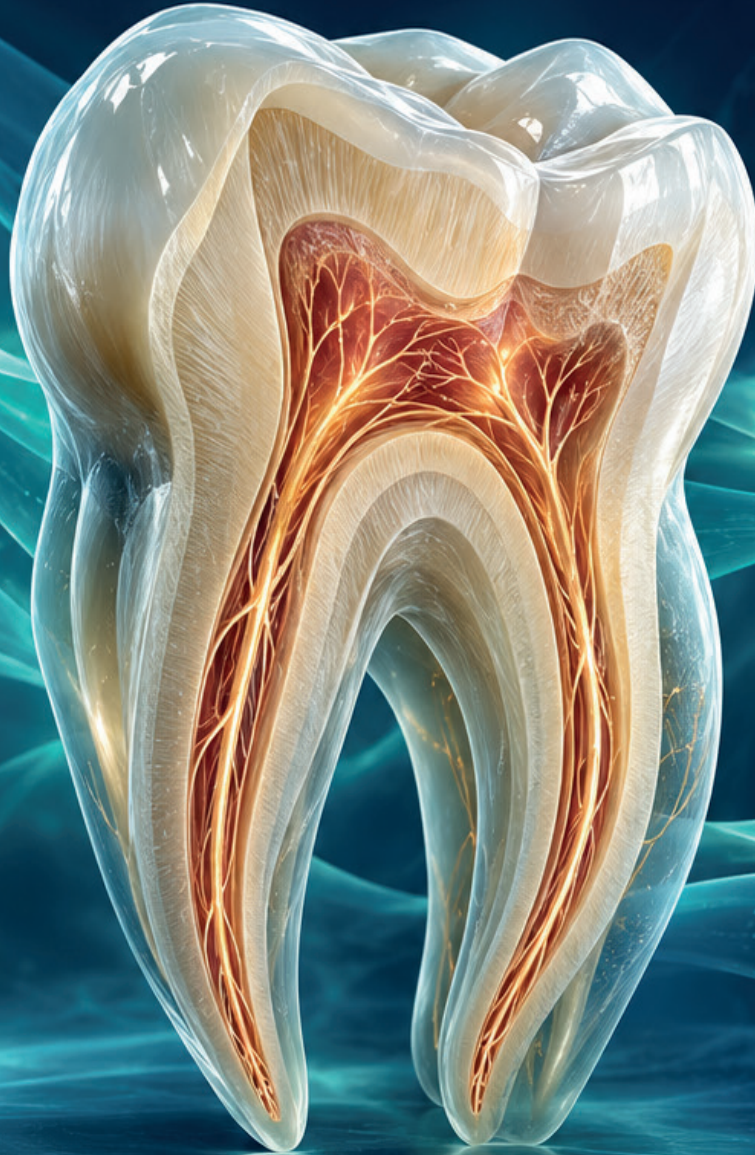


ENDODONTİ

ALANINDA ARAŞTIRMALAR
VE DEĞERLENDİRMELER

— EKİM 2026 —



EDİTÖR

Prof. Dr. Sadullah KAYA

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Yaşar Hız
Yayına Hazırlayan / Gece Kitaplığı

Birinci Basım / Ekim 2026 - Ankara
ISBN / 978-625-321-297-1

© copyright

Bu kitabın tüm yayın hakları Gece Kitaplığı'na aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Gece Kitaplığı

Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak
Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA
0312 384 80 40
www.gecekitapligi.com / gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt

Bizim Büro
Sertifika No: 42488

ENDODONTİ
ALANINDA ARAŞTIRMALAR VE
DEĞERLENDİRMELER

EKİM 2026

EDİTÖR

Prof. Dr. Sadullah KAYA

gece
kitaplığı

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

ENDODONTİK TEDAVİ SIRASINDA LOKAL ANESTEZİ BAŞARISIZLIKLARI VE YÖNETİMİ	
<i>Ekin Deniz ÇATMABACAK</i>	7

BÖLÜM 2

ENDODONTİDE BİYOSERAMİK MATERYALLER: TEMEL ÖZELLİKLERİ VE KLİNİK KULLANIM ALANLARI	
<i>Merve DEFİŞET</i>	18

BÖLÜM 3

KÖK KANAL İRRİGASYONUNDA NANOPARTİKÜLLER: ANTİBİYOFİLM POTANSİYELİ, GÜVENLİK VE KLİNİK SINIRLAR	
<i>Ekin Deniz ÇATMABACAK</i>	33

BÖLÜM 4

ENDODONTİK TEDAVİ GÖRMÜŞ DİŞLERDE RESTORASYON YÖNTEMLERİ	
<i>Arda Kıvanç ÖZKÖK , Neslihan Büşra KESKİN</i>	44

BÖLÜM 5

REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİDE KULLANILAN GELENEKSEL VE GÜNCEL İRRİGASYON SOLÜSYONLARI	
<i>Elif Işın Su PERK , Selen İNCE YUSUFOĞLU</i>	64

BÖLÜM 6

RECİPROC R25 EĞESİNİN FARKLI RESİPROKAL AÇILARLA KULLANIMININ APİKALDEN TAŞAN DEBRİS MİKTARINA ETKİSİ	
<i>Nezif ÇELİK, Sadullah KAYA</i>	85

BÖLÜM 7

ENDODONTİK PERİODONTAL LEZYONLARDA GÜNCEL SINIFLAMA, TANI VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI	
<i>Yasemin ÖZDOĞAN ESER</i>	96

BÖLÜM 1

ENDODONTİK TEDAVİ SIRASINDA LOKAL ANESTEZİ BAŞARISIZLIKLARI VE YÖNETİMİ

Ekin Deniz ÇATMABACAK¹

¹ Arş. Gör., Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4471-5760>. E-posta: edenizcatmabacak@trakya.edu.tr

GİRİŞ

Endodontik tedavide ağrısız çalışma, yalnız hasta konforu için değil; doğru tanı, kontrollü giriş, güvenli izolasyon ve işlem kalitesi için de gereklidir. Semptomatik irreversible pulpitisli mandibular posterior dişlerde standart inferior alveolar sinir bloğunun başarısızlığı sık görülen klinik sorunlardan biridir. Bu başarısızlık, yalnız enjeksiyon tekniğiyle açıklanamaz; inflamasyon, anatomik varyasyon, yardımcı innervasyon ve ağrı modülasyonu birlikte rol oynar (Li ve ark., 2026).

Bu bölüm, lokal anestezi başarısızlığını tek bir ajan seçimine indirgmeden ele alır. Amaç, başarısızlığın olası nedenlerini tanımak, primer bloktan sonra uygulanacak destek basamaklarını düzenlemek ve farmakolojik desteklerin kanıt düzeyini doğru yorumlamaktır.

1. BAŞARISIZLIK NEDENLERİ

Pulpal inflamasyonla ilişkili asidoz, nosiseptör duyarlılığı ve sodyum kanal ekspresyonundaki değişiklikler lokal anesteziklerin klinik etkinliğini azaltabilir. Bunun yanında mandibular foramenin anatomik varyasyonu, lingual veya mylohyoid sinir katkısı, aksesuar innervasyon ve enjeksiyonun hedefe yeterince yaklaşmaması blok başarısını etkiler.

Dudakta uyuşma oluşması pulpal anestezinin yeterli olduğu anlamına gelmez. Bu ayrım klinik olarak önemlidir: yumuşak doku uyuşmasına rağmen giriş sırasında ağrı bildirimi, pulpal anestezinin yetersizliğini gösterir ve ek enjeksiyon için erken karar verilmesini gerektirir. Başarı tanımı, sadece enjeksiyon sonrası beklemek değil, işlem boyunca hastanın ağrısız kalmasıdır.

2. BAŞLANGIÇ PROTOKOLÜ VE İLAÇ SEÇİMİ

Standart inferior alveolar blok, mandibular posterior dişlerde başlangıç seçeneği olmaya devam eder. Ancak semptomatik irreversible pulpitis varlığında tek başına her zaman yeterli değildir. 2026 meta-analizi, modifiye protokollerin standart %2 lidokain-epinefrin bloğuna kıyasla daha yüksek anestezi başarısı sağladığını; %4 artikainin çalışmalarda güçlü bir seçenek olduğunu bildirmiştir (Li ve ark., 2026).

Artikainin bukkal infiltrasyon yoluyla kullanımı özellikle tartışılmıştır. Mandibular birinci molarlarda %4 artikain bukkal infiltrasyonunun, %2 lidokain inferior alveolar bloğa göre başarı bakımından anlamlı farklılık göstermediğine ilişkin orta kesinlikte kanıt vardır. Bu bulgu, infiltrasyonu seçilmiş olgularda uygulanabilir bir alternatif veya destek yöntemi yapar;

ancak her hastada blokun yerini otomatik olarak alacağı anlamına gelmez (Saatchi ve ark., 2025).

Ajan seçimi yapılırken hastanın tıbbi durumu, vazokonstriktör kullanımına ilişkin riskler, toplam doz ve planlanan ek enjeksiyonlar birlikte değerlendirilmelidir. İlaç seçimi, doğru teknik ve yeterli bekleme süresi olmadan tek başına çözüm oluşturmaz.

3. BASAMAKLI EK ANESTEZİ YAKLAşIMI

Primer blok sonrası giriş sırasında ağrı devam ederse, önce ağrının kaynağı doğrulanmalıdır. Yetersiz izolasyon, periodontal ağrı, yüksek oklüzal temas veya işlem kaygısı pulpal ağrı gibi algılanabilir. Pulpal ağrı doğrulandığında ek bukkal infiltrasyon, intraligamenter enjeksiyon, intraosseöz enjeksiyon veya intrapulpal enjeksiyon basamaklı biçimde uygulanabilir.

Ek bukkal infiltrasyon, özellikle artikainle uygulandığında pratik ve erişilebilir bir seçenektir. İntraligamenter enjeksiyon kısa süreli ancak belirgin destek sağlayabilir; sistematik derlemede post-IANB intraligamenter enjeksiyonun anestezi başarısını artırdığı bildirilmiştir. İntraosseöz enjeksiyon daha invaziv olmakla birlikte dirençli vakalarda hızlı ve etkili bir seçenektir; ancak ekipman ve hasta seçimi önem taşır.

İntrapulpal enjeksiyon, diğer yöntemlerle yeterli anestezi sağlanamadığında giriş yapıldıktan sonra kullanılabilecek son basamaklardan biridir. Etkinliği yalnız anestezi solüsyona değil, basınçla uygulamaya da bağlıdır. Bu nedenle hastaya kısa süreli rahatsızlık olasılığı açıklanmalı ve yöntem rutin ilk seçenek olarak kullanılmamalıdır.

4. PREMEDİKASYON VE ADJUVANLAR

Preoperatif analjezikler, inflamatuvar mediyatörleri azaltarak anestezi başarısını iyileştirebilir. NSAİİ temelli premedikasyon için kanıt vardır; ancak ilaç seçimi gastrointestinal, renal, kardiyovasküler riskler ve eşzamanlı ilaç kullanımıyla uyumlu olmalıdır. Analjezik verilmesi, lokal anestezi tekniğinin yerine geçmez; farmakolojik ve mekanik stratejilerin tamamlayıcısıdır.

Sistemik kortikosteroidlerin preemtif kullanımının irreversible pulpitisli olgularda inferior alveolar blok başarısını artırabileceğine dair orta kesinlikte kanıt bildirilmiştir. Buna rağmen rutin uygulama kararı, hasta bazında kontrendikasyonlar ve fayda-zarar dengesi gözetilerek verilmelidir (Nagendrababu ve ark., 2024).

Magnezyum sülfat gibi adjuvanlar üzerine güncel çalışmalar ilgi çekicidir. Bir meta-analizde kısa dönem ağrı azalması ve anestezi başarısında artış bildirilmiştir; ancak çalışma heterojenliği ve protokol farklılıkları nedeniyle bu yaklaşımın standart klinik uygulama olarak sunulması için daha fazla araştırma gerekir (Alenezi ve ark., 2025).

5. KLİNİK KARAR ÇERÇEVESİ

Başarılı yönetim, aynı enjeksiyonu tekrarlamak yerine neden odaklı ve basamaklı karar vermeyi gerektirir. Tanı, anatomik bölge, önceki blok yanıtı, hastanın tıbbi durumu ve mevcut ekipman kararın parçasıdır. Tedavi sırasında hastanın ağrı bildirimini küçümsemek yerine, işlem durdurulmalı ve ek anestezi uygulanmalıdır.

Klinik kayıt, kullanılan ajanı, hacmi, enjeksiyon tekniğini, ek yöntemi ve tedavi sırasındaki ağrı yanıtını içermelidir. Bu kayıt hem sonraki seansların planlanmasına hem de hastaya özel anestezi stratejisinin geliştirilmesine katkı sağlar.

Klinik durum	Önerilen basamak	Kanıtın yorumu
Primer blok yetersiz	Ek bukkal infiltrasyon	Özellikle artikainle uygulanabilir
Süren pulpal ağrı	İntraligamenter enjeksiyon	Etkili kısa süreli destek
Dirençli olgu	İntraosseöz enjeksiyon	Ekipman ve hasta seçimi gerekir
Giriş sonrası ağrı	İntrapulpal enjeksiyon	Son basamak, basınç etkisi önemlidir

Tablo 1. Lokal anestezi başarısızlığında basamaklı klinik yaklaşım.

6. ANATOMİK BÖLGEYE GÖRE STRATEJİ

Mandibular molarlarda kortikal kemiğin kalınlığı ve inferior alveolar bloktaki değişkenlik nedeniyle anestezi başarısızlığı daha belirgin olabilir. Bu nedenle primer blok sonrası kontrollü bukkal infiltrasyon veya başka destek yöntemleri için eşik düşük tutulabilir. Her ek enjeksiyonda toplam doz ve yumuşak doku travması yeniden hesaplanmalıdır.

Maksiller dişlerde infiltrasyon çoğu olguda etkili olsa da yoğun inflamasyon, palatinal dokuların katkısı veya kaygı ağrı kontrolünü zorlaştırabilir. Palatinal enjeksiyon gerektiğinde uygulama hızı, topikal anestezi ve basınç kontrolü hasta deneyimini belirgin biçimde etkiler.

Premolarlar için kanıt molarlara göre sınırlıdır. Güncel bir sistematik derleme mandibular premolarlarda mental-incisive blokun hızlı başlangıç ve düşük enjeksiyon ağrısı bakımından umut verdiğini, ancak kesin üstünlük için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu bildirmiştir (Alsharif ve Alqadi, 2026).

7. AĞRI, KAYGI VE İLETİŞİM

Anestezi başarısızlığı biyolojik olduğu kadar davranışsal bir deneyimdir. Önceki ağrılı tedavi deneyimi ve kontrol kaybı hissi ağrı bildirimini artırabilir. Bu durum ağrının gerçek olmadığı anlamına gelmez; klinisyenin nosiseptif ve duygusal bileşenleri birlikte ele alması gerekir.

İşlem öncesinde hastanın ağrı bildirmek için işaret belirlemesi ve ağrı olursa işlemin durdurulacağını açıklanması iş birliğini güçlendirir. Hastadan ağrıyı tolere etmesini istemek yerine, önceden planlanan ek anestezi basamağı uygulanmalıdır.

Dirençli olgularda tedaviyi iki seansa bölmek de uygun bir karardır. Amaç aynı randevuda bütün işlemi bitirmek değil, güvenli ve ağrısız tedavi sağlamaktır. Bu yaklaşım yüksek kaygı, zor erişim veya tıbbi risk varlığında özellikle değerlidir.

8. GÜVENLİK VE KOMPLİKASYONLAR

Ek enjeksiyonlar yarar sağlasa da hematoma, trismus, geçici yumuşak doku travması ve vazokonstriktöre bağlı semptomlar gibi riskler taşır. Bu nedenle enjeksiyon sayısı arttıkça kayıt ve hastaya yönelik bilgilendirme önem kazanır. Teknik eğitim, anatomik bilgi ve aspirasyon güvenlik için temel öğelerdir.

Tıbbi öykü, maksimum doz hesabı ve eşzamanlı ilaçlar gözden geçirilmeden farmakolojik destek eklenmemelidir. NSAİİ, kortikosteroid veya diğer adjuvanlar için genel öneri yerine hasta özelinde kontrendikasyon değerlendirmesi yapılmalıdır.

Ağrı devam ettiği halde tedaviyi sürdürmek hasta güvenliğini zedeler ve kontrolsüz hareket riskini artırır. Güvenli karar, ek yöntem uygulamak, yeterli süre beklemek veya tedaviyi ertelemek olabilir.

9. KLİNİK KALİTE İYİLEŞTİRME

Klinikte anestezi başarısızlıklarının standart biçimde kaydedilmesi kaliteyi artırabilir. Diş tipi, tanı, primer teknik, ajan, ek enjeksiyon ve işlem sırasındaki ağrı puanı kaydedildiğinde tekrar eden sorunlar görünür hâle gelir. Bu veriler klinisyenin teknik eğitim gereksinimini de ortaya koyabilir.

Başarı yalnız yumuşak doku uyumuyla değil; pulpa odasına giriş, kanal orifislerinin bulunması ve tedavinin ağrısız biçimde tamamlanmasıyla değerlendirilmelidir. Standart başarı tanımı, uygulamalar arasında öğrenmeyi kolaylaştırır.

Güncel literatür anesteziyi kişiselleştirilmiş olgu yönetimi olarak ele almayı desteklemektedir. Bir hastada başarısız olan blok, başka bir hastada aynı sonucu vermek zorunda değildir; ancak riskleri bilmek daha planlı ve daha az travmatik destek yaklaşımı sağlar.

10. KLİNİK VE ARAŞTIRMA NOTLARI

Pulpal inflamasyon endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükünün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Anatomik varyasyon endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükünün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Primer blok tekniği endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükünün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Bekleme süresi endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükünün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Artikain infiltrasyonu endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemelidir; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükü izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Intraligamenter enjeksiyon endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemelidir; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükü izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Intraosseöz enjeksiyon endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemelidir; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükü izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Intrapulpal basınç endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemelidir; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükü izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Preoperatif analjezi endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemelidir; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükü izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Kortikosteroid kullanımı endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Hasta kaygısı endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Maksimum doz endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Aspirasyon endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Mandibular molar anatomisi endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görülmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Maksiller infiltrasyon endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak

görölmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Işlem süresi endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Ağrı kaydı endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Bilgilendirme endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Tedaviyi bölme kararı endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

Izlem endodontik anestezi başarısızlığının yönetiminde değerlendirilmesi gereken bağımsız bir bileşendir. Bu başlık yalnız teknik bir ayrıntı olarak görölmemeli; tanı, hasta güvenliği ve işlem sırasında bildirilen ağrı ile birlikte yorumlanmalıdır. Klinik yaklaşımda erken yeniden değerlendirme, uygun destek enjeksiyonunun seçimi ve toplam anestezi

yükün izlenmesi gereklidir. Standart bir kayıt sistemi, hangi stratejinin hangi hasta ve diş grubunda daha güvenli ve etkili olduğunu anlamaya yardımcı olur.

SONUÇ

Endodontide lokal anestezi başarısızlığı öngörülemez bir istisna değil, özellikle semptomatik irreversible pulpitisli mandibular dişlerde beklenen bir klinik olasılıktır. Başarı; doğru tanı, uygun primer teknik, erken ek anestezi kararı ve güvenli farmakolojik desteklerin birlikte kullanılmasıyla artar. Güncel kanıt, tek bir evrensel protokol yerine hasta ve diş bazında uyarlanmış basamaklı yaklaşımı desteklemektedir.

KAYNAKÇA

- Alenezi, A. T., Alenezi, A., Albadi, S., Bakheet, A. A., Alshammari, F., Alajmi, A. F., Alkandari, M., Almulla, A., Alqattan, Y., Altaweel, S., Alshammari, T. J., Alshatti, S., Almuthaybiri, A., & Alsenafi, D. (2025). Analgesic effectiveness of magnesium sulfate as an adjuvant to local anesthesia in symptomatic irreversible pulpitis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cureus*, 17, e94190. <https://doi.org/10.7759/cureus.94190>
- Alsharif, M. B., & Alqadi, N. (2026). Comparison of the anesthetic efficacy of mental/incisive nerve block and inferior alveolar nerve block in mandibular premolars with symptomatic irreversible pulpitis: A systematic review. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 29, 729-740. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_760_25
- Li, X., Chen, X., Wang, Q., Gui, Y., Huang, F., Zhong, D., Xiong, L., Xiao, M., Luo, Z., Gu, J., Xu, X., & Xie, J. (2026). Evaluation of the effectiveness of local anesthesia approaches for symptomatic irreversible pulpitis: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Dental Medicine*, 6, 1679706. <https://doi.org/10.3389/fdmed.2025.1679706>
- Nagendrababu, V., Ahmed, H. M. A., Pulikkotil, S. J., Veetil, S. K., Dharmarajan, L., & Setzer, F. C. (2019). Anesthetic efficacy of Gow-Gates, Vazirani-Akinosi, and mental incisive nerve blocks for treatment of symptomatic irreversible pulpitis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 45, 1465-1476. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.09.005>
- Nagendrababu, V., et al. (2024). Systemic corticosteroid uses in endodontics-Part 2: Enhancing the success of local anesthesia. *Journal of Endodontics*, 50, 667-676. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2024.03.002>
- Saatchi, M., Mohammadi, G., Iranmanesh, P., Khademi, A., Farhad, A., Aggarwal, V., & Kolahi, J. (2025). Articaine buccal infiltration for mandibular first molars with symptomatic irreversible pulpitis: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 29, 146. <https://doi.org/10.1007/s00784-025-06229-0>
- Srisurang, S., Naritmongkol, T., & Chompu-inwai, P. (2021). Anesthetic efficacy of primary and supplemental buccal/lingual infiltration in irreversible pulpitis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 47, 1234-1245.
- Sultan, A., Niazi, F., & Al-Haddad, A. (2022). Supplemental intraligamentary injection for irreversible pulpitis: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 55, 1105-1118.

BÖLÜM 2

ENDODONTİDE BİYOSERAMİK MATERYALLER: TEMEL ÖZELLİKLERİ VE KLİNİK KULLANIM ALANLARI

Merve DEFİŞET¹

¹ Uzm. Dt. Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Diyarbakır, Türkiye. ORCID: 0009-0003-6270-8979

1. Giriş

Biyoseramik materyaller, özellikle kalsiyum silikat esaslı simanlar ve kök kanal patları, hidrofilik yapıları, biyouyumlulukları, biyoaktiviteleri ve sızdırmazlık özellikleri nedeniyle endodontide önemli bir yer edinmiştir. Bu materyaller; vital pulpa tedavileri, perforasyon ve rezorpsiyonların onarımı, apikal bariyer oluşturulması, kök kanal obturasyonu ve endodontik cerrahi gibi çok sayıda klinik uygulamada kullanılabilir (Küçükkaya Eren, 2023). Bununla birlikte renk değişikliği, sertleşme süresi, çözünürlük, yeniden tedavi sırasında uzaklaştırılabilirlik ve maniplasyon özellikleri gibi faktörlerin klinik materyal seçiminde dikkate alınması gerekmektedir (Küçükkaya Eren, 2023). Güncel biyoseramik materyaller önemli biyolojik avantajlar sunmasına rağmen mevcut ürünlerin hiçbirinin ideal olmadığı; renk değişikliği, yavaş sertleşme, kullanım güçlüğü ve materyal uyumluluğu gibi bazı sınırlılıkların devam ettiği bildirilmektedir (Prasad Kumara et al., 2025).

Biyoseramik materyallerin olumlu biyolojik ve fiziksel özellikleri, her klinik durumda geleneksel materyallere üstün oldukları anlamına gelmemektedir. Premiks biyoseramik ve epoksi rezin esaslı kök kanal patlarının kısa dönem klinik sonuçlarının benzer olduğu; sağkalım ve tedavi başarısı açısından anlamlı fark bulunmadığı, ekstrüzyon ve postoperatif ağrı açısından biyoseramikler lehine gözlenen farklılıkların ise istatistiksel anlamlılığa ulaşmadığı bildirilmiştir (Zamparini et al., 2024). Ayrıca mevcut klinik kanıtların büyük ölçüde kısa dönemli olduğu ve daha uzun takip sürelerine sahip iyi tasarlanmış çalışmalara gereksinim bulunduğu vurgulanmaktadır (Zamparini et al., 2024). Vital pulpa tedavilerinde ise premiks ve elle karıştırılan kalsiyum silikat esaslı materyallerin, altı randomize kontrollü çalışmada değerlendirilen 572 daimi dişte 6 ve 12 aylık pulpotomi sonuçları açısından klinik olarak eşdeğer olduğu gösterilmiştir (De Souza et al., 2026). Bu nedenle biyoseramik materyallerin klinik kullanımında yalnızca avantajlarının değil, materyale özgü özelliklerin, endikasyonların ve sınırlılıkların da birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bölümde endodontide kullanılan biyoseramik materyallerin temel özellikleri, sınıflandırılması ve başlıca klinik kullanım alanları güncel literatür doğrultusunda ele alınacaktır.

2. Biyoseramik Materyallerin Tanımı ve Sınıflandırılması

2.1. Kalsiyum Silikat Esaslı Materyaller

Kalsiyum silikat esaslı materyaller, endodontide yaygın olarak kullanılan hidrolik biyoseramik materyallerdir. Bu materyallerin temel yapısını çoğunlukla trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikat oluştururken, formülasyonlarında radyopasite sağlayıcı bileşenler, çeşitli katkı maddeleri ve farklı taşıyıcı sistemler de bulunabilmektedir. Su ile temas sonrasında başlayan hidrasyon

reaksiyonu sonucunda kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum hidroksit oluşmaktadır (Camilleri et al., 2022).

Kalsiyum silikat esaslı materyallerin endodontideki gelişimi, mineral trioksit agregatın (MTA) kullanıma sunulmasıyla başlamıştır (Camilleri et al., 2022). MTA'nın uzun sertleşme süresi, manipülasyon güçlüğü ve renk değişikliği potansiyeli gibi sınırlılıkları, bu dezavantajları azaltmaya yönelik yeni formülasyonların geliştirilmesini teşvik etmiştir (Camilleri et al., 2022). Kalsiyum silikat esaslı simanların zaman içerisindeki gelişiminde özellikle fizikokimyasal sınırlılıkların iyileştirilmesinin yeni ürünlerin geliştirilmesinde belirleyici olduğu bildirilmiştir (Tsuchiya et al., 2025).

Günümüzde kalsiyum silikat esaslı materyaller, farklı kıvam ve uygulama biçimlerine sahip çeşitli formülasyonlarda klinik kullanıma sunulmaktadır (Camilleri et al., 2022). Bu materyaller vital pulpa tedavileri, perforasyonların onarımı, apeksifikasyon, kök ucu dolgusu ve kök kanal obturasyonu gibi farklı endodontik uygulamalarda kullanılmaktadır (Eskandari et al., 2022).

2.2. Biyoseramik Kök Kanal Patları

Biyoseramik kök kanal patları, günümüzde ağırlıklı olarak kalsiyum silikat esaslı formülasyonlardan oluşmakta ve farklı sunum biçimlerinde kullanıma sunulmaktadır. Kalsiyum silikat esaslı hidrolik patlar toz-likit veya kullanıma hazır tek pat/premiks formda bulunabilmekte; özellikle premiks formülasyonlarda hidrasyon reaksiyonu kök kanal ortamındaki nemle başlamaktadır (Camilleri et al., 2022; Küçükkaya Eren, 2023). Kalsiyum silikat esaslı patlar gutta-perka ile birlikte soğuk veya sıcak obturasyon tekniklerinde kullanılabilir ve tek kon tekniği klinik çalışmalarda sık kullanılan yaklaşımlardan biri olarak öne çıkmaktadır (Küçükkaya Eren, 2023). Bununla birlikte yüksek çözünürlük gibi materyale özgü fizikokimyasal özellikler klinik kullanım açısından dikkate alınmalıdır.

Aynı materyal grubunda yer alan biyoseramik patların fizikokimyasal özellikleri ürünler arasında farklılık gösterebilmektedir. AH Plus Bioceramic Sealer, Bio-C Sealer ve rezin esaslı ADseal'ın karşılaştırıldığı özgün çalışmada, AH Plus Bioceramic Sealer en yüksek alkalinite ve kalsiyum iyon salınımı ile en düşük film kalınlığını gösterirken, Bio-C Sealer en yüksek çözünürlüğü göstermiştir (Hamdy et al., 2024). Bu nedenle biyoseramik kök kanal patlarının tek tip özellik gösteren homojen bir materyal grubu olarak değerlendirilmemesi ve ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin ayrı ayrı dikkate alınması gerekmektedir.

3. Biyoseramik Materyallerin Temel Özellikleri

3.1. Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Biyoseramik materyallerin klinik davranışı; sertleşme süresi, çözünürlük, radyopasite, boyutsal stabilite, akışkanlık, pH ve iyon salınımı gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerden etkilenmektedir. Kalsiyum silikat esaslı tamir materyallerinde bu özelliklerin ürünler arasında belirgin farklılık gösterebildiği bildirilmiştir. Biodentine, MTA-Angelus ve deneysel bir trikalsiyum silikat esaslı simanın karşılaştırıldığı çalışmada, Biodentine ve deneysel siman daha kısa başlangıç sertleşme süreleri gösterirken, Biodentine en kısa final sertleşme süresine ve en yüksek basma dayanımına sahip olmuştur. Deneysel siman en yüksek pH değerlerini, Biodentine ise en yüksek kalsiyum iyon salınımını göstermiştir (Luna-Cruz et al., 2024).

Yeni nesil tamir materyallerinde de benzer şekilde materyale özğü farklılıklar bulunmaktadır. Biodentine XP, EndoSequence RRM Fast Set Putty ve Bio-C Repair'ın değerlendirildiği çalışmada, Biodentine XP'nin sertleşme süresi daha kısa bulunmuş; Biodentine XP ve EndoSequence RRM, Bio-C Repair'a göre daha düşük çözünürlük göstermiştir. Bununla birlikte tüm materyallerin yedi güne kadar alkalın özelliklerini koruduğu bildirilmiştir (Ferraz et al., 2025).

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarında da aynı materyal grubunda yer alan ürünlerin benzer fizikokimyasal davranış göstermediği görölmektedir. BC Universal Sealer, TotalFill BC Sealer ve AH Plus Bioceramic'in karşılaştırıldığı çalışmada, üç materyal akış ve radyopasite açısından ISO kriterlerini karşılamış, ancak tümü ISO 6876'da belirtilen çözünürlük sınırını aşmıştır. TotalFill BC Sealer ayrıca 7 ve 28 günlük değerlendirmelerde en yüksek kalsiyum salınımını göstermiştir. Yazarlar, benzer bileşen ve uygulama biçimlerine sahip hidrolük patların özelliklerinin önemli ölçüde farklılaşabileceği sonucuna ulaşmıştır (Raman & Camilleri, 2024). Benzer şekilde AH Plus Bioceramic, Bio-C Sealer, Bio-C Sealer Ion+ ve AH Plus'ın karşılaştırıldığı çalışmada sertleşme süresi, çözünürlük, boyutsal değişim, akış ve kalsiyum iyon salınımı açısından materyaller arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır. AH Plus Bioceramic en yüksek çözünürlük değerini gösterirken, Bio-C Sealer Ion+ en yüksek kalsiyum iyon salınımına ve akış değerine sahip olmuştur; kalsiyum silikat esaslı üç patta boyutsal büzölme gözlenmiştir (Quaresma et al., 2024). Bu bulgular, biyoseramik materyallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin materyale özğü olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

3.2. Biyouyumluluk ve Biyoaktivite

Biyouyumluluk ve biyoaktivite, kalsiyum silikat esaslı materyallerin endodontik kullanımında öne çıkan biyolojik özelliklerdir. Biodentine XP, EndoSequence RRM ve Bio-C Repair'ın insan

dental pulpa kök hücreleri üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, materyallerin alkalik özellik gösterdiği ve sitotoksik etki göstermediği bildirilmiştir. Ayrıca mineralizasyonla ilişkili ALP, RUNX2 ve COL1A1 genlerinin ekspresyonunda materyale bağlı artışlar saptanmış ve bu gen ekspresyon profilinin pulpa iyileşmesini destekleyebilecek bir potansiyele işaret edebileceği belirtilmiştir (Ferraz et al., 2025).

