istanbul University)*.

- Liu, Jian, Xiaohua Liu, Yu Shao, Yongzhen Gao, Kexu Pan, Chaoran Jin, Honghai Ji, Yi Du, and Xijiao Yu. 2024. “Periapical Lesion Detection in Periapical Radiographs Using the Latest Convolutional Neural Network ConvNeXt and Its Integrated Models.” *Scientific Reports* 14(1):25429. doi:10.1038/s41598-024-75748-9.
- Muskan, Shreshtha, T. Vigneshwar Sambandam, Pradeep Solete, Giampiero Rossi-Fedele, Gianrico Spagnuolo, Kavalipurapu Venkata Teja, Salvatore Scolavino, and Niccolò Giuseppe Armogida. 2026. “Predicting Outcomes of Nonsurgical Retreatment with Artificial Intelligence: A Multicenter Retrospective Study Using Logistic Regression, Random Forest, and Extreme Gradient Boosting.” *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics* 29(4):373–77. doi:10.4103/JCDE.JCDE\_938\_25.
- Ourang, Seyed AmirHossein, Fatemeh Sohrabniya, Hossein Mohammad-Rahimi, Omid Dianat, Anita Aminoshariae, Venkateshbabu Nagendrababu, P. M. H. Dummer, Henry F. Duncan, and Ali Nosrat. 2024. “Artificial Intelligence in Endodontics: Fundamental Principles, Workflow, and Tasks.” *International Endodontic Journal* 57(11):1546–65. doi:10.1111/iej.14127.
- Patel, Shanon, Bhavin Bhuva, and Rahul Bose. 2022. “Present Status and Future Directions: Vertical Root Fractures in Root Filled Teeth.” *International Endodontic Journal* 55(Suppl 3):804–26. doi:10.1111/iej.13737.
- Pul, Utku, and Falk Schwendicke. 2024. “Artificial Intelligence for Detecting Periapical Radiolucencies: A Systematic Review and Meta-Analysis.” *Journal of Dentistry* 147:105104. doi:10.1016/j.jdent.2024.105104.

- Rokhshad, Rata, Ping Zhang, Hossein Mohammad-Rahimi, Vinay Pitchika, Niloufar Entezari, and Falk Schwendicke. 2024. "Accuracy and Consistency of Chatbots Versus Clinicians for Answering Pediatric Dentistry Questions: A Pilot Study." *Journal of Dentistry* 144:104938. doi:10.1016/j.jdent.2024.104938.
- Sadr, Soroush, Hossein Mohammad-Rahimi, Saeed Reza Motamedian, Samira Zahedrozgar, Parisa Motie, Shankeeth Vinayahalingam, Omid Dianat, and Ali Nosrat. 2023. "Deep Learning for Detection of Periapical Radiolucent Lesions: A Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Test Accuracy." *Journal of Endodontics* 49(3):248-261.e3. doi:10.1016/j.joen.2022.12.007.
- Setzer, Frank, J. Li, and Asma Khan. 2024. "The Use of Artificial Intelligence in Endodontics." *Journal of Dental Research* 103(9):853–62. doi:10.1177/00220345241255593.
- Shujaat, Sohaib, Hend Aljadaan, Hessah Alrashid, Ali Anwar Aboalela, and Marryam Riaz. 2025. "FDA-Approved AI Solutions in Dental Imaging: A Narrative Review of Applications, Evidence, and Outlook." *International Dental Journal* 76(1):109315. doi:10.1016/j.identj.2025.109315.
- Uribe, Sergio E., Ilze Maldupa, and Falk Schwendicke. 2025. "Integrating Generative AI in Dental Education: A Scoping Review of Current Practices and Recommendations." *European Journal of Dental Education: Official Journal of the Association for Dental Education in Europe* 29(2):341–55. doi:10.1111/eje.13074.
- Ye, Li, Shangxuan Li, Chichi Li, Cheng Wang, Xi Wei, Wu Zhou, and Yu Du. 2024. "Pulp Calcification Identification on

Cone Beam Computed Tomography: An Artificial Intelligence Pilot Study.” *BMC Oral Health* 24:1132. doi:10.1186/s12903-024-04922-2.

Zebouni, Cynthia, Gautam Shirodkar, Amber Ather, and Ramzi Antoine Sarkis. 2025. “Artificial Intelligence and Prognosis of Treatment in Endodontics.” *Dental Clinics of North America* 69(4):527–40. doi:10.1016/j.cden.2025.05.003.

Zhang, Jian, Wenjun Xia, Jiaqi Dong, Zisheng Tang, and Qunfei Zhao. 2021. “Root Canal Segmentation in CBCT Images by 3D U-Net with Global and Local Combination Loss.” *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference* 2021:3097–3100. doi:10.1109/EMBC46164.2021.9629727.

# POSTERİOR DİŞLERİN REHABİLİTASYONUNDA ENDOKRON RESTORASYONLAR

**Gizem YÜKSEL<sup>1</sup>**

## 1. GİRİŞ

Endodontik tedavi görmüş dişlerin uzun dönem prognozu yalnızca başarılı bir kök kanal tedavisine değil, aynı zamanda uygun koronal restorasyonun varlığına da bağlıdır (Stavropoulou & Koidis, 2007). Geleneksel olarak ileri derecede madde kaybına sahip endodontik tedavili dişlerin rehabilitasyonunda post-kor destekli kron restorasyonları tercih edilmiştir (Naumann, Schmitter, Frankenberger, & Krastl, 2018). Ancak adeziv sistemlerde yaşanan gelişmeler ve geleneksel yaklaşımların dezavantajları endokron restorasyonları öne çıkarmıştır (Bindl & Mormann, 1999).

Endokron kavramı ilk olarak 1995 yılında Pissis tarafından tanımlanmış, daha sonra Bindl ve Mörmann tarafından günümüzde kullanılan şekliyle literatüre kazandırılmıştır. Endokronlar, kor ve kronun tek parça monoblok bir yapı hâlinde üretildiği restorasyonlardır (Papalexopoulos, Samartzi, & Sarafianou, 2021). Bu restorasyonlar tutuculuklarını pulpa odasından elde edilen makroretansiyon ve adeziv simantasyondan sağlanan mikroretansiyondan almaktadır (Emam et al., 2023).

---

<sup>1</sup> Uzm. Dt., Uşak Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı  
ORCID: 0009-0005-1684-2565.

Endokron restorasyonlar, özellikle geniş koronal madde kaybına sahip endodontik tedavili posterior dişlerin rehabilitasyonunda kullanılan konservatif restoratif seçenekler arasında yer almaktadır (Sedrez-Porto, da Rosa, Da Silva, Münchow, & Pereira-Cenci, 2016).

Endokronların en önemli avantajlarından biri, kök kanalında ilave preparasyon gerektirmeden mevcut pulpa odasından yararlanarak retansiyon sağlamalarıdır. Kısa klinik kron boyuna sahip dişler, interoklüzal mesafenin sınırlı olduğu vakalar, kısa köklü dişler, kalsifiye veya eğimli kök kanallarına sahip olgular ve ferrül etkisinin elde edilmesinin zor olduğu durumlar endokron restorasyonların başlıca endikasyonları arasında sayılmaktadır (AlDabeeb, Alakeel, & Alkhalid, 2023).

Bununla birlikte endokron restorasyonların başarısı büyük ölçüde adeziv bağlanmaya bağlıdır. Bu nedenle yeterli bağlanma yüzeyinin bulunmadığı vakalarda kullanım dikkatle değerlendirilmelidir. Pulpa odası derinliğinin yetersiz olması, servikal marjin genişliğinin sınırlı olması, yeterli izolasyonun sağlanamaması ve adeziv prosedürlerin uygulanamayacağı klinik koşullar başlıca kontrendikasyonlar arasında yer almaktadır. Benzer şekilde kalan diş dokusunun ileri derecede yetersiz olduğu ve adeziv retansiyon için uygun yüzeylerin bulunmadığı olgularda farklı restoratif seçenekler tercih edilebilmektedir.(Papalexopoulos et al., 2021; Sedrez-Porto et al., 2016)

Literatürde endokronların premolar ve molar dişlerde başarılı şekilde uygulanabildiği bildirilmekle birlikte, pulpa odasının daha geniş olması ve oklüzal yüklerin daha çok uzun aks boyunca iletilmesi nedeniyle molar dişlerde daha öngörülebilir sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir. Premolar dişlerde ise daha sınırlı bağlanma yüzeyi ve artmış lateral kuvvetler nedeniyle

dikkatli vaka seçimi önerilmektedir(Thomas, Kelly, Tagiyeva, & Kanagasingam, 2020).

**Tablo 1. Endokron restorasyonların başlıca endikasyon ve kontrendikasyonları**

Endikasyonlar	Kontrendikasyonlar
Geniş koronal madde kaybı	Yetersiz pulpa odası derinliği
Kısa klinik kron boyu	Yetersiz adeziv yüzey alanı
Kısa köklü dişler	İzolasyonun sağlanamadığı olgular
Kalsifiye veya eğimli kök kanalları	İleri derecede doku kaybı
Ferrül elde edilmesinin zor olduğu durumlar	Adeziv prosedürlerin uygulanamadığı klinik koşullar

**Not:** Tablo, Papalexopoulos ve ark. (2021), AlDabeeb ve ark. (2023) ve Thomas ve ark. (2020) çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

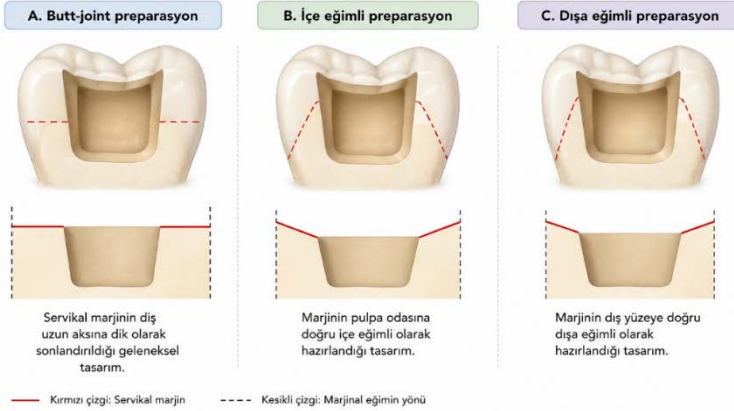
## **2. ENDOKRON PREPARASYON TASARIMI**

Endokron preparasyonunun temel amacı, mevcut diş dokusunu maksimum düzeyde korurken adeziv bağlanma için yeterli retansiyon ve direnç formunu sağlamaktır. Bu doğrultuda preparasyon tasarımı, adeziv bağlanma için yeterli yüzey alanı oluştururken mümkün olduğunca fazla diş dokusunun korunmasını hedeflemektedir.

Endokron preparasyonu çevresel butt-joint marjin ve pulpa odası içerisinde oluşturulan merkezi retansiyon kavitesinden oluşmaktadır. Preparasyon sırasında tüm desteklenmeyen mine dokuları uzaklaştırılmalı, oklüzal yüzeyde materyal kalınlığına izin verecek şekilde yeterli redüksiyon yapılmalı ve pulpa odası içerisindeki düzensizlikler giderilmelidir. Genel olarak yaklaşık 3 mm pulpa odası derinliği, 6–12° duvar diverjansı ve en az 2 mm genişliğinde servikal marjin önerilmektedir (Belleflamme et al., 2017; Papalexopoulos et al., 2021).

Geleneksel butt-joint tasarımının yanı sıra içe eğimli ve dışa eğimli marjinal tasarımlar da değerlendirilmiştir. Bu modifikasyonların amacı bağlanma yüzeyini artırmak, stres dağılımını iyileştirmek ve restorasyonun retansiyonunu güçlendirmektir. Bununla birlikte mevcut literatürde ideal preparasyon tasarımı konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır. Literatürde endokron preparasyonları geleneksel butt-joint tasarım, içe eğimli marjinal tasarım ve dışa eğimli marjinal tasarım olarak sınıflandırılmaktadır. Bunun yanı sıra pulpa odası derinliği ve marjinal konfigürasyonlarda yapılan modifikasyonların restorasyonun biyomekanik davranışı üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Ancak mevcut kanıtlar, tüm klinik durumlar için üstün kabul edilebilecek tek bir preparasyon tasarımının bulunmadığını göstermektedir (Dartora et al., 2018; Einhorn, DuVall, Wajdowicz, Brewster, & Roberts, 2019).

### Şekil 1. Endokron Preparasyon Tasarımları



**Not:** Şekil, AlDabeeb ve ark. (2023), Dartora ve ark. (2018) ve Einhorn ve ark. (2019) çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

### **3. ENDOKRON RESTORASYONLARDA KULLANILAN MATERYALLER**

Endokron restorasyonların başarısı yalnızca preparasyon tasarımına ve adeziv simantasyona değil, aynı zamanda kullanılan restoratif materyalin mekanik ve biyolojik özelliklerine de bağlıdır. Günümüzde CAD/CAM teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde farklı fiziksel özelliklere sahip çok sayıda materyal endokron üretiminde kullanılabilir. Bununla birlikte günümüzde ideal endokron materyali konusunda kesin bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bu nedenle materyal seçiminde kalan diş dokusu miktarı, oklüzal yüklenme koşulları, parafonksiyonel alışkanlıklar, estetik gereksinimler ve uzun dönem klinik beklentiler birlikte değerlendirilmelidir (AIDabeeb et al., 2023; Govare & Contrepolis, 2020).

Lityum disilikat seramikler günümüzde endokron restorasyonlarda en yaygın kullanılan materyaller arasında yer almaktadır. Yüksek mekanik dayanımları, estetik özellikleri ve rezin simanlarla öngörülebilir bağlanma göstermeleri nedeniyle uzun yıllardır klinik kullanım alanı bulmuşlardır. Ayrıca mevcut literatürde uzun dönem klinik performansları en iyi belgelenmiş materyaller arasında yer almaları nedeniyle birçok araştırmacı tarafından endokron restorasyonlarda referans materyal olarak kabul edilmektedir (Govare & Contrepolis, 2020; Pieger, Salman, & Bidra, 2014).

Son yıllarda CAD/CAM kompozit bloklar ve rezin nanoseramik materyaller de endokron restorasyonlarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu materyallerin elastisite modüllerinin dentine daha yakın olması, oklüzal kuvvetlerin daha homojen dağıtılmasına katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca daha esnek davranış göstermeleri nedeniyle katastrofik kırık riskini azaltabilecekleri bildirilmiştir. Klinik açıdan

değerlendirildiğinde, ağız içerisinde tamir edilebilmeleri ve karşıt dentisyonda daha az aşınmaya neden olmaları önemli avantajlar arasında gösterilmektedir. Bununla birlikte bazı çalışmalarda bu materyallerde uzun dönem mikrosızıntı ve adeziv ayrılma riskinin daha yüksek olabileceği belirtilmiştir.(Govare & Contrepolis, 2020; Tribst et al., 2019)

Hibrit seramikler ve polimer infiltre seramik ağ (PICN) materyalleri, seramiklerin estetik ve aşınma dirençlerini kompozitlerin elastik davranışları ile birleştirmeyi amaçlayan yeni nesil materyallerdir. Bu materyallerin diş dokularına daha yakın mekanik özellikler göstermeleri nedeniyle biyomimetik restorasyon anlayışıyla uyumlu oldukları düşünülmektedir (Coldea, Swain, & Thiel, 2013). Bununla birlikte bu materyallerin uzun dönem klinik performanslarını değerlendiren çalışmaların sayısı hâlen sınırlıdır (Govare & Contrepolis, 2020).

Polietereeterketon (PEEK) ise son yıllarda endodontik tedavili dişlerin restorasyonunda araştırılan alternatif materyallerden biridir. Yüksek biyoyumluluğu, stres absorbe edebilme kapasitesi ve dentine yakın elastik özellikleri nedeniyle dikkat çekmektedir. Ancak endokron restorasyonlarda kullanımına ilişkin klinik kanıtlar henüz sınırlıdır ve daha fazla uzun dönem çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır (Stawarczyk et al., 2013).

Materyal seçimine ilişkin güncel çalışmalar incelendiğinde, lityum disilikat seramiklerin daha yüksek rijidite ve kırılma dayanımı sergilediği; kompozit esaslı materyallerin ise daha homojen stres dağılımı ve daha onarılabilir başarısızlık tipleri oluşturabildiği bildirilmektedir. Bununla birlikte kompozit esaslı materyallerde adeziv arayüzde daha yüksek stres oluşabileceği ve bunun debonding riskini artırabileceği belirtilmiştir (Stawarczyk et al., 2013). Bu nedenle günümüzde lityum disilikat seramikler uzun dönem klinik başarı açısından en

öngörülebilir materyal olarak kabul edilmekle birlikte, biyomimetik özellikleri nedeniyle kompozit ve hibrit materyallere yönelik ilgi giderek artmaktadır (Govare & Contrepolis, 2020; Tribst et al., 2019).

**Tablo 2. Endokron restorasyonlarda kullanılan başlıca CAD/CAM materyalleri**

<b>Materyal Grubu</b>	<b>Örnek Materyal</b>
Cam seramik	Lityum disilikat
CAD/CAM kompozit	Rezin nanoseramik ve kompozit bloklar
Hibrit materyal	Hibrit seramikler
Polimer infiltre seramik ağ (PICN)	PICN materyalleri
Yüksek performanslı polimer	PEEK

**Not:** Tablo, AlDabeeb ve ark. (2023), Govare ve Contrepolis (2020), Coldea ve ark. (2013), Stawarczyk ve ark. (2013) ve ilgili literatürden yararlanılarak hazırlanmıştır.

#### **4. ENDOKRON RESTORASYONLARDA ADEZİV SİMENTASYON**

Endokron restorasyonlarda uzun dönem başarının temel belirleyicilerinden biri adeziv bağlanmanın kalitesidir. Endokron restorasyonlarda genellikle rezin esaslı simanlar kullanılmaktadır. Bu simanlar diş dokusu ile restorasyon arasında güçlü bir bağ oluşturarak retansiyona katkı sağlamakta ve restorasyonun kırılma direncini artırmaktadır. Adeziv sistemlerdeki gelişmeler sayesinde günümüzde total-etch, self-etch ve self-adeziv yaklaşımlar kullanılabilir (AlDabeeb et al., 2023; Bindl & Mormann, 1999)

Başarılı bir adeziv simantasyon için izolasyon büyük önem taşımaktadır. Tükürük veya kan kontaminasyonu adeziv bağlanmayı olumsuz etkileyebilmekte ve uzun dönemde retansiyon kaybına neden olabilmektedir. Bu nedenle mümkün

olduğunca rubber dam izolasyonu altında çalışılması önerilmektedir (Kermanshah, Ghabraei, & Bitaraf, 2010).

Son yıllarda preparasyon sonrası dentin yüzeyinin hemen adeziv sistemlerle örtülmesini ifade eden "Immediate Dentin Sealing (IDS)" yaklaşımı da endokron restorasyonlarda ilgi görmektedir. IDS uygulamasının bağ dayanımını artırabileceği, mikrosızıntıyı azaltabileceği ve postoperatif hassasiyeti azaltabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte bu yaklaşımın uzun dönem klinik etkilerini değerlendiren çalışmalar hâlen devam etmektedir (Hardan et al., 2022; Magne, 2005).

Restoratif materyalin yüzey özellikleri de adeziv başarımın önemli belirleyicilerindedir. Özellikle cam seramiklerde hidroflorik asit ve silan uygulamalarının bağ dayanımını artırdığı, zirkonya ve kompozit esaslı materyallerde ise farklı yüzey işlemlerinin gerekli olabileceği belirtilmektedir. Ancak kullanılan materyalden bağımsız olarak uygun yüzey hazırlığı ve doğru simantasyon protokolü uygulanmadığında adeziv başarısızlık riski artmaktadır (Blatz, Sadan, & Kern, 2003).

Literatürde endokron restorasyonlarda bildirilen en yaygın başarısızlık tipi adeziv ayrılma (debonding) olarak gösterilmektedir. Bu durum, adeziv arayüzün restorasyonun en kritik bölgesi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle endokron restorasyonların uzun dönem başarısında materyal seçiminden çok, doğru vaka seçimi, yeterli bağlanma yüzeyi ve uygun adeziv protokolün belirleyici olduğu düşünülmektedir (Sedrez-Porto et al., 2016).

## **5. ENDOKRON RESTORASYONLARIN KLİNİK PERFORMANSI**

Endokron restorasyonlar son yıllarda endodontik tedavi görmüş posterior dişlerin rehabilitasyonunda giderek daha fazla

tercih edilmekte olup, bu restorasyonların klinik performansına ilişkin kanıt düzeyi sürekli artmaktadır (Govare & Contrepolis, 2020; Sedrez-Porto et al., 2016).

Güncel sistematik derlemeler ve meta-analizler incelendiğinde, endokron restorasyonların molar ve premolar dişlerde yüksek sağkalım oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Bildirilen sağkalım oranları molar dişlerde %72–99, premolar dişlerde ise %68–100 arasında değişmekte olup takip süreleri 3 ile 19 yıl arasında farklılık göstermektedir (Sedrez-Porto et al., 2016).

Sonlu eleman analizleri ve in vitro çalışmalar, endokron restorasyonların oklüzal kuvvetleri diş-restorasyon kompleksi boyunca daha dengeli dağıtabildiğini göstermektedir. Özellikle kök kanalında ek preparasyon gerektirmemeleri ve mevcut diş dokusunun korunmasına olanak sağlamaları, biyomekanik açıdan önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçların her zaman klinik performansı tam olarak yansıtmayabileceği unutulmamalıdır (Lin, Lin, & Zheng, 2020).

## **6. SONUÇ**

Güncel literatür birlikte değerlendirildiğinde, endokron restorasyonların uygun vaka seçimi, yeterli adeziv yüzey alanı ve doğru simantasyon protokolü sağlandığında endodontik tedavi görmüş posterior dişlerin restorasyonunda güvenilir ve konservatif bir yaklaşım sunduğu görülmektedir. Özellikle geniş koronal madde kaybı bulunan ve post uygulamasının riskli veya gereksiz olduğu olgularda endokronlar, günümüz restoratif diş hekimliğinin önemli tedavi seçeneklerinden biri hâline gelmiştir. Bununla birlikte preparasyon tasarımı, materyal seçimi ve adeziv protokollerin uzun dönem klinik sonuçlar üzerindeki etkilerini

değerlendiren ileri düzey klinik çalışmalara ihtiyaç devam etmektedir.

