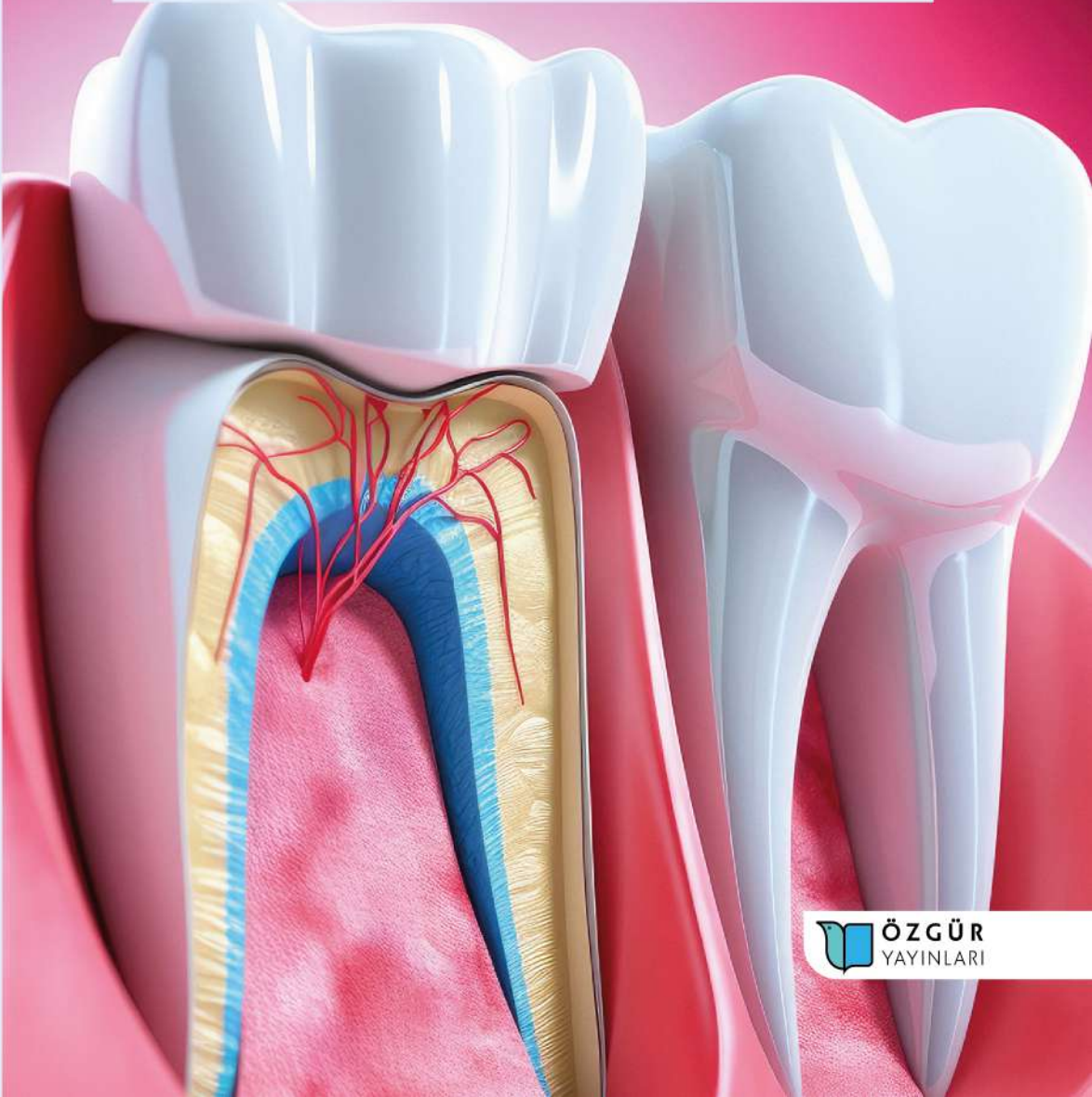


# Endodontide Güncel Bilgiler

Doç. Dr. Fatma Pertek Hatipoğlu



ÖZGÜR  
YAYINLARI

# Endodontide Güncel Bilgiler

Doç. Dr. Fatma Pertek Hatipoğlu



Published by

**Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.**

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozguruyinlari.com

✉ info@ozguruyinlari.com

---

## Endodontide Güncel Bilgiler

Doç. Dr. Fatma Pertek Hatipoğlu

---

Language: Turkish

Publication Date: 2025

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

**ISBN (PDF):** 978-625-5958-27-3

**DOI:** <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub652>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>  
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

---

Suggested citation:

Pertek Hatipoğlu, F., (2025). *Endodontide Güncel Bilgiler*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub652>. License: CC-BY-NC 4.0

---

*The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguruyinlari.com/>*

---



# Önsöz

Endodonti, modern diş hekimliğinin hızla gelişen alanlarından biri olup, her geçen gün yenilenen bilgiler ve teknolojilerle zenginleşmektedir. Bu kitap, endodonti alanındaki güncel uygulamaları, yeni yöntemleri ve teknolojik gelişmeleri detaylı bir şekilde ele alarak klinik ve akademik çalışmalarda rehberlik etmeyi hedeflemektedir.

Alanında uzman yazarlar tarafından kaleme alınan Endodontide Güncel Bilgiler, birbirinden önemli altı bölümüyle endodonti pratiğine yönelik kapsamlı bir kaynak sunuyor:

## 1.Rejeneratif Endodontik Tedavide Doku Mühendisliği Uygulamaları ve Tedavi Yöntemleri

Bu bölümde, rejeneratif endodonti alanındaki yenilikler ele alınmakta; doku mühendisliği, biyomateryal kullanımı ve modern tedavi yaklaşımları detaylı şekilde incelenmektedir.

## 2.Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi

Endodontik tedavilerin modern cihazlar ve protokollerle nasıl geliştirildiği, yenilenen yöntemlerle hasta sonuçlarının nasıl iyileştirilebileceği bu bölümde ele alınmıştır.

## 3.Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Başarılı bir endodontik tedavinin temel taşlarından biri olan irrigasyon protokolleri, klasik ve yenilikçi aktivasyon yöntemleri ışığında kapsamlı bir şekilde değerlendirilmektedir.

## 4.Endodontik Cerrahi ve Prognostik Faktörler

Endodontik cerrahinin temel prensipleri, güncel yaklaşımlar ve tedavi başarısını etkileyen prognostik faktörler bu bölümde detaylı bir şekilde sunulmaktadır.

## 5.Endodontik Motorlar

Günümüz endodonti pratiğinde yaygın olarak kullanılan endomotor teknolojilerinin teknik detayları, klinik uygulamaları ve avantajları detaylı olarak ele alınmıştır.

## 6.Endodontide Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezinin Yeri

Bilgisayar kontrollü lokal anestezi sistemlerinin endodontik tedavilerdeki yeri ve hasta konforunu artırmadaki etkisi, bu bölümde kapsamlı bir şekilde tartışılmaktadır.

Endodontide Güncel Bilgiler, endodonti uzmanları, diş hekimleri ve öğrenciler için güncel bir başvuru kaynağı olma amacı taşımaktadır. Kitap, yalnızca teorik bilgileri değil, aynı zamanda klinik uygulamaları da kapsayarak, endodonti alanında daha başarılı sonuçlar elde edilmesine katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu değerli eserin, meslektaşlarımızın bilgi birikimine katkı sağlamasını temenni eder, keyifli okumalar dileriz.