Biyoseramik kök kanal patlarında da biyolojik yanıtın materyale özgü olduğu görülmektedir. Bio-C Sealer, Sealer Plus BC ve TotalFill BC Sealer'ın dentin tüpü modeli kullanılarak sıçan subkutan dokusunda değerlendirildiği çalışmada osteokalsin pozitif hücreler gözlenmiş ve yazarlar bu üç materyali biyouyumlu ve biyoaktif olarak değerlendirmiştir (Inada et al., 2024). EndoSequence BC Sealer ve Bio-C Sealer'ın osteoblast benzeri hücrelerde incelendiği başka bir çalışmada ise anlamlı sitotoksikite saptanmamış ve BMP1, BMP2 ile ALP ekspresyonunda artış görülmüş; ancak 1. ve 7. günlerde kontrol grubuna göre daha fazla mikronükleus oluşumu bildirilmiştir (Guerra et al., 2024).

3.3. Antimikrobiyal Özellikler

Biyoseramik kök kanal patlarının antimikrobiyal etkinliği kullanılan materyale ve hedef mikroorganizmaya göre değişebilmektedir. BioRoot RCS, Bio-C Sealer, MTA Fillapex ve Dia-Root Bio Sealer'ın değerlendirildiği bir çalışmada, BioRoot RCS *Enterococcus faecalis*'e karşı en yüksek antibakteriyel etkinliği gösterirken, *Staphylococcus aureus*'a karşı en yüksek etkinlik Bio-C Sealer'da saptanmıştır. Ayrıca tüm patların antibakteriyel etkinliğinin 24 saatten 72 saate doğru azaldığı bildirilmiştir (Kirthiga et al., 2024).

Antimikrobiyal etkinlik olgun biyofilmler ve çevresel koşullar altında da farklılık gösterebilmektedir. AH Plus Jet, Bio-C Sealer ve Sealer Plus BC'nin 15 günlük olgun *E. faecalis* biyofilmi üzerinde değerlendirildiği çalışmada, tüm materyaller biyofilmi azaltmış ancak tamamen ortadan kaldıramamış ve benzer antibiyofilm etkinliği göstermiştir (Müller et al., 2025). BioRoot RCS, EndoSequence BC Sealer ve NeoMTA Plus'ın değerlendirildiği başka bir çalışmada ise nötral ortamda üç materyal benzer antibakteriyel etkinlik gösterirken, asidik ortam antibakteriyel etkinliği azaltmış ve bu azalma materyale bağlı olarak farklılık göstermiştir; asidik koşullarda BioRoot RCS, diğer iki materyalden daha yüksek antibakteriyel etkinlik göstermiştir (Bosaid et al., 2022).

3.4. Sızdırmazlık ve Dentinle Etkileşim

Kalsiyum silikat esaslı materyallerin dentinle etkileşiminde hidrasyon ve iyon salınımı önemli rol oynamaktadır. Trikalsiyum silikatın su ile reaksiyonu sonucunda kalsiyum silikat hidrat ve

kalsiyum hidroksit oluşmakta; hidrolik patlardan salınan kalsiyum ve hidroksil iyonları fizyolojik ortamda mineral çökelmesini destekleyerek zaman içerisinde materyal-dentin arayüzünü etkileyebilmektedir (Camilleri et al., 2022). Bio-C Sealer, Sealer Plus BC ve TotalFill BC Sealer'ın dentin tüpü modeliyle değerlendirildiği çalışmada ise biyoseramik patların düşük arayüz boşluğu gösterdiği ve porozite değerlerinin %5'in altında olduğu bildirilmiştir (Inada et al., 2024).

Dentinal tübül penetrasyonu da materyal-dentin ilişkisinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden biridir. Bio-C Sealer, TotalFill BC Sealer ve AH Plus'ın karşılaştırıldığı özğün çalışmada, sürekli dalga kondensasyonunun TotalFill BC ve AH Plus'ın tübül penetrasyonunu artırdığı, Bio-C Sealer'da ise anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı; ayrıca TotalFill BC Sealer'ın genel olarak en yüksek penetrasyon derinliğini gösterdiği bildirilmiştir (Ferreira et al., 2024).

4. Endodontide Klinik Kullanım Alanları

4.1. Kök Kanal Dolumunda Biyoseramik Patlar

Biyoseramik kök kanal patlarının klinik performansı farklı obturasyon protokolleri altında değerlendirilmiştir. iRoot SP ile AH Plus'ın aynı sıcak vertikal kompaksiyon tekniğiyle kullanıldığı randomize klinik çalışmada, 24 aylık takip sonunda başarı oranları sırasıyla %85 ve %88,2 olarak bulunmuş ve gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır (Hu et al., 2023). Bununla birlikte 24 aylık takip oranının %48,7 olması, uzun dönem sonuçlar yorumlanırken dikkate alınmalıdır. Büyük periapikal lezyonlu maksiller kesici dişlerde ise TotalFill BC Sealer'ın tek kon tekniğiyle, AH Plus'ın lateral kondensasyon tekniğiyle uygulandığı randomize kontrollü çalışmada, primer tedavi ve yeniden tedavi olgularında 12 aya kadar benzer yüksek başarı bildirilmiştir (Wahbi et al., 2024). Ancak bu çalışmada kullanılan pat ile obturasyon tekniği birlikte değiştiğinden, sonuçların yalnızca patın etkisi olarak yorumlanması mümkün değildir.

Klinik değerlendirmede postoperatif ağrı da araştırılmıştır. Asimptomatik apikal periodontitisli 72 hastada AH Plus ile EndoSequence BC Sealer'ın sonik aktivasyon uygulanarak veya uygulanmadan karşılaştırıldığı randomize klinik çalışmada, patlar arasında 24 saat ile 7 gün arasındaki postoperatif ağrı skorları ve analjezik kullanımı açısından anlamlı fark bulunmamıştır (Yılmaz & Sarı, 2024). Aynı çalışmada sonik aktivasyon ile sealer ekstrüzyonu arasında zayıf pozitif korelasyon saptanmış, ancak sealer ekstrüzyonunun postoperatif ağrı ile anlamlı ilişkisi gösterilmemiştir. Bu klinik çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, incelenen biyoseramik patların kullanılan tedavi protokolleri içerisinde geleneksel rezin esaslı patlarla benzer kısa ve orta dönem klinik sonuçlar gösterebildiği görülmektedir.

4.2. Direkt Pulpa Kaplaması ve Pulpotomi

Direkt pulpa kaplamasında kalsiyum silikat esaslı materyallerin klinik başarısı güncel kanıtlarla desteklenmektedir. Olgun daimi dişlerde kullanılan direkt pulpa kaplama materyallerini değerlendiren 2025 tarihli ağ meta-regresyonunda, 21 randomize kontrollü çalışma sistematik derlemeye dahil edilmiş ve bunların 19'undaki 1733 hasta ağ analizinde değerlendirilmiştir. Biodentine ve MTA, kalsiyum hidroksite göre anlamlı olarak daha yüksek klinik başarı göstermiştir. Bununla birlikte yüksek heterojenite, geniş güvenilirlik aralıkları ve düşük kanıt kesinliği nedeniyle herhangi bir materyalin kesin üstünlüğünün ortaya konulamadığı vurgulanmıştır (Hatipoğlu et al., 2025).

Pulpotomide ise yeni nesil premiks kalsiyum silikat materyallerin klinik kullanımı araştırılmaktadır. Reversible pulpitisli olgun daimi premolar ve molarlarda premiks enjekte edilebilir Endocem MTA Premixed ile ProRoot MTA'nın karşılaştırıldığı iki merkezli randomize klinik çalışmada, bir yıllık genel başarı oranı %94,4 olarak bulunmuş; Endocem MTA Premixed (%97,1) ile ProRoot MTA (%93,9) arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Araştırmacılar Endocem MTA Premixed'in bu olgularda ProRoot MTA'ya uygulanabilir bir alternatif olduğunu bildirmiştir (Cho et al., 2024).

4.3. Perforasyonların Onarımı

Kök perforasyonlarının onarımında MTA'nın uzun dönem klinik performansını değerlendiren prospektif kohort çalışmada, tek perforasyona sahip 124 dişin 115'inde ilk iki yıllık takip içerisinde iyileşme saptanmıştır. Bununla birlikte başlangıçta iyileşmiş olguların uzun dönem takibinde yeniden sorun gelişme riskinin zamanla arttığı; periodontal sondalama derinliğinin >4 mm olması ve perforasyon boyutunun >3 mm olması durumunda bu riskin anlamlı olarak yükseldiği bildirilmiştir (Gorni et al., 2022).

Yeni nesil kalsiyum silikat esaslı tamir materyallerinin performansı da araştırılmaktadır. ProRoot MTA, NeoPutty ve Biodentine'in standartlaştırılmış furkasyon perforasyonlarında karşılaştırıldığı 2025 tarihli ex vivo çalışmada, ProRoot MTA ve NeoPutty Biodentine'a göre anlamlı olarak daha iyi marjinal adaptasyon göstermiş; Biodentine ise daha yüksek porozite sergilemiştir (Rojo-Carpintero et al., 2025). Bu sonuçlar laboratuvar koşullarında elde edildiğinden, materyaller arasında klinik üstünlük şeklinde yorumlanmamalıdır.

4.4. İnternal ve Eksternal Kök Rezorpsiyonlarının Tedavisi

İnternal kök rezorpsiyonlarında kalsiyum silikat esaslı materyallerin zayıflamış kök yapısının kırılma dayanımına etkisi araştırılmıştır. ProRoot MTA, Biodentine, NeoMTA 2 ve BioMTA+

ile doldurulan simüle internal rezorpsiyon kavitelerinin değerlendirildiği 2026 tarihli çalışmada, Biodentine grubunun doldurulmamış rezorpsiyon kontrol grubuna gre anlamlı olarak daha yksek kırılma dayanımı gsterdiği; diğer kalsiyum silikat esaslı materyaller arasında ise anlamlı farklılık bulunmadığı bildirilmiştir (Sen & Yılmaz, 2026). Yazarlar bu bulgunun Biodentine’ın internal rezorpsiyon kavitelerinde diş yapısının korunmasına veya desteklenmesine belirli lde katkıda bulunabileceğini dşndrdğn belirtmiştir.

Eksternal servikal rezorpsiyonun ynetiminde ise lezyon zellikleri ve seçilen tedavi yaklaşımının uzun dnem sonuçlarla ilişkisi gncel olarak değerlendirilmiştir. Beş uzman endodonti kliniğinde 296 dişin incelendiği 2026 tarihli çok merkezli retrospektif çalışmada, 5 yıllık tahmini diş sağkalımı %85,7 olarak hesaplanmıştır.  boyutlu olarak >180° çevresel yayılım gsteren lezyonlar ve internal onarım uygulanan olgular daha yksek çekim riskiyle ilişkili bulunmuştur (Patel et al., 2026). Bununla birlikte tedavi seçimi lezyonun yayılımı, erişilebilirliği ve klinik zelliklerinden etkilendiğinden, yazarlar gruplar arasındaki bu farklılıkların herhangi bir tedavi ynteminin stnlğn gsteren nedensel kanıt olarak yorumlanmaması gerektiğini zellikle vurgulamıştır.

4.5. Apeksifikasyon ve Açık Apeksli Dişlerin Tedavisi

Biyoseramik apikal plug ile apeksifikasyonun klinik sonuçları açık apeksli nekrotik daimi dişlerde değerlendirilmiştir. Biodentine veya MTA ile tedavi edilmiş 51 non-vital daimi kesici dişin incelendiği retrospektif çalışmada, ortalama 3,3 yıllık takip sonunda dişlerin %86,3’nde tam iyileşme veya iyileşme bulguları saptanmış; kullanılan biyoseramik materyal tipi ile iyileşme sonucu arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır (Anjum et al., 2024). Aynı çalışmada beş dişte (%9,8) tedaviden 1–6 yıl sonra spontan kk kırığı meydana gelmiş ve bu dişlerin tamamının çok immatr kk gelişimine sahip olduğu bildirilmiştir.

Premiks biyoseramik materyallerin apikal plug olarak kullanımı da gncel klinik çalışmalarda araştırılmaktadır. Non-vital immatr maksiller santral kesicilerde Well-Root PT ile MTA’nın karşılaştırıldığı randomize kontroll çalışmada, 6 ve 12 aylık takiplerde klinik belirti ve semptomlar açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bununla birlikte 12. ayda Well-Root PT grubunda periapikal radyolsensi alanı anlamlı olarak daha dşk, periapikal kemik radyodansitesi ise daha yksek bulunmuştur (Ghaly et al., 2025). Bu sonuçlar Well-Root PT’nin apikal plug olarak klinik açıdan uygulanabilir bir alternatif olduğunu desteklemekle birlikte, MTA’ya genel bir klinik stnlk şeklinde yorumlanmamalıdır.

4.6. Rejeneratif Endodontik Tedaviler

Rejeneratif endodontik tedavilerde kalsiyum silikat esaslı materyaller, kan pıhtısı veya diğer iskele materyallerinin üzerinde koronal bariyer olarak kullanılmaktadır. Pulpa nekrozu ve apikal periodontitis bulunan olgun tek kanallı daimi dişlerde kan pıhtısı temelli rejeneratif tedavi sonrasında Biodentine ile MTA'nın karşılaştırıldığı randomize kontrollü çalışmada, 18 ay sonunda değerlendirilen 31 hastanın %67,7'sinde tam iyileşme, %32,3'ünde ise iyileşme devam ettiği ve başarısızlık görülmediği bildirilmiştir. İyileşme açısından Biodentine ve MTA arasında anlamlı fark bulunmamış; ayrıca 22/31 (%71) dişte elektrikli pulpa testiyle duyarlılık yeniden kazanılmış ve bu sonuç açısından da materyaller arasında anlamlı fark saptanmamıştır (Al-Rawhani et al., 2024).

Nekrotik immatür daimi anterior dişlerde ise rejeneratif tedavi sonrasında koronal plug olarak TotalFill Bioceramic Putty ile beyaz MTA'nın karşılaştırıldığı randomize klinik çalışmada, 12 aylık takip sonunda değerlendirilen klinik ve radyografik parametreler açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Radyografik başarı her iki grupta da %90,5 olarak bildirilmiştir (Bartaw et al., 2024). TotalFill grubunda takip süresince renk değişikliği görülmezken, MTA grubunda üç olguda renk değişikliği saptanmış; ancak gruplar arasındaki fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır.

4.7. Endodontik Cerrahide Kök Ucu Dolgu Materyali Olarak Kullanımı

Hidrolik kalsiyum silikat esaslı materyaller, endodontik cerrahide ekstra-radiküler uygulamalar kapsamında kök ucu dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Bu materyallerin kök ucu cerrahisindeki kullanımına ilişkin klinik çalışmalarda, özellikle MTA ile olumlu klinik ve radyografik sonuçlar bildirildiği belirtilmiştir. Ayrıca kök ucu dolgu materyallerinin cerrahi ortamda kan, doku sıvıları, sement, periodontal ligament ve alveoler kemikle doğrudan etkileşim içerisinde bulunduğu vurgulanmıştır (Camilleri et al., 2022).

MTA ve premiks TotalFill'in kök ucu dolgu materyali olarak karşılaştırıldığı üç kör randomize kontrollü çalışmada, 56 hasta dört gruba ayrılmış ve materyaller kemik grefti uygulanarak veya uygulanmadan değerlendirilmiştir. On iki aylık takip sonunda 49 hasta analiz edilmiş; gruplar arasında iyileşme ve başarı oranları açısından anlamlı fark bulunmamıştır. Yazarlar TotalFill'in MTA ile benzer başarı oranları gösterdiğini ve küçük-orta büyüklükteki periapikal lezyonlarda kemik grefti eklenmesinin tedavi başarısını anlamlı olarak değiştirmediğini bildirmiştir (Salah et al., 2024).

5. Biyoseramik Materyallerin Avantajları ve Sınırlılıkları

Kalsiyum silikat esaslı biyoseramik materyallerin endodontideki önemli avantajları arasında biyouyumluluk, biyoaktivite, iyi sızdırmazlık özellikleri ve dentin neminin bulunduğu ortamda sertleşebilme yer almaktadır (Küçükkaya Eren, 2023). Bununla birlikte materyallerin renk değişikliği potansiyeli, sertleşme süresi, yıkanmaya karşı direnci, çözünürlüğü ve manipölasyon özellikleri ürünün bileşimine ve klinik kullanım alanına göre dikkate alınması gereken faktörlerdir. Özellikle kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarında yüksek çözünürlük literatürde bildirilen sınırlılıklardan biridir (Küçükkaya Eren, 2023).

Mevcut biyoseramik materyallerin hiçbirisi tüm klinik gereksinimleri karşılayan ideal bir materyal değildir. Güncel bir derlemede renk değişikliği, yavaş sertleşme, kullanım güçlüğü ve materyal uyumluluğuna ilişkin sorunların başlıca sınırlılıklar arasında yer aldığı belirtilmiştir (Prasad Kumara et al., 2025). Bu nedenle biyoseramik materyallerin olumlu özelliklerinin yanı sıra ürüne ve kullanım alanına özgü sınırlılıkların da materyal seçiminde dikkate alınması gerekmektedir.

6. Biyoseramik Materyallerin Uzaklaştırılması ve Yeniden Tedavi Açısından Değerlendirilmesi

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının yeniden tedavi sırasında uzaklaştırılabilirliğine ilişkin çalışmalar birbirinden farklı sonuçlar göstermektedir. Bazı çalışmalarda bu patların epoksi rezin esaslı patlara göre daha iyi uzaklaştırılabildiği bildirilirken, bazı çalışmalarda daha düşük veya benzer uzaklaştırılabilirlik sonuçları elde edilmiştir. Bu nedenle mevcut veriler biyoseramik patların epoksi rezin esaslı patlara göre genel olarak daha kolay ya da daha zor uzaklaştırıldığı yönünde kesin bir değerlendirmeye olanak vermemektedir (Küçükkaya Eren, 2023).

Kalsiyum silikat esaslı ve epoksi rezin esaslı patların retreatability'sini micro-CT ile değerlendiren 15 in vitro çalışmanın dahil edildiği sistematik derlemede, yeniden tedavi sonrasında tüm çalışmalarda başlangıç çalışma boyuna yeniden ulaşılmış; ancak hiçbir çalışmada kök kanal dolgu materyali tamamen uzaklaştırılamamıştır. Kalan dolgu materyali en fazla apikal üçlüde, ardından orta ve koronal üçlüde saptanmıştır (Bukhary, 2024). Ayrıca aktif irrigasyon ile ultrasonik, XP-Endo Finisher ve lazer gibi ek yöntemlerin kullanıldığı çalışmalarda kalan dolgu materyalinin azaltılmasına katkı sağlandığı bildirilmiştir. Bununla birlikte derlemeye dahil edilen çalışmaların tamamının laboratuvar çalışması olması ve yöntemsel heterojenlik bulunması nedeniyle bu sonuçlar doğrudan klinik retreatment başarısı olarak yorumlanmamalıdır.

7. Güncel Gelişmeler ve Gelecek Perspektifleri

Endodontik biyoseramiklerde güncel geliştirme çalışmaları, mevcut materyallerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Premiks formülasyonlar ve alternatif radyopasif ajanların kullanımı; renk değişikliğinin azaltılması, sertleşme süresinin kısaltılması ve manipülasyon özelliklerinin geliştirilmesine yönelik başlıca yaklaşımlar arasındadır. Sol-jel yöntemiyle geliştirilen kalsiyum silikat esaslı materyallerde ise daha küçük partikül boyutu, daha kısa sertleşme süresi ve artmış biyoaktivite bildirilmiştir (Prasad Kumara et al., 2025).

Nanoteknoloji de biyoseramik materyallerin geliştirilmesinde araştırılan önemli alanlardan biridir. Gümüş, çinko oksit ve titanyum oksit gibi nanopartiküller antimikrobiyal özelliklerin artırılması amacıyla değerlendirilirken, nano-hidroksiapatit biyoyumluluk ve osteojenik özelliklerin geliştirilmesi amacıyla araştırılmaktadır (Prasad Kumara et al., 2025). Bununla birlikte mevcut çalışmaların önemli bir bölümünün laboratuvar veya in vitro verilere dayanması ve nanopartiküllerin potansiyel toksisite riskleri nedeniyle, bu yeni yaklaşımların güvenlik ve etkinliğinin uzun dönem klinik çalışmalarla doğrulanmasına ihtiyaç vardır.

8. Sonuç

Biyoseramik materyaller, biyoyumluluk ve biyoaktivite özellikleri nedeniyle endodontik tedavilerde önemli bir yer edinmiştir. Bununla birlikte mevcut ürünlerin hiçbiri tüm klinik gereksinimleri karşılayan ideal bir materyal değildir ve renk değişikliği, sertleşme süresi, manipülasyon ve materyal uyumluluğu gibi sınırlılıklar devam etmektedir (Prasad Kumara et al., 2025).

Klinik kanıtların değerlendirilmesinde ise materyal ve kullanım alanına özgü sonuçların dikkate alınması gerekmektedir. Premiks biyoseramik kök kanal patlarının epoksi rezin esaslı patlarla karşılaştırıldığı sistematik derleme ve meta-analizde kısa dönem klinik sonuçların benzer olduğu bildirilmiş; mevcut verilerin büyük bölümünün kısa takip sürelerine sahip olduğu ve gelecekteki önerilerin daha güçlü biçimde desteklenebilmesi için iyi planlanmış uzun dönemli klinik çalışmalara ihtiyaç bulunduğu vurgulanmıştır (Zamparini et al., 2024).

Kaynakça

- Al-Rawhani, A. H., Ibrahim, S. M., & Abu Naeem, F. M. (2024). Regenerative treatment of mature teeth with pulp necrosis and apical periodontitis using Biodentine compared with MTA: Randomized controlled clinical trial. *European Endodontic Journal*, 9(4), 365–373.
- Anjum, F. S., Brusevold, I. J., & Wigen, T. I. (2024). Prognosis of non-vital incisors after apexification using bioceramics: A retrospective study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 25(5), 637–644.
- Bartaw, R. T., Eid, M. H., Gawad, R. Y., & Samad, A. M. (2024). Discoloration after revascularization using calcium phosphosilicate-based bioceramic versus mineral trioxide aggregate in necrotic immature permanent anterior teeth: A randomized clinical trial. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(3), 293–304.
- Bosaid, F., Aksel, H., & Azim, A. A. (2022). Influence of acidic pH on antimicrobial activity of different calcium silicate based–endodontic sealers. *Clinical Oral Investigations*, 26(8), 5369–5376.
- Bukhary, S. M. (2024). Retreatability of calcium silicate-based sealers based on micro-computed tomographic evaluation – A systematic review. *The Saudi Dental Journal*, 36(10), 1278–1294.
- Camilleri, J., Atmeh, A., Li, X., & Meschi, N. (2022). Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. *International Endodontic Journal*, 55(Suppl. 3), 710–777.
- Cho, S.-Y., Park, S., Shin, Y., & Jung, I.-Y. (2024). Randomized clinical trial of pulpotomy using a premixed injectable calcium silicate cement on mature permanent teeth with reversible pulpitis. *Scientific Reports*, 14(1), Article 2994.
- De Souza, H. S., Fernandes, M., de Ataide, I. d. N., & De Souza, L. (2026). Premixed versus manually mixed calcium silicate-based bioceramic materials for pulpotomy of permanent teeth with irreversible pulpitis: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Endodontics*. Advance online publication.
- Eskandari, F., Razavian, A., Hamidi, R., Yousefi, K., & Borzou, S. (2022). An updated review on properties and indications of calcium silicate-based cements in endodontic therapy. *International Journal of Dentistry*, 2022, Article 6858088.
- Ferraz, D. C., Rahhal, J. G., Dotto, M. E. P., Ferreira, L. A., Sipert, C. R., Letra, A., Silva, R. M., & de Souza, L. C. (2025). Physicochemical and biological properties of

- Biodentine XP, Endosequence RRM, and Bio-C Repair cements. *Journal of Endodontics*, 51(8), 1109–1117.
- Ferreira, E. H. R. G., Rosas, C. A. P., Limoeiro, A. G. d. S., Lima, S. N., Silva, R. A., Seckler, I. N. B., De Martin, A. S., Nascimento, W. M., & Bueno, C. E. d. S. (2024). Effect of obturation technique on dentinal tubule penetration of two tricalcium silicate-based sealers: Ex vivo study. *Australian Endodontic Journal*, 50(1), 148–156.
- Ghaly, M. S., Abozena, N. I., Ghouraba, R. F., Kabbash, I. A., & El-Desouky, S. S. (2025). Clinical and radiographic evaluation of premixed bioceramic putty as an apical plug in nonvital immature anterior permanent teeth. *Scientific Reports*, 15(1), Article 26487.
- Gorni, F. G., Ionescu, A. C., Ambroggi, F., Brambilla, E., & Gagliani, M. M. (2022). Prognostic factors and primary healing on root perforation repaired with MTA: A 14-year longitudinal study. *Journal of Endodontics*, 48(9), 1092–1099.
- Guerra, A. P., Gregorio, D., Yamamoto, G. C., dos Santos, N. T. B., Poli-Frederico, R. C., & Maia, L. P. (2024). Biological properties of bioceramic sealers on osteoblastic cells: A comparative study. *Brazilian Dental Journal*, 35, Article e24-6037.
- Hamdy, T. M., Galal, M. M., Ismail, A. G., & Saber, S. (2024). Physicochemical properties of AH plus bioceramic sealer, Bio-C Sealer, and ADseal root canal sealer. *Head & Face Medicine*, 20(1), Article 2.
- Hatipoğlu, Ö., Tekingür, E. V., & Hatipoğlu, F. P. (2025). Comparative clinical success of direct pulp capping materials: A network meta-regression of randomized clinical trials. *Journal of Dentistry*, 162, Article 106073.
- Hu, J., Zhu, Y., Deng, S., Wang, Z., & He, F. (2023). Outcome of root canal treatment using warm vertical compaction with bioceramic and resin-based sealers: A randomised clinical trial. *Australian Endodontic Journal*, 49(Suppl. 1), 170–178.
- Inada, R. N. H., Silva, E. C. A., Lopes, C. S., Queiroz, M. B., Torres, F. F. E., da Silva, G. F., Cerri, P. S., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2024). Biocompatibility, bioactivity, porosity, and sealer/dentin interface of bioceramic ready-to-use sealers using a dentin-tube model. *Scientific Reports*, 14(1), Article 16768.
- Kirthiga, M., Thomas, G., Jose, S., Adarsh, V. J., & Nair, S. (2024). Antimicrobial efficacy of calcium silicate-based bioceramic sealers against *Enterococcus faecalis* and *Staphylococcus aureus* – An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 27(7), 737–742.
- Küçükkaya Eren, S. (2023). Clinical applications of calcium silicate-based materials: A narrative review. *Australian Dental Journal*, 68(Suppl. 1), S96–S109.

- Luna-Cruz, S. M., Aguiar, B. A., Fechine, P. B. A., Duarte, M. A. H., Vasconcelos, B. C. de, & Mendonça, J. S. (2024). Physicochemical properties of silicate tricalcium-based cement for use as pulp capping or repair material. *Brazilian Oral Research*, 38, Article e136.
- Müller, L. C., Silva, P. A. O., Lacorte, C. C., Sousa, M. G. d. C., & Rezende, T. M. B. (2025). Antibacterial, antibiofilm and viability analysis in vitro of calcium silicate and epoxy resin-based filling sealers. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 24, Article e254609.
- Patel, S., Walsh, R., Villa, P., Hiebert, B., Perry, E. S., Sadhwani, R., & Al-Nuaimi, N. (2026). The survival and success of teeth with external cervical resorption: A multi-centre, retrospective study. *International Endodontic Journal*, 59(9), 1841–1857.
- Prasad Kumara, P. A. A. S., Cooper, P. R., Cathro, P., Gould, M., Dias, G., & Ratnayake, J. (2025). Bioceramics in endodontics: Limitations and future innovations—A review. *Dentistry Journal*, 13(4), Article 157.
- Quaresma, S. A. L., Dos Santos, G. N. A., Silva-Sousa, A. C., Camargo, R. V., Lopes-Olhê, F. C., Silva-Sousa, Y. T. C., Mazzi-Chaves, J. F., & Sousa-Neto, M. D. (2024). Physicochemical properties of calcium silicate cement based endodontic sealers. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 151, Article 106400.
- Raman, V., & Camilleri, J. (2024). Characterization and assessment of physical properties of 3 single syringe hydraulic cement-based sealers. *Journal of Endodontics*, 50(3), 381–388.
- Rojo-Carpintero, M., Martín-Díaz, A., Cantarini, J. M., Navarrete, N., Pérez, A. R., Malvicini, G., Aranguren, J., & Rubio-Flores, D. (2025). Marginal adaptation and porosity of calcium silicate-based cements in furcation perforations: A micro-CT comparative study. *Scientific Reports*, 15(1), Article 19244.
- Salah, H. M., Hashem, A. A. R., Mustafa, T., Soliman, A. H., Khallaf, M., & Haddadeen, H. (2024). The impact of root end filling material type and the application of bone graft on healing of periapical tissues after endodontic microsurgery (a clinical randomized controlled trial). *Scientific Reports*, 14(1), Article 25378.
- Sen, H. G., & Yilmaz, A. (2026). Fracture resistance of roots with simulated internal root resorption following repair with calcium silicate-based cements. *International Journal of Dentistry*, 2026, Article 2877033.
- Tsuchiya, K., Sauro, S., Sano, H., Matinlinna, J. P., Yamauti, M., Hoshika, S., Toida, Y., Islam, R., & Tomokiyo, A. (2025). Clinical applications and classification of calcium silicate-

based cements based on their history and evolution: A narrative review. *Clinical Oral Investigations*, 29(4), Article 187.

Wahbi, E., Achour, H., & Alsayed Tolibah, Y. (2024). Comparison between AH plus sealer and total fill bioceramic sealer performance in previously untreated and retreatment cases of maxillary incisors with large-sized periapical lesion: A randomized controlled trial. *BDJ Open*, 10(1), Article 73.

Yılmaz, K., & Sarı, M. (2024). Influence of sonic activation of epoxy-resin and calcium silicate sealer on postoperative pain: A patient-blinded, parallel group, randomized clinical trial. *BMC Oral Health*, 24(1), Article 1268.

Zamparini, F., Lenzi, J., Duncan, H. F., Spinelli, A., Gandolfi, M. G., & Prati, C. (2024). The efficacy of premixed bioceramic sealers versus standard sealers on root canal treatment outcome, extrusion rate and post-obturation pain: A systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 57(8), 1021–1042.

BÖLÜM 3

KÖK KANAL İRRİGASYONUNDA NANOPARTİKÜLLER: ANTİBİYOFİLM POTANSİYELİ, GÜVENLİK VE KLİNİK SINIRLAR

Ekin Deniz ÇATMABACAK¹

¹ Arş. Gör., Trakya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4471-5760>. E-posta: edenizcatmabacak@trakya.edu.tr

GİRİŞ

Kök kanal sisteminin karmaşık anatomisi, irrigasyonun yalnızca kanal lümenindeki planktonik mikroorganizmaları azaltan bir işlem olarak görülmesini yetersiz kılar. İstmuslar, lateral kanallar, dentin tübülleri ve olgun biyofilmler, kimyasal dezenfeksiyonun erişim ve etkinlik sınırlarını belirler. Sodyum hipoklorit ve şelatörler güncel pratiğin temelini korurken, nanopartikül temelli sistemler bu sınırları aşmayı hedefleyen tamamlayıcı bir yaklaşım olarak tartışılmaktadır (Hussein ve Ali, 2026; Kaur ve ark., 2026).

Nanopartikül, nanometre ölçeğindeki fizikokimyasal özellikleri nedeniyle yüksek yüzey alanı, yük kontrollü etkileşim ve biyofilm matriksine penetrasyon potansiyeli taşıyan bir yapıdır. Bununla birlikte, laboratuvarında belirgin antibakteriyel etki görülmesi, klinik iyileşme veya uzun dönem diş sağkalımı kanıtı anlamına gelmez. Bu bölümün amacı nanopartikülleri geleneksel irrigantların yerine geçecek ürünler gibi değil, kanıt düzeyi ve güvenlik koşullarıyla değerlendirilmesi gereken yardımcı sistemler olarak incelemektir.

1. NANOPARTİKÜL TEMELLİ DEZENFEKSİYONUN GEREKÇESİ

Endodontik biyofilmler, ekstrasellüler matriks ve metabolik olarak yavaşlayan persister hücreler nedeniyle tek bir antimikrobiyal ajana farklı duyarlılık gösterebilir. Nanopartiküller doğrudan hücre zarı hasarı, reaktif oksijen türleri üretimi, metal iyonu salımı veya taşıdıkları ajanların kontrollü salımı yoluyla etki gösterebilir. Gümüş, çitosan, kalsiyum hidroksit taşıyıcıları, manyetik partiküller ve fotoaktif sistemler en sık tartışılan gruplardır (Kaur ve ark., 2026).