## **KAYNAKÇA**

- AlDabeeb, D. S., Alakeel, N. S., & Alkhalid, T. K. (2023). Endocrowns: indications, preparation techniques, and material selection. *Cureus, 15*(12).
- Belleflamme, M. M., Geerts, S. O., Louwette, M. M., Grenade, C. F., Vanheusden, A. J., & Mainjot, A. K. (2017). No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. *Journal of Dentistry, 63*, 1-7.
- Bindl, A., & Mormann, W. H. (1999). Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years-preliminary results. *Journal of Adhesive Dentistry, 1*, 255-266.
- Blatz, M. B., Sadan, A., & Kern, M. (2003). Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry, 89*(3), 268-274.
- Coldea, A., Swain, M. V., & Thiel, N. (2013). Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dental materials, 29*(4), 419-426.
- Dartora, N. R., de Conto Ferreira, M. B., Moris, I. C. M., Brazão, E. H., Spazin, A. O., Sousa-Neto, M. D., . . . Gomes, E. A. (2018). Effect of intracoronal depth of teeth restored with endocrowns on fracture resistance: in vitro and 3-dimensional finite element analysis. *Journal of endodontics, 44*(7), 1179-1185.
- Einhorn, M., DuVall, N., Wajdowicz, M., Brewster, J., & Roberts, H. (2019). Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. *Journal of Prosthodontics, 28*(1), e237-e242.

- Emam, Z., Elsayed, S., Abu-Nawareg, M., Zidan, A., Abuelroos, E., Shokier, H., . . . ElBanna, K. (2023). Retention of different all ceramic endocrown materials cemented with two different adhesive techniques. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 27(6).
- Govare, N., & Contrepolis, M. (2020). Endocrowns: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 123(3), 411-418. e419.
- Hardan, L., Devoto, W., Bourgi, R., Cuevas-Suárez, C. E., Lukomska-Szymanska, M., Fernández-Barrera, M. Á., . . . Jakubowicz, N. (2022). Immediate dentin sealing for adhesive cementation of indirect restorations: a systematic review and meta-analysis. *Gels*, 8(3), 175.
- Kermanshah, H., Ghabraei, S., & Bitaraf, T. (2010). Effect of salivary contamination during different bonding stages on shear dentin bond strength of one-step self-etch and total etch adhesive. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 7(3), 132.
- Lin, J., Lin, Z., & Zheng, Z. (2020). Effect of different restorative crown design and materials on stress distribution in endodontically treated molars: a finite element analysis study. *BMC oral Health*, 20(1), 226.
- Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17(3), 144-154.
- Naumann, M., Schmitter, M., Frankenberger, R., & Krastl, G. (2018). “Ferrule comes first. Post is second!” Fake news and alternative facts? A systematic review. *Journal of endodontics*, 44(2), 212-219.
- Papalexopoulos, D., Samartzi, T.-K., & Sarafianou, A. (2021). A thorough analysis of the endocrown restoration: a

literature review. *The journal of contemporary dental practice*, 22(4), 422-426.

Pieger, S., Salman, A., & Bidra, A. S. (2014). Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(1), 22-30.

Sedrez-Porto, J. A., da Rosa, W. L. d. O., Da Silva, A. F., Münchow, E. A., & Pereira-Cenci, T. (2016). Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 52, 8-14.

Stavropoulou, A., & Koidis, P. (2007). A systematic review of single crowns on endodontically treated teeth. *Journal of Dentistry*, 35(10), 761-767.

Stawarczyk, B., Beuer, F., Wimmer, T., Jahn, D., Sener, B., Roos, M., & Schmidlin, P. R. (2013). Polyetheretherketone—a suitable material for fixed dental prostheses? *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 101(7), 1209-1216.

Thomas, R. M., Kelly, A., Tagiyeva, N., & Kanagasingam, S. (2020). Comparing endocrown restorations on permanent molars and premolars: a systematic review and meta-analysis. *British dental journal*, 1-9.

Tribst, J. P. M., Dal Piva, A. M., de Melo, R. M., Borges, A. L., Bottino, M. A., & Özcan, M. (2019). Influence of restorative material and cement on the stress distribution of posterior resin-bonded fixed dental prostheses: 3D finite element analysis. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 96, 279-284.

# ENDODONTİDE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME: GÜNCEL YAKLAŞIM

**Ekin Deniz ÇATMABACAK<sup>1</sup>**

## 1. GİRİŞ

Endodontinin temel amacı, pulpa ve periapikal dokuların sağlığını korumak veya enfekte ve nekrotik dokuların eliminasyonu sonrasında biyolojik iyileşmeyi sağlamaktır. Bu süreçte doğru tanı, uygun tedavi planlaması ve tedavi sonrası iyileşmenin güvenilir biçimde değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir. Apikal periodontitisin sıklıkla asemptomatik seyretmesi ve klinik bulguların radyografik değişimlerden geri kalabilmesi, görüntüleme yöntemlerini endodontik karar sürecinin merkezine yerleştirmektedir.

Geleneksel iki boyutlu periapikal radyografiler (PR), endodontik tanıda rutin olarak kullanılan temel görüntüleme yöntemidir. Bununla birlikte, anatomik yapıların süperpozisyonu, geometrik distorsiyon ve iki boyutlu projeksiyonun doğası gereği kemik kaybının ancak belirli bir düzeye ulaştığında görünür hâle gelmesi gibi sınırlılıklar, özellikle erken dönem periapikal lezyonların tespitinde duyarlılığı azaltmaktadır. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ise üç boyutlu görüntüleme kapasitesi sayesinde periapikal patolojilerin daha erken ve daha yüksek doğrulukla saptanmasına olanak sağlamış; intra- ve inter-gözlemci uyumunun artmasıyla birlikte endodontik tanı ve tedavi planlamasında önemli bir yer edinmiştir. Ancak CBCT'nin iyonizan radyasyon içermesi, yumuşak doku kontrastının sınırlı

---

<sup>1</sup> Arş. Gör.; Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, ORCID: 0009-0007-4471-5760.

olması ve esas olarak kemik destrüksiyonunu yansıtması, biyolojik süreçlerin doğrudan değerlendirilmesini kısıtlamaktadır.

Bu bağlamda manyetik rezonans görüntüleme (MR), endodonti alanında dikkat çeken alternatif bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. MR, iyonizan radyasyon kullanmayan, yüksek yumuşak doku kontrastına sahip ve hidrojen protonlarının manyetik özelliklerine dayanan bir görüntüleme tekniğidir. Özellikle pulpa dokusu gibi su içeriği yüksek yapıların belirgin sinyal özellikleri göstermesi, pulpal vitalitenin ve intrakanal dokuların değerlendirilmesinde teorik olarak önemli bir avantaj sağlamaktadır (Di Nardo, Gambarini, Capuani, & Testarelli, 2018). Literatürde vurgulandığı üzere, MR; pulpa, periodontal ligament ve periapikal lezyonların yüksek kontrastla görüntülenmesine olanak tanımakta ve hatta lateral kanallar ile mikroçatlakların potansiyel olarak görselleştirilebileceği bildirilmektedir (Di Nardo et al., 2018; Hilgenfeld et al., 2022).

Periapikal lezyonların değerlendirilmesinde MR'ın sunduğu en önemli potansiyel katkı, yalnızca kemik kaybını değil, lezyon içeriğini ve çevre yumuşak dokularla ilişkisini ortaya koyabilmesidir. Çeşitli çalışmalarda MR ve ultrasonografi gibi iyonizan radyasyon içermeyen üç boyutlu yöntemler, lezyonun içeriği, vaskülaritesi ve çevre dokularla ilişkisi hakkında bilgi sağlayarak kistik ve solid lezyonların ayırıcı tanısına katkıda bulunabileceği savunulmuştur (Cotti & Schirru, 2022). Bu özellik, özellikle radiküler kist ile periapikal granülom ayırımının klinik olarak önem taşıdığı durumlarda değerli olabilir.

Rejeneratif endodonti uygulamalarındaki gelişmeler, pulpa-dentin kompleksinin biyolojik olarak yeniden oluşumunun noninvaziv yöntemlerle izlenmesini gerekli kılmıştır. Deneysel çalışmalarda MR görüntülemenin pulpa-benzeri dokunun oluşumunu ve vaskülarizasyon sürecini takip edebildiği

gösterilmiş olup, bu durum MR'ın rejeneratif tedavilerin değerlendirilmesinde potansiyel bir araç olabileceğini düşündürmektedir. (Iohara et al., 2016).

Kanal morfolojisi ve çalışma boyunun değerlendirilmesinde MR umut verici sonuçlar göstermiş olsa da mevcut sistemlerin mekânsal çözünürlüğü CBCT'nin gerisindedir ve rutin klinik kullanım için hâlen teknik geliştirmelere ihtiyaç bulunmaktadır. (Zidan et al., 2022).

Sonuç olarak manyetik rezonans görüntüleme; pulpa vitalitesinin değerlendirilmesi, periapikal lezyonların içerik ve doku karakterizasyonunun yapılması, rejeneratif tedavilerin izlenmesi ve potansiyel olarak mikroanatomik yapıların ortaya konulması açısından endodonti pratiğinde yeni bir biyolojik görüntüleme paradigması sunmaktadır. Bununla birlikte artefakt oluşumu, metal restorasyonlara bağlı sinyal bozulmaları, tarama süresi, maliyet ve erişilebilirlik gibi faktörler, yöntemin klinik yaygınlığını sınırlayan temel değişkenler olmaya devam etmektedir (Reda et al., 2021).

## **2. MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMENİN FİZİKSEL VE TEKNİK TEMELLERİ**

Manyetik rezonans görüntüleme (MR), nükleer manyetik rezonans prensibine dayanan ve hidrojen protonlarının güçlü bir manyetik alan içerisindeki davranışlarını temel alan bir görüntüleme yöntemidir. Statik manyetik alan ( $B_0$ ) içerisinde yer alan hidrojen çekirdekleri paralel ve antiparalel dizilim gösterir; radyo frekans (RF) uyarımı ile bu denge bozulur ve protonların relaksasyon süreci sırasında oluşan sinyaller görüntüye dönüştürülür. Elde edilen sinyal karakteristiği temel olarak iki parametre ile tanımlanır: T1 (spin-lattice relaksasyon zamanı) ve T2 (spin-spin relaksasyon zamanı) (Di Nardo et al., 2018).

Endodonti açısından kritik nokta şudur:

MR görüntü kalitesi dokunun su içeriğine doğrudan bağlıdır.

Pulpa dokusu yüksek su içeriği nedeniyle T2 ağırlıklı sekanslarda hiperintens görünüm sergilerken; mine ve dentin gibi yüksek derecede mineralize yapılar çok kısa T2 relaksasyon süreleri nedeniyle konvansiyonel sekanslarda sinyal üretmez ve hipointens (siyah) olarak izlenir (Hilgenfeld et al., 2022).

Bu fiziksel gerçeklik, MR'ın endodontideki hem avantajını hem de sınırlılığını belirler:

- Avantaj: Pulpa, periodontal ligament ve periapikal yumuşak dokular yüksek kontrastla görüntülenebilir.
- Sınırlılık: Mineralize kök kanal duvarlarının net tanımlanması zordur.

## **2.1. Sinyal-Gürültü Oranı (SNR) ve Çözünürlük**

Dental MR'da en kritik teknik problem, yüksek mekânsal çözünürlük ile yeterli sinyal-gürültü oranı (SNR) arasında denge kurmaktır. SNR, voksel hacmi ve sinyal ortalaması ile doğru orantılıdır; ancak voksel küçüldükçe çözünürlük artarken SNR azalır (Di Nardo et al., 2018).

Endodontik uygulamalarda:

- Kök kanalı çapı milimetrik hatta submilimetriktir.
- Lateral kanallar ve mikroçatlaklar daha da küçüktür.

Bu nedenle dental MR, klasik beyin veya kas-iskelet MR'ından çok daha yüksek çözünürlük gerektirir.

Klinik 3T sistemlerde tipik voksel boyutları 0.4–0.5 mm civarındadır (Zidan et al., 2022). Bu değer CBCT'ye göre daha düşüktür ve özellikle çalışma boyu ölçümünde doğruluk farkının temel nedenlerinden biridir.

## **2.2. RF Coil Tasarımı ve İntraoral Sistemler**

Standart baş-boyun coil'leri dental uygulamalar için geniş görüş alanı sağlasa da hedef bölgeye özgül sinyal hassasiyeti düşüktür. Bu nedenle dental MR araştırmalarında:

- İntraoral loop coil tasarımları
- Inductively coupled coil sistemleri
- Yüksek alan (3T ve üzeri) manyetik sistemler kullanılarak lokal SNR artırılmaya çalışılmaktadır (Di Nardo et al., 2018).

Endodonti açısından bu gelişmeler kritik çünkü:

- Lokal coil → Daha küçük FOV
- Küçük FOV → Daha yüksek çözünürlük
- Daha yüksek çözünürlük → Kanal morfolojisinin daha iyi gösterimi (Hilgenfeld et al., 2022)

Ancak intraoral coil kullanımı hasta konforu, ağız açıklığı ve posterior bölge erişimi açısından teknik zorluklar içermektedir.

## **2.3. Sekans Seçimi: T1, T2, UTE ve ZTE**

Konvansiyonel T1 ve T2 ağırlıklı sekanslar yumuşak dokular için uygundur; ancak mine ve dentin gibi kısa T2 süreli dokular için yetersizdir. Bu nedenle son yıllarda:

- Ultrashort Echo Time (UTE)
- Zero Echo Time (ZTE) sekansları geliştirilmiştir (Di Nardo et al., 2018).

Bu sekanslar mineralize dokulardan da sinyal elde edilmesini hedefler. Teorik olarak bu gelişme, MR'ın yalnızca yumuşak doku görüntüleme aracı olmaktan çıkıp sert dokuların

da karakterizasyonuna yaklaşmasını sağlayabilir. Ancak tarama süresi ve teknik karmaşıklık halen klinik rutin için sınırlayıcıdır.

#### **2.4. Artefakt Mekanizmaları**

Dental MR'ın klinik uygulanabilirliğini sınırlayan en önemli teknik faktör artefakt oluşumudur (Reda et al., 2021).

Metal restorasyonlar:

- Manyetik duyarlılık farkı
- Lokal alan distorsiyonu
- Sinyal kaybı oluşturur

Özellikle:

- Ortodontik teller
- Paslanmaz çelik braketler
- Metal postlar ciddi görüntü bozulmalarına yol açabilir.

Buna karşılık:

- Gutta-percha
- Çoğu rezin bazlı sealer
- Cam iyonomer minimal artefakt üretir

Bu bilgi klinik açıdan önemlidir:

MR, postlu veya yoğun metal restorasyonlu hastalarda ideal bir yöntem değildir.

### **3. PULPA VE VİTALİTE DEĞERLENDİRMESİNDE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME**

#### **3.1. Normal Pulpa Dokusu ve MR Sinyal Özellikleri**

Yüksek alan gücüne sahip sistemlerde yapılan çalışmalar, pulpa odası ve kök kanalının in vivo ve ex vivo koşullarda net biçimde görüntülenebildiğini göstermektedir (Di Nardo et al., 2018).

Teknik olarak:

- T2 ağırlıklı sekans → pulpa hiperintens
- T1 ağırlıklı sekans → relatif düşük kontrast
- Proton yoğunluk sekansları → anatominin daha dengeli gösterimi

Bu sinyal karakteristiği, pulpa boşluğunun boyut ve morfolojik değerlendirilmesini mümkün kılar.

#### **3.2. Pulpa Enflamasyonu ve Nekrozda MR Bulguları**

Pulpa enflamasyonunda vasküler permeabilite artışı ve ödem gelişimi beklenir. Bu durum T2 sinyal intensitesinde artışla koreledir. Deneysel ve klinik çalışmalarda, inflamatuvar süreçlerde pulpa dokusunun sinyal özelliklerinin değiştiği bildirilmiştir (Di Nardo et al., 2018).

Nekrotik pulpa durumunda ise:

- Hidratasyon azalır
- Vasküler akım ortadan kalkar
- Sinyal yoğunluğu düşer

Bu değişiklikler, pulpanın vital ve non-vital durumlarının ayırımında potansiyel bir biyolojik belirteç olarak değerlendirilmektedir.

Ayrıca pulpa yaşlanması ve atrofik değişiklikler üzerine yapılan çalışmalar, MR'ın pulpa hacmi ve sinyal değişikliklerini gösterebildiğini ortaya koymuştur.

### **3.3. Travmatik Yaralanmalar ve Reperfüzyon**

Travma sonrası pulpa vitalitesinin değerlendirilmesi klinik olarak zordur. Sinir yanıtı geçici olarak kaybolabilir ancak pulpa dolaşımı devam edebilir.

MR ile:

- Reperfüzyonun gösterilebildiği
- Vasküler akım değişimlerinin izlenebildiği bildirilmiştir

Bu, özellikle genç hastalarda gereksiz endodontik girişimlerin önlenmesi açısından önemlidir (Di Nardo et al., 2018).

### **3.4. Rejeneratif Endodonti ve Pulpa Yeniden Oluşumu**

Rejeneratif endodonti uygulamalarında pulpa-dentin kompleksinin yeniden oluşumunun objektif takibi gereklidir.

Deneyisel hayvan modellerinde gerçekleştirilen çalışmalarda, kök hücre transplantasyonu sonrası oluşan pulpa-benzeri dokunun T2 ağırlıklı MR sekanslarında yüksek sinyal gösterdiği ve zamanla sinyal intensitesinin histolojik organizasyonla paralel değişim gösterdiği bildirilmiştir (Iohara et al., 2016).

Bu bulgu, MR'ın:

- Rejeneratif tedavilerin takibi
- Vaskülarizasyonun değerlendirilmesi
- İntrakanal doku organizasyonunun izlenmesi açısından noninvaziv bir biyolojik monitör olabileceğini göstermektedir.

Ayrıca pulpa rejenerasyonunun klinik faz çalışmalarında da MR'ın güvenli bir takip aracı olarak kullanılabileceği önerilmiştir (Iohara et al., 2016).

### **3.5. Kanal Uzunluğu ve Morfoloji ile İlişki**

Pulpa boşluğunun ve kanal sisteminin görüntülenmesi vitalite değerlendirmesiyle doğrudan ilişkilidir. Klinik pilot çalışmalarda üç Tesla sistemlerle kanal uzunluğu ölçümlerinin yüksek güvenilirlik gösterdiği; ancak CBCT'ye göre hafif ölçüm sapmaları bulunduğu gösterilmiştir (Zidan et al., 2022).

Bu durum, pulpa görüntülemeye yeterli kontrast olmasına rağmen, sert doku sınırlarının çözünürlüğünün hâlen teknik sınırlılıklar içerdiğini ortaya koymaktadır.

### **3.6. Metal ve Restoratif Materyallerin Etkisi**

MR ile pulpa değerlendirmesinin doğruluğu metal restorasyonlardan etkilenebilir. Özellikle ortodontik teller ve metal postlar belirgin artefaktlara neden olurken, gutta-percha ve birçok endodontik materyal minimal görüntü bozulmasına yol açmaktadır (Reda et al., 2021).

## **4. PERİAPİKAL LEZYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİNDE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME**

### **4.1. Erken Dönem İnflamasyon ve Kemik İliği Ödemi**

Periapikal inflamasyonun erken safhasında kemik iliğinde ödem ve vasküler değişiklikler meydana gelir. Bu süreç henüz belirgin kortikal perforasyon veya trabeküler destrüksiyon oluşturmadan önce başlayabilir. Üç boyutlu görüntüleme tekniklerini karşılaştıran güncel literatürde, MR'ın kemik iliği değişikliklerini gösterebilme kapasitesi nedeniyle erken

inflamatuvar süreçleri ortaya koyabileceği belirtilmiştir (Cotti & Schirru, 2022).

CBCT'nin kemik yoğunluk değişimlerine duyarlı olması önemli bir avantajdır; ancak kemik iliği ödemi gibi yumuşak doku temelli patolojilerde sınırlı kalır. Bu noktada MR, inflamasyonun biyolojik boyutunu değerlendirme potansiyeline sahiptir.

#### **4.2. Lezyon İçeriğinin Ayırıcı Tanısı**

Periapikal granülom ve radiküler kist ayırımı klinikte sıklıkla spekülatif kalır. MR'ın doku karakterizasyonu yeteneği bu ayırmada potansiyel avantaj sağlar.

Dental MR uygulamalarını değerlendiren kapsamlı literatür analizlerinde, kistik lezyonların T2 ağırlıklı sekanslarda belirgin hiperintens sinyal verdiği; solid inflamatuvar dokuların ise daha heterojen ve nispeten düşük sinyal gösterdiği bildirilmiştir (Reda et al., 2021).

Ayrıca dental anatomi ve patolojiyi MR ile inceleyen çalışmalarda, periapikal lezyonların içerik özelliklerinin kontrast madde kullanılmadan ayırt edilebildiği vurgulanmıştır (Di Nardo et al., 2018).

Bu durum özellikle cerrahi endikasyon kararı verilecek olgularda önemlidir; çünkü sıvı içerikli kistik yapı ile solid inflamatuvar doku arasındaki ayırım tedavi yaklaşımını etkileyebilir.

### **5. KÖK ÇATLAKLARI VE FRAKTÜRLERİN AYIRICI TANISI**

Vertikal kök fraktürü, klinik olarak periapikal lezyon ile karışabilir. MR ile kök çatlaklarının saptanabilirliğini araştıran çalışmalarda, özellikle yüksek çözünürlüklü sistemlerde fraktür

hattının sinyal kesintisi şeklinde izlenebildiği gösterilmiştir (Schuurmans et al., 2019).