Doç. Dr. Fatma Pertek Hatipoğlu

# İçindekiler

Önsöz

iii

## Bölüm 1

---

Rejeneratif Endodontik Tedavide Doku Mühendisliği Uygulamaları ve Tedavi Yöntemleri 1

*Feyza Çetinkaya*

*Özge Başar*

## Bölüm 2

---

Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi 19

*Levent Akıncı*

## Bölüm 3

---

Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri 39

*Medine Çiçek*

*Abter Şanal Çıkman*

## Bölüm 4

---

Endodontik Cerrahi ve Prognostik Faktörler 57

*Özge Başar*

*Abter Şanal Çıkman*

*Feyza Çetinkaya*

## Bölüm 5

---

Endodontik Motorlar 75

*İrenmur Bal*

## Bölüm 6

---

Endodontide Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezinin Yeri 85

*Merve Çoban Öksüzer*



# Rejeneratif Endodontik Tedavide Doku Mühendisliği Uygulamaları ve Tedavi Yöntemleri

Feyza Çetinkaya<sup>1</sup>

Özge Başar<sup>2</sup>

## Özet

Rejeneratif Endodontik Tedavi (RET) çürük, travma, enfeksiyon gibi sebeplerle hasarlanan pulpa- dentin kompleksi hücrelerini yenilemek üzerine geliştirilen biyolojik temelli bir prosedürdür. RET, kök kanalının dezenfeksiyonun ardından doku iskelesi uygulanmasını ve üzerinin biyoaktif bir malzeme ile kapatılmasını içerir. RET; kök hücreler, bu hücrelerin farklılaşmasını sağlayan büyüme faktörleri ve hücre farklılaşmasının düzenlenmesi için doku iskelesi olmak üzere 3 ana unsurdan oluşur. Yüksek farklılaşma yetenekleri ile RET için umut vadeden dental kök hücreler arasında daimi diş pulpası kök hücreleri (DPSCs), apikal papilla kök hücreleri (SCAPs), süt dişi pulpası kök hücreleri (SHEDs), periodontal ligament kök hücreleri (PDLSCs), dental folikül kök hücreleri (DFSCs) ve inflamatuvar periapikal progenitor hücreler (iPAPCs) bulunmaktadır. Doğal ve sentetik doku iskeleleri, dokulardaki ekstraselüler matriksi taklit etmek üzere kullanılmaktadır. Sentetik doku iskeleleri polilaktik asit (PLA), poliglaktik asit (PGA), polilaktiko glikolik asit (PLGA), polihidroksi bütirat (PHB), poliepsilon kaprolakton (PCL), kalsiyum ve fosfat materyaller, cam seramik ve biyoaktif camlardan oluşur. Doğal doku iskelesi olarak kan pıhtısı, plateletten zengin fibrin (PRF), plateletten zengin plazma (PRP), konsantrasyon büyüme faktörü (CGF), kollajen, glikozaminoglikanlar, kitosan, hyaluronik asit, demineralize- doğal dentin matriksi ve deri kullanılabilir.

1 Uzman Diş Hekimi, Balıkesir Bandırma Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, feyzgur@gmail.com, 0000-0003-0016-071X

2 Uzman Diş Hekimi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi-Diş Hekimliği Fakültesi, Rize, ozge.goren@erdogan.edu.tr, 0000-0003-4514-8132



Platelet kaynaklı büyüme faktörü (PDGF), vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF), insülin benzeri büyüme faktörü (IGF), fibroblast büyüme faktörü-2 (FGF-2) ve transforme edici büyüme faktörü-beta (TGF- $\beta$ ) dentin içinde bulunmaktadır ve RET'de aktif rol oynamaktadırlar. RET yöntemleri; kan pıhtılaşma yoluyla revaskülarizasyon, kök hücre tedavisi, pulpa implantasyonu, doku iskelesi implantasyonu, enjekte edilebilir doku iskelesi uygulaması, üç boyutlu hücre yazılımı ve gen tedavisidir.

## 1.Rejeneratif Endodontik Tedavi

Dentin ve kök yapıları da dahil olmak üzere pulpa-dentin kompleks hücreleri gibi hasarlı yapıları yenisi ile değiştirmek için tasarlanmış biyolojik temelli prosedürler Rejeneratif Endodontik Tedavi (RET) olarak tanımlanmıştır<sup>1-2</sup>. RET kök kanalının dezenfeksiyonunu, ardından MTA gibi biyoaktif bir malzeme ile uygulanan doku iskelesinin üzerinin kapatılmasını içerir<sup>3</sup>.

Rejeneratif endodontik prosedürler direkt pulpa kuafajı, revaskülarizasyon, apeksogenezis, apeksifikasyon, kök hücre tedavisi ve doku mühendisliğini içerebilir<sup>4</sup>.

Revaskülarizasyonda, pulpanın kısmi veya tamamının vaskülaritesi yeniden kazanılmakta ve kök gelişiminin devam etmesi sağlanmaktadır; bu terim dental travma literatüründen alınmıştır. Doku mühendisliği kavramlarını tamamen içermez ve kanal içi dokuların rejenerasyonu sürecinde iskele ve büyüme faktörü kullanımını önemsizleştirmektedir. Pulpa revaskülarizasyonu endodontik olarak tedavi edilen kök kanalında anjiogenez indüklemek olarak tanımlanırken; pulpa rejenerasyonu, vaskülarizasyonun yanında fonksiyonel olarak odontoblastların ve sinir liflerinin restorasyonu olarak tanımlanmaktadır<sup>5</sup>. Revitalizasyon oluşan bu canlı dokuların tekrar kök kanal boşluğuna ulaşması olarak tanımlanmaktadır<sup>6</sup>. Maturogenез kökün sürekli gelişimi ve olgunlaşmasını kapsamaktadır. Rejeneratif endodontik prosedürler revitalizasyon, revaskülarizasyon ve maturogenезi kapsar. Hasarlı diş yapısının doku yapısına bakılmaksızın yenilenmesini tanımlamaktadır<sup>2,7</sup>. Rejeneratif endodonti teriminin, pulpa dokusunun organize onarımını amaçlayan tüm prosedürleri içerdiği için bu terimlerden daha kapsayıcı olduğu düşünülmektedir<sup>8</sup>.

AAE'nin 2018 açıklamasına göre RET başarısı birincil, ikincil ve üçüncül hedeflere ulaşılması ile ilişkilidir.

*Birincil amaç:* Semptomların ortadan kalkması ve kemikte iyileşmenin görülmesi

*İkincil amaç:* Kök duvar kalınlığının ve /veya kök uzunluğunun artması (arzu edilmektedir, gerekli olamayabilir) (desirable, but perhaps not essential))

*Üçüncül amaç:* Canlılık testlerine olumlu yanıt (elde edilirse daha organize bir vital pulpa dokusunu gösterebilir)

RET'in başarısı; apikal periodontitisin iyileşmesi, kök duvarlarının uzaması ve kalınlaşmasına ek olarak pulpa canlılık testlerine olumlu yanıt alınması ile ilişkilidir<sup>9</sup>. Apikal açıklığın boyutu 1 mm'den küçük olan dişlerde kan damarlarının pulpaya girişi zorlaşacağından dolayı revaskülarizasyon zor olabilmektedir. Açık apeksli immatür dişlerde anjiogenez meydana gelme olasılığı artmakta, bu nedenle pulpa dokusunun rejenerasyonu için en iyi aday olmaktadır<sup>10</sup>.