Bu potansiyel, özellikle *E. faecalis* ile kurulan tek tür biyofilm modellerinde etkileyici görünebilir. Ancak gerçek enfeksiyonlar çok türülük, konak yanıtı, kanal anatomisi ve klinik işlem sırasındaki dinamik sıvı değişimleri bakımından daha karmaşıktır. Bu nedenle in vitro sonuçların klinik öneriye dönüşmesi için insan çalışmalarında ağrı, iyileşme, advers olay ve diş sağkalımı gibi sonuçların gösterilmesi gerekir.

2. BAŞLICA SİSTEMLER VE ETKİ MEKANİZMALARI

Gümüş nanopartikülleri geniş spektrumlu antibakteriyel özellikleriyle bilinir; ancak konsantrasyon, partikül boyutu, agregasyon ve dentinle etkileşim etkinliği değiştirir. Çitosan nanopartikülleri ise pozitif yüzey yükleri aracılığıyla bakteriyel yüzeylere bağlanabilir ve şelasyon/antibiyofilm etkileri bakımından değerlendirilir. Her iki yaklaşımda da biyoyumluluk, renklenme ve periapikal dokulara taşma olasılığı klinik açıdan göz ardı edilmemelidir.

Manyetik nanopartiküller, dış manyetik alan altında hareket ettirilerek kanal düzensizliklerine ulaşma fikrine dayanır. Fotoaktif nanopartikül sistemlerinde ışık enerjisiyle reaktif oksijen türleri oluşturulması amaçlanır. Bu yöntemler irrigant aktivasyonunun yerine değil, etkinin artırılabilceği deneysel platformlar olarak değerlendirilmelidir. Aktivasyon şekli, temas süresi ve taşıyıcı solüsyon sonuçları doğrudan etkiler (Gupta ve ark., 2025).

Nanopartiküllerin medikament veya sealer içine katılması ile doğrudan irrigant olarak kullanılması aynı klinik soru değildir. Bu bölüm yalnız irrigasyon ve kanal içi dezenfeksiyon bağlamındaki sistemleri ele alır; materyal içine katılan nanopartiküller ayrı ürün ve güvenlik değerlendirmesi gerektirir.

3. DENTİN, BİYUYUMLULUK VE GÜVENLİK

Bir irrigasyon ajanı değerlendirilirken antimikrobiyal etkinlik tek başına yeterli sonlanım değildir. Kök dentininde kollajen-mineral dengesinin bozulması, yüzey değişikliği, mikrosertlik kaybı, sealer penetrasyonu ve kırılma davranışı birlikte değerlendirilmelidir. Konvansiyonel irrigantlar da bu dengeyi etkilediği için nanopartikülleri yalnız mikroorganizma azalmasıyla üstün ilan etmek doğru değildir (Mendes ve ark., 2024).

Biyoyumluluk verileri çoğunlukla hücre kültürü veya kısa süreli hayvan modellerine dayanır. Partikülün boyutu, yüzey kaplaması, çözücü ortamı ve periapikal dokulara taşması toksikolojik profili değiştirebilir. Özellikle kontrolsüz preparasyon, açık apeks veya geniş apikal foramen bulunan olgularda olası taşma riskinin ürün bazında değerlendirilmesi gerekir.

Nanopartikül sistemlerinin çevresel etkisi ve üretim standardizasyonu da klinik yaygınlaşmadan önce dikkate alınmalıdır. Aynı isimle anılan ürünler farklı stabilite, iyon salımı ve partikül boyutu gösterebildiği için çalışma sonuçları doğrudan birbirine aktarılmamalıdır.

4. KANITIN YORUMLANMASI

2026 tarihli sistematik derlemeler, nanopartikül destekli dezenfeksiyonun özellikle biyofilm azalması ve dentin penetrasyonu açısından umut verdiğini bildirmektedir. Buna karşılık çalışmaların büyük bölümü in vitro olup kullanılan mikroorganizma modeli, irrigasyon hacmi, aktivasyon yöntemi ve karşılaştırıcı protokol heterojendir. Bu nedenle etki büyüklüğünü klinik başarı oranı olarak yorumlamak mümkün değildir (Hussein ve Ali, 2026; Kaur ve ark., 2026).

Klinik araştırmalarda önce hangi nanopartikülün hangi endikasyonda, hangi standart irrigasyon protokolüne ek değer sağladığının tanımlanmalıdır. Sadece mikroorganizma sayısı

değil, tedavi sonrası semptomlar, periapikal iyileşme, renklenme, restoratif sonuçlar ve advers olaylar önceden belirlenmiş ölçütlerle izlenmelidir.

Hasta için doğrudan klinik fayda göstermeyen teknolojik yenilikler, maliyet ve uygulama karmaşıklığı nedeniyle rutin protokole eklenmemelidir. Kanıt temelli yaklaşım, nanopartikülleri araştırma ve seçilmiş yardımcı kullanım alanında tutmayı gerektirir.

5. KLİNİK KARAR ÇERÇEVESİ

Klinisyen, nanopartikül kullanımını değerlendirirken önce temel irrigasyonun doğru uygulandığından emin olmalıdır: yeterli erişim, çalışma boyu kontrolü, irrigantın güvenli yenilenmesi, aktivasyonun olguya uygunluğu ve etkili koronal sızdırmazlık hâlâ tedavinin ana belirleyicileridir. Nanopartikül, bunların yerini tutan bir kısayol değildir.

Bugünkü veriler ışığında en savunulabilir yaklaşım, klinik araştırma bağlamı veya düzenleyici olarak onaylanmış, güvenlik verisi bulunan sistemler dışında rutin kullanım iddiasında bulunmamaktır. Hastaya anlatılan yarar ve belirsizlikler, mevcut konvansiyonel protokole göre açık biçimde ayrılmalıdır.

Karar alanı	Mevcut değerlendirme	Klinik sonuç
Antibiyofilm etki	Preklinik olarak umut verici	Rutin üstünlük kanıtı yok
Dentin etkisi	Ürüne ve protokole bağlı	Her sistem ayrı test edilmeli
Biyouyumluluk	Kısa dönem veriler sınırlı	Taşma ve toksisite dikkate alınmalı
Klinik kullanım	İnsan çalışması az	Konvansiyonel irrigasyonun yerine geçmez

Tablo 1. Nanopartikül destekli irrigasyonda klinik karar bileşenleri.

6. PROTOKOL STANDARDİZASYONU VE SIVI DİNAMİĞİ

Nanopartikül destekli bir irrigasyon protokolünde preparasyon çapı, irrigant hacmi, yenileme sıklığı, temas süresi, aktivasyon yöntemi ve son yıkama adımı açıkça tanımlanmalıdır. Bu değişkenlerden biri değiştiğinde yalnız partikülün etkisini ayırmak mümkün değildir. Adil klinik karşılaştırma, güncel konvansiyonel irrigasyonun iyi uygulandığı bir kontrol grubunu gerektirir.

Partikülün solüsyon içindeki stabilitesi, agregasyonu ve saklama koşulları da sonuçları değiştirir. Aynı nominal konsantrasyona sahip iki preparat farklı iyon salımı veya yüzey etkileşimi gösterebilir. Bu nedenle ürün adı yerine partikül boyutu, yüzey kaplaması, taşıyıcı solüsyon ve hazırlama protokolü raporlanmalıdır.

Apikal bölgedeki sıvı hareketi etkinlik kadar güvenliği de belirler. Açık apeks, rezorptif defekt veya geniş apikal foramen bulunan dişlerde geri taşma olasılığı artabilir. Yeni

sistemler bu yüksek riskli anatomilerde ayrı olarak değerlendirilmeden genel kullanıma önerilmemelidir.

7. BİYOFİLM MODELİNDEN HASTA SONUCUNA

Tek tür biyofilm modelleri mekanizma araştırması için kullanışlıdır ancak klinik enfeksiyonu temsil etmez. Çok türlüölük, konak proteinleri, dentin yüzeyi ve besin koşulları nanopartiköl etkinliğini değiştirebilir. Bu nedenle laboratuvar üstünlüğü, insanlarda periapikal iyileşme üstünlüğü olarak yorumlanmamalıdır.

Mikrobiyolojik azalmanın ölçümü de seçilen yöntemle bağlıdır. Kültür yöntemi canlı fakat kültüre edilemeyen mikroorganizmaları gözden kaçırabilir; moleküler yöntemler ise canlılık bilgisini her zaman vermez. Gelecek çalışmalar mikrobiyolojik sonlanımları ağrı, iyileşme ve tedavi başarıısıyla birlikte ele almalıdır.

Hasta merkezli sonuçlar teknoloji değerlendirmesinde belirleyicidir. Bir sistem kanal örneğinde daha az mikrobiyal sinyal oluşturabilir; fakat süreyi ve maliyeti artırıyor, semptomları değiştirmiyor veya güvenlik belirsizliği taşıyorsa klinik değeri sınırlı kalır.

8. DÜZENLEYİCİ, ETİK VE ÇEVRESEL BOYUT

Antimikrobiyal özelliğe sahip bir materyal, otomatik olarak güvenli bir endodontik irrigant değildir. Kullanım amacı, klinik endikasyonu, apikal dokulara temas olasılığı ve advers olay bildirim sistemi ürün bazında değerlendirilmelidir. Klinik iddia ile mevcut kanıtın düzeyi açıkça ayrılmalıdır.

Hastaya yeni bir sistem önerilirken konvansiyonel protokolün yerleşik kanıtı ile yardımcı sistemin belirsizlikleri birlikte anlatılmalıdır. Bilgilendirme, teknolojik yeniliği olduğundan güçlü gösteren ifadelerden kaçınılmalıdır. Araştırma ortamı dışındaki kullanımda düzenleyici onay ve güvenlik verisi temel koşuldur.

Metal ve sentetik nanomateryallerin üretimi ile atık yönetimi çevresel açıdan da önemlidir. Klinik yenilik yalnız biyofilm azalmasına göre değil, yaşam döngüsü ve sağlık sistemi maliyeti açısından da değerlendirilmelidir.

9. ARAşTIRMA GÜNDEMİ

Yüksek kaliteli klinik çalışmalar başlangıç tanısı, diş tipi, lezyon durumu, irrigasyon protokolü ve koronal restorasyonun kalitesini raporlamalıdır. Bu değişkenler kontrol edilmeden başarıyı nanopartiköle bağlamak yanıltıcı olur. Önceden belirlenmiş primer sonlanımlar ve yeterli takip süresi gereklidir.

Karşılaştırmacı protokol zayıf olduğunda teknolojik üstünlük izlenimi oluşabilir. Nanopartikül, iyi uygulanmış NaOCl ve şelatör temelli standart yaklaşıma ek değer sağlıyor mu sorusu cevaplanmalıdır. Aktivasyon kullanılıyorsa her iki çalışma kolunda da aynı koşullar korunmalıdır.

Uzun dönem takipte iyileşmeye ek olarak renklenme, restoratif başarısızlık, kök kırığı, advers olay ve hasta tarafından bildirilen sonuçlar izlenmelidir. Böyle bir araştırma çerçevesi nanopartiküllerin gerçekten hangi klinik boşluğu doldurabileceğini gösterebilir.

10. KLİNİK VE ARAŞTIRMA NOTLARI

Partikül boyutu nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda partikül boyutu açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Yüzey yükü nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda yüzey yükü açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Taşıyıcı solüsyon nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda taşıyıcı solüsyon açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Temas süresi nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda temas süresi açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Irrigant hacmi nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda irrigant hacmi açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Aktivasyon biçimi nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda aktivasyon biçimi açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Biyofilm olgunluğu nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda biyofilm olgunluğu açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Dentin tübülü penetrasyonu nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda dentin tübülü penetrasyonu açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Apikal güvenlik nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda apikal güvenlik açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Sitotoksiste nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda sitotoksiste açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Agregasyon nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda agregasyon açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Sterilizasyon nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda sterilizasyon açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Koronal sızdırmazlık nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda koronal sızdırmazlık açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Hasta semptomları nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda hasta semptomları açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Periapikal iyileşme nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon

protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda periapikal iyileşme açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Uzun dönem izlem nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda uzun dönem izlem açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Maliyet nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda maliyet açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Düzenleyici onay nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda düzenleyici onay açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Atık yönetimi nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Araştırmalarda atık yönetimi açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

Araştırma şeffaflığı nanopartikül destekli irrigasyonun klinik değerini doğrudan etkiler. Bu değişken, tek başına laboratuvar performansı ile değil; kullanılan temel irrigasyon protokolü, kanal anatomisi ve güvenlik sınırlarıyla birlikte değerlendirilmelidir.

Araştırmalarda araştırma şeffaflığı açıkça raporlanmadığında, farklı çalışmaların sonuçlarını aynı ürün etkisi gibi yorumlamak yanıltıcı olur. Klinik uygulamada karar, biyofilm azalması kadar apikal taşma riski, dentin etkisi ve hasta için ölçülebilir yarar dikkate alınarak verilmelidir.

SONUÇ

Nanopartikül destekli irrigasyon, dirençli biyofilmler ve karmaşık kanal anatomisi için bilimsel olarak ilgi çekici bir gelişme alanıdır. Antibakteriyel potansiyel gerçektir; ancak mevcut kanıtın ağırlığı preklinik düzeydedir. Gelecek araştırmaların klinik sonuçları, güvenlik, standardize protokoller ve uzun dönem takip üzerine kurulması gerekir. Bu aşamada nanopartiküller geleneksel irrigasyonun alternatifi değil, dikkatle değerlendirilmesi gereken deneysel veya yardımcı sistemlerdir.

KAYNAKÇA

- Gupta, S., Jeyaraman, K. V., Deepthi, M., Shinkre, R., Singh, N., & Shah, S. (2025). Enhanced cleaning, enhanced healing: A systematic review of advances in endodontic irrigation. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 17(Suppl 2), S1845-S1848. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_573_25
- Hussein, H. M., & Ali, A. H. (2026). Nanoparticle-assisted endodontic irrigation: A systematic review of preclinical studies. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 18, 1-18. <https://doi.org/10.2147/CCIDE.S610759>
- Kaur, K., Kaura, S., Saini, R. S., Manjunath, M., Bavabeedu, S. S., Alarcón-Sánchez, M. A., Flores-Fraile, J., & Heboyan, A. (2026). Advanced nanoparticle-based antibacterial delivery for endodontic disinfection: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 166, 106347. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2026.106347>
- Mendes, A. T., et al. (2024). Effects of endodontic root canal irrigants on tooth dentin revealed by infrared spectroscopy: A systematic literature review. *Clinical Oral Investigations*, 28, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05770-2>
- Pereira, T. C., Dijkstra, R. J. B., & Versluis, M. (2023). Nanoparticles in endodontics: Antimicrobial opportunities and translational limitations. *International Endodontic Journal*, 56, 1145-1160.
- Siqueira, J. F., & Rôças, I. N. (2022). Present status and future directions in endodontic microbiology. *International Endodontic Journal*, 55(Suppl 3), 512-529.
- Waltimo, T., Trope, M., Haapasalo, M., & Ørstavik, D. (2005). Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control. *European Journal of Oral Sciences*, 113, 100-110.
- Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32, 389-398. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>

BÖLÜM 4

ENDODONTİK TEDAVİ GÖRMÜŞ DİŞLERDE RESTORASYON YÖNTEMLERİ

Arda Kıvanç ÖZKÖK¹ , Neslihan Büşra KESKİN²

¹ Arş. Gör., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye. E-posta: ardakivan-coz@gmail.com, ORCID: 0009-0009-1062-331X

² Doç. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye (Danışman). E-posta: ozerolbkeskin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1053-7675

1. GİRİŞ

1.1. Endodontik Tedavinin Amacı

Cerrahi olmayan kök kanal tedavisinin (KKT) temel amacı, apikal periodontitisi (AP) önlemek ya da tedavi etmek ve diş çekiminin önüne geçmektir. Periradiküler dokuların sağlık durumu geleneksel olarak klinik ve radyografik değerlendirmelerle incelenmektedir (Fransson & Dawson, 2023). Yakın tarihli bir meta-analizde ağırlıklı birleştirilmiş başarı oranları katı kriterler altında %82,0, esnek kriterler altında ise %92,6 olarak hesaplanmıştır (Burns vd., 2022). Bununla birlikte, hastalar açısından hastalığın tamamen ortadan kalkması yerine dişin sağkalımı da kabul edilebilir bir sonuç olarak değerlendirilebilir (Kebke vd., 2021). Radyolojik görünümden bağımsız olarak asemptomatik bir dişin ağızda korunması şeklinde tanımlanan fonksiyonel retansiyon, son yıllarda pulpitis ve apikal periodontitis tedavilerinde hasta tarafından bildirilen en kritik sonuç ölçütü olarak derecelendirilmiştir (Duncan vd., 2021).

1.2. Endodontik Tedavili Dişlerde Başarırsızlık Nedenleri

Endodontik tedavili dişlerde sağkalımın azalması ve çekim endikasyonu doğuran süreçler çok faktörlü bir etiyolojiye sahiptir ve biyolojik patolojiler ile biyomekanik (yapısal) zafiyetler olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Geleneksel yaklaşım prognozu yalnızca obturasyon kalitesiyle ilişkilendirirken, güncel klinik araştırmalar çekime zemin hazırlayan primer etkenlerin endodontik hastalıktan çok restore edilemeyen yapısal doku kayıpları ve fraktürler olduğunu ortaya koymuştur (Bhuva vd., 2021; Mannocci vd., 2022).

Biyolojik başarırsızlıklar; inatçı veya tekrarlayan apikal periodontitis, sekonder çürükler ve ilerlemiş periodontal hastalıkları kapsar. Klinik alışmalar koronal sızdırmazlığın bozulmasının (mikrosızıntı) en az apikal tıkaç kadar kritik bir başarırsızlık nedeni olduğunu göstermiştir (Ray & Trope, 1995). Çekilen endodontik tedavili dişlerin analiz edildiği retrospektif çalışmalarda, diş kayıplarının yalnızca %20'sinin endodontik hastalığın devamına bağlı olduğu, buna karşılık %40,3'ünün sekonder çürük ve periodontal yıkım nedeniyle gerçekleştiği bildirilmiştir (Zadik vd., 2008).

Yapısal ve biyomekanik yetersizlikler ise kanal tedavili dişlerin çekiminde biyolojik nedenlerden daha yaygın bir etkidir. Bu zafiyetin temel nedeni, geçmişte ne sürüldüğü gibi pulpanın uzaklaştırılmasına bağlı dentin dehidrasyonu değil (Sedgley & Messer, 1992); rk, travma ve özellikle giriş kavitesi nedeniyle kaybedilen sağlıklı dentin hacmidir. Yalnızca giriş kavitesinin açılması dişin direncini %5 azaltırken, her iki marjinal sırtın kaybedildiği MOD kavitelerde bu kayıp %63'e ulaşır (Reeh vd., 1989). En sık teknik başarırsızlıklar; desimantasyon, kuron kırıkları, dikey kök kırıkları ve iyatrojenik perforasyonlardır. Post

sistemleri 2784 vakalık bir analizde %10'a varan komplikasyon oranlarıyla ilişkilendirilmiş (Goodacre vd., 2003), özellikle metal ve aktif postların kök içinde yarattığı kama etkisinin tamiri imkânsız vertikal kök kırıklarına yol açabildiği gösterilmiştir (Sorensen & Martinoff, 1984).

Başarısızlık riskini artıran majör prediktif faktörler şöyle özetlenebilir: (a) 1,5-2 mm yüksekliğinde bir ferrule bandının bulunmaması (Juloski vd., 2012); (b) madde kaybı fazla olan posterior dişlerde tüberkül kaplamasının yapılmaması (Nagasiri & Chitmongkolsuk, 2005); (c) kanal tedavisi ile kalıcı restorasyon arasındaki sürenin uzaması (Pratt vd., 2016); (d) proksimal temasların yokluğu nedeniyle dişin yoğun ve izole streslere maruz kalması (Caplan vd., 2002); (e) ağır oklüzal ve oblik kuvvetlere maruz kalan alt molarlar gibi stratejik konum (Aquilino & Caplan, 2002); ve (f) tedavi başlangıcında geniş bir periapikal lezyonun bulunması (Ng vd., 2011).

2. ENDODONTİK TEDAVİYİ TAKİBEN DİŞ DOKULARINDA İZLENEN DEĞİŞİKLİKLER

2.1. Biyolojik Değişiklikler

Enfekte veya nekrotik pulpanın uzaklaştırılması yalnızca damar-sinir ağının kaybına yol açmaz; dentinin organik ve inorganik yapısında da bir dizi değişimi başlatır ve tübüller içindeki serbest sıvı akışını bozar. Dentin matriksinin temel yapı taşı olan Tip I kolajen fibrillerinin diziliminde ve çapraz bağlarında zamanla meydana gelen bozulmalar dokunun doğal esnekliğini azaltır; diş, çiğneme kuvvetleri altında enerjiyi sönümleme kapasitesini yitirerek daha kırılgan bir yapıya dönüşür (Kishen, 2015). Literatürde sıklıkla göz ardı edilen bir diğer sonuç propriyoseptif duyunun azalmasıdır. Pulpa uzaklaştırıldıktan sonra basınca duyarlı mekanoreseptörlerin işlevi azalır (Randow & Glantz, 1986); aşırı kuvvetleri algılayarak kasları durduran koruyucu refleksin zayıflaması, dişin fizyolojik sınırları aşan yüklere maruz kalmasına neden olur.

Hidrasyonun rolü ise uzun süredir tartışmalıdır. Tübüller ve kolajen matriks arasındaki serbest su oklüzal stresleri hidrolik olarak sönümler; sıvı kaybıyla birlikte dentin içindeki rezidüel gerilimin artması ve mikro çatlakların daha hızlı ilerlemesi, yorulma direncinin düşmesine katkıda bulunabilir (Patel vd., 2022). Ancak güncel analizler canlı ve kanal tedavili dişler arasındaki su içeriği farkının yalnızca %2,05 düzeyinde olduğunu ve mikro-sertlikte istatistiksel olarak önemsiz bir değişime (%3,5) yol açtığını göstermiştir (Papa vd., 1994). Bu nedenle dehidrasyonun dentinin elastisite modülü gibi temel mekanik parametreleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı kabul edilmektedir (Sedgley & Messer, 1992).

2.2. Mekanik Değişiklikler

Güncel literatür, kanal tedavili dişlerdeki yüksek kırılabilirliğin temel nedeninin biyolojik değişimlerden ziyade çürük, travma, eski restorasyonlar ve tedavi işlemleri sırasında kaybedilen sağlam koronal ve radiküler doku hacmi olduğu konusunda birleşmektedir (Ikram vd., 2009). Bütünlüğü bozulmamış bir dişte stresler, çatı görevi gören tüberküller ve kolon gibi çalışan marjinal sırtlar aracılığıyla dengeli biçimde dağıtılır. Basit bir giriş kavitesi bile pulpa odası tavanını kaldırarak bükülme direncinde %5'lik bir kayba yol açar (Reeh vd., 1989). Her iki marjinal sırtın kaybı tüberküller arası çapraz desteği ortadan kaldırarak tüberkül esnemesini (cuspal deflection) zararlı boyutlara ulaştırır ve kırılma direncini %60-63 oranında düşürür (Reeh vd., 1989).

Zafiyet yalnızca koronal bölgeyle sınırlı değildir. Sodyum hipoklorit (NaOCl) ve EDTA gibi irrigasyon solüsyonları ile kalsiyum hidroksit gibi kanal içi medikamanlar dentinin organik ve inorganik bileşenlerini çözerek elastisite modülünü, mikro-sertliğini ve bükülme dayanımını düşürür (Marending vd., 2007). Bu kayıpların telafisinde koronal restorasyonun tasarımı belirleyicidir; restorasyonun servikal bölgedeki sağlam dentini çepeçevre en az 1,5-2 mm yüksekliğinde sarması olarak tanımlanan ferrule etkisi, post-endodontik restorasyonun en temel biyomekanik kuralı olarak kabul edilmektedir (Juloski vd., 2012; Sorensen & Engelman, 1990).

3. REZİDÜEL DİŞ DOKUSUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Endodontik tedavili dişlerin uzun dönem sağkalımını belirleyen en temel faktör, geriye kalan sağlıklı diş dokusunun nitelik ve niceliğidir (Bhuva vd., 2021). Çekimle sonuçlanan başarısızlıkların büyük kısmı, sağlıklı koronal doku hacminin kaybına bağlı yapısal yetersizliklerden kaynaklanmaktadır (Al-Nuaimi vd., 2020). Bu nedenle kalan sert dokunun ayrıntılı değerlendirilmesi tedavi planlamasının merkezinde yer alır.

3.1. Ferrule Etkisi

Ferrule etkisi, kuron restorasyonunun servikal bölgedeki sağlıklı kök dentinini çepeçevre sararak oluşturduğu destekleyici bant olarak tanımlanır. İn vitro çalışmalar ferrule varlığının kırılma direncini artıran ve stresi kök boyunca homojen biçimde dağıtan en önemli unsur olduğunu göstermiştir (Sorensen & Engelman, 1990). Uzun dönem klinik takipler, 1,5-2,0 mm yüksekliğinde ve en az 1 mm kalınlığında ferrule bandına sahip dişlerin sağkalımının belirgin şekilde daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Ferrari vd., 2007). Güncel post-endodontik felsefe "Önce ferrule gelir, post ikinci plandadır" paradigmasını benimsemiştir (Naumann vd., 2018); asıl koruyucu etkinin ferrule tarafından sağlandığı, ferrule bulunmadığında postların sağkalıma anlamlı katkı sunmadığı gösterilmiştir (Magne vd., 2017).

Ferrule elde edilemeyen dişlerde cerrahi kuren boyu uzatma veya ortodontik ekstrüzyon gibi multidisipliner yaklaşımlar önerilmektedir (Pontoriero & Carnevale, 2001).

3.2. Rezidüel Duvar Sayısı

Klinikte yaygın kullanılan bir diğer yöntem, kalan sağlıklı koronal duvar sayısının (0-4) belirlenmesidir (Ferrari vd., 2012). Hiç duvarı kalmayan veya tek duvarı kalan dişler, çoklu duvara sahip dişlere kıyasla kırık, desimantasyon ve kök kırığı açısından ciddi risk altındadır (Ferrari vd., 2012). Klasik bir retrospektif kohort çalışmasında koronal duvarları korunan posterior dişlerde 5 yıllık sağkalım %78 iken, orta dereceli doku kaybında %45'e, koronal dokunun tamamen kaybedildiği dişlerde ise %18'e düşmüştür (Nagasiri & Chitmongkolsuk, 2005).

3.3. Rezidüel Diş Volümü

Duvar sayısı ve ferrule yüksekliği ölçümlerindeki sübjektif hataları aşmak amacıyla üç boyutlu rezidüel diş volümü analizleri geliştirilmiştir. Çürük temizliği, eski restorasyonların sökümü ve giriş kavitesi sonrasında oluşan hacimsel kayıplar mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) ve ağız içi tarayıcılarla milimetrik hassasiyetle ölçülebilmektedir (Al-Nuaimi vd., 2017). Bu yaklaşım, kalan koronal hacmin peri-servikal dentinle birlikte değerlendirilmesini sağlayarak kırılma riskini nesnel biçimde ortaya koyar. Rezidüel hacmin %30'un (özellikle %29,5 eşiğinin) altına düştüğü durumlarda başarısızlık olasılığının belirgin şekilde arttığı bildirilmiştir (Al-Nuaimi vd., 2020).

4. GÜNCEL RESTORASYON TEKNİKLERİ VE MATERYALLER

4.1. Direkt Restorasyonlar ve Kısa Cam Fiber Takviyeli Kompozitler

Günümüzde endodontik tedavili dişlerin (ETD) onarımında agresif doku kaybından kaçınılarak adeziv ve biyomimetik prensiplere bağlı kalınması temel kural hâline gelmiştir (Mannocci vd., 2022). Kalan dentinin korunması ve koronal sızdırmazlığın sağlanması için direkt kompozit restorasyonlar sıklıkla tercih edilmektedir (Bhuva vd., 2021). Kapsamlı bir sistematik derleme ve meta-analizde, yalnızca randomize kontrollü çalışmalar incelendiğinde kısa ve orta vadede direkt kompozitler ile indirekt restorasyonlar arasında diş sağkalımı bakımından anlamlı fark bulunmamıştır. Araştırmacılar retrospektif çalışmalarda indirekt restorasyonların daha başarılı görünmesini, hekimlerin prognozu şüpheli dişleri daha çok direkt kompozitle restore etmesinden kaynaklanan karıştırıcı etkiye bağlamıştır (de Kuijper vd., 2023).

Ancak doku kaybının fazla olduğu durumlarda konvansiyonel direkt kompozitler ciddi kırılma riski taşır. 112 diş kapsayan 8,6 yıllık bir takipte geniş kaviteli posterior dişlerdeki

direkt restorasyonlarda %23,2 başarısızlık kaydedilmiş ve en sık neden diş ve restorasyon kırıkları olmuştur (Lempel vd., 2019). Dolayısıyla yeterli ferrule ve duvar desteği bulunan dişlerde direkt kompozitler güvenli ve doku dostu bir seçenek sunarken (Frankenberger vd., 2024), geniş madde kayıplarında ek yapısal desteğe ihtiyaç duyulmaktadır.

Geleneksel kompozitlerin polimerizasyon büzülmesi ve düşük kırılma tokluğu gibi dezavantajlarını aşmak amacıyla, rezin matriks içine rastgele yönelmiş milimetrik cam fiberlerin eklendiği kısa cam fiber takviyeli kompozitler (SFRC) geliştirilmiştir (Barreto vd., 2016; Comba vd., 2021). Dentindeki kolajen ağını taklit eden bu materyaller, kuvvetleri tek bir noktada toplamak yerine dişin gövdesine dağıtarak bir "şok emici" gibi işlev görür; geniş MOD kaviterlerde altyapı olarak kullanıldıklarında kırılma direncini anlamlı düzeyde artırır (Eapen vd., 2017). En önemli etkileri çatlak ilerlemesinin durdurulmasıdır: Yorulmaya bağlı başlayan bir mikro-çatlağın önüne fiziksel bir bariyer olarak çıkan fiberler çatlak enerjisini sönümler. Böylece katastrofik kök kırıkları büyük ölçüde engellenir ve olası kırıklar restorasyonun üst katmanlarında, tamir edilebilir (non-katastrofik) biçimde kalır (Comba vd., 2021).

4.2. İndirekt Parsiyel Restorasyonlar ve Tüberkül Kaplama Stratejileri

Modern diş hekimliği, sağlıklı dokuyu feda eden makromekanik tutuculuk felsefesinden uzaklaşarak adeziv ve biyomimetik stratejilere yönelmiştir. Dişin tüm aksiyal yüzeylerinin kesilmesini gerektiren tam kuronların yerini, kalan mine ve dentini koruyan ve dişe adeziv olarak bağlanan onley, overley ve endokron gibi parsiyel restorasyonlar almaktadır (Bhuva vd., 2021; Mannocci vd., 2022).

Tam kuron preparasyonu aksiyal duvarlardan 1,2-1,5 mm, oklüzalden 1,5-2,0 mm madde kaldırılmasını gerektirir. Bu işlemin en yıkıcı sonucu, kırılma direnci açısından en kritik bölge olan peri-servikal dentinin geri dönüşümsüz kaybıdır. Restoratif Zorluk Değerlendirme Sistemi (RDES), sağkalımı belirleyen en kritik parametrenin yatay ve dikey yöndeki rezidüel koronal doku hacmi olduğunu göstermiştir; düşük riskli bir dişe rutin tam kuron preparasyonu yapılması, dişin RDES skorunu iyatrojenik olarak en yüksek risk kategorisine taşıyabilmektedir (Ferrari vd., 2022). Randomize kontrollü bir çalışmada da minimal harabiyetli endodontik tedavili molarlara tam kuron yapılmasının gereksiz doku kaybına yol açan bir "biyolojik maliyet" oluşturduğu vurgulanmıştır (Abu-Awwad vd., 2025). Ayrıca subgingivale uzanan kuron marjinleri izolasyonu zorlaştırmakta, plak retansiyonuna ve periodontal enflamasyona zemin hazırlamaktadır (Mannocci vd., 2022).