Bu bulgular, MR'ın yalnızca inflamatuvar lezyonları değil, yapısal patolojileri de ayırt etme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

## **6. KÖK KANAL MORFOLOJİSİ VE ÇALIŞMA BOYU DEĞERLENDİRMESİNDE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME**

Kök kanal sisteminin üç boyutlu morfolojisinin doğru değerlendirilmesi, endodontik tedavinin başarısını doğrudan etkileyen temel faktörlerden biridir. Aksesuar kanallar, lateral kanallar, isthmus yapıları ve apikal konfigürasyon gibi anatomik varyasyonlar, konvansiyonel iki boyutlu radyografilerle sıklıkla gözden kaçabilmektedir. CBCT bu açıdan önemli ilerleme sağlamış olsa da, iyonizan radyasyon içermesi ve yumuşak doku kontrastının sınırlı olması alternatif görüntüleme yöntemlerinin araştırılmasına yol açmıştır.

Manyetik rezonans görüntüleme (MR), kök kanal sisteminin noninvaziv ve radyasyonsuz biçimde üç boyutlu olarak görüntülenmesini hedefleyen gelişen bir teknolojidir.

## **7. KANAL MORFOLOJİSİNİN GÖRÜNTÜLENMESİ**

Dental MR'ın endodontideki erken uygulamalarında, pulpa boşluğu ve kök kanal sisteminin in vitro ve in vivo koşullarda görüntülenebildiği gösterilmiştir (Candemil et al., 2024). Bu çalışmalarda, özellikle T2 ağırlıklı sekansların pulpa boşluğunu yüksek kontrastla ortaya koyduğu bildirilmiştir.

Ancak mineralize dentin ve mine dokusunun çok kısa T2 relaksasyon süreleri nedeniyle konvansiyonel MR sekanslarında hipointens görünmesi, kanal duvarlarının net sınırlandırılmasını zorlaştırmaktadır (Di Nardo et al., 2018).

Bu nedenle kanal morfolojisinin doğru analizinde iki teknik gereksinim ortaya çıkmaktadır:

- Yüksek manyetik alan gücü
- Optimize edilmiş coil tasarımı

## **8. KLİNİK SINIRLILIKLAR, ARTEFAKTLAR VE GÜVENLİK**

Manyetik rezonans görüntüleme, iyonizan radyasyon içermemesi nedeniyle teorik olarak güvenli bir yöntemdir. Ancak dental uygulamalarda klinik entegrasyonunu sınırlayan bazı teknik ve pratik faktörler bulunmaktadır.

## **9. ISINMA VE MEKANİK ETKİLER**

MR sırasında oluşan radyo frekans (RF) alanı, bazı metal materyallerde ısınmaya yol açabilir. Ayrıca ferromanyetik materyaller manyetik alanda yer değiştirme riski taşır. Dental materyallerin MR ile etkileşimini inceleyen çalışmalarda, çoğu modern dental materyalin klinik olarak güvenli olduğu; ancak belirli alaşımların dikkat gerektirdiği belirtilmiştir (Reda et al., 2021).

Bu nedenle hasta öyküsü ve ağız içi restorasyonların değerlendirilmesi MR öncesi zorunludur.

### **9.1. Çözünürlük ve Tarama Süresi**

Dental yapılar milimetrik ve submilimetrik boyuttadır. Klinik 3T sistemlerde elde edilen voksel boyutları çoğunlukla

0.4–0.5 mm aralığındadır (Zidan et al., 2022). Bu değer CBCT'nin sert doku çözünürlüğünün gerisindedir.

Çözünürlüğü artırmak için:

- Küçük FOV
- Özel intraoral coil
- Daha uzun tarama süresi gerekmektedir (Özen et al., 2023).

Ancak tarama süresinin uzaması, hareket artefaktı riskini artırır ve hasta konforunu azaltır.

## **9.2. Erişilebilirlik ve Maliyet**

MR cihazları yüksek maliyetlidir ve dental kullanım için optimize edilmiş coil sistemleri henüz yaygın değildir. Bu durum MR'ın endodontide rutin görüntüleme yöntemi olarak kullanılmasını sınırlar.

Ayrıca MR çekim süresi, konvansiyonel dental görüntüleme yöntemlerine kıyasla daha uzundur. Klinik pratikte bu süre faktörü önemli bir dezavantajdır (Cotti & Schirru, 2022).

## **9.3. Güvenlik Avantajı**

Tüm sınırlılıklarına rağmen MR'ın en güçlü yönü iyonizan radyasyon içermemesidir. Özellikle:

- Çocuk hastalar
- Genç erişkinler
- Seri takip gerektiren vakalar için radyasyonsuz alternatif sunması önemli bir avantajdır (Cotti & Schirru, 2022).

## **10. GELECEK PERSPEKTİFİ VE KLİNİK ENTEGRASYON**

Manyetik rezonans görüntüleme, endodontide biyolojik değerlendirme gerektiren durumlarda önemli potansiyel taşıyan bir yöntemdir. Günümüzde rutin kullanım için uygun olmasa da, özellikle rejeneratif uygulamalar ve seçilmiş klinik vakalarda tamamlayıcı bir görüntüleme modalitesi olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle MR, CBCT'nin alternatifi değil, biyolojik ve fonksiyonel bilgi sağlayan tamamlayıcı bir yöntem olarak görülmelidir.

## **11. SONUÇ**

Manyetik rezonans görüntüleme; pulpa vitalitesi, periapikal lezyonların karakterizasyonu, kemik iliği değişikliklerinin erken saptanması ve rejeneratif tedavilerin takibi gibi alanlarda önemli potansiyel sunmaktadır. Ancak çözünürlük, artefakt, maliyet ve erişilebilirlik sorunları nedeniyle günümüzde rutin endodontik görüntüleme yöntemi olarak kullanılamamaktadır. Mevcut kanıtlar doğrultusunda MR'ın yakın gelecekte CBCT'nin yerini alması beklenmemekle birlikte, biyolojik ve fonksiyonel bilgi sağlayan tamamlayıcı bir görüntüleme yöntemi olarak klinik öneminin artacağı öngörülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

- Ariji, Y., Ariji, E., Nakashima, M., & Iohara, K. (2018). Magnetic resonance imaging in endodontics: a literature review. *Oral Radiol*, 34(1), 10-16. doi:10.1007/s11282-017-0301-0
- Candemil, A. P., Alves Dos Santos, G. N., Oliveira, M. L., Gatti, F., Silva-Sousa, Y. T. C., Silva-Sousa, A. C., . . . Sousa-Neto, M. D. (2024). Accuracy of Magnetic Resonance Imaging in Clinical Endodontic Applications: A Systematic Review. *J Endod*, 50(4), 434-449. doi:10.1016/j.joen.2024.01.014
- Cotti, E., & Schirru, E. (2022). Present status and future directions: Imaging techniques for the detection of periapical lesions. *International Endodontic Journal*, 55(S4), 1085-1099. doi:https://doi.org/10.1111/iej.13828
- Di Nardo, D., Gambarini, G., Capuani, S., & Testarelli, L. (2018). Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Endodontics: A Review. *J Endod*, 44(4), 536-542. doi:10.1016/j.joen.2018.01.001
- Hilgenfeld, T., Saleem, M. A., Schwindling, F. S., Ludwig, U., Hövener, J. B., Bock, M., . . . Juerchott, A. (2022). High-Resolution Single Tooth MRI With an Inductively Coupled Intraoral Coil-Can MRI Compete With CBCT? *Invest Radiol*, 57(11), 720-727. doi:10.1097/rli.0000000000000890
- Iohara, K., Fujita, M., Ariji, Y., Yoshikawa, M., Watanabe, H., Takashima, A., & Nakashima, M. (2016). Assessment of Pulp Regeneration Induced by Stem Cell Therapy by Magnetic Resonance Imaging. *J Endod*, 42(3), 397-401. doi:10.1016/j.joen.2015.11.021

- Özen, A. C., Ilbey, S., Jia, F., Idiyatullin, D., Garwood, M., Nixdorf, D. R., & Bock, M. (2023). An improved intraoral transverse loop coil design for high-resolution dental MRI. *Magn Reson Med*, 90(4), 1728-1737. doi:10.1002/mrm.29744
- Reda, R., Zanza, A., Mazzoni, A., Cicconetti, A., Testarelli, L., & Di Nardo, D. (2021). An Update of the Possible Applications of Magnetic Resonance Imaging (MRI) in Dentistry: A Literature Review. *J Imaging*, 7(5). doi:10.3390/jimaging7050075
- Schuurmans, T. J., Nixdorf, D. R., Idiyatullin, D. S., Law, A. S., Barsness, B. D., Roach, S. H., & Gaalaas, L. (2019). Accuracy and Reliability of Root Crack and Fracture Detection in Teeth Using Magnetic Resonance Imaging. *J Endod*, 45(6), 750-755.e752. doi:10.1016/j.joen.2019.03.008
- Timme, M., Masthoff, M., Nagelmann, N., Masthoff, M., Faber, C., & Bürklein, S. (2020). Imaging of root canal treatment using ultra high field 9.4T UTE-MRI - a preliminary study. *Dentomaxillofac Radiol*, 49(1), 20190183. doi:10.1259/dmfr.20190183
- Zidan, M., Schwindling, F. S., Juerchott, A., Mente, J., Nittka, M., Hosseini, Z., . . . Hilgenfeld, T. (2022). Reliability and accuracy of dental MRI for measuring root canal length of incisors and canines: a clinical pilot study. *Sci Rep*, 12(1), 14068. doi:10.1038/s41598-022-17889-3

# **ENDODONTİK AKUT ALEVLENMELERDE FARMAKOLOJİK YÖNETİM: ANALJEZİK, ANTİİNFLAMATUVAR VE ANTİMİKROBİYAL TEDAVİ YAKLAŞIMLARI**

**Ceren TURAN GÖKDUMAN<sup>1</sup>**

**Esra ARILI ÖZTÜRK<sup>2</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Kök kanal tedavisi seansları arasında alevlenme, işlem sonrasında birkaç saat veya gün içinde başlayan ve hastayı tekrar kliniğe başvurmasını gerektirecek kadar şiddetli olan ağrı, şişlik veya ikisininde eşlik etmesi ile tanımlanan durumdur (Siqueira Jr, 2003). Tedavi kabul edilebilir standartlara uygun olsa bile, işlem sonrası haif ağrının görülmesi yaygındır ve hastalar tarafından beklenmeli ve öngörülmelidir (Siqueira Jr, 2003). Klinik pratikte rutin postoperatif hassasiyet ile akut alevlenme ayrılmalıdır. Endodontik akut alevlenme, hastanın fonksiyonunu belirgin şekilde bozan, analjezik ihtiyacını artıran, hekime tekrar başvuru gerektiren ve tedavi sürecinin yönetimini zorlaştıran bir durumdur (Jayakodi, Kailasam, Kumaravadivel, Thangavelu, & Mathew, 2012).

Endodontik akut alevlenme sıklığı %1,5–3,2 arasında değiştiği bildirilmiştir (Jung, Park, & Choi, 2005; Nair, Rahul, Devadathan, & Mathew, 2017; Walton & Fouad, 1992). Akut alevlenmeler:

---

<sup>1</sup> Uzman Diş Tabibi, Trakya üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti, ORCID: 0000-0002-8628-1020.

<sup>2</sup> Uzman Diş Tabibi, ORCID: 0000-0003-2137-4442.

- Flare-up tanımına,
- Preoperatif semptom varlığına
- Pulpal ve periapikal tanıya,
- Primer tedavi veya retreatment olmasına,
- Seans sayısına
- Sistemik Durum
- İmmün Yanıt
- Taşkın enstrümantasyon ve irrigasyona bağlıdır (Azim, Azim, & Abbott, 2017; Nair et al., 2017; Sathorn, Parashos, & Messer, 2008).

Bu nedenle akut alevlenmeler yalnızca tedavi sırası/sonrası komplikasyon olarak değil, vakaya özgü risk faktörleriyle ilişkili klinik problem olarak ele alınması gerektiği bildirilmiştir (Tsisis, Faivishevsky, Fuss, & Zukerman, 2008).

Endodontik akut alevlenmelerin patogeneğinde periradiküler dokularda gelişen akut inflamatuvar yanıt yer almaktadır. Bu süreç; mikrobiyal, mekanik ve kimyasal iritanların etkisiyle veya immün sistemin cevabına göre ortaya çıkabileceği sergilenmiştir (Siqueira Jr, 2003). Kök kanal sistemindeki mikroorganizmalar ve mikrobiyal ürünler, özellikle nekrotik pulpalı ve enfekte kanallarda birincil etyolojik faktörler olarak gösterilmiştir (Siqueira Jr, 2003). Ayrıca, taşkın enstrümantasyon, debriserlerin ve irrigasyon solüsyonu ekstrüzyonu, yetersiz drenaj, geçici restorasyon sızıntıları ve oklüzal travma gibi klinik faktörlerin de akut semptomların ortaya çıkmasına katkı sağladığı bildirilmiştir (Sipavičiūtė & Manelienė, 2014; Siqueira Jr, 2003).

Çalışma boyunun apikal sınırın ötesinde tutulması, aşırı enstrümantasyon, debris ekstrüzyonu ve periapikal dokuların

travmatize edilmesi gibi mekanik faktörlerin inflamatuvar yanıtı artırabileceği ortaya konmuştur (Seltzer & Naidorf, 1985). Apikal debris ekstrüzyonu; kullanılan enstrümantasyon sistemi, irrigasyon protokolü ve diş morfolojisi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı miktarlarda görülebilmekte ve endodontik işlemlerin kaçınılmaz sonuçlarından biri olarak değerlendirilmektedir (Laslami et al., 2023; Seltzer & Naidorf, 1985).

Kimyasal irritasyonlar örnek ise irrigasyon solüsyonlarının periapikal dokulara taşmasıyla ilişkilidir. Sodyum hipokloritin apikal ekstrüzyon durumunda periapikal dokularda kimyasal hasar, şiddetli ağrı, ödem ve inflamatuvar reaksiyona neden olduğu bildirilmiştir (Bosch-Aranda, Canalda-Sahli, Figueiredo, & Gay-Escoda, 2012).İrrigasyon sırasında uygun iğne seçimi, tam çalışma boyunca irrigate edilmemesi ve basınçsız uygulanması önemlidir.

Konak yanıtı ise; akut alevlenmelerin şiddetini belirleyen biyolojik faktörlerden biridir. Periapikal dokularda nötrofiller, makrofajlar, T hücreleri, sitokinler, kemokinler, prostaglandinler ve RANK/RANKL/OPG sistemi inflamatuvar sürecin ilerlemesinde görev alır (Braz-Silva et al., 2019). Aynı mikrobiyal veya mekanik uyaran farklı hastalarda farklı klinik şiddette yanıt oluşturabilir.

Akut alevlenmeler tedavi zamanlamasına göre seanslar arası veya postoperatif olarak değerlendirilebilir. Seanslar arası akut alevlenme, tedavi seansları arasında gelişen ağrı veya şişliği temsil ederken; postoperatif akut alevlenme, kök kanal tedavisinin tamamlanmasından sonra ortaya çıkan tablodur (Bassam, El-Ahmar, Salloum, & Ayoub, 2021; Sharma et al., 2023). Akut alevlenme olguların ayırıcı tanısında; semptomların endodontik kaynaklı olup olmadığı, periodontal apse, vertikal kök kırığı, oklüzal travma, sinüs kaynaklı ağrı veya nonodontojenik

ağrılar yer almaktadır (Pamboo, Hans, Kumaraswamy, Chander, & Bhaskaran, 2014).

Endodontik akut alevlenmelerde temel tedavi prensibi, ağrı ve inflamasyonun kontrol altına alındıktan sonra etyolojik faktörün ortadan kaldırılmasıdır (Ohshima et al., 2026). Bu sebeple medikal tedavi, doğru endodontik acil müdahalenin devamında onu destekleyen bir yaklaşım olarak benimsenmelidir (Ohshima et al., 2026). Başarılı akut alevlenme vaka yönetiminin; doğru tanı, kök kanal sisteminin etkin kemomekanik dezenfeksiyonu, drenajın sağlanması, oklüzal travmanın giderilmesi ve gerekli durumlarda uygun farmakolojik desteğin verilmesi ile sağlandığı bildirilmiştir (Jayakodi et al., 2012; Nazari, Bakhtiar, Alimardani, Sarvestani, & Asheghi, 2026). Yalnızca ilaç reçete edilmesi, özellikle enfeksiyon kaynağı ortadan kaldırılmadığında, akut alevlenmenin kontrolünde etkisiz olabilir.

Sistemik yayılım (ateş, trismus vb.) bulgusu olmayan lokalize ağrı vakalarında kontrol için nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar ve/veya parasetamol reçete edilebilirken, antibiyotik kullanımı endike olmadığı gösterilmiştir (Lockhart et al., 2019). Ancak ateş, halsizlik, lenfadenopati, trismus, selülit, diffüz veya hızla yayılan şişlik gibi sistemik bulguları mevcutsa, kök kanal tedavisi uygulanıp veya uygulanmadan antibiyotik reçete edilebilir (Lockhart et al., 2019).

Kök kanal sistemi ile ilgili ağrıda da inflamatuvar yanıt ve prostaglandin aracılı nosiseptif uyarılar ilişkili olduğu için nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar, ilk basamak farmakolojik seçenek olarak bildirilmiştir (Carrasco-Labra et al., 2024). İbuprofen, dental ağrıda en sık kullanılan NSAİİ'lerden biri olmakla birlikte erişkin hastalarda sıklıkla 400 mg doz, 4–6 saat aralıklarla kullanılmaktadır (Becker, 2010). Naproksen sodyum ise daha uzun etki süresi nedeniyle alternatif bir NSAİİ

seçeneğidir ve uygun hastalarda daha seyrek dozlama avantajı sağlayabilir. Erişkinlerde 400–500 mg doz 12 saatte bir kullanılabilir (Carrasco-Labra et al., 2024).

Parasetamol ise, santral analjezik etki gösterir ve belirgin antiinflamatuvar etkisi yoktur. NSAİİ kullanımı kontrendike olan hastalarda örneğin hamilelerde tek başına tercih edilebilir; veya daha ağır ağrı tablosu olan vakalarda NSAİİ ile kombine edilebilir. Erişkinlerde 500–1000 mg dozda, 4–6 saat aralıklarla uygulanır (Moore & Hersh, 2013). NSAİİ ve parasetamol kombinasyonu, periferik inflamatuvar yolak ile santral ağrı iletiminin birlikte hedeflenmesi nedeniyle akut dental ağrı yönetiminde etkili bir yaklaşımdır. Bir derlemede, oral maksiller cerrahi sonrası ağrı kontrolünde 6 saat içinde en az %50 ağrı azalmasına ulaşan hasta oranı plaseboda yaklaşık %7, ibuprofen 400 mg'da %52, ibuprofen 200 mg + parasetamol 500 mg kombinasyonunda %69 ve ibuprofen 400 mg + parasetamol 1000 mg kombinasyonunda %73 olarak bildirilmiştir (Derry, Derry, & Moore, 2013). Bu çalışmanın sonuçları direkt endodontik akut alevlenme çalışması olmamakla birlikte, akut diş kökenli ağrıda etkili bir kombinasyon olabileceği bildirilmiştir.

Endodontik tedavi sonrası ağrı yönetimini değerlendiren meta analizde ise, NSAİİ + parasetamol kombinasyonunun erken dönemde, özellikle 6–8 saatlik postoperatif aralıkta, ağrı azalması açısından etkili olduğu; 12 ve 24 saatlik dönemlerde ise NSAİİ'lerin ağrı kontrolünde öne çıktığı bildirilmiştir (Zanjir et al., 2020). Ancak günlük maksimum dozlar, hastanın sistemik durumu, gastrointestinal, renal, kardiyovasküler ve hepatik riskleri, kullanılan diğer ilaçlar ve olası ilaç etkileşimleri mutlaka dikkate alınarak hazır reçete değil, bireyselleştirilmiş farmakolojik tedavi planlaması gereklidir.

İntrakanal medikamanlar ve uzun etkili lokal anestezipler akut endodontik ağrı yönetiminde alternatif ek tedavi olarak

bildirilmiştir. Ledermix gibi intrakanal medikamanların, akut apikal periodontitisli ağrılı dişlerde kalsiyum hidroksit veya medikamentsiz gruplara kıyasla seanslar arası ağrıyı azaltabileceği bildirilmiştir (Ehrmann, Messer, & Adams, 2003). Başka çalışmada ise %0,5 bupivakain gibi uzun etkili lokal anestezikler, özellikle işlem sonrası erken dönemde ağrı beklentisi yüksek olan olgularda 6–12 saatlik postoperatif ağrı ve analjezik ihtiyacını azalttığı gösterilmiştir (Parirokh et al., 2012).

Endodontik akut alevlenmelerde antibiyotik kullanımı, erişkinlerde lokalize hastalık ile sistemik enfeksiyon ayrımı üzerinden verilmelidir. Semptomatik irreversibl pulpitis, semptomatik apikal periodontitis ve sistemik bulgusu olmayan ağrılı olgularda antibiyotik endike değildir (Segura-Egea et al., 2018). Akut apikal apse drenaj sağlanabiliyor ve sistemik bulgu yoksa antibiyotik gerekli değildir (Lockhart et al., 2019). Ateş, halsizlik, lenfadenopati, trismus, selülit, diffüz veya hızlı yayılan şişlik gibi bulgular varlığında antibiyotik ve drenaj uygulanmalıdır (Lockhart et al., 2019; Segura-Egea et al., 2018). Erişkinlerde antibiyotik seçiminde ilk seçenek amoksisilin 500 mg günde 3 kez kullanılabilir (Segura-Egea et al., 2018). Yanıt yetersizliğinde tedaviye metronidazol eklenebilir veya amoksisilin/klavulanat gibi daha geniş spektrumlu seçeneklere geçilebilir; metronidazol 200 mg günde 3 kez, ağır enfeksiyonda 400 mg günde 3 kez; koamoksiklav 250/125 mg günde 3 kez veya klaritromisin 250 mg günde 2 kez seçenekleri bildirilmiştir (Ransford, Marnell, Randall, Yates, & Howie, 2021). Klindamisin ise *C. difficile* enfeksiyonu ve ciddi advers reaksiyon riski nedeniyle artık daha geri planda değerlendirilmekte alternatif olarak azitromisin kullanılabilir (Association, 2026). Ağrı kontrolünde NSAİİ'ler ilk seçenekler olmakla birlikte, reçetelenmeden önce gastrointestinal kanama, peptik ülser öyküsü, kronik böbrek hastalığı, ileri böbrek fonksiyon kaybı, dehidratasyon, kalp yetersizliği, kontrolsüz hipertansiyon,

yüksek kardiyovasküler risk, antikoagülan/antiagregan kullanımı hastalığı açısından hasta değerlendirilmelidir (Szeto et al., 2020). NSAİİ kullanılmayan hastalarda parasetamol reçete edilebilir ancak parasetamolde de karaciğer hastalığı veya kronik alkol kullanımı gibi riskler mevcut ise dozaj ayarlaması düşünülmelidir (Becker, 2010).