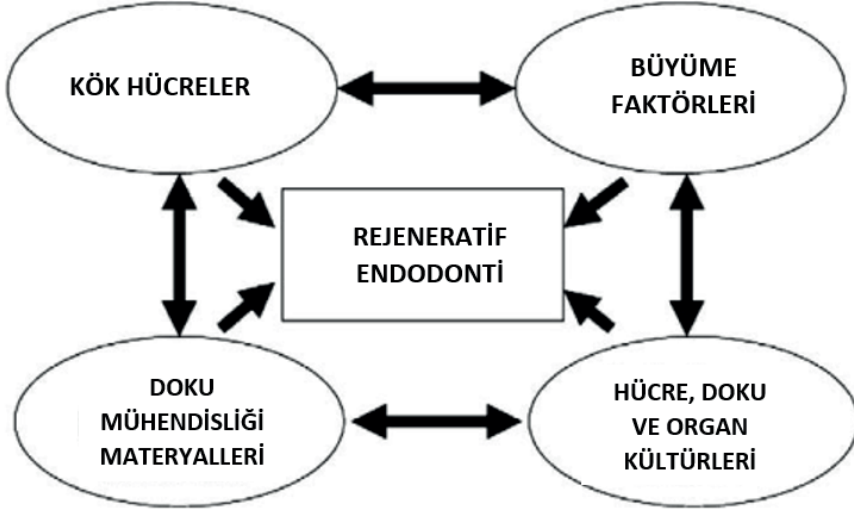
RET'de dokunun sağlığını kazanabilmesi ve tamir olmasına karşılık rejenerasyon gerçekleşmeyebilir, yapılan çalışmalarda onarım sonucu tamamen pulpa dokusu yerine sement, kemik ve fibröz dokudan kısmi fonksiyonlu ektopik dokular oluşabilmektedir<sup>11-15</sup>. Wang ve arkadaşları kök kalınlığındaki artıştan dentinden ziyade sementin sorumlu olduğunu savunmuşlardır. Düzgün sıralanmış bir odontoblastik tabaka içeren diş pulpasının histolojik görüntüsü ve pulpanın fonksiyonel restorasyonu RET hedeflerinin zirvesidir<sup>16</sup>.

Buna rağmen bazı durumlarda yalnızca birinci hedefe ulaşıldığında tedavi başarılı sayılabilir<sup>17</sup>. İstenen orijinal doku rejenerasyonu gerçekleşme de dişin sağlığını koruması hasta açısından en önemli sonuçtur ve hasta açısından nasıl iyileştiğini bir önemi yoktur<sup>18</sup>.

Devital immatür daimi dişlerde RET'in kök gelişimi ve apikal kapanmayı sağlamak için etkili bir yöntem olduğunu gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır ancak oluşum mekanizma tam açıklanamamaktadır. Klinik olarak, revaskülarizasyon gerçekleşen dişin matürasyonunu desteklemek amacıyla kanalda pulpa dokusunun yeniden üretildiği düşünülmüştür. Kanalda oluşan dokunun kemik, periodontal ligament, sement ve fibröz bir bağ dokusu olduğu yapılan bazı insan ve hayvan çalışmalarında gösterilmiştir. Bu çalışmalar ile doku mühendisliğinin, genç hastaların immatür devital daimi dişlerinin tedavisi ve fonksiyonel bir dentin-pulpa kompleksinin yeniden oluşturmada umut verici olduğu savunulmuştur<sup>20,21</sup>.

### 1.1. Doku Mühendisliği Uygulamaları

Biyolojik tedavi stratejileri ile dokuların yapısal ve fizyolojik açıdan yerine konması, onarımı, geliştirilmesi ve sürdürülmesi doku mühendisliği olarak tanımlanmaktadır<sup>22</sup>. Pulpa-dentin kompleksi ve hücreleri onarmak veya değiştirmek amacıyla RET'de üç ana unsur bulunmaktadır. Bunlar kök hücreler, kök hücre farklılaşmasını destekleyen büyüme faktörleri ve hücre farklılaşmasının düzenlenmesi için doku iskelesidir<sup>1-23</sup>. (Tablo 1)



*Tablo 1. Rejeneratif endodontik prosedürler geliştirmek için gerekli olan başlıca araştırma alanları.*

#### 1.1.1. Kök Hücre

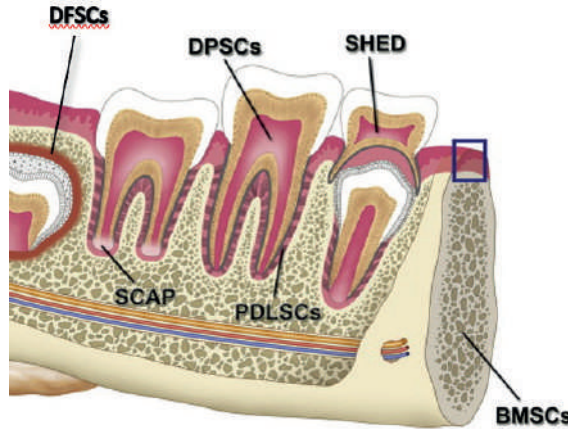
Bütün dokuların kökenini oluşturan kök hücreler sürekli bölünebilir ve farklı hücre türlerine dönüşerek farklı dokuları oluşturabilmektedir<sup>24</sup>. Doku mühendisliğinde kullanılan hücreler 3 gruba ayrılmıştır. Hastanın kendisinden elde edilen otolog hücreler, farklı insan donörlerinden elde edilen allojen hücreler, farklı canlı türlerinden elde edilen ksenojen hücreler elde edilmektedir<sup>25</sup>.

Farklılaşma yeteneğine göre kök hücreler üç gruba ayrılır. Özgün herhangi bir hücreye farklılaşabilen totipotent hücreler, birkaç hücre türüne farklılaşabilen pluripotent hücreler, daha kısıtlı hücre türüne farklılaşabilen multipotent hücreler olarak sınıflandırılmaktadır. Fetal (embriyonik) ve postnatal (yetişkin) olarak bir diğer sınıflama yapılmıştır<sup>26</sup>. Postnatal

kök hücreler multipotenttir; organizmada hasarlı dokuyu onarma, dokunun rejenerasyon ve bütünlüğünü sağlamada görevlidir<sup>27</sup>. Fetal kök hücrelerin postnatal kök hücrelere göre daha fazla farklılaşma yeteneği mevcuttur. Embriyodan köken alırlar, kendi kendilerine bölünebilirler ve pluripotenttirler. Doku mühendisliği açısından daha değerli olmalarına rağmen kullanımında etik ve yasal açıdan sakıncalar bulunmaktadır<sup>28</sup>. Buldukları dokudan köken alan postnatal hücreler sınırlı sayıda hücreye dönüşebilmektedir<sup>29</sup>.