Pulpa odası tavanı ve marjinal sırtları kaybedilen bir diş, çiğneme kuvvetleri altında tüberküllerin birbirinden bağımsız esnediği bir "ayar çatalına" dönüşür. Tüberküller arasına

giren kuvvetler bir kama etkisi yaratarak stresi zayıf kök dentinine iletir ve katastrofik dikey kök kırıklarına yol açabilir (Patel vd., 2022). Onley ve overleyler dişi çevresel olarak kesmeden yalnızca oklüzalden 1,5-2,0 mm redüksiyonla zayıf tüberküllerin üzerini örter ve adeziv olarak yapıştırıldıklarında bir "adeziv splint" gibi çalışır. Bu sayede dentinin zayıf olduğu çekme ve makaslama stresleri, dentinin daha dirençli olduğu kompresyon streslerine dönüştürülerek kök boyunca dağıtılır (Bhuva vd., 2021; Mannocci vd., 2022).

Sistemik derleme ve meta-analizler, tüberkül kaplaması sağlayan parsiyel restorasyonların sağkalım oranlarının tam kuronlarla eşdeğer olduğunu göstermektedir (de Kuijper vd., 2023; Shu vd., 2018). Adeziv olarak yapıştırılan lityum disilikat parsiyel restorasyonlarda yaklaşık 17 yıllık kümülatif sağkalım %96,49 olarak bildirilmiştir (Malament vd., 2021). Bir diğer avantaj başarısızlık şeklidir: Parsiyel restorasyonlar genellikle küçük bir parça kopması (chipping) veya debonding gibi tamir edilebilir biçimde başarısız olurken, servikal dentini yok edilmiş ve post uygulanmış dişlerde başarısızlık sıklıkla katastrofik kök kırığıyla sonuçlanmaktadır (Bhuva vd., 2021; Mannocci vd., 2022).

4.3. Endokronlar: Monoblok Restorasyon Konsepti ve Materyal Seçimi

Konvansiyonel post-kor sistemlerinin ve tam kuronların yol açtığı biyomekanik sorunlar, postsuz alternatiflere yönelimi artırmıştır (de Carvalho vd., 2018). Endokron, kök kanallarına post yerleştirilmeden tutuculuğunu pulpa odası duvarlarından makromekanik olarak ve adeziv simanlar aracılığıyla mikromekanik olarak sağlayan, kor ve kuronun tek parça üretildiği monoblok bir restorasyondur (Govare & Contrepois, 2020). Sistemik derlemelerde 3-19 yıllık takiplerde molarlarda %72-99, premolarlarda %68-100 sağkalım bildirilmiş (Thomas vd., 2020); bir meta-analizde endokronların post destekli kuronlarla en az eşdeğer başarı gösterdiği ortaya konmuştur (Al-Dabbagh, 2021).

Endokron preparasyonunda çevresel kesim yapılmaz; oklüzal yüzey 1,5-2,0 mm redükte edilerek 90 derecelik düz omuz (butt-joint) marjin oluşturulur. Sonlu elemanlar analizleri en az 2 mm genişliğinde düz marjinin stresleri en uygun şekilde dağıttığını göstermiştir (Zheng vd., 2022). Tutuculuk açısından en kritik parametre santral kavite derinliğidir; derinlik 1 mm'den 3 mm'ye çıkarıldığında kırılma direnci 1268 N'den 2008 N'ye yükselmektedir (Dartora vd., 2018). İdeal derinliğin yaklaşık 3 mm, duvar açısının 6-12 derece olması önerilmektedir (Abtahi vd., 2022). Ancak 4 mm'yi aşan kavite ve kanallara uzanan düzensiz tasarımlar CAD/CAM frezlerinin ulaşamadığı alanlar oluşturarak internal uyumu bozar (Shin vd., 2017). Ortaya çıkan kalın siman tabakası polimerizasyon büzülmesini artırarak desimantasyona zemin hazırlar; bu nedenle kanal ağızları ve andırkatların akışkan kompozit veya cam iyonomer ile kapatılarak 2-

3 mm derinliğinde düzgün bir kavite oluşturulması önerilmektedir (Govare & Contrepolis, 2020).

Materyal seçiminde iki ana grup öne çıkmaktadır: yüksek rijiditeye sahip lityum disilikat cam seramikler ile dentine yakın elastisite modülü sunan polimer infiltre seramik ağlar (PICN) ve rezin nanoseraamikler (El-Ma'aita vd., 2022). Yaklaşık 400-500 MPa bükülme dayanımına sahip ve asitleme-silanizasyon sonrası güçlü adeziv bağlanma sunan lityum disilikat, endokronlarda altın standart kabul edilmektedir. Sonlu elemanlar analizleri, bu materyalin stresi kendi gövdesinde toplayarak alttaki siman tabakasına ve kök dentinine daha düşük stres ilettiğini göstermiştir (He vd., 2021). Hibrit materyallerin şok emici gibi çalışarak katastrofik kök kırıklarını daha fazla engellediği ileri sürülmüş (Beji Vijayakumar vd., 2021); ancak bu materyallerin yük altında daha fazla bükülerek stresi siman tabakasına aktardığı ve debondinge zemin hazırladığı bildirilmiştir (Mannocci vd., 2022). Klinikte başarısız olmuş rezin esaslı endokronların fraktografik analizi, döngüsel yükler altında materyal yorgunluğu geliştiğini ve çatlakların santral oklüzal oluktan başlayarak restorasyonu ikiye ayırdığını ortaya koymuştur (Saratti vd., 2021). Bu kanıtlar ışığında, aşırı harabiyetli ETD'lerin monoblok restorasyonunda lityum disilikat güvenilir bir tercih olarak öne çıkmaktadır (El-Ma'aita vd., 2022).

4.4. Derin Marjin Elevasyonu ve Biyolojik Genişlik

Çürük veya eski restorasyonların uzaklaştırılması sonrasında marjinlerin subgingivalde konumlanması, izolasyonu zorlaştıran ve dişin "restore edilemez" kabul edilmesine yol açabilen önemli bir klinik engeldir. Geleneksel çözüm olan cerrahi kuren boyu uzatma, alveolar kemik desteğini geri dönüşümsüz olarak azaltır, kuren-kök oranını olumsuz etkiler ve interproksimal bölgede uygulanması güçtür. Bu dezavantajları gidermek amacıyla Dietschi ve Spreafico (1998) tarafından tanımlanan derin marjin elevasyonu (DME), subgingival kavite sınırının adeziv kompozit rezinle daha koronale taşınmasıdır. Tekniğin başarısı; kusursuz rubber-dam izolasyonuna, uygun matriks sistemlerine ve sızdırmaz bir adeziv protokole bağlıdır (Magne, 2023).

DME uygulanmış 197 posterior indirekt restorasyonun 12 yıla kadar izlendiği çalışmada kümülatif sağkalım %95,9 bulunmuştur (Bresser vd., 2019); diğer vaka serileri de uzun dönemde yüksek başarı bildirmiştir (Ghezzi vd., 2019). Derin marjinlerin kanal tedavisi öncesinde yükseltilmesi, restore edilebilirliğin baştan doğrulanmasını ve tedavi boyunca güvenli rubber-dam izolasyonunu da sağlar.

DME'nin biyolojik genişliği ihlal etme potansiyeli tartışma konusu olmuştur (Sarfati & Tirlet, 2018). Marjin ile krestal kemik arasındaki mesafenin 2 mm veya daha az olduğu durumlarda sondlamada kanamanın arttığı bildirilmiştir (Ferrari vd., 2018). Buna karşın histolojik bir çalışmada, subgingival kompozit restorasyonlarla temas eden periodontal dokuların sağlıklı kontrol dişlerinden klinik ve histolojik olarak farklı olmadığı gösterilmiştir (Bertoldi vd., 2020). Parlatılmış kompozit yüzeye komşu dokular, ek ataşman kaybı olmadan uzun birleşim epiteli oluşturarak iyileşmektedir (Ghezzi vd., 2019). Derin proksimal çürüklerde ataşman kaybı zaten mevcut olduğundan, kemik rezeksiyonu yerine yalnızca eksik diş yapısının tamamlanması daha doku koruyucu bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

4.5. Modern Post Felsefesi ve Kişiselleştirilmiş Fiber Postlar

Postun zayıflamış dişi içeriden güçlendireceği inancı güncel çalışmalarla çürütülmüştür; postlar dişe ek yapısal direnç kazandırmaz (Naumann vd., 2018). Günümüzde post endikasyonu, kor materyalinin tutunabileceği yeterli pulpa odası duvarının kalmadığı durumlarda makromekanik ankraj sağlamakla sınırlıdır (Bhuva vd., 2021). Post yuvası hazırlığı sırasında kaldırılan dentin kök duvarlarını zayıflattığından, biyomimetik yaklaşım postsuz veya minimal invaziv stratejileri öne çıkarmaktadır (de Carvalho vd., 2018).

Ferrule, fonksiyon sırasında oluşan oblik ve kaldıraç kuvvetlerine karşı koyarak kama etkisini engeller. 7330 dişi kapsayan bir meta-analizde, koronal duvarı kalmamış dişlerde postun ömrü uzatabildiği ancak asıl belirleyicinin rezidüel dentin miktarı olduğu vurgulanmıştır (Alenezi vd., 2024). Ferrule desteği yoksa fiber postlar da dişi uzun vadede kök kırığından veya debondingden koruyamamaktadır (Bruhnke vd., 2022). Yüksek elastisite modüllü metal ve döküm postlar stresi apikal dentine ileterek katastrofik dikey kök kırıklarına neden olabildiğinden (Figueiredo vd., 2015), dentine yakın elastisite modülüne (yaklaşık 15-20 GPa) sahip cam fiber postlar tercih edilmektedir (de Carvalho vd., 2018).

Geniş, oval veya huni şeklindeki kanallarda standart fiber postların kullanılması kalın bir rezin siman tabakası gerektirir; artan C-faktörü ile büzülme stresi yükselir ve debonding riski artar (Dal Piva vd., 2018). Bu sorunu aşmak için iki teknik geliştirilmiştir. Kişiselleştirilmiş (relined) postlarda fabrikasyon post kompozit rezinle kaplanarak kanalın anatomik kopyası alınır; böylece siman kalınlığı azalır, push-out bağlanma dayanımı artar ve yükler daha homojen dağılır (Dal Piva vd., 2018). Fiber demetlerinde ise her biri yaklaşık 0,3 mm kalınlığında esnek cam fiberler kanalın düzensiz geometrisine adapte olur (Bitter vd., 2019). Bu sistemlerin kuvvetleri kök duvarlarına tekil kalın bir posta göre daha dengeli ilettiği ve yorulma sonrası arayüz boşluklarını azalttığı gösterilmiştir (Sturm vd., 2021).

4.6. Dijital Diş Hekimliği ve CAD/CAM Teknolojileri

Geleneksel indirekt iş akışında ölçü, laboratuvar süreci ve geçici restorasyon kullanımı hem zaman alır hem de biyolojik risk taşır. CAD/CAM teknolojileri, inley, onley, overley ve endokron gibi restorasyonların klinik ortamda kısa sürede üretilmesini mümkün kılmıştır (Fages vd., 2017). Kanal tedavisi ile kalıcı restorasyon arasındaki bekleme süresi mikrosızıntı riskinin en yüksek olduğu dönemdir. Sekiz yıllık retrospektif bir çalışmada, kalıcı restorasyonu 4 aydan uzun sürede yapılan dişlerin kaybedilme olasılığının yaklaşık 3 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir (Pratt vd., 2016).

Tek seans (chairside) protokollerde optik ölçü kanal tedavisinin bitirildiği seansta alınır ve restorasyon aynı gün adeziv olarak yapıştırılır; böylece geçici restorasyona bağlı kontaminasyon riski ortadan kalkar (Mannocci vd., 2022). 447 molar dişi kapsayan 7 yıllık prospektif bir çalışmada chairside CAD/CAM endokronların sağkalımı %99,78, tam kuronların ise %98,66 bulunmuştur (Fages vd., 2017). 2916 CAD/CAM restorasyonu içeren bir sistematik derlemede de 5 yıllık tahmini sağkalım %90,9 olarak bildirilmiştir (Alves de Carvalho vd., 2018). Materyal seçiminde, 4.3. bölümde ele alınan yorulma bulguları doğrultusunda lityum disilikat seramikler uzun dönem stabilite ve adeziv bağlanma güvenilirliği açısından öne çıkmaktadır (El-Ma'aia vd., 2022; Saratti vd., 2021).

4.7. Güncel Adeziv Bağlanma Stratejileri ve Dentin Yüzey Modifikasyonları

Endodontik tedavili dişin dentini, kullanılan kimyasal ajanlar ve pulpa içi basıncın ortadan kalkması nedeniyle vital dentinden farklı davranır. Bu substratta dayanıklı bir hibrit tabaka oluşturmak ve bozunmasını engellemek amacıyla çeşitli yüzey modifikasyonları ve adeziv stratejiler geliştirilmiştir (Sauro & Pashley, 2016).

Geleneksel indirekt protokollerde geçici restorasyon süresince açıkta kalan dentin tükürük, bakteri ve geçici siman kalıntılarıyla kontamine olur ve bağlanma dayanımı düşer. İmmediat dentin sealing (IDS) tekniğinde preparasyonun hemen ardından, ölçü alınmadan önce taze dentine adeziv sistem uygulanarak dentin mühürlenir (Magne vd., 2005). IDS uygulanan lityum disilikat restorasyonlarda kırılma direncinin gecikmeli bağlanmaya göre anlamlı düzeyde arttığı bildirilmiştir (Gresnigt vd., 2016). Dentin yüzeyinin alüminyum oksit veya biyoaktif cam tozlarıyla hava-abrazyonu ise endodontik pat kalıntılarını uzaklaştırırken arayüzün remineralizasyonuna katkıda bulunan biyoreaktif bir smear tabakası oluşturur (Spagnuolo vd., 2021).

NaOCl ve EDTA gibi irriganlar dentinin organik ve inorganik yapısını aşındırır (Mareending vd., 2007). Restoratif aşamadaki asitleme ise dentin matriksindeki matriks

metalloproteinazlarını (MMP-2, -8, -9) ve sistein katepsinlerini aktive eder (Sauro & Pashley, 2016). Bu enzimler rezinin infiltre olamadığı kolajen fibrillerini zamanla parçalayarak hibrit tabakanın bozulmasına ve restorasyonun kaybına neden olur (Scaffa vd., 2012). Asitleme sonrası, adeziv uygulanmadan önce %2'lik klorheksidin uygulanmasının bu enzimleri inhibe ederek hibrit tabakayı koruduğu gösterilmiştir (Carrilho vd., 2007).

5. SONUÇ

Endodontik tedavi sonrası restoratif felsefe, "önlem için genişletme" dogmasından doku koruyucu "genişletmeyi önleme" prensibine doğru köklü bir paradigma değişimi geçirmiştir (Burke, 2003). Kanal tedavili dişlerdeki biyomekanik başarısızlıkların temel nedeni devitalizasyon değil, çürük temizliği ve giriş kavitesi sırasında kaybedilen sağlıklı dentin kütlesidir (Reeh vd., 1989). Kök kanal dolgusu ne kadar başarılı olursa olsun, koronal sızdırmazlık sağlanamadığında periapikal iyileşme beklenemez (Ray & Trope, 1995).

Güncel kanıtlar, post yuvası için kaldırılan dentinin dişi güçlendirmek yerine katastrofik kök kırıklarına zemin hazırladığını (Sorensen & Martinoff, 1984) ve klinik sağkalımı belirleyen temel faktörün 1,5-2 mm yüksekliğindeki ferrule olduğunu göstermektedir (Juloski vd., 2012; Naumann vd., 2018). Bu nedenle post kullanımı, kor tutuculuğunun başka şekilde sağlanamadığı vakalarla sınırlandırılmalıdır (Magne vd., 2017). Tam kuron yerine tüberkül kaplaması sağlayan parsiyel restorasyonlar ve monoblok endokronlar, kısa fiber takviyeli kompozit altyapılar ve subgingival marjinlerde cerrahi yerine DME, doku koruyucu ve öngörülebilir alternatifler olarak öne çıkmaktadır.

Dijital teknolojiler, rezidüel doku hacminin nesnel olarak ölçülmesine ve RDES gibi sistemlerle tedavi zorluğunun standart biçimde değerlendirilmesine olanak tanıyarak karar verme sürecini sübjektif yargılardan arındırmaktadır (Al-Nuaimi vd., 2017; Ferrari vd., 2022). Tek seans CAD/CAM protokolleri ise kanal tedavisi ile kalıcı restorasyon arasındaki riskli bekleme süresini ortadan kaldırmaktadır (Fages vd., 2017; Pratt vd., 2016). Sonuç olarak endodontik tedavili dişlerin restorasyonu, kaybedilen dokuyu agresif materyallerle değiştirme anlayışından, kalan sağlıklı dokuyu adeziv teknolojilerle en üst düzeyde korumaya doğru evrilmiştir. Kapsamlı risk analizi, hastaya özgü materyal seçimi, gerektiğinde multidisipliner yaklaşım ve rubber-dam izolasyonu altında uygulanan adeziv protokoller, uzun dönem başarının temel koşullarıdır.

KAYNAKÇA

- Abtahi, S., Alikhasi, M., & Siadat, H. (2022). Biomechanical behavior of endocrown restorations with different cavity design and CAD-CAM materials under a static and vertical load: A finite element analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(4), 600.e1-600.e8. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.11.027>
- Abu-Awwad, M., Halasa, R., Haikal, L., El-Ma'aita, A., Hammad, M., & Petridis, H. (2025). Direct restorations versus full crowns in endodontically treated molar teeth: A three-year randomized clinical trial. *Journal of Dentistry*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105699>
- Al-Dabbagh, R. A. (2021). Survival and success of endocrowns: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(3), 415.e1-415.e9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.01.011>
- Alenezi, A. A., Alyahya, S. O., Aldakhail, N. S., & Alsalhi, H. A. (2024). Clinical behavior and survival of endodontically treated teeth with or without post placement: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Oral Science*, 66(4), 207–214. <https://doi.org/10.2334/JOSNUSD.24-0098>
- Al-Nuaimi, N., Ciapryna, S., Chia, M., Patel, S., & Mannocci, F. (2020). A prospective study on the effect of coronal tooth structure loss on the 4-year clinical survival of root canal retreated teeth and retrospective validation of the Dental Practicality Index. *International Endodontic Journal*, 53(8), 1040–1049. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13322>
- Al-Nuaimi, N., Patel, S., Austin, R. S., & Mannocci, F. (2017). A prospective study assessing the effect of coronal tooth structure loss on the outcome of root canal retreatment. *International Endodontic Journal*, 50(12), 1143–1157. <https://doi.org/10.1111/IEJ.12760>
- Alves de Carvalho, I., Marques, T., Araújo, F., Azevedo, L., Donato, H., & Correia, A. (2018). Clinical Performance of CAD/CAM Tooth-Supported Ceramic Restorations: A Systematic Review. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 38(4), e68–e78. <https://doi.org/10.11607/PRD.3519>
- Aquilino, S. A., & Caplan, D. J. (2002). Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(3), 256–263. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.122014>
- Barreto, M. S., Rosa, R. A., Seballos, V. G., Machado, E., Valandro, L. F., Kaizer, O. B., So, M. V. R., & Bier, C. A. S. (2016). Effect of Intracanal Irrigants on Bond Strength of

- Fiber Posts Cemented With a Self-adhesive Resin Cement. *Operative Dentistry*, 41(6), e159–e167. <https://doi.org/10.2341/15-246-L>
- Beji Vijayakumar, J., Varadan, P., Balaji, L., Rajan, M., Kalaiselvam, R., Saeralathan, S., & Ganesh, A. (2021). Fracture resistance of resin based and lithium disilicate endocrowns. Which is better? - A systematic review of in-vitro studies. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 8(1), 104–111. <https://doi.org/10.1080/26415275.2021.1932510>
- Bertoldi, C., Monari, E., Cortellini, P., Generali, L., Lucchi, A., Spinato, S., & Zaffe, D. (2020). Clinical and histological reaction of periodontal tissues to subgingival resin composite restorations. *Clinical Oral Investigations*, 24(2), 1001–1011. <https://doi.org/10.1007/S00784-019-02998-7>
- Bhuva, B., Giovarruscio, M., Rahim, N., Bitter, K., & Mannocci, F. (2021). The restoration of root filled teeth: a review of the clinical literature. *International Endodontic Journal*, 54(4), 509–535. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13438>
- Bitter, K., Falcon, L., Prates Soares, A., Sturm, R., von Stein-Lausnitz, M., & Sterzenbach, G. (2019). Effect of Application Mode on Bond Strength of Adhesively Luted Glass-fiber Bundles Inside the Root Canal. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 21(6), 517–524. <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A43507>
- Bresser, R. A., Gerdolle, D., van den Heijkant, I. A., Sluiter-Pouwels, L. M. A., Cune, M. S., & Gresnigt, M. M. M. (2019). Up to 12 years clinical evaluation of 197 partial indirect restorations with deep margin elevation in the posterior region. *Journal of Dentistry*, 91, 103227. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103227>
- Bruhne, M., Wierichs, R. J., von Stein-Lausnitz, M., Meyer-Lückel, H., Beuer, F., Naumann, M., & Sterzenbach, G. (2022). Long-term Survival of Adhesively Luted Post-endodontic Restorations. *Journal of Endodontics*, 48(5), 606–613. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2022.02.006>
- Burke, F. J. T. (2003). From extension for prevention to prevention of extension: (minimal intervention dentistry). *Dental Update*, 30(9), 492–502. <https://doi.org/10.12968/DENU.2003.30.9.492>
- Burns, L. E., Kim, J., Wu, Y., Alzwaideh, R., McGowan, R., & Sigurdsson, A. (2022). Outcomes of primary root canal therapy: An updated systematic review of longitudinal clinical studies published between 2003 and 2020. *International Endodontic Journal*, 55(7), 714–731. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13736>

- Caplan, D. J., Kolker, J., Rivera, E. M., & Walton, R. E. (2002). Relationship between number of proximal contacts and survival of root canal treated teeth. *International Endodontic Journal*, 35(2), 193–199. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2591.2002.00472.X>
- Carrilho, M. R. O., Geraldeli, S., Tay, F., De Goes, M. F., Carvalho, R. M., Tjäderhane, L., Reis, A. F., Hebling, J., Mazzoni, A., Breschi, L., & Pashley, D. (2007). In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *Journal of Dental Research*, 86(6), 529–533. <https://doi.org/10.1177/154405910708600608>
- Comba, A., Baldi, A., Saratti, C. M., Rocca, G. T., Torres, C. R. G., Pereira, G. K. R., Valandro, F. L., & Scotti, N. (2021). Could different direct restoration techniques affect interfacial gap and fracture resistance of endodontically treated anterior teeth? *Clinical Oral Investigations*, 25(10), 5967–5975. <https://doi.org/10.1007/S00784-021-03902-Y>
- Dal Piva, A. M. de O., Tribst, J. P. M., Borges, A. L. S., Bottino, M. A., & Souza, R. O. de A. (2018). Do Mechanical Advantages Exist in Relining Fiber Posts with Composite Prior to its Cementation? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 20(6), 511–518. <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A41611>
- Dartora, N. R., de Conto Ferreira, M. B., Moris, I. C. M., Brazão, E. H., Spazin, A. O., Sousa-Neto, M. D., Silva-Sousa, Y. T., & Gomes, E. A. (2018). Effect of Intracoronary Depth of Teeth Restored with Endocrowns on Fracture Resistance: In Vitro and 3-dimensional Finite Element Analysis. *Journal of Endodontics*, 44(7), 1179–1185. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.008>
- de Carvalho, M. A., Lazari, P. C., Gresnigt, M., Del Bel Cury, A. A., & Magne, P. (2018). Current options concerning the endodontically-treated teeth restoration with the adhesive approach. *Brazilian Oral Research*, 32(suppl 1), 147–158. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2018.VOL32.0074>
- de Kuijper, M. C. F. M., Cune, M. S., Özcan, M., & Gresnigt, M. M. M. (2023). Clinical performance of direct composite resin versus indirect restorations on endodontically treated posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 130(3), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.11.009>
- Dietschi, D., & Spreafico, R. (1998). Current clinical concepts for adhesive cementation of tooth-colored posterior restorations. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, 10(1), 47–54.

- Duncan, H. F., Nagendrababu, V., El-Karim, I., & Dummer, P. M. H. (2021). Outcome measures to assess the effectiveness of endodontic treatment for pulpitis and apical periodontitis for use in the development of European Society of Endodontology S3-level clinical practice guidelines: A consensus-based development. *International Endodontic Journal*, 54(12), 2184–2194. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13627>
- Eapen, A. M., Amirtharaj, L. V., Sanjeev, K., & Mahalaxmi, S. (2017). Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored with 2 Different Fiber-reinforced Composite and 2 Conventional Composite Resin Core Buildup Materials: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1499–1504. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.031>
- El-Ma'aita, A., A. Al-Rabab'ah, M., Abu-Awwad, M., Hattar, S., & Devlin, H. (2022). Endocrowns Clinical Performance and Patient Satisfaction: A Randomized Clinical Trial of Three Monolithic Ceramic Restorations. *Journal of Prosthodontics : Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 31(1), 30–37. <https://doi.org/10.1111/JOPR.13414>
- Fages, M., Raynal, J., Tramini, P., Cuisinier, F., & Durand, J.-C. (2017). Chairside Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacture All-Ceramic Crown and Endocrown Restorations: A 7-Year Survival Rate Study. *The International Journal of Prosthodontics*, 30(6), 556–560. <https://doi.org/10.11607/IJP.5132>
- Ferrari, M., Cagidiaco, M. C., Grandini, S., De Sanctis, M., & Goracci, C. (2007). Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *Journal of Dental Research*, 86(8), 729–734. <https://doi.org/10.1177/154405910708600808>
- Ferrari, M., Koken, S., Grandini, S., Ferrari Cagidiaco, E., Joda, T., & Discepoli, N. (2018). Influence of cervical margin relocation (CMR) on periodontal health: 12-month results of a controlled trial. *Journal of Dentistry*, 69, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.10.008>
- Ferrari, M., Pontoriero, D. I. K., Ferrari Cagidiaco, E., & Carboncini, F. (2022). Restorative difficulty evaluation system of endodontically treated teeth. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry : Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, 34(1), 65–80. <https://doi.org/10.1111/JERD.12880>
- Ferrari, M., Vichi, A., Fadda, G. M., Cagidiaco, M. C., Tay, F. R., Breschi, L., Polimeni, A., & Goracci, C. (2012). A randomized controlled trial of endodontically treated and restored premolars. *Journal of Dental Research*, 91(7 Suppl), S72–S78. <https://doi.org/10.1177/0022034512447949>

- Figueiredo, F. E. D., Martins-Filho, P. R. S., & Faria-E-Silva, A. L. (2015). Do metal post-retained restorations result in more root fractures than fiber post-retained restorations? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 41(3), 309–316. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.10.006>
- Frankenberger, R., Becker, S., Beck-Broichsitter, B., Albrecht-Hass, S., Behrens, C. J., Roggendorf, M. J., & Koch, A. (2024). 40-Year Outcome of Old-School, Non-Surgical Endodontic Treatment: Practice-Based Retrospective Evaluation. *Dentistry Journal*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/DJ12040090>
- Fransson, H., & Dawson, V. (2023). Tooth survival after endodontic treatment. *International Endodontic Journal*, 56 Suppl 2(S2), 140–153. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13835>
- Ghezzi, C., Brambilla, G., Conti, A., Dosoli, R., Ceroni, F., & Ferrantino, L. (2019). Cervical margin relocation: case series and new classification system. *The International Journal of Esthetic Dentistry*.
- Goodacre, C. J., Bernal, G., Rungcharassaeng, K., & Kan, J. Y. K. (2003). Clinical complications in fixed prosthodontics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 90(1), 31–41. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(03\)00214-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(03)00214-2)
- Govare, N., & Contrepois, M. (2020). Endocrowns: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(3), 411–418.e9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.04.009>
- Gresnigt, M. M. M., Cune, M. S., De Roos, J. G., & Özcan, M. (2016). Effect of immediate and delayed dentin sealing on the fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithiumdisilicate laminate veneers. *Dental Materials*, 32(4), e73–e81. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.01.001>
- He, J., Zheng, Z., Wu, M., Zheng, C., Zeng, Y., & Yan, W. (2021). Influence of restorative material and cement on the stress distribution of endocrowns: 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-021-01865-W>
- Ikram, O. H., Patel, S., Sauro, S., & Mannocci, F. (2009). Micro-computed tomography of tooth tissue volume changes following endodontic procedures and post space preparation. *International Endodontic Journal*, 42(12), 1071–1076. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.2009.01632.X>
- Juloski, J., Radovic, I., Goracci, C., Vulicevic, Z. R., & Ferrari, M. (2012). Ferrule effect: a literature review. *Journal of Endodontics*, 38(1), 11–19. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2011.09.024>

- Kebke, S., Fransson, H., Brundin, M., & Mota de Almeida, F. J. (2021). Tooth survival following root canal treatment by general dental practitioners in a Swedish county - a 10-year follow-up study of a historical cohort. *International Endodontic Journal*, 54(1), 5–14. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13392>
- Kishen, A. (2015). Biomechanics of fractures in endodontically treated teeth. *Endodontic Topics*, 33(1), 3–13. <https://doi.org/10.1111/ETP.12089>
- Lempel, E., Lovász, B. V., Bihari, E., Krajczár, K., Jeges, S., Tóth, Á., & Szalma, J. (2019). Long-term clinical evaluation of direct resin composite restorations in vital vs. endodontically treated posterior teeth — Retrospective study up to 13 years. *Dental Materials*, 35(9), 1308–1318. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.06.002>
- Magne, P. (2023). M-i-M for DME: matrix-in-a-matrix technique for deep margin elevation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 130(4), 434–438. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2021.11.021>
- Magne, P., Kim, T. H., Cascione, D., & Donovan, T. E. (2005). Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(6), 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.10.010>
- Magne, P., Lazari, P. C., Carvalho, M. A., Johnson, T., & Del Bel Cury, A. A. (2017). Ferrule-Effect Dominates Over Use of a Fiber Post When Restoring Endodontically Treated Incisors: An In Vitro Study. *Operative Dentistry*, 42(4), 397–406. <https://doi.org/10.2341/16-243-L>
- Malament, K. A., Margvelashvili-Malament, M., Natto, Z. S., Thompson, V., Rekow, D., & Att, W. (2021). 10.9-year survival of pressed acid etched monolithic e.max lithium disilicate glass-ceramic partial coverage restorations: Performance and outcomes as a function of tooth position, age, sex, and the type of partial coverage restoration (inlay or onlay). *Journal of Prosthetic Dentistry*, 126(4), 523–532. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.015>
- Mannocci, F., Bitter, K., Sauro, S., Ferrari, P., Austin, R., & Bhuva, B. (2022). Present status and future directions: The restoration of root filled teeth. *International Endodontic Journal*, 55 Suppl 4(Suppl 4), 1059–1084. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13796>
- Marending, M., Luder, H. U., Brunner, T. J., Knecht, S., Stark, W. J., & Zehnder, M. (2007). Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *International Endodontic Journal*, 40(10), 786–793. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.2007.01287.X>

- Nagasiri, R., & Chitmongkolsuk, S. (2005). Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: A retrospective cohort study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(2), 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.11.001>
- Naumann, M., Schmitter, M., & Krastl, G. (2018). Postendodontic Restoration: Endodontic Post-and-Core or No Post At All? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 20(1), 19–24. <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A39961>
- 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. *International Endodontic Journal*, 44(7), 583–609. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.2011.01872.X>
- Papa, J., Cain, C., & Messer, H. H. (1994). Moisture content of vital vs endodontically treated teeth. *Endodontics & Dental Traumatology*, 10(2), 91–93. <https://doi.org/10.1111/J.1600-9657.1994.TB00067.X>
- Patel, S., Bhuva, B., & Bose, R. (2022). Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *International Endodontic Journal*, 55 Suppl 3(Suppl 3), 804–826. <https://doi.org/10.1111/IEJ.13737>
- Pontoriero, R., & Carnevale, G. (2001). Surgical crown lengthening: a 12-month clinical wound healing study. *Journal of Periodontology*, 72(7), 841–848. <https://doi.org/10.1902/JOP.2001.72.7.841>
- Pratt, I., Aminoshariae, A., Montagnese, T. A., Williams, K. A., Khalighinejad, N., & Mickel, A. (2016). Eight-Year Retrospective Study of the Critical Time Lapse between Root Canal Completion and Crown Placement: Its Influence on the Survival of Endodontically Treated Teeth. *Journal of Endodontics*, 42(11), 1598–1603. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.006>
- Random, K., & Glantz, P. O. (1986). On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 44(5), 271–277. <https://doi.org/10.3109/00016358609004733>
- Ray, H. A., & Trope, M. (1995). Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *International Endodontic Journal*, 28(1), 12–18. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2591.1995.TB00150.X>
- Reeh, E. S., Messer, H. H., & Douglas, W. H. (1989). Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of Endodontics*, 15(11), 512–516. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(89\)80191-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(89)80191-8)

- Saratti, C. M., Rocca, G. T., Durual, S., Lohbauer, U., Ferracane, J. L., & Scherrer, S. S. (2021). Fractography of clinical failures of indirect resin composite endocrown and overlay restorations. *Dental Materials*, 37(6), e341–e359.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.02.002>
- Sarfati, A., & Tirlet, G. (2018). Deep margin elevation versus crown lengthening: biologic width revisited. *THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ESTHETIC DENTISTRY AUTUMN*.
- Sauro, S., & Pashley, D. H. (2016). Strategies to stabilise dentine-bonded interfaces through remineralising operative approaches – State of The Art. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 69, 39–57.
<https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2016.03.014>
- Scaffa, P. M. C., Vidal, C. M. P., Barros, N., Gesteira, T. F., Carmona, A. K., Breschi, L., Pashley, D. H., Tjäderhane, L., Tersariol, I. L. S., Nascimento, F. D., & Carrilho, M. R. (2012). Chlorhexidine inhibits the activity of dental cysteine cathepsins. *Journal of Dental Research*, 91(4), 420–425. <https://doi.org/10.1177/0022034511435329>
- Sedgley, C. M., & Messer, H. H. (1992). Are endodontically treated teeth more brittle? *Journal of Endodontics*, 18(7), 332–335. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80483-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80483-8)
- Shin, Y., Park, S., Park, J. W., Kim, K. M., Park, Y. B., & Roh, B. D. (2017). Evaluation of the marginal and internal discrepancies of CAD-CAM endocrowns with different cavity depths: An in vitro study. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(1), 109–115.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.03.025>
- Shu, X., Mai, Q.-Q., Blatz, M., Price, R., Wang, X.-D., & Zhao, K. (2018). Direct and Indirect Restorations for Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review and Meta-analysis, IAAD 2017 Consensus Conference Paper. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 20(3), 183–194. <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A40762>
- Sorensen, J. A., & Engelman, M. J. (1990). Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 63(5), 529–536.
[https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90070-S](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90070-S)
- Sorensen, J. A., & Martinoff, J. T. (1984). Intracoronar reinforcement and coronal coverage: A study of endodontically treated teeth. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 51(6), 780–784. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(84\)90376-7](https://doi.org/10.1016/0022-3913(84)90376-7)
- Spagnuolo, G., Pires, P. M., Calarco, A., Peluso, G., Banerjee, A., Rengo, S., Elias Boneta, A. R., & Sauro, S. (2021). An in-vitro study investigating the effect of air-abrasion

- bioactive glasses on dental adhesion, cytotoxicity and odontogenic gene expression. *Dental Materials*, 37(11), 1734–1750. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.09.004>
- Sturm, R., Prates Soares, A., Sterzenbach, G., & Bitter, K. (2021). Interface analysis after fatigue loading of adhesively luted bundled fiber posts to human root canal dentin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104385>
- 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*. <https://doi.org/10.1038/S41415-020-2279-Y>
- Zadik, Y., Sandler, V., Bechor, R., & Salehrabi, R. (2008). Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 106(5). <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.06.017>
- Zheng, Z., Sun, J., Jiang, L., Wu, Y., He, J., Ruan, W., & Yan, W. (2022). Influence of margin design and restorative material on the stress distribution of endocrowns: a 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-022-02063-Y>

BÖLÜM 5

REJENERATİF ENDODONTİK TEDAVİDE KULLANILAN GELENEKSEL VE GÜNCEL İRRİGASYON SOLÜSYONLARI

Elif Işın Su PERK¹ , Selen İNCE YUSUFOĞLU²

¹ Arş. Gör., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, isinsuperk@gmail.com, ORCID iD: 0009-0006-7479-5565.