## **2. SONUÇ**

Endodontik akut alevlenmeler, prevalansı düşük olmakla birlikte hasta konforunu etkileyen, tedavi sürecini zorlaştıran ve tedavi aşamalarını etkileyen endodontik acil durumdur. Doğru yönetim, ağrının sadece farmakolojik tedavi ile değil, doğru tanı, enfeksiyon/inflamasyon kaynağının kontrol altına alınması, drenajın sağlanması ve kök kanal sisteminin etkin şekilde dezenfeksiyonu gibi basamaklardan oluşmaktadır. Farmakolojik ek tedavi olup sistemik yayılım bulgusu olmayan vakalarda NSAİİ'ler ve/veya parasetamol ağrı kontrolünde ilk seçenekler olarak kullanılabilirken, antibiyotikler rutin olarak reçete edilmemelidir. Antibiyotik kullanımı; ateş, halsizlik, lenfadenopati, trismus, selülit veya yaygın şişlik gibi sistemik bulguların varlığında reçete edilebilir. Akut endodontik alevlenmeleri kontrol altına almada; hastanın sistemik durumu, enfeksiyonun yayılım potansiyeli, ilaç kontrendikasyonları ve güncel kanıta dayalı rehberler dikkate alınarak bireyselleştirilmiş tedavi planı yapılması önemlidir.

## **KAYNAKÇA**

- Association, A. D. (2026). Antibiotic prophylaxis prior to dental procedures. *Oral health topics*.
- Azim, A. A., Azim, K. A., & Abbott, P. V. (2017). Prevalence of inter-appointment endodontic flare-ups and host-related factors. *Clinical oral investigations*, 21(3), 889–894.
- Bassam, S., El-Ahmar, R., Salloum, S., & Ayoub, S. (2021). Endodontic postoperative flare-up: an update. *The Saudi dental journal*, 33(7), 386–394.
- Becker, D. E. (2010). Pain management: Part 1: Managing acute and postoperative dental pain. *Anesthesia progress*, 57(2), 67–79.
- Bosch-Aranda, M. L., Canalda-Sahli, C., Figueiredo, R., & Gay-Escoda, C. (2012). Complications following an accidental sodium hypochlorite extrusion: A report of two cases. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 4(3), e194.
- Braz-Silva, P. H., Bergamini, M. L., Mardegan, A. P., De Rosa, C. S., Hasseur, B., & Jonasson, P. (2019). Inflammatory profile of chronic apical periodontitis: a literature review. *Acta Odontologica Scandinavica*, 77(3), 173–180.
- Carrasco-Labra, A., Polk, D. E., Urquhart, O., Aghaloo, T., Claytor Jr, J. W., Dhar, V., . . . Hersh, E. V. (2024). Evidence-based clinical practice guideline for the pharmacologic management of acute dental pain in adolescents, adults, and older adults: A report from the American Dental Association Science and Research Institute, the University of Pittsburgh, and the University of Pennsylvania. *The Journal of the American Dental Association*, 155(2), 102–117. e109.
- Derry, C. J., Derry, S., & Moore, R. A. (2013). Single dose oral ibuprofen plus paracetamol (acetaminophen) for acute

postoperative pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(6).

Ehrmann, E., Messer, H., & Adams, G. (2003). The relationship of intracanal medicaments to postoperative pain in endodontics. *International endodontic journal*, 36(12), 868–875.

Jayakodi, H., Kailasam, S., Kumaravadivel, K., Thangavelu, B., & Mathew, S. (2012). Clinical and pharmacological management of endodontic flare-up. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*, 4(Suppl 2), S294–S298.

Jung, H.-Y., Park, S.-H., & Choi, G.-W. (2005). Endodontic flare-ups incidence and related factors. *Journal of Korean Academy of Conservative Dentistry*, 30(2), 102–111.

Laslami, K., Khaldoune, S., Sy, A., Drouri, S., Benkiran, I., & Drouri, S. (2023). Apical extrusion: is it an inherent occurrence during every endodontic treatment? *Cureus*, 15(9).

Lockhart, P. B., Tampi, M. P., Abt, E., Aminoshariae, A., Durkin, M. J., Fouad, A. F., . . . Lang, M. S. (2019). Evidence-based clinical practice guideline on antibiotic use for the urgent management of pulpal-and periapical-related dental pain and intraoral swelling: A report from the American Dental Association. *The Journal of the American Dental Association*, 150(11), 906–921. e912.

Moore, P. A., & Hersh, E. V. (2013). Combining ibuprofen and acetaminophen for acute pain management after third-molar extractions: translating clinical research to dental practice. *The Journal of the American Dental Association*, 144(8), 898–908.

Nair, M., Rahul, J., Devadathan, A., & Mathew, J. (2017). Incidence of endodontic flare-ups and its related factors:

- a retrospective study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 7(4), 175–179.
- Nazari, M., Bakhtiar, M., Alimardani, F., Sarvestani, S. A. M., & Asheghi, B. (2026). Evaluation of Knowledge and Performance of General Dentists in Shiraz, Iran, Regarding Antibiotic Prescription in Endodontic Treatments (2024). *Journal of Dentistry*, 27(2), 111.
- Ohshima, J., Morita, M., Kawanishi, Y., Abe, S., Tanaka, N., Shimaoka, T., . . . Hayashi, M. (2026). Factors Associated With Endodontic Flare-Ups: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International endodontic journal*.
- Pamboo, J., Hans, M.-K., Kumaraswamy, B.-N., Chander, S., & Bhaskaran, S. (2014). Incidence and factors associated with flare-ups in a post graduate programme in the indian population. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 6(5), e514.
- Parirokh, M., Yosefi, M. H., Nakhaee, N., Manochehrifar, H., Abbott, P. V., & Forghani, F. R. (2012). Effect of bupivacaine on postoperative pain for inferior alveolar nerve block anesthesia after single-visit root canal treatment in teeth with irreversible pulpitis. *Journal of endodontics*, 38(8), 1035–1039.
- Ransford, N., Marnell, B., Randall, C., Yates, C., & Howie, G. (2021). Systemic medicines taken by adult special care dental patients and implications for the management of their care. *British Dental Journal*, 231(1), 33–42.
- Sathorn, C., Parashos, P., & Messer, H. (2008). The prevalence of postoperative pain and flare-up in single-and multiple-visit endodontic treatment: a systematic review. *International endodontic journal*, 41(2), 91–99.

- Segura-Egea, J., Gould, K., Hakan Şen, B., Jonasson, P., Cotti, E., Mazzoni, A., . . . Dummer, P. (2018). European Society of Endodontology position statement: the use of antibiotics in endodontics. *International endodontic journal*, 51(1), 20–25.
- Seltzer, S., & Naidorf, I. J. (1985). Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *Journal of endodontics*, 11(11), 472–478.
- Sharma, A., Sharma, R., Sharma, M., Jain, S., Rai, A., & Gupta, S. (2023). Endodontic flare-ups: an update. *Cureus*, 15(7), e41438.
- Sipavičiūtė, E., & Manelienė, R. (2014). Pain and flare-up after endodontic treatment procedures. *Stomatologija*, 16(1), 25–30.
- Siqueira Jr, J. F. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal*, 36(7), 453–463.
- Szeto, C.-C., Sugano, K., Wang, J.-G., Fujimoto, K., Whittle, S., Modi, G. K., . . . Vareesangthip, K. (2020). Non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID) therapy in patients with hypertension, cardiovascular, renal or gastrointestinal comorbidities: joint APAGE/APLAR/APSDE/APSH/APSN/PoA recommendations. *Gut*, 69(4), 617–629.
- Tsesis, I., Faivishevsky, V., Fuss, Z., & Zukerman, O. (2008). Flare-ups after endodontic treatment: a meta-analysis of literature. *Journal of endodontics*, 34(10), 1177–1181.
- Walton, R., & Fouad, A. (1992). Endodontic interappointment flare-ups: a prospective study of incidence and related factors. *Journal of endodontics*, 18(4), 172–177.
- Zanjir, M., Sgro, A., Lighvan, N. L., Yarascavitch, C., Shah, P. S., da Costa, B. R., & Azarpazhooh, A. (2020). Efficacy

and safety of postoperative medications in reducing pain after nonsurgical endodontic treatment: a systematic review and network meta-analysis. *Journal of endodontics*, 46(10), 1387–1402. e1384.

# **APIKAL PERİODONTİTİS PATOGENEZİNDE GENETİK POLİMORFİZMLERİN ROLÜ**

**Esra ARILI ÖZTÜRK<sup>1</sup>**

**Ceren TURAN GÖKDUMAN<sup>2</sup>**

## **1. GİRİŞ**

Apikal periodontitis (AP), primer olarak kök kanal sisteminin patojenler tarafından enfeksiyonu ile oluşan ancak patogenezinde birçok faktörün değerlendirilmesi gereken çok faktörlü bir hastalık olarak kabul edilmektedir (Nair, 2004). Yaş, cinsiyet ve sistemik durum gibi konakçı risk faktörlerinin yanında konakçı genetiğinin AP patogenezindeki etkisi araştırılmaktadır (Hussein, Liew, Ramlee, Abdullah, & San Chong, 2016). Şimdiye kadar yapılan literatür çalışmaları, hastalığın patogenezinin mikrobiyal faktörler ve genler arasındaki karmaşık bir etkileşimin sonucu olduğunu düşündürmektedir (Aminoshariae & Kulild, 2015).

## **2. GENETİK POLİMORFİZM KAVRAMI VE ENDODONTİDE ÖNEMİ**

İnsan DNA diziliminde farklılıklar bulunduğundan, organizma belirli bir uyarana veya tedaviye aynı tepkiyi vermez (Souza et al., 2019). Bu varyasyonlar normal kabul edilir, ancak popülasyonun %1'inden fazlasında bulunduğu genetik polimorfizm olarak adlandırılır (Sachidanandam et al., 2001).

---

<sup>1</sup> Uzm. Dt., Özel Klinik, Edirne, ORCID: 0000-0003-2137-4442.

<sup>2</sup> Uzm. Dt., Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti, Edirne, ORCID: 0000-0002-8628-1020.

Bir nükleotit diğeriyle yer değıştirdiğinde bunlara tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler) denir ve en yaygın polimorfizm türü SNP'lerdir (Petean et al., 2022). Bu değışim genin yapısını ve işlevini etkileyebilir (Sachidanandam et al., 2001). Dolayısıyla genetik polimorfizmlerden kaynaklanan varyasyonlar konakçı yanıtını etkileyebilir (Petean et al., 2022), protein sentezini ve hücresel işlevi değıştirebilir ve bu da AP'nin ilerlemesini etkileyebilir (Sachidanandam et al., 2001). Son yıllardaki çalışmalar genetik polimorfizmlerin AP patogeneğinde ve fenotipinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir (Siqueira Jr et al., 2009). İnflamasyon ve kemik metabolizması süreçleriyle bağlantılı genlerdeki polimorfizmler ile AP'nin gelişimi, ilerlemesi ve onarımı arasındaki etkileşimlerin varlığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Dill et al., 2015; Maheshwari et al., 2016; Salles, Antunes, Küchler, & Antunes, 2018)

### **3. APİKAL PERİODONTİTİS PATOGENEZİNDE GENETİK FAKTÖRLER**

Endodontide incelenen genetik polimorfizmler bugüne kadar tek nükleotid polimorfizmlerine (SNP) odaklanmıştır. Bu genetik polimorfizmler, DNA dizisi varyasyonunun en yaygın biçimidir ve insan genomunda bulunan tüm varyasyonların %90'ından fazlasını oluşturur (Pramanik & Saha, 2017).

#### **3.1. İnterlökin Gen Polimorfizmleri**

AP ile ilgili genetik faktörler arasında, interlökin (IL) gen polimorfizmleri, hastalığın patofizyolojisine önemli katkıda bulunan faktörler olarak ortaya çıkmıştır (Omran et al., 2025). Sitokinler, özellikle interlökinler, inflamasyon ve bağışıklık düzenlenmesinde kritik rol oynayan bağışıklık sistemi hücreleri tarafından salgılanan küçük sinyal proteinleridir (Omran et al., 2025). Apikal periodontitiste interlökinler, bağışıklık hücreleri arasındaki iletişimi kolaylaştıran ve mikrobiyal enfeksiyonlara

karşı inflamatuvar yanıtı düzenleyen temel aracı maddeler olarak görev yapmaktadır (Teofani et al., 2024). Bu sitokinleri kodlayan genlerdeki varyasyonlar, ekspresyonlarını ve aktivitelerini etkileyerek, konakçının mikrobiyal saldırılara karşı inflamatuvar yanıtını değiştirebilir (Bannazadeh Baghi et al., 2024). Özellikle IL-1, IL-6, IL-4, IL-5, IL-10, IL-17 ve IL-18'i etkileyen gen varyasyonlarının, bireyin inflamatuvar yanıtının yoğunluğunu etkileyebileceği bildirilmiştir (Omran et al., 2025).

İnterlökin genlerindeki tek nükleotid polimorfizmleri (SNP'ler), transkripsiyonel düzenlemeyi, mRNA stabilitesini veya protein fonksiyonunu değiştirerek sitokin aktivitesini etkileyebilir (Yip et al., 2024). IL-1 $\beta$  + 3954 C/T polimorfizmi, güçlü bir pro-enflamatuvar sitokin olan IL-1 $\beta$ 'nın yüksek ekspresyonu ile ilişkilidir ve enflamatuvar tepkileri güçlendirir (Alkanli, Alkanli, & Ay, 2024). Bu gen polimorfizmleri bireyler arasında bağışıklık tepkisindeki farklılıkları açıklayabilir (Yasmeen, Pirzada, Ahmad, Choi, & Choi, 2024).

### **3.2. Diğer Sitokin ve İmmün Yanıt Genleri**

Tümör nekroz faktörü alfa (TNF- $\alpha$ ), iltihabı teşvik eden ve AP patogenezinde rol oynadığı düşünülen diğer bir sitokindir (Omran et al., 2025). Bazı TNF- $\alpha$  gen polimorfizmlerinin apikal periodontitis riskinde artışla ilişkili olabileceği düşünülmüş ve genetik faktörler ile inflamatuvar yanıtlar arasındaki karmaşık etkileşimin rolü olabileceği bildirilmiştir (Ciurtin et al., 2024; Niibo et al., 2024; Omran et al., 2025).

Endodontide, hayvan modelleri AP'nin ilerlemesinde genlerin rolünü anlamak için kullanılmaktadır (Küchler et al., 2018). Özellikle fareler ve insanlar benzer genleri paylaştığından genlerin normal fizyolojik homeostazdaki ve patolojik süreçlerdeki rolünü anlamak için fareler üzerinde çalışılmaktadır (Küchler et al., 2018). Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada AP indüksiyonundan sonra, IL6 (Huang, Do, Wingard, Park, &

Chugal, 2001), OPN (Rittling et al., 2010), iNOS (Silva et al., 2011), TLR2 (da Silva, Ferreira, De Rossi, Nelson-Filho, & Silva, 2012), ve MMP9 (Wan et al., 2014) genleri eksik olan farelerin, vahşi tip farelere göre daha şiddetli AP geliştirdiği bildirilirken; IL22 (Oliveira et al., 2015) ve CB2 (Nikolaeva, Cox, & Flake, 2015) genleri eksik olan farelerin daha az şiddetli AP geliştirdiği bildirilmiştir. Reaktif oksijen türlerinin oluşumuna aracılık eden PHOX eksikliği olan hayvanlarda AP fenotipinde değişiklik gözlenmemiştir (Rittling et al., 2010). Bu çalışmanın bulguları, IL6, OPN, iNOS, MMP9 ve TLR2 genlerinin daha şiddetli AP fenotipleri için aday genler olabileceğini; IL22 ve CB2 genlerinin ise AP'ye karşı koruyucu rol oynayabileceğini göstermektedir.

Yine fareler üzerinde yapılmış farklı bir çalışmada, IL-17 reseptör antagonisti (IL-17RA), nötrofil ve makrofaj seviyelerinin artması ve vahşi tip kardeşlerine kıyasla farelerde kemik rezorpsiyonunun artmasıyla ilişkili gösterilmiş ve IL-17RA sinyalizasyonunun AP'de immün modülatör etkileri olduğu ortaya konmuştur (AlShwaimi et al., 2013).

IL8/CXCL8 ile ilgili yapılan bir çalışmada IL8/CXCL8 251 T allelinin akut apikal apse gelişme riski ile anlamlı derecede ilişkili olduğu, IL8/CXCL8 251 A allelinin ise kronik apikal apse gelişimi ile ilişkili olduğu gösterilmişti (Amaya et al., 2013). Yazarlar bu sonuçlarla ilgili olarak IL-8/CXCL8'in kemotaksisi uyarma ve pulpa enfeksiyonuna yanıt olarak nötrofillerin inflamasyon bölgesine göçünü modüle etme yeteneğinin periapikal hastalıkta önemli rol oynadığını bildirmiştir (Amaya et al., 2013).

Matriks metalloproteinaz (MMP) genlerindeki polimorfizmlerin araştırıldığı bir çalışmada, MMP2 ve MMP3'teki varyasyonların tedavi edilmemiş derin çürük lezyonları olan bireylerde periapikal lezyon oluşumuyla ilişkili

olduğunu bildirmiştir (Menezes-Silva, Khaliq, Deeley, Letra, & Vieira, 2012). MMP ailesindeki gen polimorfizmlerinin apikal periodontitiste bireyin apikal doku yıkımına karşı artan duyarlılığına katkısı ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Menezes-Silva et al., 2012).

Gen polimorfizmlerinin apikal periodontitiste etkili olduğunu bildiren çalışmaların yanında herhangi bir fark oluşturmadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Rôças et al., 2014). Bir çalışmada CD14 ve TLR4 genlerindeki polimorfizmlerin apikal periodontitisli dişlerin endodontik tedaviye yanıtını etkilemediğini bildirmiştir (Rôças et al., 2014). Sasaki ve ark. ise IL-4 ve IL-10'u periapikal kemik yıkımındaki fonksiyonel etkileri açısından genetik bir çalışmada değerlendirilmiş ve enfeksiyon kaynaklı periapikal kemik kaybında IL-10'un baskılayıcı rolü olduğunu, ancak IL-4'ün böyle bir rolü olmadığını ortaya konmuştur (Sasaki et al., 2000).

Hayvan modellerinde AP patogenezinde rol oynayan genlerdeki genetik polimorfizmlerin insanlardaki AP fenotiplerinde de rol oynayıp oynamadığını değerlendiren araştırmacı sayısı oldukça azdır (Küchler et al., 2018). Bu biyolojik değiştiriciler ile apikal periodontitis arasındaki ilişkinin, çoğu çalışmanın küçük örneklem büyüklüğüne sahip olması nedeniyle dikkatle yorumlanması gerektiği bildirilmiştir (Aminoshariae & Kulild, 2015). Ayrıca çalışmalar farklı popülasyonlarda genetik ilişki çalışmalarının uygun şekilde tekrarlanması eksikliğini ortaya koymuştur (Küchler et al., 2018). Tekrarlamalar genetik epidemiyolojik araştırmaların önemli bir parçası olarak kabul edilse de, önceki çalışmaları tekrarlamayı amaçlayan araştırma grubu sayısı az olarak bildirilmiştir (Küchler et al., 2018).

#### **4. SONUÇ**

Tüm bu çalışmaların sonuçlarına göre konakçı bağıışıklık yanıtı ve kemik onarım mekanizmalarında yer alan genlerdeki polimorfizmler, bireyin tedaviye verdiği yanıtta rol oynayabilir. Genetik polimorfizmler ile apikal periodontitis (AP) arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar, bireyin genetik faktörlerinin kök kanal tedavisinin başarısında rol oynayabileceğini göstermektedir. Bu açıdan, literatür çalışmaları kök kanal tedavisinin klinik, radyografik ve histolojik başarısı için moleküler düzeyde etki etmeyi amaçlayan materyal ve tekniklerin geliştirilmesine dayalı yeni tedavilerin geliştirilmesine bakış açısı sunmaktadır. Genler gelecekteki klinik uygulamalarda biyolojik belirteç olarak kullanılabilir ve apikal periodontitis lezyonlarının hem ilerlemesinde hem de onarımındaki konakçıya özgü faktörlerin belirlenmesine olanak tanıyabilir. Bununla birlikte mevcut çalışmaların çoğu sınırlı örneklem büyüklüklerine sahip olup farklı popülasyonlarda elde edilen sonuçlar her zaman tutarlı değildir. Bu nedenle genetik polimorfizmlerin apikal periodontitis üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için geniş örneklemler ve farklı etnik grupları içeren ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

## **KAYNAKÇA**

- Alkanli, N., Alkanli, S. S., & Ay, A. (2024). The role of Interleukin gene variations in intellectual disability. In *The Palgrave Encyclopedia of Disability* (pp. 1-8): Springer.
- AlShwaimi, E., Berggreen, E., Furusho, H., Rossall, J. C., Dobeck, J., Yoganathan, S., . . . Sasaki, H. (2013). IL-17 receptor A signaling is protective in infection-stimulated periapical bone destruction. *The Journal of Immunology*, *191*(4), 1785-1791.
- Amaya, M., Criado, L., Blanco, B., Gómez, M., Torres, O., Flórez, L., . . . Flórez, O. (2013). Polymorphisms of pro-inflammatory cytokine genes and the risk for acute suppurative or chronic nonsuppurative apical periodontitis in a Colombian population. *International endodontic journal*, *46*(1), 71-78.
- Aminoshariae, A., & Kulild, J. C. (2015). Association of functional gene polymorphism with apical periodontitis. *Journal of endodontics*, *41*(7), 999-1007.
- Bannazadeh Baghi, H., Bayat, M., Mehrasa, P., Alavi, S. M. A., Lotfalizadeh, M. H., Memar, M. Y., . . . Sadri Nahand, J. (2024). Regulatory role of microRNAs in virus-mediated inflammation. *Journal of Inflammation*, *21*(1), 43.
- Ciurtin, C., Helmy, G. A., Ferreira, A. C., Manson, J. J., Jury, E. C., & McDonnell, T. (2024). A tale of two functions: C-reactive protein complement-ary structures and their role in rheumatoid arthritis. *Clinical Immunology*, *265*, 110281.
- da Silva, R. A. B., Ferreira, P. D. F., De Rossi, A., Nelson-Filho, P., & Silva, L. A. B. (2012). Toll-like receptor 2 knockout mice showed increased periapical lesion size and

osteoclast number. *Journal of Endodontics*, 38(6), 803-813.