### 1.1.1.2. Dental Kök Hücreler

Dental kök hücreler süt dişlerinden, postnatal dişlerden ve çekilmiş yirmi yaş dişlerinden elde edilebilmektedir. Yüksek farklılaşma yetenekleri ile RET için umut vadetmektedirler<sup>30</sup>. Oral dokulara ait birçok kök hücre bulunmaktadır; rejeneratif prosedürler için daha çok daimi diş pulpası kök hücreleri (DPSCs), apikal papilla kök hücreleri (SCAPs), süt dişi pulpası kök hücreleri (SHEDs), periodontal ligament kök hücreleri (PDLSCs), dental folikül kök hücreleri (DFSCs) ve inflamatuvar periapikal progenitör hücreler (iPAPCs) uygulanmaktadır. (Şekil 1)



Şekil 1. Dental kök hücre kaynakları. Daimi diş pulpası kök hücreleri (DPSCs), apikal papilla kök hücreleri (SCAPs), süt dişi pulpası kök hücreleri (SHEDs), periodontal ligament kök hücreleri (PDLSCs), dental folikül kök hücreleri (DFSCs) ve kemik iliği kökenli mezenkimal kök hücreler. (BMSCs)<sup>31</sup>

DPSC'ler 2009 yılında insan pulpasından elde edilmişlerdir<sup>32</sup>. Aynı kültür koşullarında kemik iliği kökenli mezenkimal kök hücrelerden (BMSCs) %30 daha fazla proliferasyon göstermektedirler. Multipotent olan bu hücre

grubu osteoblast, kondroblast, adiposit, düz ve iskelet kası hücresi, nöron ve odontoblast benzeri hücrelere farklılaşabilmektedirler<sup>33</sup>. Özelliklerini kaybetmeden dondurularak saklanabilmektedirler<sup>34</sup>. DPSC bağışıklık hücreleri ve hasarlı dentinden salınan kemotaktik ajanları takiben yaralanma bölgesine gelir. DPSC'lerin oluşturduğu onarıcı dentin 'osteodentin' olarak adlandırılan düzensiz ve atübüler yapıdadır ve birincil, ikincil ve reaksiyoner dentinden farklıdır. Bu onarım süreci MTA gibi biyoaktif malzemeler ile geliştirilebilir.

Periodontal ligament; diş ve kemik arasında destek görevine sahip, farklı hücre tipleri içeren karmaşık yapıda bir bağ dokusudur<sup>35</sup>. PDLSCs in vitro olarak osteojenik, kondrojenik ve adipojenik fenotip kazanabilirler<sup>36</sup>.

SCAPs gelişimini henüz tamamlamamış üçüncü molar dişlerinden elde edilen kök hücrelerdir ve kolay ulaşılmaktadır. Odontojenik, nörojenik, osteojenik, kondrojenik, adipojenik ve hepatojenik fenotip kazanabilirler<sup>37</sup>. SCAPs primer odontoblastların kaynağıdır ve kök dentininin oluşumundan sorumludur. DPSCs ise reperatif dentin üretiminden sorumlu odontoblastların kaynağıdır<sup>38</sup>. PDLSC'lerden daha etkili olup yüksek proliferasyon yeteneği gösterirler. Dental apikal papillada yetişkin pulpasından daha fazla erişkin kök hücre bulunur. Bu sebeple dentin rejenerasyonunda DPSC'lerden daha fazla kapasiteye sahiptirler. Apikal papilla ve dental pulpa arasında SCAP'lerin histolojik olarak daha az selüler ve vasküler yapıda olması kaynaklı farklılık vardır<sup>10</sup>. PDLSCs ile kombinasyonu ile dental konnektif doku oluşumu sağlanabilir<sup>39</sup>.

Periodontal ligament, alveol kemiği ve sementi oluşturan öncü hücreleri içeren dental folikül; diş germinin dental papillası ve mine organı etrafındaki ektomezenşimal dokudan oluşmaktadır<sup>40</sup>. Gömülü 3. molar dişlerin foliküllerinden elde edilen DFSC'ler, farklılaşarak mineralize doku kümeleri oluşturabilirler. Multipotent mezenkimal özellikleri olan bu kök hücreler sementoblast, adiposit, kondrosit gibi mezenkimal kökenli hücrelere farklılaşabilmektedirler<sup>41</sup>.

Fizyolojik düşme zamanı gelen süt dişlerinin dental pulpasından SHEDs elde edilir. Osteoblast, odontoblast, adiposit ve nöronlara farklılaşabilmektedir. Düşme zamanı gelmiş ve tıbbi atık olan dişlerden non invaziv olarak elde edildikleri için etik ve yasal kısıtlama olmaması avantajıdır<sup>42</sup>. SHEDs kemik oluşumuna sebep olmakta ve in vivo şartlarda dentin üretmektedirler. Daimi dişlerden elde edilen kök hücrelere göre proliferasyon kabiliyetleri daha yüksektir ve in vitro olarak kolay çoğaltılmaktadırlar<sup>43</sup>.

Pulpada rejenerasyon sağlamak amacıyla hücre nakli veya hücrelerin ilgili alana çağırılması (cell homing) şeklinde iki farklı teknik kullanılır<sup>44</sup>. Hücre nakli yönteminin yüksek maliyet ve klinik zorluk gibi dezavantajları bulunmaktadır, sinyal moleküllerinden zengin iskelelere ekzojen kök hücre yüklenerek kanal içerisine yerleştirilmektedir. Cell homing yönteminde ise kemotaksis ile endojen kök hücreler kök kanalına getirilerek rejenerasyon sağlanmaktadır<sup>45</sup>. Düşük maliyet ve uygulama kolaylığı ile klinik kullanımı daha uygundur<sup>46</sup>.

### 1.1.2. Doku İskelesi

Doku iskelelerinin kullanım amacı doğal dokulardaki ekstraselüler matriksi (EM) taklit etmektir. Hücreler kendi EM'ini üretene kadar üç boyutlu olarak uygulanan iskeleler görev almaktadır. İdeal bir doku iskelesi; biyoyumlu, osteoindüktif, steril, toksik olmayan, besin transportuna izin veren, biyolojik çevreyi taklit edebilen, antibiyotik ve büyüme faktör ilavesine izin veren, anjiyogenezis potansiyeli gibi özelliklere sahip olan bir yapıda olmalıdır<sup>47</sup>. İdeal bir doku iskelesi;

- Hücre çoğalması için yeterli gözeneklilik
- Besin, oksijen ve atıkların taşınmasında etkinlik
- Uygun mekanik ve fiziksel güç
- Minimum enflamatuvar yanıt
- Doku rejenerasyon sürecine benzer biyolojik parçalanma yeteneğine sahip olma gibi özelliklere sahip olmalıdır<sup>48</sup>.

Doku iskeleleri doğal ve sentetik (doğal olmayan) olmak üzere iki grupta incelenir. Sentetik doku iskeleleri polilaktik asit (PLA), poliglikolik asit (PGA), polilaktiko glikolik asit (PLGA), polihidroksi bütirat (PHB), poliepsilon kaprolakton (PCL), kalsiyum ve fosfat materyaller, cam seramik ve biyoaktif camlardan oluşur<sup>49</sup>. Doğal doku iskelesi olarak kan pıhtısı, plateletten zengin fibrin (PRF), plateletten zengin plazma (PRP), konsantre büyüme faktörü (CGF), kollajen, glikozaminoglikanlar, kitosan, hyoluronik asit, demineralize- doğal dentin matriksi ve deri kullanılabilir<sup>50</sup>. RET'de doğal doku iskelelerinden en çok kan pıhtısı, PRF ve PRP kullanılmaktadır.