² Doç. Dr., Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye, dtselenince@hotmail.com, ORCID iD: 0000-0002-7826-6023.

1. GİRİŞ

Her yıl milyonlarca genç hasta, immatür daimi dişlerini çekmektedir. Diş hekimliğinde pulpa nekrozu veya geri dönüşümsüz pulpitis teşhisi konmuş, özellikle kök gelişimi tamamlanmamış genç daimi dişlerin tedavisi uzun yıllardır büyük bir klinik zorluk teşkil etmiştir (Diogenes ve ark., 2014). Geleneksel kök kanal tedavisi veya apeksifikasyon gibi yöntemler enfeksiyonu ve semptomları ortadan kaldırmada başarılı olsa da, bu tedaviler kök gelişiminin devam etmesine izin vermemekte, dişin ince ve kırılabilir dentin duvarlarıyla kalmasına yol açarak uzun vadede kök kırığı riskini önemli ölçüde artırmaktadır (Hargreaves ve ark., 2013; McTigue ve ark., 2013). Bu kısıtlamaları aşmak amacıyla, hastalıklı veya nekrotik pulpa dokusunun sürekli gelişim ve işlev gösterebilen sağlıklı canlı doku ile değiştirildiği, biyolojik temelli bir prosedür olan rejeneratif endodontik tedavi (RET), diğer adıyla revaskülarizasyon geliştirilmiştir (AAE, 2003).

İmmatür dişler, ince ve zayıf dentin duvarı yapıları nedeniyle mekanik streslere karşı oldukça dayanıksızdır ve bu durum dişleri fraktür riskine açık hale getirmektedir (Lawley ve ark., 2004). Dolayısıyla, pulpa nekrozu gözlenen bu tür vakaların prognozu, kök kanallarının biyolojik olarak kabul edilebilir düzeyde dezenfekte edilmesine doğrudan bağlıdır. Rejeneratif endodontik prosedürlerin temel hedefi; periapikal bölgeden gelen revaskülarizasyon aracılığıyla kanal içerisinde pulpa benzeri bir doku oluşumunu tetiklemekle kalmayıp, aynı zamanda kök gelişiminin devamlılığını sağlayarak dentin duvarlarını kalınlaştırmaktır.

2. İmmatür Devital Daimi Dişlerin Tedavi Seçenekleri

Geçmiş dönemlerde, vitalitesini kaybetmiş açık apeksli dişlerin tedavisi; apikal cerrahi yaklaşımlar, pat dolguları veya kişiye özel kon uyarlamaları ile sınırlı kalmıştır (Stewart, 1963). Cerrahi müdahalenin dezavantajları ele alındığında; kök apeksinin ince, kırılabilir ve düzensiz duvarlara sahip olması, apikal sızdırmazlığı sağlayacak bir restorasyonun uygulanmasını güçleştirmektedir. Ayrıca geniş foramen yapısı, yüksek hacimli dolgu materyali kullanımını gerektirmekte ve yetersiz sızdırmazlığa zemin hazırlamaktadır (Whittle, 2000). Söz konusu cerrahi yöntemlerin sınırlı başarı göstermesi, ilk kez 1960'lı yıllarda ortaya atılan apikal gelişimin devam ettirilmesi veya yapay bir apikal bariyer oluşturulması fenomenine (Kaiser, 1964; Frank, 1966) yönelik ilgiyi artırmıştır. Bu doğrultuda, geleneksel kök kanal dolgusu için daha uygun klinik koşullar yaratmak amacıyla, apikal daralımı indükleyen birçok teknik literatüre kazandırılmıştır.

2.1. Apeksifikasyon

Apeksifikasyonun amacı; immatür daimi dişlerdeki nekrotik pulpayı uzaklaştırmak, kök kanalını etkili bir şekilde dezenfekte etmek ve apikalde kalsifiye bir bariyer oluşumunu

indüklemek amacıyla kök kanallarını kalsiyum hidroksit, MTA veya bir biyoseramik kök onarım materyali ile obture etmektir (Rafter, 2005; Shaik ve ark., 2021). Apeksifikasyonda MTA ve Endosequence biyoseramik kök onarım materyallerini karşılaştıran bir meta-analiz, bu biyomateryallerin de %90'ın üzerinde benzer başarı oranlarına sahip olduğunu ortaya koymuştur (Shaik ve ark., 2021); bu oran, apeksifikasyon için kalsiyum hidroksit ile bildirilen %80'lik başarı oranından %10 daha yüksektir (Damle ve ark., 2016). Apeksifikasyonda kalsiyum hidroksit kullanımının bir dezavantajı, kalsiyum hidroksitin değiştirilmesi için birden fazla randevu gerektirmesidir; oysa MTA'nın sadece bir kez uygulanması yeterlidir (Guerrero ve ark., 2018).

Geleneksel Apeksifikasyon (Frank Metodu)

Geleneksel apeksifikasyon, kök ucunda sert doku bariyeri oluşturmak amacıyla uzun süreli kalsiyum hidroksit (CH) uygulamasını temel alan bir yöntemdir (Farhad ve Mohammadi, 2005). CH, temas ettiği dokuda kontrollü bir nekroz tabakası oluşturarak alt dokuda düşük düzeyli bir irritasyon yaratır ve mineralize matriks üretimini uyarır (Rafter, 2005). Yüksek pH değeri sayesinde hücre uyarımı sağlayarak apikal bölgenin sementoid veya osteosementoid yapıda bir dokuyla kapanmasına aracılık eder. Frank tekniğine göre, bariyer oluşumunu desteklemek amacıyla CH'nin 2–3 ayda bir yenilenmesi gerekir ve bu süreç 20 aya kadar uzayabilir (Huang, 2009). Kökün uzunluk ve genişlik gelişimi devam etmediğinden, oluşan bariyer genellikle gözeneklidir ve dış uzun vadede kırılma riskine açıktır (Huang, 2009; Jyothi, 2001).

Tek Seans Apeksifikasyon Yöntemi

Biyouyumlu bir materyalin kök ucuna ortograd yolla yerleştirilmesi işlemi tek seans apeksifikasyon yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Geleneksel apeksifikasyon tedavisinin uzun sürmesi ve beraberinde getirdiği re-enfeksiyon riskleri, araştırmacıları alternatif biyomateryallere yöneltmiştir (Shaik ve ark., 2021).

Bununla birlikte, apeksifikasyonun pratik kısıtlılığı, immatür diş kökünün matürasyonunu destekleyememesi ve dolayısıyla dişi güçlendirmek için dentin duvarlarının kalınlığını artıramamasıdır. Bu nedenle apeksifikasyon, kök dentin duvarlarının kırılmaya direnecek kadar kalın olduğu nekrotik pulpalı immatür dişler için optimal bir endodontik tedavi olabilir. Yine de apeksifikasyon, çok ince dentin köklerine sahip kırılmalı immatür dişler için optimal bir tedavi değildir; çünkü dişi kırılmaya karşı güçlendirecek şekilde kök dentin kalınlığını mineralize edemez (Guerrero ve ark., 2018).

2.2. Rejeneratif Endodonti

Rejeneratif endodontik tedavi (RET), pulpa nekrozu teşhisi konmuş, özellikle kök gelişimi tamamlanmamış genç daimi dişlerde, hasarlı pulpa-dentin kompleksini doku mühendisliği prensipleriyle biyolojik olarak yeniden oluşturmayı amaçlayan güncel bir tedavi yaklaşımıdır (Murray ve ark., 2007). Geleneksel kök kanal tedavisi veya apeksifikasyon işlemleri diş cansızlaştırarak kırılmalara ve ikincil enfeksiyonlara karşı daha savunmasız hale getirirken (Murray ve ark., 2007), RET, kök gelişiminin devam etmesini, dentin duvarlarının kalınlaşarak güçlenmesini ve dişin doğal bağışıklık ile duyarlılık fonksiyonlarını geri kazanmasını sağlayarak dişin ağızda kalma ömrünü uzatır (Lawley ve ark., 2004). Temel olarak vücudun kendi kök hücrelerinin kanal içine göç etmesi ("hücre yuvalanması" veya revaskülarizasyon) esasına dayanan bu prosedür, ince ve kırılabilir kök duvarlarını zayıflatmamak adına minimal mekanik genişletme ile başlar (Lin ve ark., 2014). Temizlik büyük ölçüde kimyasal dezenfeksiyona dayanır; kök hücrelere toksik etki yaratmamak için düşük konsantrasyonlu sodyum hipoklorit (NaOCl) ve dentin matriksindeki endojen büyüme faktörlerinin açığa çıkmasını sağlayarak hücre tutunmasına uygun bir mikroçevre yaratan %17'lik EDTA solüsyonları ile kanal yıkanır (Reis-Prado ve ark., 2023).

2.2.1. Rejeneratif Endodontik Tedavi Klinik Prosedürü

Hasta Seçimi

Yaş Faktörü: RET için en uygun adaylar 6–17 yaş aralığındaki hastalardır ve klinik olarak 9–13 yaş grubunda kök gelişiminin daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir (Estefan ve ark., 2016). Sürme sürecindeki daimi dişleri etkileme riski nedeniyle süt dişlerinde uygulanmaz (Almonaitiene ve ark., 2012). 17 yaşından büyük yetişkin hastaların dişlerinde dentin duvarları genellikle kalınlaştığı ve yaşla birlikte hücresel rejenerasyon potansiyeli düştüğü için bu tedavi önerilmez (Orduña ve ark., 2017). Bu görüşe göre, matür dişlerde başarısızlık, komplikasyon ve ağırlı alevlenme riski daha yüksektir; bu nedenle kök gelişimi tamamlanmış dişler için optimal ve altın standart tedavi hâlâ geleneksel kök kanal tedavisidir (Murray, 2018; Wikström ve ark., 2022). Geleneksel çekincelere rağmen, son yıllarda RET'in kapsamı genişletilmiş ve nekroz veya geri dönüşümsüz pulpitis teşhisi konan yetişkin daimi dişlere de uygulanmaya başlanmıştır (Jha ve ark., 2019).

Pulpanın Durumu: İlgili dişin pulpasının nekrotik, devital olması veya geri dönüşümsüz pulpitis tablosuna sahip olması gerekir (Mousivand ve ark., 2022).

Dişin Morfolojisi ve Kök Gelişimi: Dişin kök gelişimini henüz tamamlamamış ve dentin duvarlarının ince/kırılabilir olması temel şarttır (Lawley ve ark., 2004). Tedavinin asıl amacı, bu ince kök duvarlarını kalınlaştırarak diş kırılmalara karşı güçlendirmektir (Goldstein ve ark.,

1999; Rafter, 2005; Shaik ve ark., 2021). Kanama ve hücre göçünün sağlanabilmesi için apikal foramenin açık ve geniş olması gerekir; genel olarak 1,1 mm'den geniş olması gerektiği veya 0,5–1,0 mm aralığının yüksek başarı gösterdiği ifade edilmektedir (Kling ve ark., 1986).

Rejeneratif endodontik tedavi (RET) klinik prosedürü, kök kanalının dezenfekte edilmesi ve doku rejenerasyonu için uygun mikroçevrenin yaratılması amacıyla genellikle iki seanslı bir protokolle uygulanır. Temel adımlar minimal enstrümantasyon, kimyasal dezenfeksiyon, kanal içi ilaç uygulaması, kanama indüksiyonu ve koronal sızdırmazlığın sağlanmasından oluşur.

Rejeneratif Endodontik Tedavilerin Aşamaları

1) Birinci Seans: Dezenfeksiyon Aşaması

Anestezi ve İzolasyon: Dişe lokal anestezi uygulanır ve tükürük/bakteri sızıntısını önlemek için *rubber dam* ile tam izolasyon sağlanır.

Minimal Enstrümantasyon: Kök gelişimi tamamlanmamış dişlerin dentin duvarları ince ve kırılgan olduğundan, bu duvarları daha fazla zayıflatmamak için agresif mekanik genişletmeden kaçınılır (Lin ve ark., 2014).

Kimyasal İrrigasyon: Bakteriyel biyofilmleri ortadan kaldırmak için NaOCl kullanılır. Kök hücrelerin (örneğin apikal papilla kök hücreleri, SCAP) canlılığına zarar vermemek için NaOCl konsantrasyonunun düşük (%1,5-%3 veya %1,25) tutulması önerilir (Martin ve ark., 2014). Yıkama iğnesi, apikal dokulara toksik etkiyi önlemek için kök ucundan 1–2 mm geride tutulmalıdır (Elnaggar ve ark., 2021). NaOCl'nin ardından 20 mL %17 konsantrasyonunda EDTA solüsyonu ile irrigasyon yapılır.

Kanal İçi Medikaman Uygulaması: Enfeksiyonun kontrol altına alınması için kanal içerisine CH veya düşük konsantrasyonlu (1–5 mg/mL) antibiyotik patı (üçlü-TAP veya ikili-DAP) yerleştirilir. İlaçların dişte renklenmeye (diskolorasyon) yol açmasını önlemek için patın mine-sement birleşiminin altında kalmasına dikkat edilmelidir (Karczewski ve ark., 2018).

Geçici Kapatma: Kavite, en az 3–4 mm kalınlığında geçici dolgu materyali ile sızdırmaz şekilde kapatılarak tedaviye 1 ile 4 hafta arası ara verilir.

Hastaya 1–4 hafta sonra yeniden değerlendirilmek üzere randevu verilmelidir.

2) İkinci Seans: Kanama İndüksiyonu ve Rejenerasyon Aşaması

Değerlendirme ve Anestezi: İkinci seansta enfeksiyon bulgularının kaybolduğu teyit edilmelidir.

Anestezi seçerken kanamayı baskılamamak için vazokonstriktör (epinefrin) içermeyen (örneğin %3 mepivakain) bir lokal anestezi seçilir.

İlacın Uzaklaştırılması ve İrrigasyon: Kanal içindeki ilaç kalıntılarını uzaklaştırmak ve dentin duvarlarındaki endojen büyüme faktörlerinin açığa çıkmasını sağlamak için %17'lik EDTA ile nazikçe irrigasyon yapılır.

Kanama İndüksiyonu ve İskelet (Scaffold) Oluşturulması: Kök hücrelerin kanala göçünü başlatmak için önceden eğilmiş bir K-tipi kanal eğesi, apikal foramenin (kök ucunun) yaklaşık 2 mm ötesine geçirilerek periapikal dokular tahriş edilir ve kanal içine kanama başlatılır. Kanın mine-sement birleşimi hizasına kadar dolması sağlanır ve doğal bir üç boyutlu iskele görevi görecek olan kan pıhtısının oluşması için yaklaşık 15 dakika beklenir.

Koronal Sızdırmazlığın Sağlanması: Kan pıhtısının üzerine sınırlayıcı olarak eriyebilir bir matris (ör. CollaPlug) yerleştirilebilir. Hemen ardından doku iyileşmesini tetikleyen, biyouyumlu ve sızdırmaz bir biyoseramik materyal (MTA, Biodentine veya benzeri kalsiyum silikat bazlı simanlar) mine-sement birleşiminin yaklaşık 2 mm altına yerleştirilir.

Kalıcı Restorasyon: Dişin kuron kısmı, cam iyonomer ve kompozit rezin kullanılarak daimi olarak restore edilir ve dış ortamdan bakteri sızıntısı kesin olarak engellenir.

Klinik Takip: Tedavi sonrası iyileşmenin ve kök gelişiminin değerlendirilmesi için hastalar 3., 6. ve 12. aylarda, ardından toplam 5 yıl boyunca yılda bir kez klinik ve radyografik takibe çağrılır.

2.3. Rejeneratif Endodontik Tedavide Dezenfeksiyon

Kök kanalında kalan inatçı bakteriler ve biyofilmler; dentin yüzeyinden büyüme faktörlerinin salınımını fiziksel ve kimyasal olarak engeller, kök hücrelerin canlılığını ve uygun şekilde farklılaşma potansiyelini olumsuz yönde değiştirerek tedavinin biyolojik temelini zedeler (Vishwanat ve ark., 2017). Etkili bir dezenfeksiyon sağlanamadığında enfeksiyonun ve nekrozun komşu dokulara yayılma riski ortaya çıkar; bu durum tedavi sonrasında şişlik, apse ve şiddetli ağrı ile karakterize alevlenmelere yol açarak prosedürün başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olur (Siqueira, 2003). Bu nedenle, klinik semptomların gerilemesi, periapikal lezyonların iyileşmesi ve kök hücrelerin hayatta kalarak rejenerasyonu tetikleyebilmesi için kök kanalında enfeksiyondan arındırılmış steril bir ortamın yaratılması hayati bir öneme sahiptir (Cameron ve ark., 2019).

2.3.1. Rejeneratif Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

2.3.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

NaOCl, endodontik tedavilerde kullanılan en yaygın irrigasyon solüsyonudur (Mohammadi, 2008). Geniş spektrumlu antimikrobiyal etkisi, organik doku çözme kabiliyeti ve düşük yüzey gerilimi sayesinde dentin tübüllerine kolayca etki etmesi tercih edilmesindeki önemli sebeplerdir (Zehnder, 2006). NaOCl'nin etki mekanizması kimyasal reaksiyonlar ve biyolojik

süreçlere dayanmaktadır (Mohammadi, 2008; Estrela ve ark., 2002). NaOCl, suda çözündüğünde Na^+ ve OCl^- iyonlarına ayrışmakta ve hipoklorik asit (HOCl) oluşumu ile denge sağlamaktadır (Kandaswamy ve Venkateshbabu, 2010). HOCl, antibakteriyel etkinliğin temel kaynağıdır; proteinlerin amino gruplarını kloraminlere dönüştürüp hücre fonksiyonlarını geri dönüşümsüz şekilde inhibe ederek hücre ölümüne neden olmaktadır (Estrela ve ark., 2002; Kandaswamy ve Venkateshbabu, 2010).

Rejeneratif endodontik tedavide (RET) de NaOCl, geniş antibakteriyel spektrumu ve doku çözücü özellikleri nedeniyle nekrotik ve enfekte dokuların temizlenmesinde en çok tercih edilen kök kanal yıkama (irrigasyon) solüsyonudur (de-Jesus-Soares ve ark., 2020). Genç daimi dişlerin ince kök duvarlarını zayıflatmamak adına agresif mekanik genişletmeden kaçınıldığı için dezenfeksiyon yükü büyük ölçüde NaOCl'ye düşer; ancak bu solüsyonun %6 gibi yüksek konsantrasyonlarda kullanımı, doku yenilenmesini sağlayacak olan apikal papilla kök hücreleri (SCAP) üzerinde ciddi sitotoksik etkilere yol açarak tedavinin biyolojik temelini tehlikeye atar (Diogenes ve ark., 2014).

Bu nedenle Amerikan Endodonti Derneği (AAE) ve Avrupa Endodontoloji Derneği (ESE) gibi güncel kılavuzlar, hem yeterli antimikrobiyal dezenfeksiyonu sağlamak hem de kök hücre canlılığını korumak amacıyla NaOCl konsantrasyonunun %1,25 ile %3 arasında düşük tutulmasını önermektedir (Martin ve ark., 2014). Klinik uygulama sırasında, solüsyonun kök ucundan periapikal dokulara sızarak bu bölgedeki hayati dokulara toksik kimyasal hasar vermesini önlemek son derece önemlidir. İşlemin sonunda ise, NaOCl'nin kök hücreler üzerindeki olası toksik ve zararlı yan etkilerini nötralize etmek ve hücre tutunmasını desteklemek için NaOCl irrigasyonunun hemen ardından kök kanalları mutlaka %17'lik EDTA solüsyonu ile yıkanmalıdır (Widbiller ve ark., 2019).

2.3.1.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

EDTA, kök kanal tedavisinde smear tabakasının inorganik kısmının kaldırılmasında etkin olan, zayıf antimikrobiyal özelliklere sahip bir şelasyon ajanıdır (Mohammadi ve ark., 2013).

RET'te EDTA kullanımı, hasar görmüş dokuların yenilenmesi sürecinin en kritik ve vazgeçilmez kimyasal aşamalarından biridir. Çoğunlukla %17 konsantrasyonunda kullanılan bu solüsyon, kök kanalının dezenfeksiyonu ve hastanın kendi kök hücrelerinin kanala göç etmesi için ideal ortamın hazırlanmasında benzersiz faydalar sunar (Reis-Prado ve ark., 2022; Hashimoto ve ark., 2018). EDTA'nın RET prosedüründeki kullanım nedenleri ve sağladığı temel faydalar şu şekilde açıklanabilir:

Rejeneratif tedavilerde kök kanalını bakterilerden arındırmak için sodyum hipoklorit (NaOCl) temel yıkama solüsyonudur. Ancak NaOCl, doku yenilenmesinde temel rol oynayan apikal

papilla kök hücreleri (SCAP) ve diğer periapikal hücreler üzerinde sitotoksik etkilere sahiptir (Hancerliogullari ve ark., 2021).

EDTA, NaOCl'nin kök hücreler üzerindeki bu yıkıcı yan etkilerini tersine çevirerek ve nötralize ederek hücre sel canlılığı kurtarır (Hashimoto ve ark., 2018).

Dentin dokusu, doku yenilenmesi için kilit rol oynayan dönüştürücü büyüme faktörü-beta 1 (TGF-β1), fibroblast büyüme faktörü 2 (FGF2), vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve kemik morfogenetik proteini (BMP) gibi biyoaktif moleküllerin depolandığı çok zengin bir rezervuardır (Kim ve ark., 2018; Smith ve ark., 2016). EDTA'nın şelatör (kalsiyum bağlayıcı) zelliği, dentin matriksini hafıfe demineralize ederek hapsolmüş bu endojen büyüme faktörlerinin açığa çıkmasını sağlar (Reis-Prado ve ark., 2022, 2023; Kim, 2021).

Güncel RET kılavuzlarına göre EDTA, tedavinin hem birinci hem de ikinci seansında stratejik bir role sahiptir. İlk seansta %1,5-%3 oranındaki NaOCl irrigasyonunun ardından kanalı nötralize etmek ve dentini hazırlamak için 5 dakika boyunca uygulanır (Hashimoto ve ark., 2018). İkinci seansta ise (genellikle 1 ila 4 hafta sonra), kanal içine yerleştirilmiş olan kalsiyum hidroksit veya antibiyotik patı gibi geçici ilaç kalıntılarını nazikçe uzaklaştırmak, kanama indüksiyonu öncesinde kök hücreler için optimal ortamı hazırlamak amacıyla (yine %17'lik konsantrasyonla) tek başına kullanılır (AAE, 2016).

Tüm bu biyolojik faydalarına rağmen, EDTA'nın başarısı kök kanalının önceden ne kadar iyi dezenfekte edildiğine doğrudan bağlıdır. Kök kanalında kalan inatçı bakteriyel biyofilmler, EDTA'nın dentini demineralize etmesine karşı fiziksel bir bariyer oluşturur (Jung ve ark., 2019). Bu nedenle, EDTA'nın dönüştürücü gücünden tam anlamıyla yararlanabilmek için inatçı biyofilmlerin kanal içerisinden arındırılması şarttır.

Dentin matrisinden TGF-β1 salınımı hücre yenilenmesinin anahtarıdır. Yapılan çalışmalarda %10'luk sitrik asit (CA), altın standart olan %17'lik EDTA'dan çok daha yüksek miktarda TGF-β1 salınımı sağlamıştır (Atesci ve ark., 2020). Aynı şekilde %5 ve %7'lik maleik asit (MA) kullanımı da, özellikle bakteriyel biyofilm varlığında, EDTA'ya kıyasla önemli ölçüde daha fazla büyüme faktörü açığa çıkarmıştır (Tulasi ve ark., 2024; Cameron ve ark., 2019). Glikolik asit (GA) ise büyüme faktörü salınımı konusunda CA, EDTA ve MA'nın gerisinde kalmış, en düşük performansı sergilemiştir (Sadaghiani ve ark., 2022).

Subramanya ve ark. tarafından yapılan çalışmada %7 maleik asit (MA), %17 EDTA'dan istatistiksel olarak çok daha güçlü bir TGF-β1 büyüme faktörü salınımı tetiklemiştir. Kök hücrelerin (DPSC) canlılığı, yaralı blęeye göç etme (homing) kapasiteleri ve mineralize doku oluşturma başarıları incelendiğinde de %7 MA, %17 EDTA'ya kıyasla çok daha başarılı hücre tepkileri ve yüksek canlılık sağlamıştır (Subramanya ve ark., 2026).

2.3.1.3. Klorheksidin Glukonat (CHX)

Endodontide antimikrobiyal etkinliğiyle sıkça başvurulanan bir ajan olmasına rağmen, güncel uzman görüşleri ve kılavuzlar klorheksidin rejenaratif prosedürlerde ana kök kanal irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmasını tavsiye etmemektedir (Widbiller ve ark., 2019). Bunun sebebi doku çözücü etkisinin olmamasıdır. Bir diğer sebep ise kök hücrelere karşı sitotoksik etkisidir (Widbiller ve ark., 2019).

Rejenaratif tedavideki kullanımı sınırlıdır. Kök hücrelere zarar verme riski nedeniyle kanalın içerisinde irrigant olarak uygulanması önerilmese de, klorheksidin RET prosedüründe güvenli ve aseptik bir çevre oluşturmak amacıyla yüzeysel dezenfeksiyonda kullanılmaktadır. Klinik prosedürde dişe *rubber dam* izolasyonu yapıldıktan hemen sonra operasyon sahasının yüzeysel dezenfeksiyonunu sağlamak için %2'lik klorheksidin kullanımı standart ve önerilen bir adımdır (Wei ve ark., 2022).

2.3.1.4. Etidronik Asit (HEDP)

HEDP, endodontik prosedürlerde genellikle %9 konsantrasyonunda kullanılması tavsiye edilen, biyouyumlu ve zayıf bir şelasyon ajanıdır (Girard ve ark., 2005).

Etidronik asidin endodontideki en büyük kimyasal avantajı, sodyum hipoklorit (NaOCl) ile birlikte kullanıldığında NaOCl'nin antimikrobiyal ve organik doku çözücü etkilerini bozmamasıdır (Girard ve ark., 2005; Ulusoy ve ark., 2017).

Rejenaratif tedavilerde sodyum hipokloritin kök hücreler üzerinde yarattığı sitotoksik etkilerden dolayı, NaOCl kullanımının ardından şelasyon ajanı olarak EDTA yerine etidronik asidin tek başına kullanımı potansiyel bir alternatif olarak araştırılmaktadır (Mumcu ve ark., 2024). Etidronik asit, dentini demineralize ederek matriks içerisinde hapsolmuş büyüme faktörlerini açığa çıkarmada oldukça güçlüdür. Yapılan çalışmalarda, %9'luk etidronik asidin %17 EDTA ve fitik aside kıyasla daha yüksek oranda VEGF ve TGF- β 1 büyüme faktörü salınımına neden olduğu bildirilmiştir (Khan ve ark., 2021).

Etidronik asidin hücre göçünü artırmasına karşın, hücre canlılığı üzerindeki etkileri değişkendir. Çeşitli çalışmalarda, 3. ve 5. gün değerlendirmelerinde etidronik asidin kök hücre sağ kalımı üzerinde EDTA ve distile suya kıyasla daha sitotoksik sonuçlar verdiği, hücre canlılığını azalttığı bildirilmiştir (Deniz Sungur ve ark., 2019).

Akyüz ve ark. tarafından yapılan güncel bir randomize klinik çalışmada, açık apeksli nekrotik molar dişlerin rejenaratif tedavisinde %1,5 NaOCl ve %9 HEDP karışımının irrigasyon protokolü olarak kullanılması değerlendirilmiş; HEDP, EDTA ve sitrik aside kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek derecede postoperatif ağrıya yol açtığı saptanmıştır (Akyüz ve ark., 2025).

2.3.1.5. Sitrik Asit (CA)

Sitrik asit, bir alfa hidroksi asit (AHA) türevi olup, endodontik tedavilerde genellikle %10–50 konsantrasyon aralığında kullanılan bir dentin yüzey hazırlayıcı ve şelasyon ajanıdır (Kaushal ve ark., 2020). Fibroblastlar ve çeşitli kök hücreler üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda, bir diğer şelasyon ajanı olan EDTA'ya kıyasla dokular üzerinde daha az toksik ve daha biyouyumlu olduğu saptanmıştır (Scelza ve ark., 2004; Malheiros ve ark., 2005). Ancak NaOCl ile kombine kullanıldığında, ortamdaki serbest kloru tüketerek NaOCl'nin organik doku çözücü ve antibakteriyel etkinliğini ciddi şekilde azaltma gibi bir dezavantaja sahiptir (Zehnder, 2006).