- Dill, A., Letra, A., de Souza, L. C., Yadlapati, M., Biguetti, C. C., Garlet, G. P., . . . Silva, R. M. (2015). Analysis of multiple cytokine polymorphisms in individuals with untreated deep carious lesions reveals IL1B (rs1143643) as a susceptibility factor for periapical lesion development. *Journal of endodontics*, 41(2), 197-200.
- Huang, G. T.-J., Do, M., Wingard, M., Park, J. S., & Chugal, N. (2001). Effect of interleukin-6 deficiency on the formation of periapical lesions after pulp exposure in mice. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 92(1), 83-88.
- Hussein, F. E., Liew, A. K. C., Ramlee, R. A., Abdullah, D., & San Chong, B. (2016). Factors associated with apical periodontitis: a multilevel analysis. *Journal of endodontics*, 42(10), 1441-1445.
- Küchler, E. C., Mazzi-Chaves, J. F., Antunes, L. S., Kirschneck, C., Baratto-Filho, F., & Sousa-Neto, M. D. (2018). Current trends of genetics in apical periodontitis research. *Brazilian oral research*, 32(suppl 1), e72.
- Maheshwari, K., Silva, R. M., Guajardo-Morales, L., Garlet, G. P., Vieira, A. R., & Letra, A. (2016). Heat shock 70 protein genes and genetic susceptibility to apical periodontitis. *Journal of endodontics*, 42(10), 1467-1471.
- Menezes-Silva, R., Khaliq, S., Deeley, K., Letra, A., & Vieira, A. R. (2012). Genetic susceptibility to periapical disease: conditional contribution of MMP2 and MMP3 genes to the development of periapical lesions and healing response. *Journal of endodontics*, 38(5), 604-607.

- Nair, P. R. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 15(6), 348-381.
- Niibo, P., Nikopensus, T., Jagomägi, T., Voog, Ü., Haller, T., Tõnisson, N., . . . Pruunsild, C. (2024). Genetic susceptibility to temporomandibular joint involvement in juvenile idiopathic arthritis. *Journal of Oral Rehabilitation*, 51(11), 2445-2451.
- Nikolaeva, E. P., Cox, T. C., & Flake, N. M. (2015). Osseous characteristics of mice lacking cannabinoid receptor 2 after pulp exposure. *Journal of Endodontics*, 41(6), 853-857.
- Oliveira, K. M. H. d., Nelson-Filho, P., da Silva, L. A. B., Kuchler, E. C., Gatón-Hernandez, P., & da Silva, R. A. B. (2015). Three-dimensional micro-computed tomography analyses of induced periapical lesions in transgenic mice. *Ultrastructural Pathology*, 39(6), 402-407.
- Omran, T. Z., Jasmi, F. S. O. A., Obaid, K. M., Ghareeb, A. K. R., Alsailawi, H. A., & Mudhafar, M. (2025). The interleukin gene landscape: Understanding its influence on inflammatory mechanisms in apical periodontitis. *Molecular Biology Reports*, 52(1), 365.
- Petean, I. B. F., Silva-Sousa, A. C., Cronenbold, T. J., Mazzi-Chaves, J. F., Silva, L. A. B. d., Segato, R. A. B., . . . Sousa-Neto, M. D. (2022). Genetic, cellular and molecular aspects involved in apical periodontitis. *Brazilian dental journal*, 33, 1-11.
- Pramanik, S., & Saha, D. (2017). The genetic influence in fluorosis. *Environmental toxicology and pharmacology*, 56, 157-162.

- Rittling, S. R., Zetterberg, C., Yagiz, K., Skinner, S., Suzuki, N., Fujimura, A., & Sasaki, H. (2010). Protective role of osteopontin in endodontic infection. *Immunology*, *129*(1), 105-114. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2567.2009.03159.x>
- Rôças, I. N., Siqueira Jr, J. F., Del Aguila, C. A., Provenzano, J. C., Guilherme, B. P., & Gonçalves, L. S. (2014). Polymorphism of the CD14 and TLR4 genes and post-treatment apical periodontitis. *Journal of endodontics*, *40*(2), 168-172.
- Sachidanandam, R., Weissman, D., Schmidt, S. C., Kakol, J. M., Stein, L. D., Marth, G., . . . Altshuler, D. (2001). A map of human genome sequence variation containing 1.42 million single nucleotide polymorphisms. *Nature*, *409*(6822), 928-933. doi:10.1038/35057149
- Salles, A. G., Antunes, L. A., Küchler, E. C., & Antunes, L. S. (2018). Association between apical periodontitis and interleukin gene polymorphisms: a systematic review and meta-analysis. *Journal of endodontics*, *44*(3), 355-362.
- Sasaki, H., Hou, L., Belani, A., Wang, C.-Y., Uchiyama, T., Müller, R., & Stashenko, P. (2000). IL-10, but not IL-4, suppresses infection-stimulated bone resorption in vivo. *The Journal of Immunology*, *165*(7), 3626-3630.
- Silva, M., Sousa, L., Lara, V., Cardoso, F., Júnior, G., Totola, A., . . . Ribeiro-Sobrinho, A. (2011). The role of iNOS and PHOX in periapical bone resorption. *Journal of dental research*, *90*(4), 495-500.
- Siqueira Jr, J. F., Rôças, I. N., Provenzano, J. C., Daibert, F. K., Silva, M. G., & Lima, K. C. (2009). Relationship between Fcγ receptor and interleukin-1 gene polymorphisms and

post-treatment apical periodontitis. *Journal of endodontics*, 35(9), 1186-1192.

Souza, L., Crozeta, B., Guajardo, L., Brasil da Costa, F., Sousa-Neto, M., Letra, A., & Silva, R. (2019). Potential role of TP 63 in apical periodontitis development. *International endodontic journal*, 52(9), 1344-1353.

Teofani, A., Libonati, A., Unida, V., Biocca, S., Desideri, A., & Campanella, V. (2024). Coronal and root Canal microbiota in apical periodontitis with different PAI. *Microorganisms*, 12(8), 1518.

Wan, C., Yuan, G., Yang, J., Sun, Q., Zhang, L., Zhang, J., . . . Chen, Z. (2014). MMP9 deficiency increased the size of experimentally induced apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 40(5), 658-664.

Yasmeen, F., Pirzada, R. H., Ahmad, B., Choi, B., & Choi, S. (2024). Understanding autoimmunity: mechanisms, predisposing factors, and cytokine therapies. *International journal of molecular sciences*, 25(14), 7666.

Yip, J. Q., Oo, A., Ng, Y. L., Chin, K. L., Tan, K.-K., Chu, J. J. H., . . . Zainal, N. (2024). The role of inflammatory gene polymorphisms in severe COVID-19: a review. *Virology Journal*, 21(1), 327.

## VİTAL PULPA TEDAVİLERİNE GENEL VE GÜNCEL BİR BAKIŞ

**Hilal COŞKUN<sup>1</sup>**

### 1. GİRİŞ

Vital pulpa tedavisi; travma, çürük, restoratif prosedürler ve anatomik anomaliler nedeniyle canlılığı tehlikeye düşen dişlerde pulpa sağlığını korumayı ve sürdürmeyi amaçlar (AAE, 2016).

Vital tedavilerin ön plana çıkmasından önceki dönemlerde özellikle olgunlaşmamış daimi dişlerde pulpotomi veya pulpektomi gibi pulpa dokusu üzerinde daha az konservatif olan tedavilere yer verilmekteydi (Winters vd., 2013). Bu durumun altında klinik belirtiler, semptomlar ve radyograflerin pulpanın histolojik durumunu tam olarak yansıtamayabileceğiyle alakalı tanısal zorluklar yatmaktadır (Horsted vd., 1985).

Bununla birlikte, pulpa fizyolojisinin, çürük mikrobiyolojisinin ve geri dönüşümsüz değişikliklerden sorumlu inflamatuvar mekanizmaların daha iyi anlaşılmasına dayanarak onarım ve canlılığın devamı potansiyeline sahip dişler artık daha kolay tanımlanabilir ve öngörülebilir şekilde tedavi edilebilmektedir (Bogen&Chandler, 2010).

Kök kanal dolgusu sonrası aşırı madde kaybına uğrayan dişler proprioseptif mekanizmasının bozulması sonucu onarılamaz kırılmalara karşı daha savunmasız hale gelir (Awawdeh vd., 2017).

---

<sup>1</sup> Uzm. Dt., Bursa İnegöl Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Endodonti, ORCID: 0000-0002-2223-6714

Yine kanal preparasyonu sırasında kök kanal geometrisindeki değişiklikler kaçınılmazdır ve daha yüksek kırık insidansına yol açabilir (Merdad vd., 2011).

Kök kanal tedavileri başlangıçta düşünülenden daha karmaşık olabilirken, canlılığı sürdürme prosedürleri konservatif, uygulanması kolay ve çoğu zaman uygun maliyetlidir (Schwendicke&Stolpe, 2014).

## **2. VİTAL PULPA**

Vital pulpa dokusu, fibroblastlar, farklılaşmamış mezenkimal hücreler, odontoblastlar, makrofajlar, dendritik hücreler ve diğer immünokompetan hücreler dahil olmak üzere hücreleri içerir. Odontoblastlar; fosfoproteinler, glikoproteinler, proteoglikanlar ve sialoproteinleri içeren pre-dentin-dentin matrisini oluştururlar. Dental pulpanın temel işlevleri, dişin gelişimi ve ömrü boyunca dentin oluşumu, uyarıların proprio- ve ağrı reseptörleri yoluyla iletilmesi ve immün cevapları içerir (Kim vd., 2008).

### **2.1. Dentin Rejenerasyonu ve Tamir Dokusu Oluşumu**

Memeli dentini primer, sekonder ve tersiyer tiplere ayrılabilir. Primer dentin; düzenli, tübüler ve erüpsiyondan önce gelişendir. Sekonder dentin de düzenlidir ve yaşam boyunca oluşur. Tersiyer dentin az ya da çok düzensizdir ve çürük veya kavite preparasyonuna yanıtta lokal olarak oluşur (Kuttler, 1959).

Odontoblastlara yönelik hafif bir dış uyaran, upregüle edilmiş aktiviteye ve tersiyer dentin oluşumuna yol açar (Simon vd., 2010).

### **2.2. Tersiyer Dentin Oluşumu**

Çürük, travma veya kavite preparasyonu nedeniyle dentin açığa çıktığında, tübüller açılır ve odontoblastlar yaralanır hatta

yok olur. Bu zorluklar orta yoğunluktaysa, irritasyon ortadan kaldırıldığında azalan kısa bir inflamasyona yol açarlar. Daha sonra, etkilenen bölgede tersiyer dentin oluşur (Ricucci vd., 2014).

Pulpadaki küçük travma, hasar görmemiş primer odontoblastları yeni dentin oluşturmak için uyarır. Bu tersiyer dentin, yeterli bir uyarana yanıt olarak primer postmitotik odontoblastlar tarafından salgılanan reaksiyoner dentin olarak da adlandırılır. Dentin ve odontoblast uzantılarının yaralanması, büyüme faktörlerinin salınımına yol açar ve bu da odontoblast aktivitesinin upregülasyonuna yol açar (Smith, 2012).

Muhtemel kontrol mekanizması yaralanmayı takiben dentin matrisinden başlıca TGF- $\beta$  ailesi olmak üzere salınan bir dizi doku faktörü veya sinyal molekülünü içerir (Goldberg, 2014).

Bu büyüme faktörleri ayrıca asidojenik bakteriler tarafından salınmaya zorlanabilir veya tedavi sırasında etilendiamintetraasetik asit (EDTA), sodyum hipoklorit (NaOCl) veya sitrik asit gibi farklı irrigasyon solüsyonları ile dentinden salınabilir (Sloan vd., 2000). Ek olarak, kalsiyum hidroksit (CH) veya silikat simanların (örn., MTA veya Biodentine) dentine veya pulpa dokusuna uygulanması, TGF- $\beta$ 1 salınımına yol açar (Graham vd., 2006; Laurent vd., 2008).

### **2.3. Primer Odontoblast Kaybı Sonrası Mineralize Doku Oluşumu**

Odontoblastların kaybından sonra mineralize doku oluşumu, reaksiyoner dentinden daha karmaşıktır. Odontoblastlar olmadan dentin oluşumu mümkün değildir. Bununla birlikte, sağlıklı, iltihaplanmamış bir pulpanın direkt kapatılmasından sonra sert doku oluşumu meydana gelir. Bu mineralize doku heterojen, amorf ve atübülerdir. Bu nedenle histolojik olarak primer ve sekonder dentinden ve aynı zamanda reaksiyoner dentinden farklıdır. Histolojik açıdan dentin olmadığı için bu

dokunun “dentin köprüsü” olarak adlandırılıp adlandırılmayacağı tartışmalıdır (Ricucci vd., 2014).

### **3. VİTAL PULPA TEDAVİSİ ENDİKASYONLARI**

Vital tedavi öncesi pulpa durumunun doğru teşhisi, sonuçta önemli bir rol oynar. Bu nedenle olası enflamasyon ve/veya enfeksiyon derecesinin değerlendirilmesi gereklidir (Kang vd., 2017).

Pulpa sağlığını klinik testler yoluyla doğru bir şekilde değerlendirmek ve değişmiş ve sağlıklı pulpaları ayırt etmek zordur (Alghaithy&Qualtrough, 2017).

Pozitif bir duyarlılık testi (örn: soğuk), yanıtın ciddiyetine ve süresine bağlı olarak klinisyenleri farklı tanımlara yönlendirebilir. Duyarlılık testi, sonuçların %10 ila %16'sı yanlış olmak üzere, pulpanın durumunu tam olarak yansıtmaz (Arun vd., 2015).

Ağrı öyküsü ve duyarlılık testinin yanı sıra, pulpa ekspozu sonrası kanama da değerlendirilmelidir. Bu, pulpa enfeksiyonunun durumunu belirlemek için klinik belirti ve semptomlardan veya duyarlılık testinden daha güvenilir bir yol olabilir (Matsuo vd., 1996). Kanama, pulpanın inflamasyon düzeyini yansıtabilir ve aşırı kanama genellikle iyileşme şansının azaldığı veya hiç olmadığı bir pulpaya işaret eder (Christensen, 1998).

Pulpa sadece mekanik olarak ekspoz olduğunda (travma veya preparasyon nedeniyle) yüzeysel inflamasyona uğrayabilirken, ekspoz çürük dentin boyunca olduğunda, inflamatuvar yanıt olası bakteri penetrasyonu ile pulpa dokusunun daha derinlerine uzanır (Langeland, 1981).

Tüm vital pulpa tedavi prosedürleri, rubber dam yerleştirilerek, steril aletlerin kullanımı ve çürüğün tamamen

çıkarılması ile enfeksiyonu önlemek için kaliteli bir bakteri sızdırmaz koronal restorasyon gerektirir. İzole edilebilirlik de bu sebepten endikasyon koyarken göz ardı edilmemesi gereken bir kriterdir (Langeland, 1981).

Yine bir diğer önemli kriter hastanın yaşıdır. Artan yaşla birlikte, hücreden fakir ve daha fibröz pulpa dokusu ile karakterize edilen pulpa değişiklikleri nedeniyle onarım yeteneğinin azalması beklenir (Murray vd., 2002). Bununla birlikte, hastanın yaşının tedavi başarısında sadece küçük bir rol oynadığı da düşünülmektedir (Asgary vd., 2015).

#### **4. MİNERALİZE DOKU BARIYERİ OLUŞTURAN PROSEDÜRLER**

##### **4.1. İndirekt Pulpa Kaplaması**

Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Derneği (AAPD) tarafından indirekt pulpa kaplaması, “pulpaya yaklaşan ancak pulpa dejenerasyonu belirtileri veya semptomları olmayan, derin çürük lezyonu olan bir dişte gerçekleştirilen bir prosedür” olarak tanımlanır. İndirekt pulpa tedavisi, pulpitis belirtisi veya semptomu olmayan veya geri dönüşümlü pulpitis teşhisi konan daimi bir dişte endikedir. Dolayısıyla indirekt pulpa kaplaması; ince, pulpaya yakın, çürükle yer değiştirmiş dentin tabakasının çürüğün tamamen kaldırılmadan daimi olarak kaplanmasıdır (Babbush vd., 2007).

Pulpa dokusunun üzerinde sadece minimal bir dentin tabakası kaldığı için, dentin tübülleri yoluyla pulpanın geri dönüşümsüz iltihaplanması riski vardır. Bu, kalan bakteri veya mikroorganizmaların dokuya aktif olarak girmesinden ve restoratif materyallerden gelen sitotoksik bileşenlerin ince kalan dentin boyunca yayılmasından kaynaklanabilir (Murray vd., 2003).

Pulpaya yakın dentin dezenfekte edilmeli ve bakterilerden arındırılmalıdır ayrıca kapaklama materyali tersiyer dentin oluşumunu uyarmalıdır (Ricucci vd., 2014).

Çürük oluşumunda ilerleyen mikroorganizmalar ve onların yan ürünleri pulpa için bir tehdit oluşturur. Bu nedenle çürüğün uzaklaştırılması sırasında rubber dam izolasyonu altında indirekt kapaklama yapılarak kavite ve pulpa yakınındaki mikroorganizmaların sayısı azaltılmalıdır. Mikroorganizmaların yayılmasını önlemek için, ekskavasyondan önce klinik kronun NaOCl (%1 ila %5) veya klorheksidin diglukonat (CHX, %2) ile dezenfekte edilmesi önerilir (Siqueira&Ricucci 2013).

#### **4.2. Direk Pulpa Kaplaması**

Direkt pulpa kaplaması, "bir dental materyalin doğrudan mekanik veya travmatik bir vital pulpa ekspozürüne yerleştirilmesi" ve "tamir dentini oluşumunu ve vital pulpanın korunmasını kolaylaştırmak için pulpa yarasının kapatılması" olarak tanımlanır (AAE, 2016).

Diş preparasyonu sırasında mekanik ekspozlar meydana geldiğinde, ekspoze doku genellikle iltihaplanmaz. Bununla birlikte, travma veya çürüğe maruz kalma durumlarında inflamasyonun derecesi, prognostik belirleyici faktördür. Amerikan Endodontistler Birliği'ne (AAE) göre, "Çürükle pulpa ekspozunda, alttaki pulpa değişen veya bilinmeyen bir dereceye kadar iltihaplanır."

Bununla birlikte, çürüklü bir alanda DPC'nın yayınlanan başarı sonuçları önemli farklılıklar göstermektedir ve prosedür tartışmalıdır. Bu nedenle, bazı yeni yayınlar, direkt kaplamaya göre daha iyi performans gösterdiğini söyleyerek, selektif ekskavasyon ve çürük dokusunun dişte bırakılmasını önermektedir (Bjorndal vd., 2017).

Söz konusu bir klinik çalışmada; iki aşamalı çürük ekskavasyonundan beş yıl sonra pulpa; vakaların %60'ında vitalken, aynı dönemde direkt kapaklama sonrası başarı oranları sadece %6 ve parsiyel pulpotomi sonrası %11'di (Bjorndal vd., 2017).

Daha düşük başarı oranlarının nedeni, pulpa ekspozundan sonra dezenfeksiyon olmaması, kaplama materyali olarak Dycal (Dentsply, Konstanz, Almanya) seçilmesi ve uzun süreli geçici restorasyonların kullanılması olabilir (Harms vd., 2019).

### **4.3. Parsiyel Pulpotomi**

Amerikan Endodontistler Birliği (AAE), parsiyel pulpotomiyi, dişin pulpasında meydana gelen hasarlı veya enfekte kısmın sınırlı bir şekilde uzaklaştırılması ve kalan sağlıklı pulpa dokusunun korunması amacıyla yapılan vital pulpa tedavisi olarak tanımlar. Cvek pulpotomisi olarak da adlandırılan bu prosedür hasarlı pulpa dokusunun çıkarılarak altında kalan sağlam pulpa dokusunun korunmasını amaçlar (AAE, 2016).

Parsiyel pulpotomi tercihen yüksek hızlı bir el aleti ve küçük yuvarlak bir elmas frez ile bol suyla veya fizyolojik salin ile devamlı yıkayarak yapılır (Endodontology, 2006). Parsiyel olarak dokunun uzaklaştırılmasından sonra, 5 ila 10 dakika NaOCl'ye doğrudan temas sonrası kanama kontrol edilemezse, koronal pulpanın tamamen çıkarılması tercih edilen seçenektir (Kang vd., 2017).

NaOCl; parsiyel pulpotomi, total pulpotomi veya pulpektomi ile devam edilip edilmeyeceğini belirlemeye yardımcı olmak için koronal pulpadaki geri dönüşümlü pulpitis geri dönüşümsüz olandan ayırt etmek için klinik olarak değerli bir tanı aracı olarak kabul edilebilir (Chueh&Chiang, 2010).

#### **4.4. Total Pulpotomi**

Tam pulpotomi veya tam pulpa amputasyonu, AAE tarafından "geri kalan radiküler kısmın canlılığını korumanın bir yolu olarak vital pulpanın koronal kısmının çıkarılması" olarak tanımlanan daha müdahaleci bir prosedürdür (AAE, 2016). Tüm koronal pulpa çıkarılır ve vital pulpa dokusu kök kanal ağzının giriş seviyesinde kapatılır. Başarılı hemostazdan sonra, DPC'ye benzer şekilde tedavi edilir (Krstl&Weiger, 2014).