Kan pıhtısı; düşük maliyeti, alerjik olmaması, uygulama kolaylığı sebebiyle diğer seçeneklere göre öne çıkmaktadır. Mevcut RET prosedüründe periapikal bölgeye taşkın preperasyon ile kanama sağlanmaktadır. Kanama ile beraber iskele görevi görebilecek bir pıhtı oluşmakta ve trombosit kaynaklı

büyüme faktörleri ile mezenkimal büyüme faktörlerinin kök kanalı içine g sağlanmaktadır<sup>51</sup>. Yapılan histolojik çalışmalar başlatılan intrakanal kanama ile sistemik seviyeden 400-600 kat daha yüksek seviyede CD73 ve CD105 kök hücre markerlarını sağladığını göstermiştir<sup>52</sup>. Apikal kanatma periapikal enfeksiyonun geniş alanı etkilemesi sebebiyle her zaman sağlanamayabilir, kanama oluşturmanın rejenerasyon için önemi dikkate alınarak periapikal doku iyileşmesi için tedavi süresi uzatılmalıdır<sup>53</sup>.

Rejeneratif endodontide ilk olarak 2011 yılında immatür daimi dişlerde kullanılan, büyüme faktörü açısından zengin olan PRP ilk jenerasyon otolog trombosit konsantrasyonudur. Normal kan değerinden 5-8 kat daha yüksek trombosit konsantrasyonu ve lökosit bulunması ile karakterizedir. Oldukça hassas olması ve yaklaşık 30 dakikada hazırlanması sebebi ile klinik kullanımı azalmaktadır<sup>54</sup>.

PRP hazırlama sürecini basitleştirmek ve sığır trombinini gibi ksenofaktrleri ortadan kaldırmak amacıyla PRF geliştirilmiştir. PRF; platelet, fibrin, lökosit, büyüme faktörleri, kök hücreler gibi farklı hücre türlerinden oluşan otolog kompozit bir biyomateryaldir<sup>55</sup>. PRF, RET'de istenen ve istenmeyen hücreler arasında bariyer görevi görür ve istenmeyen hücrelerin erken göçünü engellemektedir<sup>56</sup>. PRF hazırlanırken hastadan alınan kan yavaşca santrifüj edilir ve elde edilen fibrinin üç boyutlu, esnek bir ağ olması amaçlanır. Bu iskele hücre ve sitokin göçüne olanak sağlayarak hücrelerin alımını, çoğalmasını ve farklılaşmasını destekleyebilir<sup>57</sup>.

CGF son nesil bir trombosit konsantrasyonu iskele olarak RET'de kullanılmaya başlanmıştır<sup>58</sup>. Kontrollü bir santrifüjleme ile hazırlanır ve bu sayede tüpün camına çarpan trombositlerin yırtılmasıyla daha fazla büyüme faktörü açığa çıkar<sup>59</sup>. CGF sitokin açısından zengin olan SCAP'leri kanal içine yönlendirmekte ve rejenerasyonu teşvik etmektedir<sup>44</sup>.

Kollajen ekstraselüler matriksin ana bileşenlerindedir; yapı iskelesi olarak kullanıldığında büyüme faktörleri ve hücrelerin kolayca yerleşimini sağlar ve bozulduktan sonra doğal dokularla yer değerişimine olanak sağlar<sup>60</sup>.

### **1.1.3. Büyüme Faktörleri**

Büyüme faktörleri hücreler arası iletişime aracılık ederek sinyal molekülü gibi davranırlar ve dental pulpa hücrelerinin çoğalma, farklılaşma, migrasyon ve apoptozislerini içeren hücresel faaliyetlerde aktif rol alırlar<sup>61</sup>. Hormonların tersine hedef hücrede lokal etkilidirler. Platelet kaynaklı büyüme faktörü (PDGF), vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF), insülin benzeri büyüme faktörü (IGF), fibroblast büyüme faktörü-2 (FGF-2) ve transforme edici büyüme faktörü-beta (TGF- $\beta$ ) dentin içinde bulunmaktadır. Büyüme

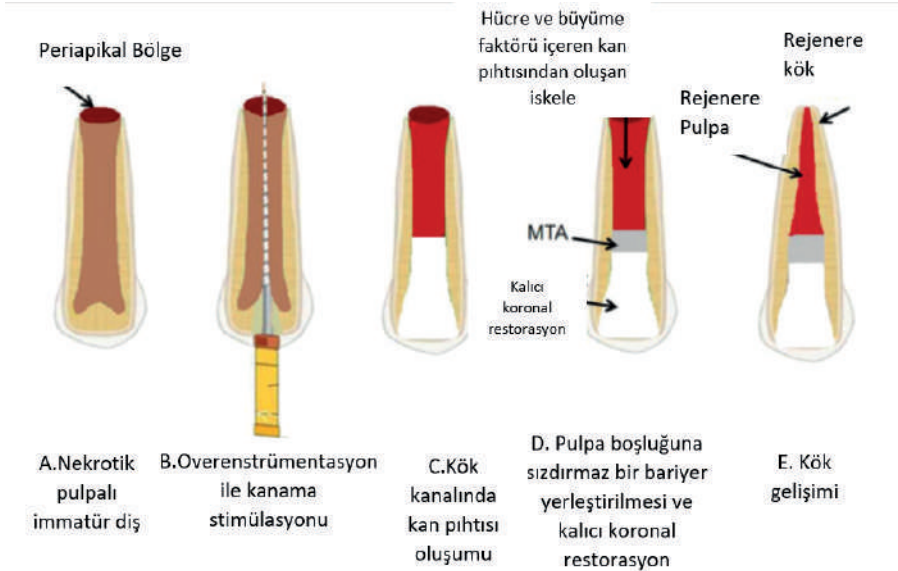
faktörlerinin uygun ortam şartlarında hücre farklılaşmasına yardımcı elemanlar olduğu unutulmamalıdır<sup>2</sup>. Bu faktörlerin, çürük varlığında pulpaya ulaştırılmak üzere salınarak, tersiyer dentin oluşumunun uyarılması, dentin tamiri ve rejenerasyonunda etkili oldukları düşünülmektedir<sup>62,63</sup>. RET’de dentinin EDTA ile irrigasyonunun dentin matrisine gömülü büyüme faktörlerinin salımını sağladığını gösteren çalışmalar mevcuttur.

## 1.2. RET yöntemleri

RET yöntemleri; kan pıhtılaşma yoluyla revaskülarizasyon, kök hücre tedavisi, pulpa implantasyonu, doku iskelesi implantasyonu, enjekte edilebilir doku iskelesi uygulaması, üç boyutlu hücre yazılımı ve gen tedavisidir<sup>1</sup>.

### 1.2.1. Kan pıhtısı yoluyla revaskülarizasyon

Revaskülarizasyon yönteminde, kök kanal boşluğu çeşitli irrigasyon solüsyonları ve medikament kullanımıyla dezenfekte edildikten sonra yeni doku oluşumunu başlatacak hücrelerin tutunması için kan pıhtısı oluşturulur ve pulpanın kök kanal boşluğunda yeniden damarlanması sağlanır<sup>1</sup>. Yeni sert doku birikimiyle kök duvarlarının kalınlaşması ve kök gelişiminin devam etmesi en önemli avantajdır. İmmatür dişlerin yanı sıra matür, nekrotik pulpaya sahip dişlerde de apikal çapın el aletleri ile 2 mm’e kadar genişletilmesi ve kanama sağlanması ile bu işlem gerçekleştirilebilir<sup>1</sup>.