Rejeneratif endodontik tedavilerde sitrik asit, ince kök duvarlarını zayıflatmadan kanalı kimyasal olarak şekillendirmek ve hücre dostu bir ortam yaratmak amacıyla kullanılmaktadır. RET prosedürlerinde, %10'luk sitrik asidin smear tabakasını uzaklaştırmada en az altın standart kabul edilen %17'lik EDTA kadar etkili olduğu bildirilmiştir (Kaushal ve ark., 2020).

Rejeneratif tedavide dentin matriksine gömülü büyüme faktörlerinin açığa çıkarılması, doku yenilenmesi için kritik bir aşamadır. Bazı alışmalar, sitrik asidin dentinden TGF-β1 (dönüştürücü büyüme faktörü-beta 1) salınımını EDTA'dan daha fazla uyardığını göstermiştir (Ivica ve ark., 2019).

Sitrik asit ile hazırlanan dentin yüzeyleri, kök hücrelerin kanala doğru migrasyonunu artırır ve hücrelerin dentine başarılı bir şekilde adezyonuna olanak tanır (Ivica ve ark., 2019; Atesci ve ark., 2020).

Bosaid ve ark. tarafından yapılan çalışmada rejeneratif endodontik işlemler sırasında kullanılan çeşitli irrigasyon solüsyonlarının uzun süreli kullanımının, çekilmiş insan dişlerinde kök kanal dentininin fiziksel ve kimyasal yapısı üzerindeki etkilerini değerlendirilmiştir. EDTA ve %10'luk CA, dentin yüzeyinin inorganik içeriğini ve mikro sertliğini azaltmış ve daha fazla kolajeni açığa çıkarmıştır; aynı zamanda %10'luk CA, inorganik içeriği ve dentin sertliğini %17 EDTA'dan daha fazla azaltmıştır (Bosaid ve ark., 2020).

2.3.1.6. Kitosan

Kitosan, yengeç ve karides gibi kabuklu deniz canlılarının dış iskeletinde bulunan kitinin deasetilasyonu ile elde edilen doğal bir aminopolisakkarit ve biyopolimerdir (Devadiga ve ark., 2016).

Kitosan; biyouyumluluk, biyobozunabilirlik, yüksek biyoaktivite, seçici geçirgenlik ve adsorpsiyon, biyoadhezyon ve yüksek konsantrasyonlarda geniş spektrumlu antimikrobiyal ve bakterisidal etkiler gibi sayısız olumlu özellik sergilemektedir (Wang ve ark., 2020). Kitosan,

rejeneratif tedavilerde temel olarak iki farklı amaçla öne çıkar: şelasyon ajanı ve doku iskelesi (scaffold).

RET prosedüründe dentin duvarlarındaki smear tabakasının kaldırılması şarttır, ancak altın standart olan %17 EDTA, dentinde ciddi kalsiyum kaybına ve erozyona yol açabilir. Kitosan, EDTA'ya kıyasla zayıf bir şelasyon ajanıdır; bu sayede smear tabakasını başarılı bir şekilde uzaklaştırırken, dentinin kalsiyum/fosfor (Ca/P) oranını bozmaz ve dişin sertliğini agresif bir şekilde zayıflatmaz (Mathew ve ark., 2017; Mostafa ve ark., 2018; Soliman ve ark., 2020). Bu durum, kök gelişimi tamamlanmamış ve duvarları zaten ince olan kırılğan dişler için kitosanı çok daha güvenli bir alternatif haline getirir.

Kitosan, hücrelerin yerleşip çoğalabileceği üç boyutlu ve gözenekli doğal bir ağ (iskelet) oluşturur (Wigler ve ark., 2013).

Klinik çalışmalarda, kitosan iskelesi kullanılarak yapılan tedavilerde periapikal lezyonların iyileştiği, apikal kapanmanın gerçekleştiği ve kök duvarlarının kalınlaştığı; kitosanın RET sürecini olumsuz etkilemediği gözlenmiştir (Palma ve ark., 2017).

2.3.1.7. Maleik asit (MA)

Maleik asit karboksilik grup ve bitişik bir hidroksil grubuna sahip hafif bir organik alfa hidroksi asittir (Ballal ve ark., 2009). Diş hekimliğinde ve kök kanal tedavilerinde genellikle %5, %7 veya %10 gibi düşük konsantrasyonlarda irrigant solüsyonu ve dentin yüzey kondisyoneri olarak tercih edilmektedir (Ferreira ve ark., 2020).

Özellikle %7 konsantrasyonundaki maleik asit, kök kanalının en zorlu kısmı olan apikal üçlüde smear tabakasını kaldırmada altın standart kabul edilen %17 EDTA'dan daha üstün bir etkinlik gösterir (Ballal ve ark., 2009; Ulusoy ve Görgül, 2013).

Maleik asit, geleneksel şelatörlere kıyasla dentin ve çevre dokulara karşı daha az toksiktir (Kandil ve ark., 2014; Ballal ve ark., 2009). Karşılaştırılabilir dozlarda EDTA'dan daha az apoptotik ve nekrotik hücre ölümüne neden olarak daha güvenli bir biyolojik profil sunar (Ballal ve ark., 2011). Ancak güçlü demineralize edici asidik yapısı nedeniyle dentin mikrosertliğini, inorganik mineral içeriğini ve kök kırılma direncini düşürebilir (Butala ve ark., 2017).

Rejeneratif tedavilerin başarısı, dentin matrisinde hapsolmuş büyüme faktörlerinin açığa çıkarılarak kök hücrelerin uyarılmasına bağlıdır. Maleik asit bu süreçte önemli avantajlar sunar:

Maksimum Büyüme Faktörü (TGF-β1) Salınımı: %7'lik maleik asit ile dentin kondisyonlaması, %17 EDTA'ya kıyasla dentin matrisinden anlamlı derecede daha yüksek miktarda TGF-β1 büyüme faktörü salınımı gerçekleştirir (Ballal ve ark., 2022).

Kök Hücre Canlılığı ve Çoğalması: Diş pulpası kök hücreleri (DPSC) ve apikal papilla kök hücreleri (SCAP), maleik asit ile muamele edilmiş dentin yüzeylerinde çok daha yüksek hücresel canlılık, proliferasyon (çoğalma) ve metabolik aktivite gösterir (Subramanya ve ark., 2026).

Hücre Göçü (Homing) ve Doku Onarımı: Maleik asit, düşük pH'ı sayesinde dentindeki kollajen fibrilleri ve sinyal proteinlerini daha iyi açığa çıkarır (Sloan ve ark., 2007). Bu durum, kök hücrelerin yaralı bölgeye hızla göç etmesini tetikler.

2.3.1.8. Glikolik Asit (GA)

Glikolik asit (GA), bir alfa hidroksi asit (AHA) türevidir ve endodontik işlemlerde düşük konsantrasyonlarda kanal yıkama (irrigasyon), asit pürüzlendirme (etching) ve dentin yüzey hazırlayıcı (conditioning) ajan olarak kullanılmaktadır (Barcellos ve ark., 2020). Glikolik asit, kök kanalındaki smear tabakasını uzaklaştırmada günümüzde altın standart olarak kabul edilen %17'lik EDTA ile karşılaştırılabilir bir etkinliğe sahiptir (Dal Bello ve ark., 2019; Barcellos ve ark., 2020). Ayrıca EDTA'ya kıyasla çok daha olumlu bir sitotoksosite profiline sahiptir (Dal Bello ve ark., 2019). Yapılan deneylerde, doku yenilenmesinde anahtar rol oynayan dönüştürücü büyüme faktörü-beta 1 (TGF- β 1) salınımı sağladığı ve bu yönden EDTA, sitrik asit ve maleik asit gibi ajanlarla karşılaştırıldığı görülmüştür (Tulasi ve ark., 2024).

2.3.1.9. Rejeneratif Tedavide Kullanılan Diğer Solüsyonlar

İleri Nesil Biyoaktif Cam ve Nanoterapötik Solüsyonlar

Kobalt Katkılı F18 Biyoaktif Cam (F18Co) Solüsyonu: Kök kanalında mineralize doku oluşumunu olumsuz etkilemeden, yumuşak bağ dokusu oluşumunu teşvik eder (de Paula ve ark., 2024).

Bakır Katkılı Biyoaktif Cam Nanoküreler (Cu-BGn) ve EGF: Bakır iyonları (Cu^{2+}) sayesinde *E. faecalis* bakterisine karşı yüksek antibakteriyel etki gösterir. Epidermal Büyüme Faktörü (EGF) ile yüklendiğinde, ortama yavaşça salınan bakır iyonları ve EGF güçlü bir sinerji yaratarak anjiyogenez ve VEGF salgısını artırır (Zepeda-Orozco ve ark., 2017; Schneider ve ark., 2009).

TGF- β 1 Bağlayıcı Peptit Modifiyeli Biyoaktif Cam (PSC-TGFp):

Dışarıdan büyüme faktörü eklemenin maliyet ve doz risklerini ortadan kaldırır. Dentin matriksinde halihazırda var olan endojen TGF- β 1'i bir sünger gibi yakalayıp bünyesine hapseder (Wu ve ark., 2022; Crispim, 2017). Yakaladığı büyüme faktörünün aniden ve hızla boşalmasını engelleyerek 21 güne varan yavaş ve kontrollü bir salınım sağlar. Bu durum apikal papilla kök hücrelerinin (SCAP) tutunmasını, göçünü ve yeni odontojenik farklılaşma kapasitesini maksimize eder (Wu ve ark., 2022).

Geleneksel antibiyotik patlarının kök hücelere verdiği sitotoksisiteyi önlemek adına geliştirilen, siprofloksasin yüklü PEG-PLGA nanopartiküller veya GM-CSF sitokini taşıyan kitosan nanojeller de etken maddelerin kanal içinde kontrollü ve hedefe yönelik salınımını sağlayarak tedavinin biyolojik başarısını artırmaktadır (Watcharadulyarat ve ark., 2023).

Aynı zamanda geleneksel rejeneratif tedavilerde kök kanalını dezenfekte etmek için kullanılan yüksek konsantrasyonlu antibiyotik patları, kök hücreler üzerinde ciddi toksik etkilere yol açabilir ve canlılıklarını azaltabilir (Kaur ve ark., 2026). Yeni nesil nanotaşıyıcı sistemler, bu sorunu tasarımlarındaki "enkapsülasyon" ve "kontrollü salınım" mekanizmaları ile aşmaktadır.

Sonuç

Rejeneratif endodontik tedavinin (RET) klinik ve histolojik başarısı, kök kanal sisteminde etkili bir enfeksiyon kontrolü sağlanırken aynı zamanda kök hücre canlılığının korunmasına ve doku onarımı için biyoaktif bir mikroçevrenin yaratılmasına doğrudan bağlıdır (Diogenes ve ark., 2014). İnce ve kırılğan kök duvarları nedeniyle mekanik şekillendirmenin kısıtlı tutulduğu bu prosedürde temel dezenfeksiyon düşük konsantrasyonlu NaOCl ile sağlanırken (Kontakiotis ve ark., 2015), NaOCl'nin kök hücreler üzerindeki toksik etkilerini nötralize etmek ve dentin matriksine hapsolmuş TGF- β 1 gibi vazgeçilmez büyüme faktörlerini açığa çıkarmak için EDTA gibi şelatörlerin son yıkama solüsyonu olarak kullanımı tedavinin en kritik adımlarından biridir (Niwa ve ark., 2018). Günümüzde EDTA altın standart olarak kabul edilse de; sitrik asit, etidronik asit (HEDP), oktenidin dihidroklorit (OKT) ve kitosan gibi kök hücreler üzerinde daha yüksek biyoyumluluk gösteren ve dentinin yapısal bütünlüğünü koruyan alternatif solüsyonların kullanımı umut verici sonuçlar sunmaktadır (AAE, 2021; Siqueira, 2010). Rejeneratif endodontide kullanılacak ideal solüsyon ve medikaman stratejisi; salt mikroorganizmaları öldürme hedefinden uzaklaşarak hücre dostu, kök hücre göçünü teşvik eden ve dentin matriksindeki endojen büyüme faktörlerini en yüksek verimle açığa çıkaran (maleik asit, sitrik asit, HICA) yaklaşımlara evrilmiştir (Prasad, 2020). Bu ajanların, kontrollü salınım yapan nanotaşıyıcılar ve biyoaktif cam süspansiyonları ile entegre edilmesi, pulpası nekroze olmuş dişlerde gerçek bir pulpa-dentin kompleksi rejenerasyonu elde etmenin en güvenilir ve bilimsel yöntemi olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akyüz, İ. E., Eminsoy Avcı, A. T., Üstün, Y., Kolçakoğlu, K. S., & Kızılcı, E. (2025). Evaluation of the effect of different irrigation solutions used in regenerative endodontic treatment of necrotic molar teeth with open apex on postoperative pain-randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 29(1), 66.
- Almonaitiene, R., Balciuniene, I., & Tutkuvienė, J. (2012). Standards for permanent teeth emergence time and sequence in Lithuanian children, residents of Vilnius city. *Stomatologija*, 14(3), 93–100.
- American Association of Endodontists. (2003). *Glossary of endodontic terms*.
- American Association of Endodontists. (2016). *AAE clinical considerations for a regenerative procedure*.
- Atesci, A. A., Avcı, C. B., Tuglu, M. I., Ay, N. P. O., & Eronat, A. C. (2020). Effect of different dentin conditioning agents on growth factor release, mesenchymal stem cell attachment and morphology. *Journal of Endodontics*, 46(2), 200–208.
- Ballal, N. V., Kandian, S., Mala, K., Bhat, K. S., & Acharya, S. (2009). Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: A scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, 35(11), 1573–1576.
- Ballal, N. V., Mala, K., & Bhat, K. S. (2011). Evaluation of decalcifying effect of maleic acid and EDTA on root canal dentin using energy dispersive spectrometer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112(2), e78–e84.
- Barcellos, D. P. D. C., Farina, A. P., Barcellos, R., Souza, M. A., Borba, M., Bedran-Russo, A. K., Dal Bello, Y., Vidal, C. M. P., & Cecchin, D. (2020). Effect of a new irrigant solution containing glycolic acid on smear layer removal and chemical/mechanical properties of dentin. *Scientific Reports*, 10(1), 7313.
- Bosaid, F., Aksel, H., Makowka, S., & Azim, A. A. (2020). Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics. *International Endodontic Journal*, 53(10), 1438–1445.
- Butala, R., Kabbinala, P., & Ballal, V. (2017). Comparative evaluation of ethylenediaminetetraacetic acid, maleic acid, and peracetic acid in smear layer removal from instrumented root canal system: A scanning electron microscopic analysis study. *Saudi Endodontic Journal*, 7(3), 170–175.

- Cameron, R., Claudia, E., Ping, W., Erin, S., & Ruparel, N. B. (2019). Effect of a residual biofilm on release of transforming growth factor β 1 from dentin. *Journal of Endodontics*, 45(9), 1119–1125.
- Dal Bello, Y., Porsch, H. F., Farina, A. P., Souza, M. A., Silva, E. J. N. L., Bedran-Russo, A. K., & Cecchin, D. (2019). Glycolic acid as the final irrigant in endodontics: Mechanical and cytotoxic effects. *Materials Science and Engineering: C*, 100, 323–329.
- de-Jesus-Soares, A., Prado, M. C., Nardello, L. C., Pereira, A. C., . . . Pinheiro, E. T. (2020). Clinical and molecular microbiological evaluation of regenerative endodontic procedures in immature permanent teeth. *Journal of Endodontics*, 46(10), 1448–1454.
- Deniz Sungur, D., Aksel, H., Ozturk, S., Yılmaz, Z., & Ulubayram, K. (2019). Effect of dentine conditioning with phytic acid or etidronic acid on growth factor release, dental pulp stem cell migration and viability. *International Endodontic Journal*, 52(6), 838–846.
- de Paula, K. D. S., dos Reis-Prado, A. H., de Jesus, W. P., Goto, J., de Arantes, L. C., . . . Benetti, F. (2024). Final irrigation with bioglass solution in regenerative endodontic procedure induces tissue formation inside the root canals, collagen maturation, proliferation cell and presence of osteocalcin. *International Endodontic Journal*, 57(5), 586–600.
- Devadiga, S. B., Shetty, D., Lakshmi, G., & Packiyam, J. E. (2016). Synthesis of chitosan silver nanoparticles from chitin of crustacean shell and its applications. *International Journal of Current Research in Chemistry and Pharmaceutical Sciences*, 3(05), 1–5.
- Diogenes, A. R., Ruparel, N. B., Teixeira, F. B., & Hargreaves, K. M. (2014). Translational science in disinfection for regenerative endodontics. *Journal of Endodontics*, 40(4), S52–S57.
- Elnaggar, S. E., El Backly, R. M., Zaazou, A. M., Morsy Elshabrawy, S., & Abdallah, A. A. (2021). Effect of different irrigation protocols for applications in regenerative endodontics on mechanical properties of root dentin. *Australian Endodontic Journal*, 47(2), 228–235.
- Estefan, B. S., El Batouty, K. M., Nagy, M. M., & Diogenes, A. (2016). Influence of age and apical diameter on the success of endodontic regeneration procedures. *Journal of Endodontics*, 42(11), 1620–1625.

- Estrela, C., Estrela, C. R., Barbin, E. L., Spanó, J. C. E., Marchesan, M. A., & Pécora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 13, 113–117.
- Farhad, A., & Mohammadi, Z. (2005). Calcium hydroxide: A review. *International Dental Journal*, 55(5), 293–301.
- Ferreira, L. N., Puppini-Rontani, R. M., & Pascon, F. M. (2020). Effect of intracanal medicaments and irrigants on the release of transforming growth factor beta 1 and vascular endothelial growth factor from cervical root dentin. *Journal of Endodontics*, 46(11), 1616–1622.
- Frank, A. L. (1966). Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *The Journal of the American Dental Association*, 72(1), 87–93.
- Girard, S., Paqué, F., Badertscher, M., Sener, B., & Zehnder, M. (2005). Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate. *International Endodontic Journal*, 38(11), 810–816.
- Goldstein, S., Sedaghat-Zandi, A., Greenberg, M., & Friedman, S. (1999). Apexification & apexogenesis. *New York State Dental Journal*, 65(5), 23.
- Guerrero, F., Mendoza, A., Ribas, D., & Aspiazu, K. (2018). Apexification: A systematic review. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 21(5), 462–465.
- Hancerliogullari, D., Erdemir, A., & Kisa, U. (2021). The effect of different irrigation solutions and activation techniques on the expression of growth factors from dentine of extracted premolar teeth. *International Endodontic Journal*, 54(10), 1915–1924.
- Hargreaves, K. M., Diogenes, A., & Teixeira, F. B. (2013). Treatment options: Biological basis of regenerative endodontic procedures. *Pediatric Dentistry*, 35(2), 129–140.
- Hashimoto, K., Kawashima, N., Ichinose, S., Nara, K., Noda, S., & Okiji, T. (2018). EDTA treatment for sodium hypochlorite-treated dentin recovers disturbed attachment and induces differentiation of mouse dental papilla cells. *Journal of Endodontics*, 44(2), 256–262.
- Huang, G. J. (2009). Apexification: The beginning of its end. *International Endodontic Journal*, 42(10), 855–866.
- Ivica, A., Zehnder, M., Mateos, J. M., Ghayor, C., & Weber, F. E. (2019). Biomimetic conditioning of human dentin using citric acid. *Journal of Endodontics*, 45(1), 45–50.
- Jha, P., Viridi, M. S., & Nain, S. (2019). A regenerative approach for root canal treatment of mature permanent teeth: Comparative evaluation with 18 months follow-up. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 12(3), 182.

- Jung, C., Kim, S., Sun, T., Cho, Y. B., & Song, M. (2019). Pulp-dentin regeneration: Current approaches and challenges. *Journal of Tissue Engineering*, 10, 2041731418819263.
- Jyothi, M. (2001). Management of immature teeth: A paradigm shift from apexification to apexogenesis. *Environment*, 2, 3.
- Kaiser, H. J. (1964). Management of wide open apex canals with calcium hydroxide [Paper presentation]. 21st Annual Meeting of the American Association of Endodontists, Washington, DC, United States.
- Kandaswamy, D., & Venkateshbabu, N. (2010). Root canal irrigants. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 13(4), 256–264.
- Kandil, H. E., Labib, A. H., & Alhadainy, H. A. (2014). Effect of different irrigant solutions on microhardness and smear layer removal of root canal dentin. *Tanta Dental Journal*, 11(1), 1–11.
- Karczewski, A., Feitosa, S. A., Hamer, E. I., . . . Bottino, M. C. (2018). Clindamycin-modified triple antibiotic nanofibers: A stain-free antimicrobial intracanal drug delivery system. *Journal of Endodontics*, 44(1), 155–162.
- Kaur, K., Binduhayyim, R. I. H., Saini, R. S., Bavabeedu, S. S., . . . Heboyan, A. (2026). Bioactive molecule delivery platforms in regenerative endodontic therapy: A systematic review and meta-analysis. *Cell Transplantation*, 35, 09636897251407385.
- Kaushal, R., Bansal, R., & Malhan, S. (2020). A comparative evaluation of smear layer removal by using ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid, and maleic acid as root canal irrigants. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 23(1), 71–78.
- Khan, J. A., Hasan, A., Dossa, S., & Ali, B. (2021). Effect of natural and artificial dentin conditioners on the release of vascular endothelial growth factor. *Journal of Endodontics*, 47(5), 800–805.
- Kim, S. G. (2021). A cell-based approach to dental pulp regeneration using mesenchymal stem cells: A scoping review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4357.
- Kim, S. G., Malek, M., Sigurdsson, A., Lin, L. M., & Kahler, B. (2018). Regenerative endodontics: A comprehensive review. *International Endodontic Journal*, 51(12), 1367–1388.
- Kling, M., Cvek, M., & Mejare, I. (1986). Rate and predictability of pulp revascularization in therapeutically reimplanted permanent incisors. *Dental Traumatology*, 2(3), 83–89.

- Lawley, G. R., Schindler, W. G., Walker III, W. A., & Kolodrubetz, D. (2004). Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. *Journal of Endodontics*, 30(3), 167–172.
- Lin, L. M., Shimizu, E., Gibbs, J. L., Loghin, S., & Ricucci, D. (2014). Histologic and histobacteriologic observations of failed revascularization/revitalization therapy: A case report. *Journal of Endodontics*, 40(2), 291–295.
- Malheiros, C. F., Marques, M. M., & Gavini, G. (2005). In vitro evaluation of the cytotoxic effects of acid solutions used as canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 31(10), 746–748.
- Martin, D. E., De Almeida, J. F. A., Henry, M. A., Khaing, Z. Z., Schmidt, C. E., Teixeira, F. B., & Diogenes, A. (2014). Concentration-dependent effect of sodium hypochlorite on stem cells of apical papilla survival and differentiation. *Journal of Endodontics*, 40(1), 51–55.
- Mathew, S. P., Pai, V. S., Usha, G., & Nadig, R. R. (2017). Comparative evaluation of smear layer removal by chitosan and EDTA and its effect on root dentine: An in vitro AFM and EDX analysis. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 20(4), 245–250.
- McTigue, D. J., Subramanian, K., & Kumar, A. (2013). Case series: Management of immature permanent teeth with pulpal necrosis: A case series. *Pediatric Dentistry*, 35(1), 55–60.
- Mohammadi, Z. (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: An update review. *International Dental Journal*, 58(6), 329–341.
- Mohammadi, Z., Shalavi, S., & Jafarzadeh, H. (2013). Ethylenediaminetetraacetic acid in endodontics. *European Journal of Dentistry*, 7(Suppl. 1), S135–S142.
- Mostafa, H., El Deen, M., & El Naby, H. (2018). Effect of different concentrations of chitosan as final irrigating solution on smear layer removal and calcium ions concentration. *Al-Azhar Journal of Dentistry*, 5(4).
- Mousivand, S., Sheikhnezami, M., Moradi, S., Koohestanian, N., & Jafarzadeh, H. (2022). Evaluation of the outcome of apexogenesis in traumatised anterior and carious posterior teeth using MTA: A 5-year retrospective study. *Australian Endodontic Journal*, 48(3).
- Mumcu, A. K., Kurnaz, S., Kiraz, G., & Gündüz, M. K. (2024). Comparative effects of 17% EDTA and 9% etidronic acid applied with different irrigant activation techniques on the release of growth factors from dentin. *BMC Oral Health*, 24(1), 612.

- Murray, P. E., Garcia-Godoy, F., & Hargreaves, K. M. (2007). Regenerative endodontics: A review of current status and a call for action. *Journal of Endodontics*, 33, 377–390.
- Orduña, J. F. G., Caviades-Bucheli, J., Céspedes, M. C. M., . . . López-López, J. (2017). Use of platelet-rich plasma in endodontic procedures in adults: Regeneration or repair? *Journal of Endodontics*, 43(8), 1294–1301.
- Palma, P. J., Ramos, J. C., Martins, J. B., Diogenes, A., . . . Santos, J. M. (2017). Histologic evaluation of regenerative endodontic procedures with the use of chitosan scaffolds in immature dog teeth. *Journal of Endodontics*, 43(8), 1279–1287.
- Prasad, M. (2020). *Real-time atomic force microscopy for the evaluation of demineralization effects of 17% EDTA, 10% citric acid and 0.2% chitosan on root dentin: An in vitro study* [Master's thesis, Rajiv Gandhi University of Health Sciences].
- Rafter, M. (2005). Apexification: A review. *Dental Traumatology*, 21(1), 1–8.
- Reis-Prado, A. H., Abreu, L. G., Fagundes, R. R., Oliveira, S. C., . . . Ribeiro-Sobrinho, A. P. (2022). Influence of EDTA on regenerative endodontics: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 55, 579–612.
- Reis-Prado, A. H., Oliveira, S. C., Goto, J., Silva, G. A. B., Cintra, L. T. A., de Mesquita, R. A., et al. (2023). Influence of EDTA irrigation on the regenerative endodontic procedure in an immature rat molar model. *International Endodontic Journal*, 56, 69–79.
- Sadaghiani, L., Alshumrani, A. M., Gleeson, H. B., Ayre, W. N., & Sloan, A. J. (2022). Growth factor release and dental pulp stem cell attachment following dentine conditioning: An in vitro study. *International Endodontic Journal*, 55(8), 858–869.
- Scelza, M. F. Z., Pierro, V., Scelza, P., & Pereira, M. (2004). Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 98(4), 499–503.
- Schneider, M. R., Sibilía, M., & Erben, R. G. (2009). The EGFR network in bone biology and pathology. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 20(10), 517–524.
- Shaik, I., Tulli, M., Unnam, P., Karunakaran, S., Vaddi, D. S., Jabeen, R., & Tiwari, R. V. C. (2021). Regenerative endodontic therapy in the management of nonvital immature permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 13(Suppl. 1), S36–S42.
- Siqueira, J. F., Jr. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *International Endodontic Journal*, 36(7), 453–463.

- Smith, A. J., Duncan, H. F., Diogenes, A., Simon, S., & Cooper, P. R. (2016). Exploiting the bioactive properties of the dentin-pulp complex in regenerative endodontics. *Journal of Endodontics*, 42(1), 47–56.
- Soliman, A. Y., Roshdy, N. B., & Lutfy, R. A. (2020). Assessment of the effect of chitosan nanoparticles on the ultra-structure of dentinal wall. *Acta Scientific Dental Sciences*, 4(01), 32–38.
- Stewart, D. J. (1963). Root canal therapy in incisor teeth with open apices. *British Dental Journal*, 114, 249–254.
- Subramanya, A., Mata, S., Narkedamalli, R., Belle, V. S., Dhanushkodi, A., Duncan, H. F., . . . Ballal, N. V. (2026). Comparing the bioactive effects of ethylenediaminetetraacetic acid and maleic acid on TGF- β 1 release from dentine and dental pulp stem cell activity. *International Endodontic Journal*, 59(3), 524–537.
- Tulasi, L., Dhanasekaran, S., Venkatesh, V., & Venkatesh, V., Sr. (2024). Effect of alpha hydroxy acids as dentin conditioning agents on growth factor release: An in vitro study. *Cureus*, 16(9).
- Ulusoy, Ö. İ., & Görgül, G. (2013). Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Australian Endodontic Journal*, 39(2), 66–72.
- Ulusoy, Ö. İ., Zeyrek, S., & Çelik, B. (2017). Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using EDTA, peracetic, and etidronic acids. *Microscopy Research and Technique*, 80(7), 687–692.
- Vishwanat, L., Duong, R., Takimoto, K., Phillips, L., . . . Ruparel, N. B. (2017). Effect of bacterial biofilm on the osteogenic differentiation of stem cells of apical papilla. *Journal of Endodontics*, 43(6), 916–922.
- Wang, N., Ji, Y., Zhu, Y., Wu, X., Mei, L., Zhang, H., . . . Wang, S. (2020). Antibacterial effect of chitosan and its derivative on *Enterococcus faecalis* associated with endodontic infection. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 19(6), 3805–3813.
- Watcharadulyarat, N., Rattanatayarom, M., Ruangsawasdi, N., & Patikarnmonthon, N. (2023). PEG–PLGA nanoparticles for encapsulating ciprofloxacin. *Scientific Reports*, 13(1), 266.
- Wei, X., Yang, M., Yue, L., Huang, D., Zhou, X., Wang, X., . . . Ling, J. (2022). Expert consensus on regenerative endodontic procedures. *International Journal of Oral Science*, 14(1), 55.

- Whittle, M. (2000). Apexification of an infected untreated immature tooth. *Journal of Endodontics*, 26(4), 245–247.
- Widbiller, M., Althumairy, R. I., & Diogenes, A. (2019). Direct and indirect effect of chlorhexidine on survival of stem cells from the apical papilla and its neutralization. *Journal of Endodontics*, 45(2), 156–160.
- Wigler, R., Kaufman, A. Y., Lin, S., Steinbock, N., Hazan-Molina, H., & Torneck, C. D. (2013). Revascularization: A treatment for permanent teeth with necrotic pulp and incomplete root development. *Journal of Endodontics*, 39(3), 319–326.
- Wu, J., Mao, S., Xu, L., Qiu, D., Wang, S., & Dong, Y. (2022). Odontogenic differentiation induced by TGF- β 1 binding peptide–modified bioglass. *Journal of Dental Research*, 101(10), 1190–1197.
- Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398.
- Zepeda-Orozco, D., Wen, H. M., Hamilton, B. A., Raikwar, N. S., & Thomas, C. P. (2017). EGF regulation of proximal tubule cell proliferation and VEGF-A secretion. *Physiological Reports*, 5(18), e13453.

BÖLÜM 6

RECİPROC R25 EĞESİNİN FARKLI RESİPROKAL AÇILARLA KULLANIMININ APİKALDEN TAŞAN DEBRİS MİKTARINA ETKİSİ¹

Nezif ÇELİK², Sadullah KAYA³

¹ Bu çalışma, Nezif Çelik'in Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında, Prof. Dr. Sadullah Kaya danışmanlığında 2020 yılında tamamladığı “Reciproc R25 Eğesinin Farklı Resiprokal Açılarla Kullanımının Apikalden Taşan Debris Miktarına Etkisi” başlıklı uzmanlık tezinden üretilmiştir.

² Dr. Öğr. Üye. Nezif Çelik Harran Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi E-mail:dtnezifcelik@harran.edu.tr

³ Prof. Dr. Dicle Üniversitesi

1 Giriş ve amaç

Kök kanal tedavisinde kemomekanik şekillendirme, kanal sistemindeki doku artıklarının uzaklaştırılması ve kanalın doluma hazırlanması için temel bir basamaktır. Şekillendirme sırasında kanalın anatomik yapısının korunması hedeflenirken dentin parçacıkları, pulpa dokusu artıkları, mikroorganizmalar ve irrigasyon solüsyonları apikal forameninden dışarı taşabilir. Apikal ekstrüzyon olarak adlandırılan bu durum, periapikal dokuların irritasyonu ve tedavi sonrasında gelişen inflamatuvar yanıt açısından önem taşır (Schilder, 1974; Siqueira ve Rôças, 2007; Tanalp ve Güngör, 2014).

Apikalden taşan materyalin miktarı kadar içeriği ve konak dokuların yanıtı da önemlidir. Enfekte materyalin periapikal bölgeye taşınması, mevcut mikrobiyal yük ile konak savunması arasındaki dengeyi etkileyebilir. Bununla birlikte, laboratuvarla ölçülen debris ağırlığı tek başına hastada ortaya çıkacak ağrı veya akut alevlenmenin düzeyini belirlemez (Walton, 2002; Siqueira ve Rôças, 2007).