Pulpotomi prosedürleri modası geçmiş olabilir ve değişiklik gerektirebilir. Çağdaş çalışmalardan elde edilen artan kanıtlar, geri dönüşümsüz pulpitis teşhisi konan yetişkin dişlerde kalsiyum silikat simanlar kullanılarak yapılan pulpotomi tedavilerinden sonra radiküler lezyonların çözüldüğünü göstermektedir (Asgary vd., 2017; Taha&Abdelkader, 2018).

### **5. VİTAL PULPA TEDAVİLERİ İÇİN MATERYALLER**

Pulpa kaplama malzemeleri, mikroorganizmaların girişini önlemek için vital pulpa ile ağız boşluğu arasında yapay bir bariyer oluşturmalıdır. Ayrıca kapaklama materyali pulpa için toksik olmadan antimikrobiyal özelliklere sahip olmalıdır (Torabinejad, 2014).

Kapaklama materyalinin dentinin dezenfeksiyonu ve sızdırmazlığının yanı sıra pulpa hücresi indüksiyonu ile sert doku rejenerasyonu ve böylece pulpa canlılığının korunması bir diğer gerekliliktir (Moghaddame-Jafari vd., 2005).

#### **5.1. Aköz Kalsiyum Hidroksit (CH) Süspansiyonları**

CH, uzun süredir vital pulpa tedavisi için evrensel standart materyal olarak kabul edilmektedir. Materyal birçok avantajlı özellik gösterse de vital pulpa tedavisindeki uzun vadeli çalışma sonuçları tutarsız olmuştur (Auschill vd., 2003).

Mineralize doku oluşumundan sonra CH'nin yavaş yavaş parçalanması, mikrosızıntıya izin vererek, defektler yoluyla mikroorganizmaların yavaş bir şekilde girişine izin verebilir. Bu daha sonra pulpa dejenerasyonunu indükleyebilir ve potansiyel distrofik kalsifikasyona ve pulpa nekrozuna yol açabilir. Uzun süreler boyunca, bu sorunlu sonuç, daha sonraki bir tarihte gerekli olabilecek herhangi bir cerrahi olmayan kök kanal tedavisini zorlaştırabilir (Mohammadi&Dummer, 2011).

CH bazlı bir ajanla direkt pulpa kaplamalı 1075 diş gözlemlendiği bir çalışmada bu dişlerin ya sağlıklı pulpaları olduğu ya da geri dönüşümlü pulpitis belirtileri gösterdiği bildirilmiştir. Başarılı sonuçlar 1 yıl sonra %80,1 ve 5 yıl sonra %68 olarak bildirilmiş; bu, 9 yıllık bir gözlem döneminden sonra %58,7'ye düşmüştür. Sonuçlar, tünel defektli sert doku köprülerine yakın daimi restorasyonlar altında materyalin absorpsiyonuna bağlı olarak, zamanla artan başarısızlık oranlarını göstermektedir (Willershausen vd., 2011).

## **5.2. Hızlı Sertleşen Kalsiyum Hidroksit Simanlar (Dycal (Dentsply, Konstanz, Almanya) ve türevleri)**

Aköz CH süspansiyonlarının aksine, simanlar (kalsiyum salisilat ester simanları) ve ayrıca linerlar veya patlar gibi diğer CH kombinasyonları, daha düşük hidroksil iyon salınımları nedeniyle pulpa kaplaması için daha az uygundur. Bu preparatlarda ortaya çıkan pH daha düşüktür ve antimikrobiyal etki önemli ölçüde daha zayıftır (Fisher&JF, 1978).

CH salisilat ester simanların altında yeni mineralize doku oluşumu yavaştır ve şekil olarak daha az üniformdur. Sert doku rejenerasyonu bu nedenle bu CH preparatları kullanılarak daha zayıf olabilir. CH preparatlarını sertleştiren bazı katkı maddelerinin pulpa üzerinde toksik etkisi olabileceği de bildirilmiştir (Schröder, 1985).

### **5.3. Işıklı Sertleşen Linerler ve Simanlar**

Bu ürünlerin pH'ı diğer CH ürünlerine kıyasla önemli ölçüde düşüktür kompozit bileşenden kaynaklanan sitotoksitesi açıkça gösterilmiştir (Poggio vd., 2014).

Bu ürünlerden biri TheraCal LC'dir (Bisco, Schaumburg, IL). Üreticiye göre endikasyon yelpazesi, MTA ve diğer kalsiyum silikat simanlara karşılık gelir. %45 Portland çimentosu (CEM III) ve %45 kompozit rezinden oluşur ve bu nedenle fotopolimerize edilebilir ve klinik kullanımını önemli ölçüde basitleştirir (Gandolfi vd., 2012).

Ancak, TheraCal LC'deki tüm monomerlerin in vitro sitotoksik olduğu bilinmektedir (Issa vd., 2004).

CH kullanan diğer ışıkla sertleşen linerlere benzer şekilde TheraCal LC, insan dental pulpa kök hücreleriyle doğrudan temas ettiğinde önemli bir hücre hasarı sergiler (Bortoluzzi vd., 2015).

### **5.4. Kompozit Reziner, Dentin Adezivleri ve Reziner Modifiye Cam İyonomer Simanlar**

Dentin adezivlerinin ince bir dentin tabakasına (0,5 mm) uygulanması, kan damarlarının genişlemesine ve pulpa dokusunun kronik inflamasyonuna yol açar (Hebling vd., 1999).

Pulpa üzerinde kalan dentin kalınlığı az olan derin kaviterlerde tübüler sıvı tam polimerizasyonu önleyebilir. Ek olarak, tam polimerizasyon, sertleşme ışıklarının yeterince nüfuz etmediği aşırı kalın bir kompozit tabaka tarafından da önlenir. Her iki faktör de daha sonra kompozit rezinden salınan ve pulpa dokusuna yayılan, artan oranda rezidüel serbest monomere yol açar ve bu monomerler pulpanın bağışıklık sistemi ile etkileşime girerek istilacı mikroorganizmalara karşı defansını zayıflatabilir (Modena vd., 2009).

Bununla birlikte, hidrofilik reziner ve RMGI simanlar, daimi restorasyon olarak ışıkla sertleşen kompozitlerle kombine

edildiklerinde ve MTA ve diğer kalsiyum silikat simanlar gibi pulpa kaplama malzemelerinin üzerine doğrudan yerleştirildiklerinde mükemmel sızdırmazlık sağlarlar (Atabek vd., 2012).

### **5.5. Mineral Trioksit Agregat**

MTA, 1990'ların ortalarında Torabinejad ve arkadaşları tarafından bir pulpa kaplama ajanı olarak tanıtıldı (Pitt-Ford vd., 1996). Siman; kalsiyum oksit, ferrik oksit, silisyum oksit, sodyum ve potasyum oksitler, magnezyum oksit ve alüminyum oksit dahil oksit bileşikleri içeren hidrolik kalsiyum silikat tozundan oluşur (Camilleri vd., 2005).

Dentin-pulpa kompleksinin yara onarımına aracılık eden çözünür sitokinler ve büyüme faktörleri hücre dışı matrikste yuvalanmıştır. MTA, çevreleyen dentine gömülü bu büyüme faktörlerini ve sitokinleri ortaya çıkararak sert doku oluşumunu uyarır (Koh vd., 1997).

Higroskopik silikat simanların sertleşme özellikleri doku sıvılarının veya kanın varlığından etkilenmez (Torabinejad vd., 1994). Sertleşme işlemi sırasında, kalsiyum iyonlarının kademeli olarak salınması; VEGF, makrofaj koloni stimüle edici faktör, TGF- $\beta$  ve interlökinler IL- $\beta$  ve IL-1 $\alpha$  gibi sinyal moleküllerini destekleyerek reparatif bariyer oluşumunu teşvik eder (Paranjpe vd., 2010).

MTA, CH bazlı ajanlara kıyasla dentine üstün marjinal adaptasyon gösterir ve dentine yoğun bir bağ oluşturur. Simandan gelen mineral bileşenler tübüllere nüfuz ederek dentine GIC'lere benzer şekilde bağlanır (Kaup vd., 2015).

MTA, progenitör hücrelerin merkezi pulpadan hasar bölgesine göçünü aktive eder ve pulpa hücre apoptozunu indüklemeyen onların proliferasyonunu ve odontoblast benzeri hücrelere farklılaşmasını destekler (Okiji&Yoshiba, 2009).

MTA'nın bir dezavantajı, diş sert dokusunda renk değişikliğine yol açabilmesidir. Bu, özellikle travma yönetimi sırasında ön dişlerde sorun olabilir (Mozynska vd., 2017). Renklenme MTA'da bulunan radyoopasite için kullanılan bizmut oksit ve demir gibi ağır metallere kaynaklanır ve esas olarak NaOCl ile temastan sonra bu metallere oksidasyonu veya kan bileşenlerinin alımı ile indüklenir (Camilleri, 2014).

Diğer kalsiyum silikat simanlar daha az veya çok az düzeyde ağır metal içerir ve dişlerin rengini bozma potansiyelleri minimumdur. Özellikle radyopaklaştırıcı olarak zirkonyum oksit veya tantal oksit içeren kalsiyum silikat simanlarda renk stabildir (Atabek vd., 2012).

### **5.6. Kalsiyum Silikat Simanlar (CSC)**

MTA'nın piyasaya sürülmesinden bu yana çeşitli yeni CSC'ler (Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Fransa), EndoSequence BC Sealer (Brasseler USA, Savannah, GA, ABD) gibi) geliştirilmiştir. Ön araştırmalar, MTA ile karşılaştırılabilir fizikokimyasal ve biyoindüktif özellikler göstermiştir, bu da vital pulpa tedavisindeki uygulamaları için umut vaat etmektedir.

MTA ve CSC'lerin ana bileşenleri, portland çimentosunun ana bileşenleri olan trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikattır. Bu simanlar, kalsiyum ve fosfat içeren sıvılarla temas ettiğinde siman yüzeyinde hidroksiapatit kristal oluşumunu teşvik eder (Han&Okiji, 2011).

CSC sertleşmesi sırasında silisyum açığa çıkar. Silisyumun mineralize doku oluşumunda etkili olduğu bildirilmektedir yeni sert doku birikim oranını olumlu yönde etkilediği de bilinmektedir (Han&Okiji, 2011).

## 6. SONUÇ

Dentin, pulpada yer alan odontoblastların hücresel fonksiyonlarını gerçekleştiren vital, hücresel bir dokudur. Bu nedenle dentin ve pulpa, pulpo-dentinal bir kompleks olarak birlikte düşünülmelidir (Pashley, 1996). Son araştırmalar, pulpanın önemli mikrobiyal saldırılara önceden düşünülenden daha dirençli olduğunu göstermektedir (Farges vd., 2013; Bjørndal vd., 2014; Cooper vd., 2014).

TGF-b, ADM ve IGF-1/-2 dahil olmak üzere bir dizi büyüme faktörü, çürük bir lezyonun ilerlemesi sırasında dentin demineralize edildiğinde pulpo-dentinal kompleksten salınır. Bu büyüme faktörleri, pulpa onarımı ve rejenerasyonunda yer alan süreçleri artırarak pulpa yanıtları üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir (Smith vd., 2012, 2016).

Pulpo-dentinal kompleksin rejeneratif potansiyelinin irreversibl pulpitis belirtileri olan dişlerde belirgin olması, mevcut pulpitis sınıflandırmasının revize edilmesi gerekebileceğini düşündürmektedir (Ricucci vd., 2014). Geleneksel olarak geri döndürülemez olarak kabul edilen vakalar aslında hala kurtarılabilir olabilir, bu da doğru tedavi uygulandığında geri döndürülemez olanın dengesini geri döndürülebilir olana kaydırır.

Vital pulpa tedavisinin, kılavuz olarak eşlik eden klinik semptomlarla müdahale yapılması durumunda oldukça başarılı olduğu gösterilmiştir. Pulpitisin klinik semptomları ile buna karşılık gelen inflame pulpanın histolojik durumu arasında iyi bir ilişki vardır. Bu bilgi, tedavi öncesi ve intraoperatif klinik bulgularla birlikte, potansiyel olarak pulpa ve diş dokusunu korumak için kullanılabilir.

Pulpa biyolojisi anlayışındaki gelişmeler ve pulpanın dentine bağlı biyoaktif büyüme faktörlerinin salınımına tepkisi, pulpanın önemli rejeneratif yeteneklere sahip olduğunu ve inflamasyonun pulpanın iyileşme yanıtının normal bir parçası

olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Düzgün yönetilen vital pulpa dokusu oldukça iyileşebilir ve iltihaplı/nekrotik dokunun büyük bir kısmı çıkarılırsa hastalıklı bir pulpa iyileşebilir. Bu, kalan dokuya iyileşme şansı verir. Yazarlar, pulpitisin farklı evrelerini teşhis etmek, ilişkili semptomları kullanmak ve yeni minimal invaziv tedavi stratejileri uygulamak için yeni bir sistem önerisiyle, vital pulpa tedavisi alanındaki yeni tartışma ve araştırmaların hastalar için tedavi sonuçlarında iyileşmeyi teşvik edeceğini ummaktadır.

## **KAYNAKÇA**

- AAE. (2016). *Glossary of endodontic terms* (8. baskı). Chicago, IL: American Association of Endodontists.
- Alghaithy, R. A. ve Qualtrough, A. J. (2017). Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. *International Endodontic Journal*, 50(2), 135-142. doi:10.1111/iej.12611.
- Arun, A., Mythri, H. ve Chachapan, D. (2015). Pulp vitality tests- an overview on comparison of sensitivity and vitality. *Indian Journal of Oral Sciences*, 6(2), 41-45. doi:10.4103/0975-962X.160341.
- Asgary, S., Eghbal, M. J. ve Bagheban, A. A. (2017). Long-term outcomes of pulpotomy in permanent teeth with irreversible pulpitis: A multi-center randomized controlled trial. *American Journal of Dentistry*, 30(3), 151-155.
- Asgary, S., Eghbal, M. J., Fazlyab, M., Baghban, A. A. ve Ghoddusi, J. (2015). Five-year results of vital pulp therapy in permanent molars with irreversible pulpitis: a non-inferiority multicenter randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 19(2), 335-341. doi:10.1007/s00784-014-1244-z.
- Atabek, D., Sillelioglu, H. ve Olmez, A. (2012). Bond strength of adhesive systems to mineral trioxide aggregate with different time intervals. *Journal of Endodontics*, 38(9), 1288-1292. doi:10.1016/j.joen.2012.06.011.
- Auschill, T. M., Arweiler, N. B., Hellwig, E., Zamani-Alaei, A. ve Sculean, A. (2003). Erfolgsrate der direkten Überkappung mit Kalziumhydroxid [Success rate of direct pulp capping with calcium hydroxide]. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*, 113(9), 946-952.

- Awawdeh, L., Hemaïdat, K. ve Al-Omari, W. (2017). Higher maximal occlusal bite force in endodontically treated teeth versus vital contralateral counterparts. *Journal of Endodontics*, 43(6), 871-875. doi:10.1016/j.joen.2017.01.031.
- Babbush, C. A., Zwemer, T. J., Fehrenbach, M. J., Emmons, M. ve Nunez, D. W. (2007). *Mosby's dental dictionary*. St. Louis, MO: Mosby Inc.
- Bjørndal, L., Demant, S. ve Dabelsteen, S. (2014). Depth and activity of carious lesions as indicators for the regenerative potential of dental pulp after intervention. *Journal of Endodontics*, 40(4 Suppl), S76-S81. doi:10.1016/j.joen.2014.01.023.
- Bjorndal, L., Fransson, H., Bruun, G., Markvart, M., Kjaeldgaard, M., Nasman, P., ... ve Dige, I. (2017). Randomized clinical trials on deep carious lesions: 5-year follow-up. *Journal of Dental Research*, 96(7), 747-753. doi:10.1177/0022034517702620.
- Bogen, G. ve Chandler, N. P. (2010). Pulp preservation in immature permanent teeth. *Endodontic Topics*, 23(1), 131-152. doi:10.1111/j.1601-1546.2012.00286.x.
- Bortoluzzi, E. A., Niu, L. N., Palani, C. D., El-Awady, R. A., Hammond, B. D., Pei, D. D., ... ve Tay, F. R. (2015). Cytotoxicity and osteogenic potential of silicate calcium cements as potential protective materials for pulpal revascularization. *Dental Materials*, 31(12), 1510-1522. doi:10.1016/j.dental.2015.09.015.
- Camilleri, J. (2014). Color stability of white mineral trioxide aggregate in contact with hypochlorite solution. *Journal of Endodontics*, 40(3), 436-440. doi:10.1016/j.joen.2013.09.040.

- Camilleri, J., Montesin, F. E., Brady, K., Sweeney, R., Curtis, R. V. ve Ford, T. R. (2005). The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials*, 21(4), 297-303. doi:10.1016/j.dental.2004.05.004.
- Christensen, G. J. (1998). Pulp capping 1998. *The Journal of the American Dental Association*, 129(9), 1297-1299. doi:10.14219/jada.archive.1998.0430.
- Chueh, L. H. ve Chiang, C. P. (2010). Histology of irreversible pulpitis premolars treated with mineral trioxide aggregate pulpotomy. *Operative Dentistry*, 35(3), 370-374. doi:10.2341/09-245-L.
- Cooper, P. R., Takahashi, Y., Graham, L. W., Simon, S., Imazato, S. ve Smith, A. J. (2014). Inflammation–regeneration interplay in the dentine–pulp complex. *Journal of Dental Research*, 93(2), 124–130. doi:10.1177/0022034513511245.
- European Society of Endodontology. (2006). Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*, 39(12), 921-930. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01180.x.
- Farges, J. C., Alliot-Licht, B., Baudouin, C., Msika, P., Bleicher, F. ve Carrouel, F. (2013). Odontoblast control of dental pulp inflammation triggered by cariogenic bacteria. *Frontiers in Physiology*, 4, 326. doi:10.3389/fphys.2013.00326.
- Fisher, F. J. ve McCabe, J. F. (1978). Calcium hydroxide base materials: An investigation into the relationship between chemical structure and antibacterial properties. *British Dental Journal*, 144(11), 341-344. doi:10.1038/sj.bdj.4804093.

- Gandolfi, M. G., Siboni, F. ve Prati, C. (2012). Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *International Endodontic Journal*, 45(6), 571-579. doi:10.1111/j.1365-2591.2012.02013.x.
- Goldberg, M. (2014). Reactionary and reparative dentin-like structures. M. Goldberg (Ed.), *The Dental Pulp* içinde (s. 141-154). Berlin, Heidelberg: Springer. doi:10.1007/978-3-642-55160-4\_8.
- Graham, L., Cooper, P. R., Cassidy, N., Nor, J. E., Sloan, A. J. ve Smith, A. J. (2006). The effect of calcium hydroxide on solubilisation of bio-active dentine matrix components. *Biomaterials*, 27(14), 2865-2873. doi:10.1016/j.biomaterials.2005.12.020.
- Han, L. ve Okiji, T. (2011). Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *International Endodontic Journal*, 44(12), 1081-1087. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01924.x.
- Harms, C. S., Schäfer, E. ve Dammaschke, T. (2019). Clinical evaluation of direct pulp capping using a calcium silicate cement—treatment outcomes over an average period of 2.3 years. *Clinical Oral Investigations*, 23(9), 3491-3499. doi:10.1007/s00784-018-2767-4.
- Hebling, J., Giro, E. M. ve Costa, C. A. (1999). Biocompatibility of an adhesive system applied to exposed human dental pulp. *Journal of Endodontics*, 25(10), 676-682. doi:10.1016/S0099-2399(99)80088-0.
- Horsted, P., Sandergaard, B., Thylstrup, A., El Attar, K. ve Fejerskov, O. (1985). A retrospective study of direct pulp capping with calcium hydroxide compounds. *Endodontics*

& *Dental Traumatology*, 1(1), 29-34. doi:10.1111/j.1600-9657.1985.tb00055.x.

- Issa, Y., Watts, D. C., Brunton, P. A., Waters, C. M. ve Duxbury, A. J. (2004). Resin composite monomers alter MTT and LDH activity of human gingival fibroblasts in vitro. *Dental Materials*, 20(1), 12-20. doi:10.1016/S0109-5641(03)00053-8.
- Kang, C. M., Sun, Y., Song, J. S., Pang, N. S., Roh, B. D., Lee, C. Y. ve Shin, Y. (2017). A randomized controlled trial of various MTA materials for partial pulpotomy in permanent teeth. *Journal of Dentistry*, 60, 8-13. doi:10.1016/j.jdent.2017.02.013.
- Kaup, M., Dammann, C. H., Schafer, E. ve Dammaschke, T. (2015). Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head & Face Medicine*, 11(1), 14. doi:10.1186/s13005-015-0071-z.
- Kim, S., Heyeraas, K. J. ve Haug, S. R. (2008). Structure and function of the dentin-pulp complex. J. I. Ingle, L. K. Bakland ve J. C. Baumgartner (Eds.), *Ingle's Endodontics* içinde (6. baskı, s. 118-150). Hamilton, ON: BC Decker.
- Koh, E. T., Torabinejad, M., Pitt Ford, T. R., Brady, K. ve McDonald, F. (1997). Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *Journal of Biomedical Materials Research*, 37(3), 432-439. doi:10.1002/(sici)1097-4636(19971205)37:3<432::aid-jbm14>3.0.co;2-d.
- Krastl, G. ve Weiger, R. (2014). Vital pulp therapy after trauma. *Endodontic Practice Today*, 8(4), 293-300.
- Kuttler, Y. (1959). Classification of dentine into primary, secondary, and tertiary. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral*

*Pathology*, 12(8), 996-1001. doi:10.1016/0030-4220(59)90206-8.

Langeland, K. (1981). Management of the inflamed pulp associated with deep carious lesion. *Journal of Endodontics*, 7(4), 169-181. doi:10.1016/S0099-2399(81)80224-6.

Laurent, P., Camps, J., De Meo, M., Dejou, J. ve About, I. (2008). Induction of specific cell responses to a Ca(3)SiO(5)-based posterior restorative material. *Dental Materials*, 24(11), 1486-1494. doi:10.1016/j.dental.2008.02.020.

Matsuo, T., Nakanishi, T., Shimizu, H. ve Ebisu, S. (1996). A clinical study of direct pulp capping applied to carious-exposed pulps. *Journal of Endodontics*, 22(10), 551-556. doi:10.1016/S0099-2399(96)80017-3.