Şekil 1. Revaskülarizasyon prosedürünün şematik gösterimi<sup>64</sup>



### 1.2.2. Postnatal Kök Hücre Tedavisi

Rejeneratif potansiyeli bulunan erişkin kök hücrelerin, dezenfekte edilen kök kanalına gönderilmesi esasına dayanır. Deri, bukkal mukoza, kemik ve yağ gibi farklı dokulardan postnatal kök hücreler elde edilebilir<sup>65</sup>. Postnatal kök hücre tedavisinin; otojen kök hücrelerin üretiminin kolay olması, enjektör ile kolay uygulanan hücrelerin yeni pulpa dokusunu indüklemeye yeteneği olması gibi avantajları bulunmaktadır<sup>66</sup>. Enjekte edilen hücreler uzun ömürlü değildir ve vücudun farklı yerlerinde anormal bir mineralizasyona sebep olma gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu kök hücrelerin diş dokusuna farklılaşması için büyüme faktörleri ve doku iskelesinin gerekli olduğu gösterilmiştir<sup>67</sup>.

### 1.2.3. Pulpa İmplantasyonu

Laboratuvarında uygun şartlar altında kök hücrelerden üretilen pulpa dokusu önceden şekillendirilip dezenfekte edilen kök kanalına implante edilir<sup>1</sup> (15). Kültür ortamında invitro çoğaltılan pulpa dokusu rezorbe olabilen polimer nanofiber tabaka, fibronektin veya kollajen-1 benzeri ekstraselüler matriksin protein tabakasının üzerinde yetiştirilir. Ancak kollajen-1 ve 3 üzerinde yetiştirilen pulpa hücreleri henüz başarılı olmamıştır<sup>68,69</sup>.

Bu yöntem ile elde edilen hücrelerin laboratuvarında daha kolay büyüebilmesi ve enjekte edilebilir yöntemden daha stabil olması önemli bir avantajdır. Ancak implante edilen pulpanın kök kanal duvarlarına adezyonunu sağlamak için özel prosedürler uygulanmalıdır. Tekniği uygulamak, hücre tabakalarının çok ince ve kırılğan olmasından dolayı zordur. Güvenli pulpa implantasyonu teknikleri için çalışmalar devam etmektedir<sup>10</sup>.

### 1.2.4. Doku İskelesi İmplantasyonu

Pulpa kök hücreleri, hücre organizasyonunu ve damarlanmayı destekleyebilen üç boyutlu bir yapı ile desteklenmelidir. Bu amaç için kullanılan doku iskelesi, kök hücre çoğalması ve farklılaşmasına yardımcı olmak amacıyla büyüme faktörleri içermeli, doku gelişiminin iyileşmesini ve hızlı olmasını sağlamalı, çevre dokular tarafından rezorbe edilebilmelidir. Doku iskelesi olarak doğal veya sentetik materyaller tercih edilebilir<sup>1</sup>.

### 1.2.5. Enjekte Edilebilir Doku İskelesi

Kemik gibi fiziksel desteğe ihtiyaç duyan dokular için rijid bir doku iskelesi gerekirken, pulpa benzeri yapısal destek gerektirmeyen dokular için yumuşak, üç boyutlu iskeleler tercih edilebilir<sup>70</sup>. Hidrojeller bu konuya önemli

bir örnektir. Noninvaziv, kök kanal sistemine rahatlıkla enjekte edilebilen ve pulpa rejenerasyonunu destekleyebilen yapılardır. Hidrojellerin pulpa rejenerasyonunu arttırdığı ve organize bir doku dönüşümünü kolaylaştırdığı öne sürülmüştür. İn vivo etkisi tam olarak açıklanamamıştır ve bu konuda çalışmalar devam etmektedir<sup>71</sup>.

### 1.2.6. Üç Boyutlu Hücre Yayıması

Teorik olarak bu teknik ile doğal pulpanın aynısı oluşturulabilmektedir. Püskürtmeli özel bir cihaz yardımı ile hidrojel içine hücre tabakalarının dağılması sağlanarak pulpanın rejenerasyonu hedeflenmektedir<sup>72</sup>. Farklı hücrelerin tam olarak istenilen bölgede konumlanması sağlanabilmektedir ancak yapılan in vivo çalışmalar bu teknik ile fonksiyonel bir doku oluştuğunu gösterememiştir<sup>1</sup>.

### 1.2.7. Gen Tedavisi

Bu tedavi ile vücutta ihtiyaç duyulan kimyasal maddenin vücut dışından salgılanması yerine vücutta üretilmesi sağlanır. Pulpa dokusunun mineralizasyonunu artırmak için gerekli genin aktarımı RET<sup>3</sup>de kullanılmış ancak bu çalışmaların kesin başarısı henüz gösterilememiştir. Sağlık açısından riskli görülmesi sebebiyle gen tedavilerinin yakın gelecekte RET<sup>3</sup>de kullanımının olası görünmediği ifade edilmiştir<sup>73</sup>.

## Kaynakça

1. Murray PE, Garcia-Godoy F, Hargreaves KM. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *Journal of endodontics*. 2007;33(4):377-90.
2. Hargreaves KM, Diogenes A, Teixeira FB. Treatment options: biological basis of regenerative endodontic procedures. *Pediatric dentistry*. 2013;35(2):129-40.
3. Shokouhinejad N, Khoshkhounejad M, Alikhasi M, Bagheri P, Camilleri J. Prevention of coronal discoloration induced by regenerative endodontic treatment in an ex vivo model. *Clinical oral investigations*. 2018;22(4):1725-31.
4. Garcia-Godoy F, Murray PE. Recommendations for using regenerative endodontic procedures in permanent immature traumatized teeth. *Dent Traumatol*. 2012;28(1):33-41.
5. Gathani KM, Raghavendra SS. Scaffolds in regenerative endodontics: A review. *Dent Res J (Isfahan)*. 2016;13(5):379-86.
6. Kumar H, Al-Ali M, Parashos P, Manton DJ. Management of 2 teeth diagnosed with dens invaginatus with regenerative endodontics and apexification in the same patient: a case report and review. *Journal of endodontics*. 2014;40(5):725-31.
7. Law AS. Considerations for regeneration procedures. *Pediatric dentistry*. 2013;35(2):141-52.
8. Diogenes A, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KM. An update on clinical regenerative endodontics. *Endodontic topics*. 2013;28(1):2-23.
9. Kontakiotis EG, Filippatos CG, Tzanetakis GN, Agrafioti A. Regenerative endodontic therapy: a data analysis of clinical protocols. *Journal of endodontics*. 2015;41(2):146-54.
10. Huang GT. Pulp and dentin tissue engineering and regeneration: current progress. *Regenerative medicine*. 2009;4(5):697-707.
11. Meschi N, Castro AB, Vandamme K, Quirynen M, Lambrechts P. The impact of autologous platelet concentrates on endodontic healing: a systematic review. *Platelets*. 2016;27(7):613-33.
12. da Silva LAB, Nelson-Filho P, da Silva RAB, Flores DSH, Heilborn C, Johnson JD, et al. Revascularization and periapical repair after endodontic treatment using apical negative pressure irrigation versus conventional irrigation plus triantibiotic intracanal dressing in dogs' teeth with apical periodontitis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010;109(5):779-87.
13. Wang X, Thibodeau B, Trope M, Lin LM, Huang GT-J. Histologic characterization of regenerated tissues in canal space after the revitalization/