Nikel titanyum eğelerin yaygınlaşmasıyla birlikte alet tasarımı ve hareket kinematiğinin apikal ekstrüzyon üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sürekli rotasyonla çalışan çok eğeli sistemler ve resiprokal hareketle çalışan tek ege sistemleri arasında yapılan karşılaştırmalar farklı sonuçlar vermiştir. Bu farklılıklar değerlendirilirken kullanılan eğelerin kesit yapısı, konikliği ve sayısının yanı sıra diş anatomisi, çalışma boyu ve irrigasyon protokolü de dikkate alınmalıdır (Bürklein ve Schäfer, 2012; Tanalp ve Güngör, 2014).

Aynı eğenin farklı hareket açılarıyla kullanılması, ege tasarımı sabit tutulurken kinematiğin etkisinin incelenmesine olanak verir. Bu bölümde Reciproc R25 eğesinin 150° saat yönünün tersi ve 30° saat yönü, 180° saat yönünün tersi ve 60° saat yönü, 210° saat yönünün tersi ve 90° saat yönü açılarıyla kullanımını karşılaştıran tez çalışması ele alınmaktadır. Amaç, bu üç kombinasyonun apikalden taşan debris miktarı bakımından farklılık gösterip göstermediğini in vitro koşullarda değerlendirmektir.

2 Genel bilgiler

2.1 Apikal ekstrüzyon ve periapikal yanıt

Apikal periodontitis, kök kanal sistemindeki enfeksiyonla ilişkili inflamatuvar bir hastalıktır. Mikroorganizmalar ve ürünleri periapikal dokularda konak yanıtını uyarak inflamasyona ve sert doku yıkımına katkıda bulunabilir. Kanal preparasyonu sırasında apikalden taşan enfekte materyal de bu yanıtı etkileyebilecek etkenlerden biridir (Siqueira ve Rôças, 2007).

Endodontik akut alevlenme, tedavi sırasında veya tedaviden sonra gelişen, planlanmamış değerlendirme ve müdahale gerektirebilen ağrı ve/veya şişlikle ilişkilidir. Apikal ekstrüzyon bu durumun olası etkenleri arasında değerlendirilmekle birlikte, akut alevlenmenin oluşumu yalnızca taşan debris miktarıyla açıklanamaz. Dişin başlangıç durumu, enfeksiyonun özellikleri ve konak yanıtı da dikkate alınmalıdır (Walton ve Fouad, 1992; Walton, 2002).

2.2 Apikalden debris çıkışını etkileyen değişkenler

Apikal debris ekstrüzyonunu inceleyen deneylerde apikal açıklık, çalışma boyu, kanal eğriliği, eğe tasarımı ve irrigasyon koşulları başlıca değişkenlerdir. Bu değişkenlerin gruplar arasında olabildiğince benzer tutulması, karşılaştırılan faktörün etkisinin daha sağlıklı değerlendirilmesini sağlar (Tanalp ve Güngör, 2014).

Apikal foramenin boyutu ve çalışma boyunun foramene göre konumu, materyalin apikal bölgeye geçişini etkileyebilir. Kanal eğriliği ise eğenin ilerlemesi ve irrigasyonun uygulanması üzerinde etkili olabilir. Bu nedenle az eğimli, benzer anatomik özellikler taşıyan dişlerin seçilmesi deneysel standardizasyon açısından önemlidir.

Eğelerin kesit yapısı, konikliği, kesici kenarları ve kullanılan eğe sayısı, preparasyon sırasında oluşan debrisin miktarını ve taşınma biçimini etkileyebilir. Farklı sistemlerle yapılan çalışmalarda yalnızca hareket türü değişmediğinden, sonuçların doğrudan kinematiğe bağlanması güçtür. Nitekim farklı eğe sistemlerini karşılaştıran araştırmalar, apikal ekstrüzyon yönünden aynı sıralamayı göstermemiştir (Bürklein ve Schäfer, 2012; Koçak ve ark., 2013; De-Deus ve ark., 2015).

İrrigasyon iğnesinin tipi, çapı ve kanal içindeki derinliği ile solüsyonun akış hızı ve uygulanan hacim de deneysel sonuçları etkileyebilir. Apikal ekstrüzyonun ağırlık yöntemiyle değerlendirildiği çalışmalarda irrigasyon solüsyonunun kurutma sonrasında bırakabileceği kalıntılar ayrıca dikkate alınmalıdır (Hinrichs ve ark., 1998; Tanalp ve Güngör, 2014).

2.3 Resiprokal hareket ve Reciproc R25

Resiprokal hareket, eğenin birbirine zıt yönlerde ve farklı açısal genişliklerde hareket etmesine dayanır. Reciproc sisteminde saat yönünün tersindeki hareket kesme, saat yönündeki hareket ise serbest kalma yönüdür. Bu bölümde saat yönünün tersi SYT, saat yönü ise SY olarak kısaltılmıştır.

Reciproc sistemi R25, R40 ve R50 eğelerini içerir. Çalışmada kullanılan R25 eğesinin uç çapı 0,25 mm, apikal ilk 3 mm boyunca konikliği %8'dir. Daha koronal bölgelerde koniklik azalır. Tezde standart açı kombinasyonu 150° SYT–30° SY olarak tanımlanmıştır. Araştırmada bu kombinasyona ek olarak, kesme ve serbest kalma açıları birlikte artırılarak 180° SYT–60° SY ile 210° SYT–90° SY kombinasyonları değerlendirilmiştir.

Resiprokal tek eğe yaklaşımının gelişiminde Yared'in tek bir nikel titanyum eğeyle preparasyona ilişkin çalışması önemli bir yer tutmaktadır. Farklı resiprokal açılarının apikal debris ekstrüzyonu üzerindeki etkisi ise aynı eğe sistemini kullanan deneysel karşılaştırmalarla araştırılmıştır (Yared, 2008; Arslan ve ark., 2016).

2.4 Apikal debris miktarının ölçülmesi

Apikalden taşan debrisin ağırlık yöntemiyle ölçülmesinde, preparasyon öncesinde boş toplama kabı tartılır. Şekillendirme sırasında apikalden çıkan materyal ve irrigasyon solüsyonu bu kapta biriktirilir. Sıvı uzaklaştırıldıktan sonra kap yeniden tartılır ve iki ölçüm arasındaki fark debris ağırlığı olarak hesaplanır. Myers ve Montgomery'nin geliştirdiği düzenek bu yaklaşımın temel örneklerinden biridir (Myers ve Montgomery, 1991).

Bu yöntemde tüpün son ağırlığı tek başına debris miktarını göstermez; başlangıç ağırlığının çıkarılması gerekir. Ayrıca periapikal dokuların oluşturduğu direnç, doku sıvıları ve inflamatuvar yanıt laboratuvar düzeneğinde bütünüyle temsil edilemez. Bu nedenle yöntem, belirli deney koşullarında grupların karşılaştırılmasına olanak verirken klinik sonuçların doğrudan ölçümü olarak değerlendirilmemelidir.

3 Materyal ve yöntem

3.1 Çalışmanın yürütüldüğü merkez ve etik onay

Çalışma Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında gerçekleştirildi. Örneklerin incelenmesi ve eppendorf tüplerinin tartılması Dicle Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapıldı. Çalışma, Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulunun 19.07.2019 tarihli 8 numaralı toplantısında 2019/32 protokol numarasıyla onaylandı.

3.2 Dişlerin seçimi ve hazırlanması

Çalışmada periodontal, protetik veya ortodontik nedenlerle çekilmiş 60 adet insan alt çene küçük azı dişi kullanıldı. Tek köklü, tek kanallı ve tek apikal foramene sahip dişler seçildi. Schneider yöntemine göre eğrilik açısı 10°'den küçük olan örnekler çalışmaya alındı (Schneider, 1971).

Kök yüzeylerindeki diş taşları ve yumuşak doku artıkları periodontal küretlerle uzaklaştırıldı. Bukkolingual ve meziodistal yönlerden alınan radyografilerle kalsifikasyonlu veya birden fazla kanal içeren dişler dışlandı. Örnekler stereomikroskop altında $\times 30$ büyütmede incelenerek tek apikal foramene sahip oldukları doğrulandı (Zeiss Stemi DV4, Jena, Almanya).

Dişler dezenfeksiyon amacıyla %5,25 NaOCl solüsyonunda bekletildi; çalışma zamanına kadar serum fizyolojik içinde muhafaza edildi. Giriş kavimleri su soğutması altında elmas rond frezle açıldı. Apikal açıklığı standardize etmek amacıyla kök uçlarına iki kat tırnak cilası uygulandı ve 10 numaralı K tipi eğe kök ucundan 1 mm dışarı çıkarılarak standart, yuvarlak bir apikal foramen elde edilmeye çalışıldı.

Çalışma boyu, 10 numaralı K tipi eğenin apikal foramende görüldüğü noktada ölçülen uzunluktan 1 mm çıkarılarak belirlendi. Uzunluğu 18 mm'den fazla olan dişlerde tüberkül tepeleri kesilerek diş boyu 18 mm'ye getirildi.

3.3 Ön şekillendirme ve deney grupları

Tüm dişlerde çalışma boyunda 20 numaralı K tipi eğeye kadar manuel ön şekillendirme yapıldı. Her eğe değişiminde 1 mL distile suyla irrigasyon uygulandı. Örnekler her grupta 20 diş olacak şekilde rastgele üç gruba ayrıldı.

Tablo 1 Deney grupları

Grup	n	Kesme açısı	Serbest kalma açısı
1	20	150° SYT	30° SY
2	20	180° SYT	60° SY
3	20	210° SYT	90° SY

Kanallar E Connect-S endomotor (Eighteeth, Changzhou Sifary Medical Technology, Çin) kullanılarak şekillendirildi. Her dişte bir adet Reciproc R25 eğesi kullanıldı. Tüm gruplarda motorun hız ayarı 300 rpm, tork ayarı 2 N·cm olarak uygulandı. İşlemler tek operatör tarafından minimal apikal basınçla geręekleřtirildi. Üç gagalama hareketinden sonra irrigasyon yapıldı; eğenin kanalda sıkışmasını önlemek amacıyla ileri ve geri hareketlerle çalışıldı. Açı kombinasyonu dışında şekillendirme ve irrigasyon protokolü gruplar arasında aynı tutuldu.

3.4 İrrigasyon protokolü

İrrigasyonda distile su kullanıldı. Akış hızını standardize etmek amacıyla şırınga pompası 2 mL/dk hızında ayarlandı (Mindray BeneFusion SP1, Shenzhen, Çin). Solüsyon, 10 mL'lik plastik enjektör ve 30 G çapında Irriflex yumuşak plastik irrigasyon ucu aracılığıyla uygulandı. İrrigasyon ucu çalışma boyundan 1 mm kısa konumlandırıldı.

Reciproc R25 ile şekillendirme sırasında 9 mL distile su uygulandı. İşlem tamamlandıktan sonra kök ucuna yapışan debris, ilave 1 mL distile suyla yıkanarak toplama tüpüne aktarıldı. Belirtilen 10 mL hacim, Reciproc ile şekillendirme ve apikal yüzey yıkaması aşamasına aittir; manuel ön şekillendirmede her eğe değişiminde kullanılan 1 mL su yukarıda ayrıca belirtilmiştir.

Distile su, NaOCl'nin kurutma sonrasında bırakabileceği kristal kalıntıların debris ağırlığını etkileme olasılığını azaltmak için tercih edildi. Bu tercih deneysel ağırlık ölçümüne yöneliktir (Hinrichs ve ark., 1998).

3.5 Deney düzeneği ve debris ağırlığının belirlenmesi

Myers ve Montgomery tarafından geliştirilen deney düzeneği esas alındı (Myers ve Montgomery, 1991). Apikalden taşan debris ve irrigasyon solüsyonu 1,5 mL'lik eppendorf tüplerinde toplandı. Tüpler numaralandırıldı ve hassas terazide üçer kez tartıldı (Sartorius, Göttingen, Almanya). Bu ölçümlerin ortalaması her tüpün başlangıç ağırlığı olarak kaydedildi.

Dişlerin koronal kök bölümünde kompozit kalıplar hazırlandı. Kalıpların çevresine iki kat teflon bant sarılarak dişler tüplere sabitlendi. İç ve dış basıncı dengelemek amacıyla kompozit blok ile tüp arasına 27 G bir enjektör iğnesi yerleştirildi. Düzenek küçük bir cam şişe içine sabitlendi.

Şekillendirme ve apikal yüzey yıkaması tamamlandıktan sonra dişler düzeneğe çıkarıldı. Tüplerde biriken sıvıyı uzaklaştırmak amacıyla örnekler ağızları açık olarak 70 °C’de üç gün etüvde bekletildi. Ardından tüpler yeniden tartılarak debris ile birlikte son ağırlıkları belirlendi. Son ağırlıktan başlangıç ağırlığının çıkarılmasıyla her örnekte apikalden taşan debris miktarı hesaplandı.

3.6 İstatistiksel değerlendirme

Veriler IBM SPSS Statistics Version 21 programıyla analiz edildi. Normal dağılım Shapiro–Wilk testiyle değerlendirildi. Normal dağılım göstermeyen değişkenlerin gruplar arası karşılaştırılmasında Kruskal–Wallis H testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edildi. Başlangıç tüp ağırlığı, debris ile birlikte son tüp ağırlığı ve iki ölçüm arasındaki fark değerleri değerlendirildi.

4 Bulgular

Üç deney grubunda da apikalden debris taşımı görüldü. Gruplara ait debris miktarının tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2 Apikalden taşan debris miktarı

Grup	n	Ort mg	± SS	Medyan mg	Min–maks mg	Ortalama sıra
1	20	0,38	± 0,20	0,33	0,15–0,97	38,08
2	20	0,29	± 0,29	0,20	0,03–1,10	27,10
3	20	0,27	± 0,24	0,20	0,00–0,80	26,33

SS: standart sapma. Değerler mg cinsindedir. Kruskal–Wallis H=5,664; p=0,059. Grup 3’ün minimum değeri tezde 0,00 mg olarak raporlanmıştır.

Apikal debris miktarları bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (H=5,664; p=0,059). Ortalama miktar en yüksek 150° SYT–30° SY, en düşük 210° SYT–90° SY grubunda görüldü. Sayısal sıralama Grup 1 > Grup 2 > Grup 3 şeklindeydi.

Tablo 3 Başlangıç ve son tüp ağırlıkları

Grup	Başlangıç Ort ± SS mg	Son Ort ± SS mg	ölçüm
1	802,82 ± 9,57	803,20 ± 9,53	
2	818,25 ± 43,77	818,54 ± 43,75	
3	805,12 ± 8,16	805,39 ± 8,23	

Boş tüplerin başlangıç ağırlıkları ve debris ile birlikte son ağırlıkları bakımından gruplar arasında anlamlı fark bulunmadı. Kruskal–Wallis testi başlangıç ölçümleri için $H=3,380$ ve $p=0,185$; son ölçümler için $H=3,568$ ve $p=0,168$ değerlerini verdi. Her iki ölçümde de ortalama ağırlık en yüksek Grup 2’de, en düşük Grup 1’deydi. Debris miktarı, bu mutlak tüp ağırlıklarından değil, her tüpün son ve başlangıç ölçümleri arasındaki farktan hesaplandı.

5 Tartışma

Bu çalışmada Reciproc R25 eğesinin üç farklı resiprokal açı kombinasyonu ile kullanımı sonucunda apikalden taşan debris miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Ortalama miktar 150° SYT– 30° SY grubunda en yüksek, 210° SYT– 90° SY grubunda en düşük olmakla birlikte, bu sıralama herhangi bir kombinasyonun üstünlüğünü göstermemektedir. $H=5,664$ ve $p=0,059$ değerleri, bulguların araştırmada belirlenen 0,05 anlamlılık düzeyi çerçevesinde değerlendirilmesini gerektirir. Dolayısıyla sonuç, kullanılan deney koşullarında anlamlı fark saptanmadığı şeklinde yorumlanmalıdır; açı kombinasyonlarının eşdeğer olduğu da bu verilerle söylenemez.

Çalışmanın ayırt edici yönü, farklı sistemler yerine aynı eğenin farklı hareket açılarıyla değerlendirilmesidir. Farklı eğeler karşılaştırıldığında kesit yapısı, koniklik ve kullanılan alet sayısı da değiştiğinden, debris miktarındaki farklılığın yalnızca hareket türüne bağlanması güçleşir. Burada tüm gruplarda Reciproc R25 kullanılması bu tasarım farklılıklarını karşılaştırmanın dışında tutmuştur. Bununla birlikte, kesme ve serbest kalma açıları birlikte değiştirildiği için her birinin bağımsız etkisi belirlenmemektedir.

Arslan ve ark. (2016) tarafından aynı egeyle farklı kinematiklerin değerlendirildiği çalışma bu açıdan yakın bir karşılaştırma sunmaktadır. Araştırmacılar 150° SYT– 30° SY, 270° SYT– 30° SY ve 360° SYT– 30° SY kinematiklerini sürekli rotasyonla birlikte incelemiş ve gruplarda R25 ile R50 eğelerini kullanmıştır. Bu araştırmada 150° SYT– 30° SY ve 270° SYT– 30° SY hareketleri sürekli rotasyona göre daha az debris ekstrüzyonuyla ilişkili bulunmuştur. Mevcut çalışmada ise kesme açısıyla birlikte serbest kalma açısı da artırılmış ve sürekli rotasyon grubu kullanılmamıştır. Bu nedenle iki araştırmadaki sayısal sıralamaların farklı olması doğrudan bir çelişki olarak yorumlanamaz. Karşılaştırılan hareketlerin ve referans gruplarının farklılığı, sonuçların birlikte değerlendirilmesinde dikkate alınmalıdır.

Farklı ege sistemleriyle yapılan araştırmalarda da tek bir debris sıralaması ortaya çıkmamaktadır. Bürklein ve Schäfer (2012), tek eğeli resiprokal sistemlerle tam seri döner sistemler arasında ekstrüzyon bakımından farklılık bildirirken, Koçak ve ark. (2013) karşılaştırdıkları sistemler arasında anlamlı fark saptamamıştır. De-Deus ve ark. (2015) ile Silva ve ark. (2016) tarafından yapılan araştırmalar da farklı sistemleri ve preparasyon koşullarını değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, kinematiğin etkisinin ege tasarımı, apikal preparasyon boyutu ve diş anatomisiyle birlikte ele alınması gerektiğini düşündürmektedir. Mevcut sonuçlar da yalnızca Reciproc R25 ve incelenen üç açı kombinasyonu için değerlendirilmelidir.

Gruplarda gözlenen sayısal farklılıkların oluşma mekanizması bu deneye açıklanamamaktadır. Çalışmada apikalden taşan materyalin ağırlığı ölçülmüş; kesme etkinliği,

koronal debris tahliyesi veya eğenin kanal içinde kalma süresi değerlendirilmemiştir. Bu nedenle daha geniş serbest kalma açısının debrisini koronale taşıdığı ya da eğenin apikal bölgede daha kısa süre kalmasını sağladığı yönünde bir sonuç çıkarılamaz. Böyle bir açıklama, ayrı ölçümlerle sınanması gereken bir varsayım olarak kalır.

Dişlerin seçimi ve hazırlanması, karşılaştırmanın yorumlanmasında önemli bir başka noktadır. Çekilmiş insan dişlerinin kullanılması preparasyonun doğal dentin dokusunda yapılmasına olanak sağlamıştır. Tek köklü, tek kanallı, tek apikal foramene sahip ve eğrilik açısı 10°'den küçük alt çene küçük azı dişlerinin seçilmesiyle anatomik değişkenlik sınırlandırılmaya çalışılmıştır. Apikal açıklığın 10 numaralı K tipi eğeyle standardize edilmeye çalışılması ve çalışma boyunun foramenden 1 mm kısa belirlenmesi de aynı amaca yöneliktir. Ancak bu işlemler, dişlerin iç anatomisi ve dentin özellikleri bakımından tamamen aynı hâle geldiği anlamına gelmez. Gruplardaki dağılımlar yorumlanırken doğal örnekler arasındaki farklılıklar göz önünde tutulmalıdır.

İrrigasyon koşullarının benzer tutulması da karşılaştırmayı destekleyen bir yöntem tercihidir. Tüm gruplarda aynı tip irrigasyon ucu çalışma boyundan 1 mm kısa konumlandırılmış ve şırınga pompası 2 mL/dk akış hızında kullanılmıştır. Bu uygulamayla solüsyonun verilmesindeki operatöre bağlı değişkenliğin azaltılması amaçlanmıştır. Ancak sabit akış hızı, kanal içindeki basıncın ölçüldüğü veya her örnekte aynı olduğunun doğrulandığı anlamına gelmez. Ayrıca pompanın ölçüm güvenilirliğine katkısı, ayrı bir irrigasyon grubuyla karşılaştırılmadığından bağımsız bir çalışma sonucu olarak sunulamaz.

İrrigasyon solüsyonu olarak distile su seçilmesinin gerekçesi, NaOCl'nin kurutma sonrasında oluşturabileceği kalıntıların debris ağırlığını etkileme olasılığıdır. Ağırlık esaslı ekstrüzyon çalışmalarında bu konu daha önce de tartışılmıştır (Hinrichs ve ark., 1998; Tanalp ve Güngör, 2014). Reciproc R25 ile şekillendirmede kullanılan 9 mL suya ek olarak kök ucuna yapışan materyalin 1 mL suyla toplama tüpüne aktarılması, bu aşamanın gruplar arasında aynı şekilde uygulanmasını sağlamıştır. Distile suyla yürütülen deney, klinikte kullanılan irrigasyon solüsyonlarının kimyasal ve biyolojik etkilerini ise kapsamaz.

Debris ağırlığının hesaplanmasında tüplerin başlangıç ağırlıklarının çıkarılması gereklidir. Grup 2'de boş tüp ve son tüp ağırlıklarının daha yüksek olması, bu grupta daha fazla debris biriktiğini göstermez. Değerlendirilen değişken, her tüpün iki tartımı arasındaki farktır. Tüplerdeki sıvı 70 °C'de üç gün bekletilerek uzaklaştırılmıştır.

Deney düzeneğinin klinik ortamı temsil etme kapasitesi sonuçların başlıca sınırıdır. Toplama tüpü çevresinde periapikal kemik, periodontal ligament ve doku direnci bulunmamaktadır. Bu dokuları taklit etmek amacıyla kullanılan materyallerin de sıvı ve debris tutarak ölçümü etkileyebilmesi, laboratuvar modellerinde karşılaşılan bir güçlük olarak tartışılmıştır (Lu ve ark., 2013; Tanalp ve Güngör, 2014). Bu çalışmada aynı düzenek bütün gruplara uygulanmış olsa da, elde edilen ağırlıklar hastada periapikal bölgeye ulaşacak materyalin doğrudan ölçümü olarak kabul edilemez.

Klinik yorumda materyalin içeriği de önemlidir. Kuru debris ağırlığı, taşan materyalin mikrobiyal yükünü veya konak dokularda oluşturacağı yanıtı göstermez. Apikal ekstrüzyon, periapikal irritasyon ve akut alevlenmeyle ilişkili etkenlerden biri olarak ele alınabilir; ancak

bu ilişki yalnızca debris miktarına indirgenemez (Walton, 2002; Siqueira ve Rôças, 2007). Çalışmada postoperatif ağrı, şişlik veya akut alevlenme değerlendirilmediğinden, herhangi bir açi kombinasyonunun bu belirtileri azaltacağı yönünde klinik öneri yapılamaz.

Bulgular birlikte ele alındığında, incelenen açi kombinasyonları arasında apikal debris miktarı bakımından anlamlı bir fark gösterilememiştir. Bu sonuç, az eğimli alt çene kk azı dişleriyle ve belirtilen protokolle sınırlıdır. Periapikal ortamı daha iyi temsil eden modellerin geliştirilmesi ve aynı karşılaştırmanın yeni araştırmalarla desteklenmesi, tezde de belirtilen araştırma gereksinimini karşılayacaktır. Böylece sayısal farklılıkların tekrarlanabilirliği ve klinik anlamı daha sağlıklı değerlendirilebilir.

6 Sonuç

Bu in vitro çalışmada Reciproc R25 eğesinin 150° SYT–30° SY, 180° SYT–60° SY ve 210° SYT–90° SY açılılarıyla kullanıldığı üç grupta da apikalden debris taşımı gözlenmiştir. Debris miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (H=5,664; p=0,059).

Ortalama debris miktarları sırasıyla 0,38 ± 0,20 mg, 0,29 ± 0,29 mg ve 0,27 ± 0,24 mg’dır. Grup 3’teki daha düşük ortalama, bu açi kombinasyonunun üstünlüğünü göstermez. Bulgular kullanılan dişler ve deney koşullarıyla sınırlıdır.

Postoperatif ağrı ve akut alevlenme ölçülmediğinden, sonuçlar bu klinik durumlara ilişkin doğrudan öneri yapılmasına olanak vermez. Bulguların periapikal ortamı daha iyi temsil eden modellerle ve yeni araştırmalarla desteklenmesi gerekir.

Kaynakça

- Arslan H, Doğanay E, Alsancak M, Çapar I, Karataş E, Gündüz H. Comparison of apically extruded debris after root canal instrumentation using Reciproc instruments with various kinematics. *International Endodontic Journal*. 2016;49(3):307–310.
- Bürklein S, Schäfer E. Apically extruded debris with reciprocating single-file and full-sequence rotary instrumentation systems. *Journal of Endodontics*. 2012;38(6):850–852.
- De-Deus G, Neves A, Silva EJ, Mendonça TA, Lourenço C, Calixto C, et al. Apically extruded dentin debris by reciprocating single-file and multi-file rotary system. *Clinical Oral Investigations*. 2015;19(2):357–361.
- Hinrichs RE, Walker WA III, Schindler WG. A comparison of amounts of apically extruded debris using handpiece-driven nickel-titanium instrument systems. *Journal of Endodontics*. 1998;24(2):102–106.
- Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC, Türker SA, Sağsen B, Er Ö. Apical extrusion of debris using self-adjusting file, reciprocating single-file, and 2 rotary instrumentation systems. *Journal of Endodontics*. 2013;39(10):1278–1280.
- Lu Y, Wang R, Zhang L, Li H, Zheng Q, Zhou X, et al. Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *International Endodontic Journal*. 2013;46(12):1125–1130.
- Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *Journal of Endodontics*. 1991;17(6):275–279.
- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*. 1974;18:269–296.
- Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1971;32(2):271–275.
- Silva EJNL, Carapiá MF, Lopes RMV, et al. Comparison of apically extruded debris after large apical preparations by full-sequence rotary and single-file reciprocating systems. *International Endodontic Journal*. 2016;49(7):700–705.
- Siqueira JF Jr, Rôças IN. Bacterial pathogenesis and mediators in apical periodontitis. *Brazilian Dental Journal*. 2007;18(4):267–280.
- Tanalp J, Güngör T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *International Endodontic Journal*. 2014;47(3):211–221.
- Walton RE. Interappointment flare-ups: incidence, related factors, prevention, and management. *Endodontic Topics*. 2002;3(1):67–76.
- Walton R, Fouad A. Endodontic interappointment flare-ups: a prospective study of incidence and related factors. *Journal of Endodontics*. 1992;18(4):172–177.

Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations.
International Endodontic Journal. 2008;41(4):339–344.

BÖLÜM 7

ENDODONTİK PERİODONTAL LEZYONLARDA GÜNCEL SINIFLAMA, TANI VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Yasemin ÖZDOĞAN ESER¹

¹ Uzm. Dt., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Bolu/Türkiye. ORCID: 0009-0000-1032-1324. E-posta: ozdoganyasemin1998@gmail.com

1. Giriş

Endodontik periodontal lezyonlar (EPL), aynı dişte pulpal ve periodontal dokular arasında patolojik iletişimin bulunduğu klinik durumları tanımlamaktadır. Pulpa ve periodonsiyumun anatomik yakınlığı, bu dokulardan birinde gelişen enfeksiyonun diğer dokuyu da etkileyebilmesine zemin hazırlamaktadır. Bununla birlikte, aynı hastada veya aynı dişte endodontik ve periodontal hastalığın birlikte bulunması, bu hastalıklar arasında mutlaka patolojik bir bağlantı olduğu anlamına gelmemektedir. EPL tanısının, pulpal durum ile periodontal yıkımın niteliğinin ve dağılımının birlikte değerlendirilmesine dayandırılması gerekmektedir (Herrera vd., 2018; Papapanou vd., 2018).

Pulpa ile periodontal dokular arasındaki doğal iletişim; apikal foramen, lateral ve aksesuar kanallar ile belirli koşullarda açığa çıkan dentin tübülleri aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu bağlantılar mikroorganizmaların ve ürünlerinin dokular arasında geçişine olanak sağlayabilmektedir. Kök kırıkları, perforasyonlar ve rezorptif defektler ise kazanılmış iletişim yolları oluşturarak hastalığın gelişimini ve tedaviye yanıtını etkileyebilmektedir. Dolayısıyla EPL'lerin değerlendirilmesinde enfeksiyonun yanı sıra kök yüzeyinin yapısal bütünlüğünün de araştırılması önem taşımaktadır (Evans, 2023; Rotstein ve Simon, 2004).

EPL'lerin klinik önemi, endodontik ve periodontal hastalıkların benzer belirti ve bulgularla ortaya ıkabilmesinden kaynaklanmaktadır. Derin periodontal sondalama, süpürasyon, sinüs yolu, mobilite ve radyografik kemik kaybı gibi bulguların farklı patolojik süreçlerde görülebilmesi, tanısal değerlendirmeyi güçleştirebilmektedir. Özellikle ileri lezyonlarda hastalığın başlangıç kaynağının yalnızca mevcut klinik görünüm üzerinden belirlenmesi mümkün olmayabilmektedir. Bu nedenle anamnez, pulpa duyarlılık testleri, tam ağız periodontal muayenesi ve radyografik incelemeden elde edilen verilerin bütüncül biçimde yorumlanması gerekmektedir (Al-Sibassi vd., 2025; Evans, 2023).

Tarihsel sınıflamalar, lezyonları başlangıç kaynağına göre ayırarak hastalığın gelişim sürecinin açıklanmasına katkı sağlamıştır. Ancak başlangıç dokusunun her olguda güvenilir biçimde saptanamaması, klinik kararların gözlenebilir özelliklere dayandırılmasını gerekli kılmıştır. Bu doğrultuda 2017 Dünya alıştayını kapsamında geliştirilen ve 2018'de yayımlanan sınıflamada kök hasarının varlığı, hastada periodontitis bulunması ve periodontal cep morfolojisi ön plana çıkarılmaktadır. Bu yaklaşım, lezyonun geçmişini kesin olarak yeniden oluşturmaya çalışmak yerine, muayene sırasında belirlenebilen özellikler üzerinden

prognozun ve tedavi gereksiniminin değerlendirilmesini desteklemektedir (Herrera vd., 2018; Papapanou vd., 2018).

Tedavi planlaması, enfeksiyon kontrolünün yanı sıra dişin korunmasından beklenen yararı ve uygulanacak işlemlerin öngörülebilirliğini de kapsamaktadır. İleri periodontal yıkım, çekim kararının tek başına belirleyicisi değildir. Bununla birlikte dişin ağızda tutulması, fonksiyonun sürdürülebilmesi ve hastanın uzun dönem bakımına katılabilmesi ile anlam kazanmaktadır. Bu nedenle tedavi hedefleri, olası ek girişimler ve belirsizlikler başlangıçta hasta ile paylaşılmalıdır (Aranda Verdú vd., 2025).

Bu bölümde EPL'lerin anatomik ve biyolojik temelleri, güncel sınıflaması, tanısal değerlendirme yöntemleri ve ayırıcı tanısı ele alınmaktadır. Ayrıca endodontik ve periodontal tedavilerin sıralaması, kanal içi medikamanların yeri, rejeneratif tedavi seçenekleri ve prognozu etkileyen değişkenler incelenmektedir. Bölümün temel amacı, biyolojik bilgilerin klinik bulgularla ilişkilendirilmesi yoluyla tanı, tedavi planlaması ve uzun dönem izlem süreçlerine yönelik bütüncül bir değerlendirme sunmaktır.

2. Anatomik İlişkiler Ve Etiyopatogeneze

2.1. Doğal Ve Kazanılmış İletişim Yolları

Apikal foramen, pulpa ile periapikal dokular arasındaki temel doğal bağlantıdır. Lateral ve aksesuar kanallar ise kökün farklı düzeylerinde ve furkasyon bölgesinde iletişime olanak sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, bir anatomik bağlantının bulunması o bölgede mutlaka klinik hastalık gelişeceği anlamına gelmemektedir. Dentin tübülleri, sementin kaybı veya dentinin açığa çıkması halinde potansiyel bir iletişim yolu oluşturmaktadır (Evans, 2023; Rotstein ve Simon, 2004).