Merdad, K., Sonbul, H., Bukhary, S., Reit, C. ve Birkhed, D. (2011). Caries susceptibility of endodontically versus nonendodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 37(2), 139-142. doi:10.1016/j.joen.2010.11.011.

Modena, K. C., Casas-Apayco, L. C., Atta, M. T., Costa, C. A., Hebling, J., Sipert, C. R., ... ve Santos, C. F. (2009). Cytotoxicity and biocompatibility of direct and indirect pulp capping materials. *Journal of Applied Oral Science*, 17(6), 544-554. doi:10.1590/s1678-77572009000600002.

Moghaddame-Jafari, S., Mantellini, M. G., Botero, T. M., McDonald, N. J. ve Nor, J. E. (2005). Effect of ProRoot MTA on pulp cell apoptosis and proliferation in vitro. *Journal of Endodontics*, 31(5), 387-391. doi:10.1097/01.don.0000145422.30801.37.

Mohammadi, Z. ve Dummer, P. M. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and

- dental traumatology. *International Endodontic Journal*, 44(8), 697-730. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01886.x.
- Mozynska, J., Metlerski, M., Lipski, M. ve Nowicka, A. (2017). Tooth discoloration induced by different calcium silicate-based cements: A systematic review of in vitro studies. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1593-1601. doi:10.1016/j.joen.2017.04.002.
- Murray, P. E., Smith, A. J., Windsor, L. J. ve Mjor, I. A. (2003). Remaining dentine thickness and human pulp responses. *International Endodontic Journal*, 36(1), 33-43. doi:10.1046/j.1365-2591.2003.00630.x.
- Murray, P. E., Stanley, H. R., Matthews, J. B., Sloan, A. J. ve Smith, A. J. (2002). Age-related odontometric changes of human teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 93(4), 474-482. doi:10.1067/moe.2002.121118.
- Okiji, T. ve Yoshiba, K. (2009). Reparative dentinogenesis induced by mineral trioxide aggregate: a review from the biological and physicochemical points of view. *International Journal of Dentistry*, 2009, 464280. doi:10.1155/2009/464280.
- Paranjpe, A., Zhang, H. ve Johnson, J. D. (2010). Effects of mineral trioxide aggregate on human dental pulp cells after pulp-capping procedures. *Journal of Endodontics*, 36(6), 1042-1047. doi:10.1016/j.joen.2010.02.015.
- Pashley, D. H. (1996). Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 7(2), 104-133. doi:10.1177/10454411960070020101.
- Pitt Ford, T. R., Torabinejad, M., Abedi, H. R., Bakland, L. K. ve Kariyawasam, S. P. (1996). Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *The Journal of the*

*American Dental Association*, 127(10), 1491-1494.  
doi:10.14219/jada.archive.1996.0058.

Poggio, C., Arciola, C. R., Beltrami, R., Monaco, A., Dagna, A., Lombardini, M. ve Visai, L. (2014). Cytocompatibility and antibacterial properties of capping materials. *The Scientific World Journal*, 2014, 181945. doi:10.1155/2014/181945.

Ricucci, D., Loghin, S., Lin, L. M., Spångberg, L. S. ve Tay, F. R. (2014). Is hard tissue formation in the dental pulp after the death of the primary odontoblasts a regenerative or a reparative process? *Journal of Dentistry*, 42(9), 1156-1170. doi:10.1016/j.jdent.2014.06.003.

Ricucci, D., Loghin, S. ve Siqueira Jr, J. F. (2014). Correlation between clinical and histologic pulp diagnoses. *Journal of Endodontics*, 40(12), 1932-1939. doi:10.1016/j.joen.2014.08.010.

Schröder, U. (1985). Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation. *Journal of Dental Research*, 64(Spec No), 541-548. doi:10.1177/002203458506400407.

Schwendicke, F. ve Stolpe, M. (2014). Direct pulp capping after a carious exposure versus root canal treatment: a cost-effectiveness analysis. *Journal of Endodontics*, 40(11), 1764-1770. doi:10.1016/j.joen.2014.07.011.

Simon, S., Smith, A. J., Berdal, A., Lumley, P. J. ve Cooper, P. R. (2010). The MAP kinase pathway is involved in odontoblast stimulation via p38 phosphorylation. *Journal of Endodontics*, 36(2), 256-259. doi:10.1016/j.joen.2009.09.027.

- Siqueira, J. ve Riccuci, D. (2013). Vital pulp therapy. *Endodontology: An integrated biological and clinical view* içinde. Londra, İngiltere: Quintessence Publishing.
- Sloan, A. J., Perry, H., Matthews, J. B. ve Smith, A. J. (2000). Transforming growth factor-beta isoform expression in mature human healthy and carious molar teeth. *Histochemical Journal*, 32(4), 247-252. doi:10.1023/a:1004037502758.
- Smith, A. J. (2012). Formation and repair of dentin in the adult. *Seltzer and Bender's Dental Pulp* içinde (2. baskı, s. 27-46). Hanover Park, IL: Quintessence Publishing.
- Smith, A. J., Cooper, P. R. ve Takahashi, Y. (2012). Pulpal defense mechanisms. *Dental Clinics of North America*, 56(1), 1-16. doi:10.1016/j.cden.2011.07.002.
- Smith, A. J., Scheven, B. A., Takahashi, Y., Ferracane, J. L., Shelton, R. M. ve Cooper, P. R. (2016). Dentine as a bioactive extracellular matrix. *Archives of Oral Biology*, 55(3 Suppl), S2-S14. doi:10.1016/j.archoralbio.2010.01.002.
- Taha, N. ve Abdelkhalder, S. (2018). Outcome of full pulpotomy using Biodentine in adult patients with symptoms indicative of irreversible pulpitis. *International Endodontic Journal*, 51(8), 819-828. doi:10.1111/iej.12903.
- Torabinejad, M. (2014). *Mineral trioxide aggregate: properties and clinical applications*. Ames, IA: John Wiley & Sons.
- Torabinejad, M., Higa, R. K., McKendry, D. J. ve Pitt Ford, T. R. (1994). Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *Journal of Endodontics*, 20(4), 159-163. doi:10.1016/S0099-2399(06)80326-3.

- Willershausen, B., Willershausen, I., Ross, A., Velikonja, S., Kasaj, A. ve Blettner, M. (2011). Retrospective study on direct pulp capping with calcium hydroxide. *Quintessence International*, 42(2), 165-171.
- Winters, J., Cameron, A. C. ve Widmer, R. P. (2013). Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. *Handbook of Pediatric Dentistry* içinde (4. baskı, s. 103-122). Elsevier.

# ENDODONTİDE APİKAL PATENSİ KONSEPTİ

**Gamze ÖZBAY<sup>1</sup>**

**Fatma PERTEK HATİPOĞLU<sup>2</sup>**

## 1. GİRİŞ

Apikal patensi kavramı, kök kanal sisteminin apikal bölümünde debris birikimini önlemek ve çalışma boyunun korunmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.(Souza, 2006) Bu kavram ilk kez Buchanan tarafından 1987 yılında tanımlanmış ve apikal konstriksiyonu genişletmeden küçük ve esnek bir eğenin apikal foramenden pasif olarak geçirilmesi şeklinde açıklanmıştır.(Buchanan, 1987) Daha sonraki yıllarda apikal patensi, kök kanal preparasyonu sırasında apikal bölgenin açıklığını korumaya yönelik önemli bir mekanik prosedür olarak kabul görmüş ve endodontik tedavi protokollerinde yaygın olarak yer almaya başlamıştır.(Endodontists, 2003) Bununla birlikte, apikal patensinin klinik yararları ve olası olumsuz etkileri üzerine tartışmalar günümüzde de devam etmektedir.(Kuzhanchinathan, Dhakshinamurthi, Rajendran, & Kalaiselvam, 2024; Mohammadi, Jafarzadeh, Shalavi, & Kinoshita, 2017)

### 1.1. Apikal Bölgenin Anatomik Karmaşıklığı:

Kök kanal sisteminin apikal üçlüsü, anatomik karmaşıklığı nedeniyle endodontik tedavinin en zorlu bölgelerinden biridir. Apikal daralma seviyesine kadar gerçekleştirilen enstrümantasyon ve obtürasyon işlemleri,

---

<sup>1</sup> Araştırma Görevlisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Bölümü, ORCID: 0009-0001-5225-7225.

<sup>2</sup> Doçent Doktor, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Bölümü, ORCID: 0000-0003-0307-3021.

tedavinin uzun dönem başarısı açısından en uygun prognozu sunmaktadır.(Mohammadi et al., 2017) Kök kanal sisteminin apikal kısmında yetersiz temizlik, foramen transportasyonu ve sızdırmazlığın sağlanamaması, tedavi başarısını olumsuz etkileyen önemli faktörler olarak kabul edilmektedir.(Buchanan, 1994)

### **1.2. Apikal Patensi Tanımı:**

Apikal bölgede dentin artıkları, pulpa dokusu kalıntıları ve mikroorganizmaların birikmesi çalışma boyunun kaybedilmesine, kanal blokajına ve yetersiz temizliğe neden olabilmektedir. Bu olumsuzlukların önlenmesi amacıyla apikal patensi kavramı geliştirilmiştir. Amerikan Endodontistler Birliği'ne göre apikal patensi, küçük çaplı bir eğenin apikal forameninden geçirilerek kanalın apikal kısmının debrislerden arındırılmış şekilde açık tutulması işlemidir.(Endodontists, 2003)

### **1.3. Klinik Uygulama Protokolü:**

Apikal foramenin açıklığının korunması, bu tür tıkanıklıkların önlenmesinde kritik bir rol oynar ve apikal bölgedeki tedavi başarısını doğrudan etkileyebilir.(Nekoofar, Ghandi, Hayes, & Dummer, 2006) Buchanan tarafından önerilen apikal patensi konsepti, kök kanalı şekillendirme işlemi sırasında apikal foramenin açık kalmasını sağlamak için bir patensi eğesi kullanımını içerir.(Buchanan, 1989) Patensi eğesi, genellikle #10 veya #15 boyutunda, esnek ve küçük bir K-eğesi olup, apikal daralma genişletilmeden pasif bir şekilde bu bölgeden geçirilebilir. Bu işlem sırasında eğenin, belirlenen çalışma uzunluğunun 1 mm ötesine ulaşması sağlanır.(Cailleateau & Mullaney, 1997)

## **2. APİKAL PATENSI VE KÖK KANAL TEMİZLİĞİ / DEZENFEKSİYONU**

Bu uygulama, kök kanal sisteminin apikal bölümünde biriken sert ve yumuşak doku artıklarının gevşetilmesini sağlayarak debris birikimini önlemektedir.(Cailleateau & Mullaney, 1997) Şekillendirme ve temizleme işlemleri boyunca AP'nin korunması önerilir; bu durum yıkama ajanlarının (irigantların) apikal kısma erişmesine yardımcı olur. (Kuzhanchinathan et al., 2024) Apikal patensinin korunmasının irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye ulaşımını artırdığı, debris birikimini azalttığı ve tedavi sonucunu olumlu yönde etkileyebileceği bildirilmiştir.(Kuzhanchinathan et al., 2024; Vera, Arias, & Romero, 2011) Böylece kanal içerisinde gaz kabarcığı oluşumunu azaltmakta, preparasyon sırasında çalışma boyunun korunmasına katkıda bulunmakta ve işlem sırasında meydana gelebilecek hataların görülme sıklığını düşürmektedir. (Souza, 2006; Vera, Arias, & Romero, 2012) Ayrıca, periapikal lezyon varlığında apikal patensinin sürdürülmesiyle sağlanan drenaj ve basınç azalmasının, apikal bölgedeki basıncı hafiflettiği ve böylece periapikal dokularda iyileşme sürecinin başlaması için uygun bir ortam oluşturduğu gösterilmiştir. (Tsurumachi & Saito, 1995) Nekrotik pulpalı ve apikal periodontitisli dişlerde apikal patensinin korunması daha büyük önem taşımaktadır. Mikroorganizmaların ve enfekte dokuların apikal konstriksiyon seviyesinin ötesinde bulunabilmesi nedeniyle, apikal açıklığın korunmasının irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye ulaşımını artırdığı ve dezenfeksiyon etkinliğini geliştirdiği belirtilmektedir.(Vera et al., 2011, 2012)

### **3. APİKAL PATENSİNİN KLİNİK AVANTAJLARI**

Tekniğin şekillendirme ve temizleme aşamaları boyunca sürdürülmesi, apikal bölgede debris birikiminin önlenmesi, çalışma boyunun korunması ve irrigasyon solüsyonlarının apikal uçluğa daha iyi ulaşması gibi çok sayıda klinik avantaj sağlamaktadır.(Kuzhanchinathan et al., 2024; Souza, 2006)

#### **3.1. Çalışma Boyunun Korunmasına Katkısı**

Kök kanalı preparasyonu sırasında dentin debris ve rezidüel pulpa dokusu apikal bölgede tıkaçlar oluşturmakta, bu da çalışma boyunun kaybına, apikal sapmaya ve perforasyona yol açabilmektedir.(Machado et al., 2016; Souza, 2006) Apikal patensin sürdürülmesi, debrisin kanal terminusunda birikmesini bilinçli olarak önleyerek preparasyon boyunca çalışma boyunun kaybını azaltmaktadır.(Kuzhanchinathan et al., 2024) Kanal içinde debris birikimine bağlı tıkanıklık, tam çalışma boyuna erişimin kaybedilmesine ve yetersiz preparasyona neden olan yaygın bir komplikasyondur.(Theodoros Lambrianidis, 2006) Torabinejad ve arkadaşları (1988), apikal patens kavramının çalışma boyunun korunması gibi mekanik hedefleri karşılayabildiğini belirtmiştir. Bu nedenle küçük çaplı bir eğenin düzenli kullanımı, preparasyon boyunca apikal referansın sabit kalmasına katkı sağlamaktadır.(Torabinejad et al., 1988)

#### **3.2. Apikal Kanal Tıkanıklığının Önlenmesi**

Preparasyon işlemi sırasında apikal bölgede pulpa dokusu ve dentin debrisinin kompakte olması, kanal obstrüksiyonu ile apikal foramenin tıkanmasına neden olabilmektedir. (Theodoros Lambrianidis, 2006; Souza, 2006) Apikal patensi, kök kanal sisteminin apikal bölgede biriken debrisin kontrollü bir şekilde uzaklaştırılmasını kolaylaştırmayı ve böylece debris birikimini önlemeyi amaçlamaktadır(Cailleteau & Mullaney, 1997; Kuzhanchinathan et al., 2024) Bu amaçla kullanılan, debris

ekstrüzyonuna neden olmayan küçük çaplı bir 10 numara K-eğesi, birikmiş dentinal artıkları mekanik olarak gevşetmekte ve bu artıkların irrigasyon solüsyonları ile daha etkin bir şekilde uzaklaştırılmasına olanak sağlamaktadır.(Tay et al., 2010; Xiqian, Ying, & Mian, 2024). Apikal patensinin bu işlevi, dentin talaşlarının apekte sert ve yumuşak doku artıkları oluşturmasını engellemekte olup apikal foramenin tıkanmasını engellemektedir. (Souza, 2006)

### **3.3. İrrigasyon Solüsyonlarının Apikal Bölgeye Penetrasyonunun Artırılması**

Apikal patensinin uygulanması, irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye daha derin biçimde penetre olmasını sağlamaktadır.(Kuzhanchinathan et al., 2024; Vera et al., 2012) İrrigasyon solüsyonlarının kanalın apikal bölgesine yeterli temas süresi ve konsantrasyonla ulaşması, bakterilerin öldürülmesi, organik dokuların çözülmesi ve kompleks anatomik bölgedeki biyofilmlerin ortadan kaldırılması açısından kritik öneme sahiptir.(Mohammadi et al., 2017) Vera ve arkadaşları (2011), pasif ultrasonik irrigasyon sırasında küçük bir eğe kullanıldığında apikal üçlüye anlamlı düzeyde daha fazla irrigasyon solüsyonunun ulaştığını göstermiştir.(Vera et al., 2011) Kanalın apikal bölgesindeki gaz kabarcıkları (vapor lock) irriganların bu bölgeye ulaşmasını engelleyebilmektedir.(Gu et al., 2009; Tay et al., 2010) Patensi eğesi kullanıldığında bu kabarcıkların görülme oranı yaklaşık yüzde 25 iken, patensi uygulanmadığında bu oran yüzde 40 düzeyine çıkmaktadır.(Vera et al., 2012) Bu bulgular, apikal patensin irrigasyon etkinliğini artırarak mikroorganizmaların ve doku artıklarının daha iyi uzaklaştırılmasına katkı sağladığını göstermektedir.(Salzgeber & Brilliant, 1977; Xiqian et al., 2024) Aynı zamanda nekrotik pulpalı ve periapikal lezyonlu dişlerde bakteriler apikal konstriksiyonun ötesinde bulunabildiğinden, apikal patensin sürdürülmesi kompleks apikal kök kanal sistemindeki

bakterilerin uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır.(Siqueira Jr, 2005; Vera et al., 2012)

### **3.4. Periapikal İyileşmeye Olası Katkıları**

Periapikal lezyon varlığında apikal patensin sürdürülmesi, apikal basıncın boşaltılmasını ve drenajını sağlayarak periapeksde onarım sürecini başlatacak elverişli koşulların oluşmasına katkıda bulunabilmektedir. (Kuzhanchinathan et al., 2024; Tsurumachi & Saito, 1995) Holland ve arkadaşları (2005), patens eğesi ile birlikte kalsiyum hidroksit esaslı patlar kullanılarak biyolojik apikal kapanmanın sement birikimiyle sağlanabildiğini ve apikal patensin bu biyolojik kapanma için gerekli olduğunu bildirmiştir.(Holland et al., 2005) Bununla birlikte apikal patensin periapikal doku iyileşmesi üzerindeki etkisine ilişkin veriler oldukça sınırlıdır ve bazı hayvan çalışmalarında patens eğesinin periapikal doku iyileşmesi üzerinde olumsuz etkisinin olduğu da rapor edilmiştir.(Mohammadi et al., 2017) Bu nedenle periapikal iyileşmeye katkı konusu tartışmalı kalmakta ve ileri çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

### **3.5. Endodontik Tedavi Başarısı Üzerine Etkileri**

Apikal patensinin endodontik tedavi başarısını artırabileceği çeşitli araştırmacılarca öne sürülmüştür.(Berutti & Castellucci, 2005; Mohammadi et al., 2017) Ng ve arkadaşları (2011), patensin endodontik tedavi için anlamlı bir prognostik faktör olabileceğini belirtmiştir.(Ng, Mann, & Gulabivala, 2011) Kuzhanchinathan ve arkadaşları (2024) tarafından yürütülen sistematik derlemede, apikal patensin sürdürülmesinin uzun dönem takiplerde iyileşme sonucunu yaklaşık iki katına çıkardığı ve primer ile sekonder cerrahi olmayan endodontik tedavinin sonuçlarını iyileştirme olasılığının yüksek olduğu bildirilmiştir.(Kuzhanchinathan et al., 2024) Söz konusu derlemede Ng ve arkadaşları (2011) çalışmasının apikal patensin

periapikal iyileşmeyi ve diş sağkalımını anlamlı düzeyde etkilediğini gösterdiği, Serefoglu ve arkadaşları (2021) çalışmasında ise patens sağlanmadığında başarının anlamlı biçimde düştüğü vurgulanmıştır(Kuzhanchinathan et al., 2024) Buna karşılık Allen (2012) ve Arslan ve arkadaşları (2019) çalışmalarında apikal patensin tedavi sonucunu etkilemediği bildirilmiş, bu durumun daha kısa takip süresi ve küçük örneklem büyüklüğüyle ilişkili olabileceği belirtilmiştir.

#### **4. APİKAL PATENSİNİN OLASI DEZAVANTAJLARI**

Apikal patensin endodontide kullanımı, debris ekstrüzyonu ve periapikal dokulara verilebilecek zarar gibi olası olumsuz etkileri nedeniyle tartışmalıdır.(Kuzhanchinathan et al., 2024) Cailleteau ve Mullaney (1997), eğerlerin kök apeksinin ötesine tekrarlayan biçimde geçirilmesinin periapikal alanda inflamasyona ve postoperatif ağrıya yol açabileceğini bildirmiştir. Bu bölümde apikal patensin başlıca olası dezavantajları ele alınmaktadır.

##### **4.1. Apikal Debris Ekstrüzyonu**

Kök kanal enstrümantasyonu sırasında dokuların apikal foramen yoluyla dışarı taşması, postoperatif ağrı ve periapikal doku inflamasyonundan sorumlu olduğu için istenmeyen bir durumdur.(Mohammadi et al., 2017) Tüm enstrümantasyon teknikleri debris ekstrüzyonuna neden olmakta ve ekstrüze olan debris miktarı ile apikal foramenin çapı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır.(T. Lambrianidis, Tosounidou, & Tzoanopoulou, 2001; Myers & Montgomery, 1991) Camoes ve arkadaşları (2009), sodyum hipoklorit ekstrüzyonunun patens egesi kullanılmadığında yüzde 47, 10 numara K-egesi patens olarak kullanıldığında yüzde 77 ve 15 numara K-egesi kullanıldığında yüzde 100 düzeyinde gerçekleştiğini

göstermiştir.(Camoses, Salles, Fernando, Freitas, & Gomes, 2009) Tinaz ve arkadaşları (2005), apikal patens uygulandığında manuel preparasyon tekniğiyle daha fazla debris ekstrüze olduğunu bildirmiştir. (Tinaz, Alacam, Uzun, Maden, & Kayaoglu, 2005) Deonizio ve arkadaşları (2013) ise ProTaper döner sistem kullanıldığında apikal patensin ekstrüze materyal miktarını etkilemediğini, ancak manuel tekniklerde bu etkinin görülebileceğini ortaya koymuştur.(Deonizio et al., 2013) Apikal debris ekstrüzyonu, kök kanal tedavisinde doğal olarak ortaya çıkan ve dikkatle yönetilmesi gereken bir durumdur.(Tanalp & Güngör, 2014)

#### **4.2. İrrigasyon Solüsyonlarının Apeks Dışına Taşması**

Apikal patensin sürdürülmesinin bir diğer olası dezavantajı, irrigasyon solüsyonlarının apikal foramen yoluyla periapikal dokulara taşmasıdır. Camoses ve arkadaşları (2009), patensi uygulanan eğenin çapı arttıkça apeks dışına taşan sodyum hipoklorit miktarının da arttığını göstermiştir.(Camoses et al., 2009) Kanalların küçük apikal boyutlarda hazırlanması durumunda irrigasyon solüsyonları apikal bölgede ve hatta periapikal lezyonlarda saptanabilmekte, kullanılan preparasyon teknikleri büyük miktarda solüsyon ve debrisin apikal foramen yoluyla itilmesine yol açabilmektedir. (Mohammadi et al., 2017; Salzgeber & Brilliant, 1977) Sodyum hipokloritin periapikal dokulara taşması, dokularda kimyasal irritasyon ve inflamasyona neden olabileceğinden klinik açıdan dikkatle değerlendirilmesi gereken bir risk oluşturmaktadır.