- revascularization procedure of immature dog teeth with apical periodontitis. *Journal of endodontics*. 2010;36(1):56-63.
14. Andreasen JO, Bakland LK. Pulp regeneration after non-infected and infected necrosis, what type of tissue do we want? A review. *Dental Traumatology*. 2012;28(1):13-8.
  15. Martin DE, De Almeida JFA, Henry MA, Khaing ZZ, Schmidt CE, Teixeira FB, et al. Concentration-dependent effect of sodium hypochlorite on stem cells of apical papilla survival and differentiation. *Journal of endodontics*. 2014;40(1):51-5.
  16. Liao J, Al Shahrani M, Al-Habib M, Tanaka T, Huang GT-J. Cells isolated from inflamed periapical tissue express mesenchymal stem cell markers and are highly osteogenic. *Journal of endodontics*. 2011;37(9):1217-24.
  17. Geisler TM. Clinical considerations for regenerative endodontic procedures. *Dental Clinics*. 2012;56(3):603-26.
  18. Galler K, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, et al. European Society of Endodontology position statement: revitalization procedures. *International endodontic journal*. 2016;49(8):717-23.
  19. Hargreaves KM, Law AS. *Regenerative Endodontics*. Chapter 16. *Pathways of the Pulp 10th ed*. Eds, Hargreaves KM, Cohen S. Mosby Elsevier, St Louis, MO, 2011: 602-19.
  20. Lin L, Ricucci D, Huang GJ. Regeneration of the dentine-pulp complex with revitalization/revascularization therapy: challenges and hopes. *International endodontic journal*. 2014;47(8):713-24.
  21. Kim J-H, Kim Y, Shin S-J, Park J-W, Jung I-Y. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *Journal of endodontics*. 2010;36(6):1086-91.
  22. Atala A. Tissue engineering, stem cells and cloning: current concepts and changing trends. *Expert opinion on biological therapy*. 2005;5(7):879-92.
  23. Malhotra N, Mala K. Regenerative endodontics as a tissue engineering approach: past, current and future. *Australian Endodontic Journal*. 2012;38(3):137-48.
  24. MS. Stem sense: a proposal for the classification of stem cells. *Stem cells and development*. 2004;13(5):452-5.
  25. Griffith LG, Naughton G. Tissue engineering--current challenges and expanding opportunities. *science*. 2002;295(5557):1009-14.
  26. Strindberg LZ. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors-an analytical study based on radiographic and clinical follow-up examination. *Acta Odontol Scand*. 1956;14:1-175.
  27. Ulmer FL, Winkel A, Kohorst P, Stiesch M. Stem cells--prospects in dentistry. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin = Revue Mensuelle Su-*

- isse D'odonto-stomatologic= Rivista Mensile Svizzera di Odontologia e Stomatologia. 2010;120(10):860-83.
28. Gardner R. Stem cells: potency, plasticity and public perception. *Journal of anatomy*. 2002;200(3):277-82.
  29. Wagers AJ, Weissman IL. Plasticity of adult stem cells. *Cell*. 2004;116(5):639-48.
  30. Morszeck C, Reichert TE. Dental stem cells in tooth regeneration and repair in the future. *Expert opinion on biological therapy*. 2018;18(2):187-96.
  31. Marí-Beffa M, Segura-Egea JJ, Díaz-Cuenca A. Regenerative endodontic procedures: a perspective from stem cell niche biology. *Journal of endodontics*. 2017;43(1):52-62.
  32. Peng L, Ye L, Zhou Xd. Mesenchymal stem cells and tooth engineering. *International journal of oral science*. 2009;1(1):6-12.
  33. Volponi AA, Pang Y, Sharpe PT. Stem cell-based biological tooth repair and regeneration. *Trends in cell biology*. 2010;20(12):715-22.
  34. Pilbauerová N, Suchánek J. Cryopreservation of dental stem cells. *Acta Medica*. 2018;61(1):1-7.
  35. Yu T, Volponi AA, Babb R, An Z, Sharpe PT. Stem cells in tooth development, growth, repair, and regeneration. *Current topics in developmental biology*. 2015;115:187-212.
  36. Aydin S, Şahin F. Stem cells derived from dental tissues. *Cell Biology and Translational Medicine*, Volume 5. 2019:123-32.
  37. Sonoyama W, Liu Y, Yamaza T, Tuan RS, Wang S, Shi S, et al. Characterization of the apical papilla and its residing stem cells from human immature permanent teeth: a pilot study. *Journal of endodontics*. 2008;34(2):166-71.
  38. K-i. Fuel Cells: Past, Present and Future. *IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials*. 2008;128(5):329-32.
  39. J, Fan W, Deng Q, He H, Huang F. Stem cells from the apical papilla: a promising source for stem cell-based therapy. *BioMed Research International*. 2019;2019.
  40. Felthaus O, Ernst W, Driemel O, Reichert TE, Schmalz G, Morszeck C. TGF- $\beta$  stimulates glial-like differentiation in murine dental follicle precursor cells (mDFPCs). *Neuroscience letters*. 2010;471(3):179-84.
  41. Zhai Q, Dong Z, Wang W, Li B, Jin Y. Dental stem cell and dental tissue regeneration. *Frontiers of medicine*. 2019;13(2):152-9.
  42. Nakamura S, Yamada Y, Katagiri W, Sugito T, Ito K, Ueda M. Stem cell proliferation pathways comparison between human exfoliated deciduous

- teeth and dental pulp stem cells by gene expression profile from promising dental pulp. *Journal of endodontics*. 2009;35(11):1536-42.
43. Miura M, Gronthos S, Zhao M, Lu B, Fisher LW, Robey PG, et al. SHED: stem cells from human exfoliated deciduous teeth. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003;100(10):5807-12.
  44. Hong S, Li L, Cai W, Jiang B. The potential application of concentrated growth factor in regenerative endodontics. *International Endodontic Journal*. 2019;52(5):646-55.
  45. Mao JJ, Kim SG, Zhou J, Ye L, Cho S, Suzuki T, et al. Regenerative endodontics: barriers and strategies for clinical translation. *Dental Clinics*. 2012;56(3):639-49.
  46. Kim SG, Zheng Y, Zhou J, Chen M, Embree MC, Song K, et al. Dentin and dental pulp regeneration by the patient's endogenous cells. *Endodontic topics*. 2013;28(1):106-17.
  47. Ma PX. Scaffolds for tissue fabrication. *Materials today*. 2004;7(5):30-40.
  48. Saber SE-DM. Tissue engineering in endodontics. *Journal of oral Science*. 2009;51(4):495-507.
  49. Burdick, J.A.; Mauck, R.L. (2011): *Biomaterials for tissue engineering applications. A review of the past and future trends*. Wien Austria, New York: Springer.
  50. Gathani KM, Raghavendra SS. Scaffolds in regenerative endodontics: A review. *Dental research journal*. 2016;13(5):379.
  51. Ulusoy AT, Turedi I, Cimen M, Cehreli ZC. Evaluation of blood clot, platelet-rich plasma, platelet-rich fibrin, and platelet pellet as scaffolds in regenerative endodontic treatment: a prospective randomized trial. *Journal of endodontics*. 2019;45(5):560-6.
  52. Feigin K, Shope B. Regenerative endodontics. *Journal of Veterinary Dentistry*. 2017;34(3):161-78.
  53. Kim S, Malek M, Sigurdsson A, Lin L, Kahler B. Regenerative endodontics: a comprehensive review. *International endodontic journal*. 2018;51(12):1367-88.
  54. Alsousou J, Ali A, Willett K, Harrison P. The role of platelet-rich plasma in tissue regeneration. *Platelets*. 2013;24(3):173-82.
  55. Miron RJ, Zucchelli G, Pikos MA, Salama M, Lee S, Guillemette V, et al. Use of platelet-rich fibrin in regenerative dentistry: a systematic review. *Clinical oral investigations*. 2017;21(6):1913-27.
  56. Shivashankar VY, Johns DA, Vidyanath S, Sam G. Combination of platelet rich fibrin, hydroxyapatite and PRF membrane in the management of large inflammatory periapical lesion. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2013;16(3):261.