Kök kırıkları, perforasyonlar ve bazı rezorptif defektler doğal yolların dışında patolojik bağlantılar oluşturabilmektedir. Gelişimsel oluklar, özellikle lokalize periodontal yıkımın açıklanmasında dikkate alınmalıdır. Bu durumlarda enfeksiyon kontrolünün yanında iletişime neden olan yapısal problemin giderilebilirliği de önemlidir (Chen vd., 2024; Rotstein ve Simon, 2004).

2.2. Hastalıkların Karşılıklı Etkileri

Enfekte kök kanal sisteminden çıkan mikroorganizmalar ve ürünleri periodontal dokularda inflamasyona neden olabilmektedir. Endodontik kaynaklı drenajın periodontal sulkusa

ulaşması, periodontal cep görünümünü taklit edebilmektedir. Periodontal hastalık ise özellikle ileri yıkım ve apikal kanlanmanın etkilenmesi durumunda pulpal değişikliklerle ilişkili olabilmektedir. Her periodontal lezyonda pulpa nekrozu gelişeceği varsayılmamalıdır (Evans, 2023; Rotstein ve Simon, 2004).

Klasik etiyolojik yaklaşım, primer endodontik, sekonder periodontal tutulumlu endodontik, primer periodontal, sekonder endodontik tutulumlu periodontal ve gerçek kombine lezyonları ayırmaktadır. Bu yaklaşım patogenezi öğretmek için yararlıdır; ancak ileri lezyonlarda başlangıç dokusunu güvenilir biçimde belirlemek her zaman mümkün değildir (Rotstein ve Simon, 2004).

2.3. Mikrobiyolojik Etkileşim

Kök kanal sistemi ile periodontal cepteki mikrobiyal topluluklar arasında ortak türler bulunabilmektedir. Bununla birlikte ortak bir mikroorganizmanın saptanması, enfeksiyonun hangi dokudan başladığını veya hangi yönde yayıldığını tek başına kanıtlamamaktadır. Örnekleme alanı ve kullanılan mikrobiyolojik yöntem sonuçları etkileyebilmektedir (Chen vd., 2024; Gambin vd., 2024).

Gambin ve arkadaşlarının sistematik derlemesi, sarı, mor ve yeşil komplekslerdeki türlerin EPL'lerdeki varlığını incelemiştir. Bulgular, EPL mikrobiyotasının yalnızca klasik periodontal patojenlerle açıklanamayacağını düşündürmektedir. Bu nedenle uzun bir tür listesinden ziyade polimikrobiyal enfeksiyon, mikrobiyal ekoloji ve enfeksiyon kontrolünün klinik önemi vurgulanmalıdır (Gambin vd., 2024).

3. Güncel Sınıflama

2017 Dünya  alıştayını kapsamında geliştirilen ve 2018'de yayımlanan yaklaşım, kök hasarı varlığını, hastada periodontitis bulunmasını ve periodontal cep morfolojisini temel almaktadır. Bu  zellikler tarihsel başlangıç kaynağından daha doğrudan değerlendirilebilmektedir. Kök hasarı bulunmayan lezyonlar, periodontitis bulunan ve bulunmayan hastalarda ayrı değerlendirilmektedir (Herrera vd., 2018; Papapanou vd., 2018).

Tablo 1*Endodontik Periodontal Lezyonların Sınıflaması*

Ana Grup	Hasta Düzeyi Veya Alt Grup	Tanımlayıcı Özellik
Kök hasarı bulunan EPL	Kök kırığı veya çatlağı	Patolojik iletişimle ilişkili kırık veya çatlak
Kök hasarı bulunan EPL	Kanal veya pulpa odası perforasyonu	Perforasyonla ilişkili iletişim
Kök hasarı bulunan EPL	Eksternal kök rezorpsiyonu	İletişime neden olan rezorptif hasar
Kök hasarı bulunmayan EPL	Periodontitis bulunan veya bulunmayan hasta — Grade 1	Bir diş yüzeyinde dar ve derin periodontal cep
Kök hasarı bulunmayan EPL	Periodontitis bulunan veya bulunmayan hasta — Grade 2	Bir diş yüzeyinde geniş ve derin periodontal cep
Kök hasarı bulunmayan EPL	Periodontitis bulunan veya bulunmayan hasta — Grade 3	Birden fazla diş yüzeyinde derin periodontal cepler

Not. Kaynaklardan uyarlanmıştır: Herrera vd., 2018.

Tablodaki Grade 1–3 tanımları her iki hasta grubu için ayrı ayrı uygulanmaktadır. Bunlar periodontitisin Evre I–IV ve Derece A–C sisteminden farklıdır. EPL derecesi, tek başına sondalama derinliği için belirlenmiş bir milimetre eşliğine dayanmaz. Periodontitis tanısı ilgili dişle sınırlı tutulmamalı; tüm dentisyondaki ataşman kaybı ve diğer olası nedenler değerlendirilmelidir (Herrera vd., 2018; Papapanou vd., 2018).

4. Tanısal Değerlendirme

4.1. Anamnez Ve Periodontal Muayene

Travma, restorasyon, kanal tedavisi, post uygulaması ve periodontal tedavi öyküsü sorgulanmalıdır. Şikâyetin başlangıcı ve seyri, önceki şişlik veya drenaj ataklarıyla birlikte kaydedilmektedir. Tek diş çevresindeki bulgular, tam ağız periodontal değerlendirmesiyle karşılaştırılmalıdır (Al-Sibassi vd., 2025; Evans, 2023).

Sondalama derinliği, klinik ataşman düzeyi, kanama, süpürasyon, çekilme, mobilite ve furkasyon tutulumu kaydedilmektedir. Lokalize dar ve derin bir defekt kök hasarı veya drenaj yolunu d ş nd rebilir; ancak tek başına vertikal kök kırığının kanıtı değildir. Başlangıç kayıtları, izlem sırasında tedavi yanıtının karşılaştırılmasını sağlamaktadır (Al-Sibassi vd., 2025).

4.2. Pulpal Ve Periapikal Değerlendirme

Soğuk testi ve elektrikli pulpa testi, pulpanın sinir yanıtını değerlendiren duyarlılık testleridir; doğrudan kan akımını ölçmemektedir. Sonuçlar kontrol dişleriyle karşılaştırılmalı ve klinik bulgularla birleştirilmelidir. Çok köklü dişlerde farklı kanallarda farklı pulpal durumların bulunabilmesi, tek bir yanıtın yorumunu güçleştirebilmektedir (Evans, 2023; Rotstein ve Simon, 2004).

Perküsyon ve palpasyon, pulpa duyarlılık testlerinden ayrı olarak periapikal dokuların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Önceden kanal tedavisi yapılmış dişlerde inceleme; tedavi kalitesi, koronal sızdırmazlık, olası atlanmış kanallar ve yapısal hasara yöneltilmelidir. Sinüs yolu varsa gutta-perka ile takibi kaynak hakkında yardımcı bilgi sağlayabilmektedir (Al-Sibassi vd., 2025; Rotstein ve Simon, 2004).

4.3. Görüntüleme Ve Tanısal Belirsizlik

Periapikal radyografilerde apikal ve lateral kemik kaybı, furkasyon değişiklikleri, kök dolgusu ve olası yapısal sorunlar incelenmektedir. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT), iki boyutlu görüntülerin yetersiz kaldığı ve ek bilginin tedavi kararını etkileyebileceği seçilmiş durumlarda düşünülmektedir. J biçimli radyol sensi kırığa özgü değildir; CBCT'de kırık hattının görülmemesi de kırığı dışlamamaktadır. Görüntüleme sonuçları sondalama ve klinik inceleme ile birlikte yorumlanmalıdır (Chen vd., 2024).

5. Ayırıcı Tanı Ve Kök Hasarının Araştırılması

Ayırıcı tanıda temel amaç, periodontal defektin pulpal enfeksiyonla ilişkisini ortaya koymak ve benzer klinik görünüm oluşturan yapısal nedenleri araştırmaktır. Kök kırığı, perforasyon ve perforan rezorpsiyon, patolojik pulpa periodonsiyum iletişimine yol a tığında kök hasarı bulunan EPL kapsamında değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bu durumlar hem tanısal araştırmanın hem de EPL sınıflamasının bir parçasıdır (Herrera vd., 2018; Chen vd., 2024).

5.1. Periodontal Apse Ve Endodontik Kaynaklı Drenaj

Periodontal apse ile endodontik enfeksiyona bağlı şişlik veya drenajın ayırımında pulpa duyarlılık testleri, periodontal cep dağılımı ve radyografik bulgular birlikte yorumlanmaktadır. Periodontal apse, periodontal cep duvarında lokalize püy birikimiyle ortaya çıkabilmekte; ağrı, şişlik ve süpürasyon her iki durumda da görülebilmektedir. Pulpanın duyarlılık testlerine yanıt vermesi periodontal kaynağı destekleyebilir; ancak tek bir test sonucu kesin ayırım sağlamamaktadır. Önceden var olan cep ve ataşman kaybı ile tam ağız periodontal durumun belirlenmesi tanısal değerlendirmeye katkı sunmaktadır (Herrera vd., 2018; Evans, 2023).

Endodontik enfeksiyonun periodontal sulkusa drene olması, tek yüzeyde dar ve derin bir sondalama alanı oluşturabilmektedir. Böyle bir bulgu, doğrudan yaygın periodontal ataşman yıkımı olarak yorumlanmamalıdır. Sinüs yolunun gutta-perka ile radyografik takibi, enfeksiyon kaynağının belirlenmesine yardımcı olabilmektedir. Bulguların endodontik tedavi sonrasındaki seyri de yeniden değerlendirmede önem taşımaktadır; ancak iyileşme yanıtı, tedavi öncesindeki tanısal incelemenin yerini almamaktadır (Rotstein ve Simon, 2004; Evans, 2023).

5.2. Vertikal Kök Kırığı Ve Diş Çatlakları

İzole dar ve derin cep, tekrarlayan sinüs yolu ve kök çevresinde J biçimli kemik kaybı, vertikal kök kırığı şüphesini artırabilmektedir. Bununla birlikte bu bulguların hiçbiri tek başına kırığa özgü değildir. Kanal tedavisi ve post öyküsü sorgulanmalı; uygun koşullarda büyütme altında inceleme ve seçilmiş olgularda restorasyonun kaldırılmasıyla doğrudan değerlendirme yapılmalıdır. CBCT, ek bilgi sağlayabilse de özellikle kök dolgusu veya post bulunan dişlerde görüntü artefaktları yorumu güçleştirebilmektedir. Negatif görüntüleme sonucu, kırık olasılığını bütünüyle dışlamamaktadır (Chen vd., 2024; Al-Sibassi vd., 2025).

5.3. Perforasyon, Rezorpsiyon Ve Gelişimsel Oluklar

Önceki endodontik işlemlerle ilişkili perforasyonlar ve kanal ile periodontal dokular arasında iletişim oluşturan rezorptif defektler, lokalize periodontal yıkımla ortaya çıkabilmektedir. Bu lezyonlarda defektin yeri, yaygınlığı ve onarılabiliirliği araştırılmalıdır. Gelişimsel kök olukları ise biyofilm birikimini kolaylaştırarak lokalize ataşman kaybına zemin hazırlayabilmektedir. Lokal bir periodontal defekt saptandığında yalnızca pulpal enfeksiyona odaklanması, bu anatomik nedenlerin gözden kaçmasına yol açabilmektedir (Rotstein ve Simon, 2004; Al-Sibassi vd., 2025).

5.4. Birlikte Bulunan Bağımsız Lezyonlar

Aynı dişte apikal periodontitis ile marjinal periodontal yıkımın birlikte saptanması, aralarında patolojik iletişim bulunduğunu tek başına göstermemektedir. Pulpal ve periodontal tanılar ayrı ayrı kaydedilmeli; lezyonların devamlılığı klinik ve radyografik verilerle değerlendirilmelidir. Bulguların uyumsuz olduğu durumlarda tanısız belirsizlik açıkça belirtilmeli ve geri d6nüşü olmayan işlemlerden önce ek değerlendirme yapılmalıdır (Herrera vd., 2018; Rotstein ve Simon, 2004).

6. Tedavi Planlaması

6.1. Dişin Korunabilirliği

Tedavi öncesinde restorabilite, kalan periodontal destek, kök hasarının niteliği, defekt morfolojisi ve hastanın bakım olanakları birlikte ele alınmaktadır. İleri bir lezyonun varlığı otomatik çekim gerekçesi değildir. Bununla birlikte enfeksiyon kaynağının giderilemediği veya öngörülebilir bir restorasyonun yapılamadığı durumlarda dişin korunmasının sınırları hasta ile paylaşılmalıdır (Al-Sibassi vd., 2025; Aranda Verdú vd., 2025).

6.2. Endodontik Enfeksiyon Kontrolü Ve Kök Hasarı

Kanal tedavisi endikasyonu, EPL etiketinden bağımsız olarak pulpal ve periapikal tanıyla belirlenmelidir. Nekrotik veya enfekte kanal sisteminde enfeksiyon kontrolü; uygun kemomekanik hazırlık, kanal dolumu ve koronal sızdırmazlığın sağlanması kapsamaktadır. Önceden tedavi edilmiş dişlerde yeniden tedavi gereksinimi ve bunun uygulanabilirliği ayrıca değerlendirilmektedir (Al-Sibassi vd., 2025; Aranda Verdú vd., 2025).

Kök hasarı bulunan dişlerde, yalnızca kanal enfeksiyonunun kontrol edilmesi yeterli olmayabilir. Perforasyon veya rezorptif defektin onarılabilirliği, yeri ve periodontal ilişkisi araştırılmaktadır. Çok köklü dişlerin seçilmiş durumlarında kök rezeksiyonu veya hemiseksiyon düşünölebilmektedir; bu seçenekler kalan köklerin periodontal ve restoratif yeterliliğine bağlıdır (Al-Sibassi vd., 2025; Evans, 2023).

6.3. Periodontal Tedavi Ve Zamanlama

Periodontitis bulunan hastada tedavi yalnız EPL’li dişe odaklanmamalıdır. Ağız hijyeninin geliştirilmesi, risk faktörlerinin kontrolü ve gerekli supra/subgingival enstrümantasyon hasta düzeyindeki yaklaşımın bileşenlerini oluşturmaktadır. Sanz ve arkadaşlarının (2020) EFP S3 düzeyi klinik uygulama kılavuzu, Evre I–III periodontitisin basamaklı tedavisine yönelik

öneriler sunmaktadır. Bu kılavuz, EPL'ye özgü bir tedavi protokolü olmayıp eşlik eden periodontitisin yönetimi için temel oluşturmaktadır. Periodontal cerrahi gereksiniminin, başlangıç tedavisi sonrasında devam eden hastalık ve defekt özellikleri üzerinden değerlendirilmesi önerilmektedir (Sanz vd., 2020).

Endodontik enfeksiyonun erken kontrolü önemli olmakla birlikte, periodontal müdahalenin ideal zamanı kesinleşmiş değildir. Friedrich ve arkadaşlarının sistematik derlemesinde yalnız üç çalışma bulunmuş ve kanıt kesinliği çok düşük olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle tüm hastalar için değişmez bir bekleme süresi ya da tek bir tedavi sırası önermek uygun değildir (Friedrich vd., 2023).

Başlangıç cerrahi olmayan periodontal tedavi, endodontik tedaviyle aynı süreçte yürütülebilir. Buna karşılık cerrahi ve rejeneratif müdahaleler, endodontik durum ve başlangıç tedavisine yanıt dikkate alınarak planlanmaktadır. Erken semptom kontrolü ile periodontal ve radyografik iyileşmenin değerlendirilmesi farklı zaman ölçeklerinde gerçekleşmektedir (Al-Sibassi vd., 2025; Friedrich vd., 2023).

6.4. Kanal İçi Medikamanların Rolü

Kanal içi medikamanlar, birden fazla seansta yürütülen endodontik tedavilerde seanslar arasında kök kanalına yerleştirilen ve kanal içi mikrobiyal yükün azaltılmasına yardımcı olması amaçlanan ajanlardır. EPL'lerde bu uygulamaların amacı, periodontal defekti doğrudan tedavi etmek değil, kök kanalından periodontal dokulara ulaşabilen enfeksiyon kaynağının kontrolünü desteklemektir. Kalsiyum hidroksit bu amaçla kullanılan ajanlar arasında yer almakta; ancak medikaman uygulaması kemomekanik hazırlığın, uygun kanal dolumunun ve koronal sızdırmazlığın yerini almamaktadır (Chen vd., 2024; Gill vd., 2023).

Gill ve arkadaşlarının (2023) sistematik derleme ve meta analizinde, kanal içi medikaman kullanılan tedaviler sonrasında periodontal klinik parametrelerde iyileşmeler bildirilmiştir. Bununla birlikte, farklı medikamanlar arasında anlamlı bir üstünlük gösterilememiş ve kanıt kesinliği düşük olarak değerlendirilmiştir. Periapikal iyileşme üzerindeki etkiye ilişkin sonuçlar ise kesin bir yargıya ulaşılmasına olanak sağlamamıştır. Bu bulgular, bütün EPL olgularında aynı ajanın aynı süreyle uygulanması veya tedavinin mutlaka iki seansta tamamlanması gerektiği biçiminde yorumlanmamalıdır (Gill vd., 2023).

6.5. Rejeneratif Periodontal Tedavi

Başlangıç tedavisinden sonra devam eden uygun kemik içi defektlerde rejeneratif periodontal tedavi değerlendirilebilmektedir. Defektin derinliği ve duvar yapısı, yara stabilitesi, plak kontrolü ve hasta uyumu tedavi seçiminde önem taşımaktadır. Periodontitis tedavisine ilişkin kılavuz önerileri defektin periodontal bileşeninin değerlendirilmesine katkı sağlamakta; bu öneriler tek başına EPL'ye özgü klinik etkinlik kanıtı oluşturmamaktadır (Sanz vd., 2020). EPL'de rejeneratif tedavi kararı verilirken endodontik enfeksiyonun kontrolü ve kök bütünlüğünün ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir (Al-Sibassi vd., 2025).

Mine matriks türevleri, greftler ve bariyer membranlar uygun seçilmiş defektlerde kullanılabilmektedir. Bununla birlikte Grade 3 tanımı, tek başına rejeneratif cerrahi endikasyonu oluşturmamaktadır (Al-Sibassi vd., 2025). Tietmann ve arkadaşlarının (2024), Grade 3 EPL bulunan 35 hastadaki 39 dişi değerlendirdikleri retrospektif çalışma, endodontik tedaviyi izleyen rejeneratif periodontal cerrahiyle dişlerin korunabileceğine ilişkin klinik bulgular sunmaktadır. Kontrol grubunun bulunmaması ve hasta seçimi, sonuçların tüm Grade 3 lezyonlara genellenmesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle uygun defekt seçimi ile yöntemlerin karşılaştırılmalı etkinliği birbirinden ayrı değerlendirilmelidir (Tietmann vd., 2024).

García-Tuñón-Pérez ve arkadaşlarının (2024) kesitsel anket ve literatüre dayalı protokol önerisi, klinik yaklaşım çeşitliliğini göstermektedir. Bu öneri, tedavi yöntemleri arasında üstünlük kanıtı olarak değil, ileri klinik doğrulama gerektiren bir karar erevesi olarak ele alınmalıdır.

7. Klinik Karar Basamakları

Klinik karar sürecinde önce pulpal ve periapikal tanı, kök hasarı, hastanın periodontal durumu ve dişin korunabilirliği kaydedilmektedir. Sonraki adım, bu bulguların hangi tedavi gereksinimini ortaya koyduğunun belirlenmesidir. Aşağıdaki basamaklar klinik bulguların birlikte yorumlanmasına yönelik bir ereve sunmaktadır (Al-Sibassi vd., 2025; Aranda Verdú vd., 2025).

Kök hasarı saptandığında öncelik, iletişim nedeninin giderilip giderilemeyeceğinin belirlenmesidir. Onarılabılır perforasyon veya rezorptif defekte enfeksiyon kontrolü ile defektin kapatılması birlikte planlanmaktadır. Korunması mümkün olmayan kırık ya da ileri yapısal kayıp varlığında ise dişin tümü veya seçilmiş çok köklü dişlerde yalnızca etkilenen kök açısından tedavi seçenekleri değerlendirilmektedir (Chen vd., 2024).

Kök hasarı bulunmayan, nekrotik veya enfekte kanal sistemine sahip bir dişte endodontik enfeksiyon kontrolü planlanmaktadır. Hastada periodontitis bulunmuyorsa lokal periodontal bulguların tedavi sonrasındaki seyri izlenmektedir. Periodontitis mevcutsa hasta düzeyinde periodontal başlangıç tedavisi de yürütülmektedir. Pulpa testlerine yanıt veren bir dişte ise yalnızca derin periodontal cep bulunmasına dayanılarak kanal tedavisine karar verilmemeli; pulpal durum ve planlanan periodontal girişimin kapsamı ayrıca değerlendirilmelidir (Aranda Verdú vd., 2025).

Yeniden değerlendirmede karar, yalnızca ağrının geçmesine dayandırılmamaktadır. Süpürasyon, cep derinliği, ataşman düzeyi, mobilite ve radyografik değişiklikler başlangıç kayıtlarıyla karşılaştırılmaktadır. Devam eden defekte ek cerrahi kararı öncesinde kanal enfeksiyonunun kontrolü, koronal sızdırmazlık, gözden kaçmış kök hasarı ve plak kontrolü yeniden incelenmektedir. Böylece yetersiz enfeksiyon kontrolü ile cerrahi tedavi gerektiren rezidüel defektin ayrılması amaçlanmaktadır (Al-Sibassi vd., 2025).

Periodontal girişimin zamanı, erken semptom kontrolü ile doku iyileşmesinin farklı süreçler olduğu dikkate alınarak belirlenmektedir. Mevcut veriler tüm EPL’lerde geçerli tek bir bekleme süresini desteklememektedir (Friedrich vd., 2023). Aktif tedavinin ardından izlem sıklığı hastanın periodontal riskine ve tedavi yanıtına göre düzenlenmeli; endodontik iyileşme, restorasyon bütünlüğü ve destekleyici periodontal bakım birlikte sürdürülmelidir (Al-Sibassi vd., 2025; Sanz vd., 2020).

8. Prognoz Ve Tedavi Sonuçları

Başarı ve sağkalım aynı sonuç değildir. Sağkalım, dişin ağızda kalmasını ifade etmektedir. Başarı ise çalışmanın tanımladığı klinik ve radyografik iyileşme koşullarına bağlıdır. Farklı tanımlar, takip süreleri ve hasta seçimi, çalışmaların sonuçlarını doğrudan karşılaştırmayı güçleştirmektedir (Kimura vd., 2026; Wong vd., 2024).

Wong ve arkadaşlarının 88 olguluk retrospektif çalışmasında apikal üçlüye uzanan kemik kaybı ve derin periodontal cepler daha düşük başarı olasılığıyla ilişkili bulunmuştur. Periodontal hastalık öyküsünün bulunmaması daha olumlu sonuçlarla ilişkili bulunmuştur. Bulgular prognostik değerlendirmeye katkı sağlamaktadır; ancak retrospektif tasarım nedeniyle nedensellik veya her hasta için kesin sonuç göstermemektedir (Wong vd., 2024).

Kimura ve arkadaşlarının 2026’da yayımlanan retrospektif kohortunda 187 diş değerlendirilmiş; tahmini beş yıllık sağkalım %58,9 bulunmuştur. EPL derecesi, sondalama derinliği ve radyografik kemik kaybı biçimi gibi değişkenler sağkalımla ilişkili bulunmuştur.

Bu oran, ilgili kohortun özelliklerini yansıtmaktadır; tüm EPL'ler için genel başarı oranı şeklinde kullanılmamalıdır (Kimura vd., 2026).

Tablo 2

Prognoz Değerlendirmesinde Temel Alanlar

Alan	Değerlendirme
Yapısal durum	Kök hasarı, restorabilite ve enfeksiyon kaynağının giderilebilirliği
Periodontal durum	Kemik kaybının yayılımı, cep derinliği, furkasyon ve defekt morfolojisi
Hasta düzeyi	Periodontitis öyküsü, plak kontrolü, risk faktörleri ve bakım uyumu
Tedavi yanıtı	Semptomlar, süpürasyon, ataşman ve radyografik değişim
Sonuç ölçütü	Sağkalımın klinik ve radyografik başarıdan ayrı raporlanması

Not. Kaynaklardan uyarlanmıştır: Al-Sibassi vd., 2025; Kimura vd., 2026; Wong vd., 2024.

9. Kanıtların Sınırlılıkları Ve Araştırma Gereksinimleri

EPL araştırmalarında öncelikli gereksinim, hasta gruplarının ve sonuç ölçütlerinin karşılaştırılabilir biçimde tanımlanmasıdır. Kök hasarı, hastada periodontitis varlığı ve lezyon derecesi bakımından farklı olguların aynı grupta incelenmesi, tedavi sonuçlarının yorumunu güçleştirmektedir. Başarı ile sağkalımın ayrılması; sondalama derinliği, klinik ataşman düzeyi, semptomlar ve radyografik iyileşmenin birlikte raporlanması, klinik açıdan daha anlamlı karşılaştırmalar sağlayacaktır (Wong vd., 2024; Kimura vd., 2026).

Tedavi sıralamasını karşılaştıran çalışmalarda cerrahi olmayan periodontal tedavi ile rejeneratif cerrahinin ayrı değerlendirilmesi gerekmektedir. Kanal içi medikaman araştırmalarında da kullanılan ajan, uygulama süresi ve eşlik eden periodontal işlemler açıkça tanımlanmalıdır. Zamanlama ve medikaman kullanımına ilişkin sistematik derlemelerde bildirilen düşük kanıt kesinliği, bu değişkenleri kontrol eden ileriye dönük karşılaştırmalı çalışmalara duyulan gereksinimi ortaya koymaktadır (Friedrich vd., 2023; Gill vd., 2023).

Rejeneratif tedavilere ilişkin gelecek araştırmalar, hangi defekt özelliklerinin dişin uzun dönem korunmasıyla ilişkili olduğunu açıklığa kavuşturmalıdır. Retrospektif çalışmalardaki

olumlu sonuçlar, daha geniş hasta gruplarında ve uygun karşılaştırmalarla sınanmalıdır (Tietmann vd., 2024). Benzer biçimde mikrobiyom araştırmalarında saptanan ortak türlerin klinik tedavi seçimini değiştirip değiştirmediği henüz ayrı bir doğrulama konusudur (Gambin vd., 2024).

10. Sonuç

EPL’lerde tedavi hedefi, enfeksiyonun kontrolüyle birlikte dişin fonksiyonel olarak korunması ve periodontal sağlığın sürdürülebilmesidir. Bu hedefe ulaşmak için sınıflama, ayrı ayrı kaydedilmiş pulpal ve periodontal tanılarla ilişkilendirilmelidir. Tedavi yanıtının yetersiz kaldığı olgularda ek girişim öncesinde başlangıç tanısı ve enfeksiyon kontrolü yeniden sorgulanmalıdır. Mevcut kanıtlar tek bir protokolün bütün olgulara uygulanmasını desteklemediğinden, kararların lezyon özelliklerine, hastanın periodontal durumuna ve izlem bulgularına dayandırılması gerekmektedir.

Kaynakça

- Al-Sibassi, A., Niazi, S. A., Clarke, P., & Adeyemi, A. (2025). Management of the endodontic-periodontal lesion. *British Dental Journal*, 238(7), 536–544. <https://doi.org/10.1038/s41415-025-8327-x>
- Aranda Verdú, S., Pallarés Sabater, A., Pallarés Serrano, A., Rubio Climent, J., & Casino Alegre, A. (2025). Endo-periodontal lesions without root damage: Recommendations for clinical management. *Journal of Clinical Medicine*, 14(18), Article 6655. <https://doi.org/10.3390/jcm14186655>
- Chen, B., Zhu, Y., Lin, M., Zhang, Y., Li, Y., Ouyang, X., Ge, S., Lin, J., Pan, Y., Xu, Y., Ding, Y., Ge, S., Chen, F., Song, Z., Jiang, S., Sun, J., Luo, L., Ling, J., Chen, Z., ... Yan, F. (2024). Expert consensus on the diagnosis and therapy of endo-periodontal lesions. *International Journal of Oral Science*, 16, Article 55. <https://doi.org/10.1038/s41368-024-00320-0>
- Evans, M. (2023). The endodontic-periodontal juncture: Where two worlds meet. An overview of endo-perio lesions. *Australian Dental Journal*, 68(Suppl. 1), S56–S65. <https://doi.org/10.1111/adj.12993>
- Friedrich, F., Scalabrin, S. A., Weissheimer, T., Rösing, C. K., Só, G. B., da Rosa, R. A., & Só, M. V. R. (2023). Influence of the timing of periodontal intervention on periapical/periodontal repair in endodontic-periodontal lesions: A systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 27(3), 933–942. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04849-4>
- Gambin, D. J., Vitali, F. C., Casanova, K. A. S., De Carli, J. P., Mazzon, R. R., Gomes, B. P. F. A., Trentin, M. S., & Duque, T. M. (2024). Prevalence of species of yellow, purple and green microbial complexes in endo-perio lesions: A systematic review. *Brazilian Oral Research*, 38, Article e048. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2024.vol38.0048>
- García-Tuñón-Pérez, P., Fernández-Jiménez, A., Lafuente-Ibañez-de-Mendoza, I., Estefanía-Fresco, R., Marichalar-Mendia, X., & García-De-La-Fuente, A. M. (2024). Endoperiodontal lesions: Diagnosis first, then treatment and not always tooth extraction: A cross-sectional survey in Spain and a proposal of a clinical treatment protocol. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 16(1), e32–e41. <https://doi.org/10.4317/jced.61130>

- Gill, S., Tabiyar, K., Balachandran, R., Priya, H., Agarwal, D., Sharma, S., Kumar, V., Chawla, A., & Logani, A. (2023). Influence of intracanal medicaments on the periodontal and periapical healing in concurrent endodontic-periodontal lesions with/without communication: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 27(11), 6371–6382. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05286-7>
- Herrera, D., Retamal-Valdes, B., Alonso, B., & Feres, M. (2018). Acute periodontal lesions (periodontal abscesses and necrotizing periodontal diseases) and endo-periodontal lesions. *Journal of Clinical Periodontology*, 45(Suppl. 20), S78–S94. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12941>
- Kimura, F., Mikami, R., Mizutani, K., Kido, D., Takeda, K., Nakagawa, K., Takemura, S., Kominato, H., Saito, N., Seike, T., Sakaniwa, E., Sugiyama, A., Nogami, T., Watanabe, S., Aida, J., & Iwata, T. (2026). Prognostic assessment of tooth survival after treatment of endodontic-periodontal lesions: A retrospective study. *Journal of Clinical Periodontology*, 53(8), 1289–1300. <https://doi.org/10.1111/jcpe.70142>
- Papapanou, P. N., Sanz, M., Buduneli, N., Dietrich, T., Feres, M., Fine, D. H., Flemmig, T. F., Garcia, R., Giannobile, W. V., Graziani, F., Greenwell, H., Herrera, D., Kao, R. T., Kebschull, M., Kinane, D. F., Kirkwood, K. L., Kocher, T., Kornman, K. S., Kumar, P. S., ... Tonetti, M. S. (2018). Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of Clinical Periodontology*, 89(Suppl. 20), S173–S182. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12946>
- Rotstein, I., & Simon, J. H. S. (2004). Diagnosis, prognosis and decision-making in the treatment of combined periodontal-endodontic lesions. *Periodontology 2000*, 34, 165–203. <https://doi.org/10.1046/j.0906-6713.2003.003431.x>
- Sanz, M., Herrera, D., Kebschull, M., Chapple, I., Jepsen, S., Berglundh, T., Sculean, A., & Tonetti, M. S. (2020). Treatment of stage I–III periodontitis—The EFP S3 level clinical practice guideline. *Journal of Clinical Periodontology*, 47(Suppl. 22), 4–60. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13290>
- Tietmann, C., Tezer, I., Youssef, E., Jepsen, S., & Jepsen, K. (2024). Management of teeth with grade 3 endo-periodontal lesions by combined endodontic and regenerative periodontal therapy. *Journal of Clinical Medicine*, 13(1), Article 93. <https://doi.org/10.3390/jcm13010093>
- Wong, I., Ton, A., Cassidy, A. J., Fozzard, N., Sharma, L. A., Love, R. M., & Sharma, A. (2024). A retrospective study on the prognostic factors and success, survival, and

failure outcomes of treated endodontic-periodontal lesions. *Clinical and Experimental Dental Research*, 10(1), Article e848. <https://doi.org/10.1002/cre2.848>