#### **4.3. Postoperatif Ağrı ve İnflamasyon**

Patens eğeleri periapikal doku irritasyonuna yol açarak postoperatif ağrıya neden olabilmektedir.(Mohammadi et al., 2017) Apikal patensi sonrası ortaya çıkan ağrı, patens eğesinin periodontal dokuyu mekanik olarak uyarması ve debris ile mikroorganizmaların periapikal dokuya itilmesi sonucunda

gelişen periodontal doku inflamasyonuna bağlanabilmektedir.(T. Lambrianidis et al., 2001; Tinaz et al., 2005; Xiçian et al., 2024) Kök kanal tedavisi sonrası ağrı, bakteriyel invazyon veya mekanik ve kimyasal faktörlerden kaynaklanabilmektedir. (Bassam, El-Ahmar, Salloum, & Ayoub, 2021) Arias ve arkadaşları (2009), apikal patensli ve patens uygulanmamış dişlerde postoperatif ağrıyı değerlendirmiş ve apikal patens sürdürüldüğünde nekrotik dişlerde anlamlı düzeyde daha az ağrı gözlemlenmiştir.(Arias, Azabal, Hidalgo, & de la Macorra, 2009) Torabinejad ve arkadaşları (1988) ise apikal patens kavramının çalışma boyunun korunması gibi mekanik hedefleri karşılayabileceğini, ancak kanalın apikal bölümünün tam debridmanı gibi biyolojik hedeflere her zaman ulaşamayabileceğini belirtmiştir.(Torabinejad et al., 1988)

#### **4.4. Apikal Transportasyon Riski**

Apikal patensin sürdürülmesi sırasında oluşabilecek apikal transportasyon çeşitli araştırmacılarca incelenmiştir. Goldberg ve Massone (2002), 10 ila 25 numara K-eğeleriyle oluşan apikal transportu ex vivo olarak değerlendirmiş ve bu transportasyonun örneklerin yüzde 60 ında görüldüğünü, 10 numara K-eğesi kullanımından sonra dahi transportasyonun ortaya çıkabileceğini bildirmiştir.(Goldberg & Massone, 2002) Gutierrez ve arkadaşları (1999), 15 numara K-eğesinin ana apikal foramenden geçirilmesinin ardından apekte sement tabakasının kırılabilceğini göstermiştir.(Gutierrez, Brizuela, & Villota, 1999) Buna karşılık Sanchez ve arkadaşları (2010), 10 numara reamer veya 8 numara K-Flexo eğesi kullanıldığında transportasyon görülmediğini bulmuş, Tsesis ve arkadaşları (2008) de bu bulguyu doğrulamıştır.(Sanchez et al., 2010; Tsesis, Amdor, Tamse, & Kfir, 2008) Bu nedenle patens için olabildiğince küçük çaplı eğelerin seçilmesi apikal transportasyon riskini azaltmaktadır.

#### **4.5. Periapikal Dokularda Mekanik Travma**

Eğelerin kök apeksinin ötesine tekrarlayan biçimde geçirilmesi, periapikal dokularda mekanik irritasyona ve inflamasyona yol açabilmektedir.(Cailleteau & Mullaney, 1997) Seltzer ve arkadaşları (1968), kök kanal enstrümantasyonuna bağlı periapikal doku reaksiyonlarını incelemiş ve enstrümantasyonun periapikal dokularda inflamatuvar yanıtlara neden olabildiğini ortaya koymuştur.(Seltzer, Soltanoff, Sinai, Goldenberg, & Bender, 2004) Brady ve arkadaşları (1985), apikal foramene yerleştirilen dentin tıkacının periapikal dokuları iyileştirmediğini ve periapikal enfeksiyona yol açtığını bildirmiştir.(Brady, Himel, & Weir, 1985) Holland ve arkadaşları (2005), köpek dişleri üzerindeki çalışmada patens eğesinin periapikal doku iyileşmesi üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu göstermiştir.(Holland et al., 2005) Bu bulgular, patens uygulamasının kontrolsüz biçimde yapılması durumunda periapikal dokularda mekanik travma oluşturabileceğine işaret etmektedir.

#### **4.6. Aşırı Enstrümantasyon ve Çalışma Boyunun Değişmesi**

Apikal patens için kullanılan eğe, çalışma boyundan yaklaşık bir milimetre daha uzunda ayarlandığından, tekniğin kontrolsüz uygulanması aşırı enstrümantasyon riskini beraberinde getirmektedir. (Mohammadi et al., 2017) Özellikle retreatment işlemleri sırasında apikal foramenin temizlenmesi gerekli olmakla birlikte, bu süreçteki aşırı enstrümantasyon debris ve dolgu materyallerinin periapikal bölgeye itilmesine ya da kanalın apikal üçlüsünde transportasyona yol açabilmektedir.(Mohammadi et al., 2017) Eğenin apeksin ötesine tekrarlayan geçişleri ve aşırı enstrümantasyon, apikal konstriksiyonun bozulmasına ve çalışma boyunun değişmesine neden olabilmektedir.(Goldberg & Massone, 2002; Tinaz et al.,

2005) Bu nedenle apikal patensin küçük çaplı eğelerle ve dikkatli bir teknikle uygulanması önerilmektedir.

## **5. APİKAL PATENSİNİN POSTOPERATİF AĞRI İLE İLİŞKİSİ**

Apikal patensin postoperatif ağrı üzerindeki etkisi endodontide uzun süredir tartışılan bir konudur. Prospektif çalışmalar, hastaların yaklaşık yüzde 20 sinin kök kanal tedavisinden sonraki bir hafta içinde ağrı yaşadığını ve bu durumun yaşam kalitesini etkilediğini göstermiştir.(Xi qian et al., 2024) 2018 yılında yayımlanan iki sistematik derleme ve meta-analizde, apikal patensin ne postoperatif ağrı düzeyini ne de oral analjezik kullanım oranını artırdığı bildirilmiştir.(Abdulrab et al., 2018; Yaylali, Kurnaz, & Tunca, 2018) Xi qian ve arkadaşları (2024) tarafından on iki randomize kontrollü çalışmayı kapsayan güncel meta-analizde, birinci gün (ortalama fark -1,69) ve ikinci gün (ortalama fark -0,85) ağrı skorlarının apikal patens grubunda patens uygulanmayan gruba göre anlamlı düzeyde daha düşük olduğu saptanmıştır.(Xi qian et al., 2024) Aynı çalışmada 24 saat sonrasında ağrı görülme olasılığının apikal patens grubunda anlamlı biçimde daha düşük olduğu, gerekli analjezik dozu sayısı bakımından ise iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir.(Xi qian et al., 2024) Arias ve arkadaşları (2009) de apikal patens sürdürülen nekrotik dişlerde anlamlı düzeyde daha az postoperatif ağrı gözlemlemiştir.(Arias et al., 2009) Sonuç olarak güncel kanıtlar, apikal patensin postoperatif ağrıyı artırmadığını, aksine ağrı düzeyini ve görülme sıklığını azaltabileceğini düşündürmektedir.(Xi qian et al., 2024)

## **6. APİKAL PATENSİNİN ENDODONTİK TEDAVİ SONUÇLARINA ETKİSİ**

Apikal patensin endodontik tedavi sonuçları üzerindeki etkisi, son yıllarda yapılan sistematik derlemelerle değerlendirilmiştir. Kuzhanchinathan ve arkadaşları (2024), 2011 ile 2021 yılları arasında yayımlanan beş klinik çalışmayı kapsayan sistematik derlemelerinde apikal patensin sürdürülmesinin endodontik tedavi sonucunu iyileştirme olasılığının yüksek olduğunu bildirmiştir.(Kuzhanchinathan et al., 2024) Ng ve arkadaşları (2011) çalışmasının her iki bölümü, apikal patensin periapikal sağlığı ve diş sağkalımını anlamlı düzeyde etkilediğini göstermiştir.(Ng et al., 2011) Serefoglu ve arkadaşları (2021), apikal patens sağlanmadığında başarımın anlamlı biçimde düştüğünü ortaya koymuştur.(Serefoglu, Miçooğulları Kurt, Kandemir Demirci, Kaval, & Çalışkan, 2021) Buna karşılık Allen (2012) ve Arslan vd. (2019) çalışmalarında apikal patensin tedavi sonucunu etkilemediği belirlenmiş, bu durumun diş tipi, kök kanallarının karmaşıklığı, küçük örneklem büyüklüğü ve kısa takip süresi gibi etkenlerle ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir.(Kuzhanchinathan et al., 2024) Periapikal lezyonlu ve endodontik tedavi uygulanan dişlerin yaklaşık yüzde 90 ı bir yıllık takipte iyileşme belirtileri göstermekte, tam iyileşme ise dört yıla kadar uzayabilmektedir.(Friedman & Mor, 2004; Orstavik, 1996) Uzun dönem takiplerde apikal patensin iyileşme sonucunu yaklaşık iki katına çıkardığı bildirilmiştir.(Kuzhanchinathan et al., 2024)

## **7. GÜNCEL KLİNİK YAKLAŞIMLAR VE LİTERATÜRDEKİ TARTIŞMALAR**

Apikal patens, sağladığı mekanik avantajlar ile olası biyolojik riskleri arasındaki denge nedeniyle endodontide tartışmalı bir konu olmayı sürdürmektedir.(Mohammadi et al.,

2017) Bir yandan çalışma boyunun korunması, debris birikiminin azaltılması ve irrigasyon etkinliğinin artırılması gibi mekanik yararlar öne çıkarılmakta, diğer yandan debris ekstrüzyonu, apikal transportasyon ve postoperatif ağrı gibi olası olumsuz etkiler tartışılmaktadır.(Souza, 2006; Torabinejad et al., 1988) 2018 yılındaki iki sistematik derleme apikal patensin postoperatif ağrıyı artırmadığını bildirirken(Abdulrab et al., 2018; Yaylali et al., 2018) Xiqian ve arkadaşları (2024) güncel meta-analizlerinde apikal patensin ağrıyı azaltabileceğini ortaya koymuştur.(Xiqian et al., 2024) Benzer biçimde Kuzhanchinathan ve arkadaşlarının (2024), apikal patensin tedavi sonucunu iyileştirdiğine ilişkin kanıtlar sunmuştur.(Kuzhanchinathan et al., 2024) Bununla birlikte mevcut kanıtların büyük bölümü düşük ya da orta kalitede olduğundan, bu bulguların doğrulanması için yüksek kaliteli randomize kontrollü çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.(Kuzhanchinathan et al., 2024; Xiqian et al., 2024) Güncel klinik yaklaşımlarda patens için olabildiğince küçük çaplı eğelerin (10 numara veya daha küçük) tercih edilmesi, transportasyon ve ekstrüzyon riskinin azaltılması açısından önerilmektedir.(Goldberg & Massone, 2002; Sanchez et al., 2010)

## **8. SONUÇ**

Apikal patens, kök kanalının apikal bölümünü debristen arındırarak çalışma boyunun korunmasına, apikal tıkanıklığın önlenmesine, debris birikiminin azaltılmasına ve irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye penetrasyonunun artırılmasına katkı sağlayan bir tekniktir.(Kuzhanchinathan et al., 2024; Souza, 2006; Vera et al., 2012) Güncel kanıtlar, apikal patensin postoperatif ağrıyı artırmadığını, aksine ağrı düzeyini ve sıklığını azaltabileceğini ve endodontik tedavi sonucunu iyileştirme olasılığının yüksek olduğunu

düşündürmektedir.(Kuzhanchinathan et al., 2024; Xiqian et al., 2024) Bununla birlikte debris ekstrüzyonu, irrigan taşması, apikal transportasyon ve periapikal dokularda mekanik travma gibi olası dezavantajlar göz önünde bulundurulmalı, bu riskler küçük çaplı eğelerin kullanımı ve dikkatli bir teknikle en aza indirilmelidir.(Goldberg & Massone, 2002; Mohammadi et al., 2017; Tinaz et al., 2005) Mevcut kanıtların kalite düzeyi dikkate alındığında, apikal patensin klinik etkilerinin kesin biçimde ortaya konabilmesi için daha fazla yüksek kaliteli ve uzun dönem randomize kontrollü çalışmaya gereksinim bulunmaktadır.

## **REFERANSLAR**

- Abdulrab, S., Rodrigues, J. C., Al-Maweri, S. A., Halboub, E., Alqutaibi, A. Y., & Alhadainy, H. (2018). Effect of Apical Patency on Postoperative Pain: A Meta-analysis. *J Endod*, *44*(10), 1467-1473. doi:10.1016/j.joen.2018.07.011
- Arias, A., Azabal, M., Hidalgo, J. J., & de la Macorra, J. C. (2009). Relationship between postendodontic pain, tooth diagnostic factors, and apical patency. *J Endod*, *35*(2), 189-192. doi:10.1016/j.joen.2008.11.014
- Bassam, S., El-Ahmar, R., Salloum, S., & Ayoub, S. (2021). Endodontic postoperative flare-up: An update. *Saudi Dent J*, *33*(7), 386-394. doi:10.1016/j.sdentj.2021.05.005
- Berutti, E., & Castellucci, A. (2005). Cleaning and shaping the root canal system. *Endodontics*, *2*, 429-457.
- Brady, J. E., Himel, V. T., & Weir, J. C. (1985). Periapical response to an apical plug of dentin filings intentionally placed after root canal overinstrumentation. *J Endod*, *11*(8), 323-329. doi:10.1016/s0099-2399(85)80038-8
- Buchanan, L. S. (1987). Working length and apical patency: the control factors. *Endod Rep*, 16-20.
- Buchanan, L. S. (1989). Management of the curved root canal. *J Calif Dent Assoc*, *17*(4), 18-25, 27.
- Buchanan, L. S. (1994). Cleaning and shaping the root canal system: negotiating canals to the termini. *Dent Today*, *13*(4), 76, 78-81.
- Cailleateau, J. G., & Mullaney, T. P. (1997). Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *J Endod*, *23*(6), 394-396.

- Camoes, I. C., Salles, M. R., Fernando, M. V., Freitas, L. F., & Gomes, C. C. (2009). Relationship between the size of patency file and apical extrusion of sodium hypochlorite. *Indian J Dent Res*, 20(4), 426-430. doi:10.4103/0970-9290.59443
- Deonizio, M. D., Sydney, G. B., Batista, A., Pontarolo, R., Guimarães, P. R., & Gavini, G. (2013). Influence of apical patency and cleaning of the apical foramen on periapical extrusion in retreatment. *Braz Dent J*, 24(5), 482-486. doi:10.1590/0103-6440201302016
- Endodontists, A. A. o. (2003). *Glossary of endodontic terms*: American Association of Endodontists.
- Friedman, S., & Mor, C. (2004). The success of endodontic therapy--healing and functionality. *J Calif Dent Assoc*, 32(6), 493-503.
- Goldberg, F., & Massone, E. J. (2002). Patency file and apical transportation: an in vitro study. *J Endod*, 28(7), 510-511. doi:10.1097/00004770-200207000-00005
- Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 35(6), 791-804. doi:10.1016/j.joen.2009.03.010
- Gutierrez, J., Brizuela, C., & Villota, E. (1999). Human teeth with periapical pathosis after overinstrumentation and overfilling of the root canals: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, 32(1), 40-48.
- Holland, R., Sant'Anna Júnior, A., Souza, V., Dezan Junior, E., Otoboni Filho, J. A., Bernabé, P. F., . . . Murata, S. S. (2005). Influence of apical patency and filling material on healing process of dogs' teeth with vital pulp after root

canal therapy. *Braz Dent J*, 16(1), 9-16.  
doi:10.1590/s0103-64402005000100002

Kuzhanchinathan, M., Dhakshinamurthi, B., Rajendran, M. R., & Kalaiselvam, R. (2024). Influence of apical patency in endodontic treatment outcome - A systematic review of clinical studies. *J Conserv Dent Endod*, 27(11), 1091-1097. doi:10.4103/jcde.jcde\_584\_24

Lambrianidis, T. (2006). Ledging and blockage of root canals during canal preparation: causes, recognition, prevention, management, and outcomes. *Endodontic Topics*, 15(1), 56-74.

Lambrianidis, T., Tosounidou, E., & Tzoanopoulou, M. (2001). The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. *J Endod*, 27(11), 696-698. doi:10.1097/00004770-200111000-00011

Machado, R., Ferrari, C. H., Back, E., Comparin, D., Tomazinho, L. F., & Vansan, L. P. (2016). The Impact of Apical Patency in the Success of Endodontic Treatment of Necrotic Teeth with Apical Periodontitis: A Brief Review. *Iran Endod J*, 11(1), 63-66. doi:10.7508/iej.2016.01.012

Mohammadi, Z., Jafarzadeh, H., Shalavi, S., & Kinoshita, J. I. (2017). Establishing Apical Patency: To be or not to be? *J Contemp Dent Pract*, 18(4), 326-329. doi:10.5005/jp-journals-10024-2040

Myers, G. L., & Montgomery, S. (1991). A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *J Endod*, 17(6), 275-279. doi:10.1016/s0099-2399(06)81866-2

Nekoofar, M. H., Ghandi, M. M., Hayes, S. J., & Dummer, P. M. (2006). The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int*

*Endod J*, 39(8), 595-609. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01131.x

Ng, Y. L., Mann, V., & Gulabivala, K. (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J*, 44(7), 583-609. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01872.x

Orstavik, D. (1996). Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *Int Endod J*, 29(3), 150-155. doi:10.1111/j.1365-2591.1996.tb01361.x

Salzgeber, R. M., & Brilliant, J. D. (1977). An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod*, 3(10), 394-398. doi:10.1016/s0099-2399(77)80172-6

Sanchez, J. A., Duran-Sindreu, F., Matos, M. A., Carabaño, T. G., Bellido, M. M., Castro, S. M., & Cayón, M. R. (2010). Apical transportation created using three different patency instruments. *Int Endod J*, 43(7), 560-564. doi:10.1111/j.1365-2591.2010.01710.x

Seltzer, S., Soltanoff, W., Sinai, I., Goldenberg, A., & Bender, I. B. (2004). Biologic aspects of endodontics part III. periapical tissue reactions to root canal instrumentation. 1968. *J Endod*, 30(7), 491-499; discussion 489-490. doi:10.1097/00004770-200407000-00008

Serefoglu, B., Miçooğulları Kurt, S., Kandemir Demirci, G., Kaval, M. E., & Çalışkan, M. K. (2021). A prospective cohort study evaluating the outcome of root canal retreatment in symptomatic mandibular first molars with periapical lesions. *Int Endod J*, 54(12), 2173-2183. doi:10.1111/iej.13631

- Siqueira Jr, J. F. (2005). Reaction of periradicular tissues to root canal treatment: benefits and drawbacks. *Endodontic Topics*, 10(1), 123-147.
- Souza, R. A. (2006). The importance of apical patency and cleaning of the apical foramen on root canal preparation. *Braz Dent J*, 17(1), 6-9. doi:10.1590/s0103-64402006000100002
- Tanalp, J., & Güngör, T. (2014). Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J*, 47(3), 211-221.
- Tay, F. R., Gu, L. S., Schoeffel, G. J., Wimmer, C., Susin, L., Zhang, K., . . . Pashley, D. H. (2010). Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod*, 36(4), 745-750. doi:10.1016/j.joen.2009.11.022
- Tinaz, A. C., Alacam, T., Uzun, O., Maden, M., & Kayaoglu, G. (2005). The effect of disruption of apical constriction on periapical extrusion. *J Endod*, 31(7), 533-535.
- Torabinejad, M., Kettering, J. D., McGraw, J. C., Cummings, R. R., Dwyer, T. G., & Tobias, T. S. (1988). Factors associated with endodontic interappointment emergencies of teeth with necrotic pulps. *J Endod*, 14(5), 261-266.
- Tsesis, I., Amdor, B., Tamse, A., & Kfir, A. (2008). The effect of maintaining apical patency on canal transportation. *Int Endod J*, 41(5), 431-435. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01387.x
- Tsurumachi, T., & Saito, T. (1995). Treatment of large periapical lesions by inserting a drainage tube into the root canal. *Endod Dent Traumatol*, 11(1), 41-46. doi:10.1111/j.1600-9657.1995.tb00678.x

- Vera, J., Arias, A., & Romero, M. (2011). Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical third of root canals when using passive ultrasonic irrigation: an in vivo study. *J Endod*, 37(9), 1276-1278. doi:10.1016/j.joen.2011.05.042
- Vera, J., Arias, A., & Romero, M. (2012). Dynamic movement of intracanal gas bubbles during cleaning and shaping procedures: the effect of maintaining apical patency on their presence in the middle and cervical thirds of human root canals-an in vivo study. *J Endod*, 38(2), 200-203. doi:10.1016/j.joen.2011.10.026
- Xiqian, L., Ying, Z., & Mian, M. (2024). The effect of apical patency on postoperative pain following endodontic therapy: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Oral Sci*, 132(3), e12986. doi:10.1111/eos.12986
- Yaylali, I. E., Kurnaz, S., & Tunca, Y. M. (2018). Maintaining Apical Patency Does Not Increase Postoperative Pain in Molars with Necrotic Pulp and Apical Periodontitis: A Randomized Controlled Trial. *J Endod*, 44(3), 335-340. doi:10.1016/j.joen.2017.11.013

ENDODONTİ ALANINDA  
AKADEMİK TARTIŞMALAR

**yaz**  
yayınlari

YAZ Yayınları  
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3  
İscehisar / AFYONKARAHİSAR  
Tel : (0 531) 880 92 99  
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com