57. Dohan DM, Choukroun J, Diss A, Dohan SL, Dohan AJ, Mouhyi J, et al. Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part I: technological concepts and evolution. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(3):e37-44.
58. Rodella LF, Favero G, Boninsegna R, Buffoli B, Labanca M, Scari G, et al. Growth factors, CD34 positive cells, and fibrin network analysis in concentrated growth factors fraction. *Microscopy research and technique.* 2011;74(8):772-7.
59. Nguyen T-H, Palankar R, Bui V-C, Medvedev N, Greinacher A, Delcea M. Rupture forces among human blood platelets at different degrees of activation. *Scientific reports.* 2016;6(1):1-12.
60. Sumita Y, Honda MJ, Ohara T, Tsuchiya S, Sagara H, Kagami H, et al. Performance of collagen sponge as a 3-D scaffold for tooth-tissue engineering. *Biomaterials.* 2006;27(17):3238-48.
61. Lind M. Growth factors: Possible new clinical tools: A review. *Acta Orthopaedica Scandinavica.* 1996;67(4):407-17.
62. Goldberg M, Lacerda-Pinheiro S, Jegat N, Six N, Septier D, Priam F, et al. The impact of bioactive molecules to stimulate tooth repair and regeneration as part of restorative dentistry. *Dental Clinics.* 2006;50(2):277-98.
63. Galler KM, Buchalla W, Hiller K-A, Federlin M, Eidt A, Schiefersteiner M, et al. Influence of root canal disinfectants on growth factor release from dentin. *Journal of endodontics.* 2015;41(3):363-8.
64. Bansal R, Jain A, Mittal S, Kumar T, Kaur D. Regenerative endodontics: a road less travelled. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR.* 2014;8(10):ZE20.
65. Kindlerl V. Postnatal stem cell survival: does the niche, a rare harbor where to resist the ebb tide of differentiation, also provide lineage-specific instructions? *Journal of leukocyte biology.* 2005;78(4):836-44.
66. Nakashima M, Akamine A. The application of tissue engineering to regeneration of pulp and dentin in endodontics. *Journal of endodontics.* 2005;31(10):711-8.
67. Brazelton TR, Blau HM. Optimizing techniques for tracking transplanted stem cells in vivo. *Stem cells.* 2005;23(9):1251-65.
68. Fukuda J, Khademhosseini A, Yeh J, Eng G, Cheng J, Farokhzad OC, et al. Micropatterned cell co-cultures using layer-by-layer deposition of extracellular matrix components. *Biomaterials.* 2006;27(8):1479-86.
69. Venugopal J, Ramakrishna S. Applications of polymer nanofibers in biomedicine and biotechnology. *Appl Biochem Biotechnol.* 2005;125(3):147-58.

70. Elisseff J, Pulco C, Yang F, Sharma B. Advances in skeletal tissue engineering with hydrogels. *Orthodontics & craniofacial research*. 2005;8(3):150-61.
71. Desgrandchamps F. Endoscopic and surgical repair of the ureter. *Current Opinion in Urology*. 2001;11(3):271-4.
72. Sanjana NE, Fuller SB. A fast flexible ink-jet printing method for patterning dissociated neurons in culture. *J Neurosci Methods*. 2004;136(2):151-63.
73. Yılmaz A. Rejeneratif endodonti. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. 2012;46(3):91-8.





## Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi

Levent Akıncı<sup>1</sup>

### Özet

Bu metin, kök kanal tedavisinin yenilenmesi ve yeniden tedavi sürecindeki çeşitli aşamaları ve teknikleri ele almaktadır. Kök kanal tedavisinin başarısızlığının başlıca nedeni, yetersiz dezenfeksiyondur. Birincil kök kanal tedavisi başarısız olduğunda, periapikal lezyonlar cerrahi yöntemlerle veya cerrahi olmadan yeniden tedavi edilebilir. Kök kanal yeniden tedavisi, dıştan kök kanal dolgu materyallerinin çıkarılması, ardından kanalların temizlenmesi, şekillendirilmesi ve doldurulması işleminden oluşan cerrahi olmayan bir prosedürdür. Dışın stratejik önemi ve tedaviye değer olup olmadığına karar verilmelidir. Kısa kök dolgusu ve bozulmamış anatomisi olan dişlerde başarı şansı daha yüksektir. Yeniden tedavi, doğru teşhis, temizleme, dezenfeksiyon, dolgu ve restorasyon gibi birincil kök kanal tedavisi kurallarına dayanır ancak, vital veya nekrotik pulpalı dişlerde farklılıklar gösterir. Doğru pre-operatif tanı, yeniden tedavi sırasında karşılaşılabilecek sorunları öngörmek için önemlidir. Bu, kök dolgusu tipi, kanal anatomisi, eğrilikler ve daha önce tespit edilmeyen kök kanallarını içerir. Kök kanal sistemine yeniden girerken bu faktörlerin dikkate alınması gereklidir. Yeniden tedavi sırasında, enfekte kök kanalları bakterilerle, bazen mantar veya virüslerle de enfekte olabilir. Bu enfeksiyonlar, genellikle biyofilmle ilişkilidir. Dolgu materyalinin ve kanal sisteminin mikrobiyal çeşitliliği, tedavi başarısını etkileyebilir. Temizleme ve dezenfeksiyon işlemi önemlidir. Kök kanal sistemi tamamen temizlenmeli ve tüm kanallar tespit edilmelidir. Kök dolgusu çıkarılmadan önce, koronal kanal şekillendirmesi ve temizliği yapılmalıdır. Yeniden tedavi sırasında dolgu materyalini tamamen çıkarmak oldukça zordur. Kök kanalındaki dolgu materyali, mekanik olarak ve gerekirse çözücülerle çıkarılmalıdır. İrrigasyon, yeniden tedavi sürecinde kanalın temizliği ve dezenfeksiyonu için kritik öneme sahiptir. EDTA veya sitrik asit gibi şelatlayıcı çözeltiler, kanal duvarlarının temizlenmesine yardımcı olabilir. Sodyum hipoklorit (NaOCl) genellikle tercih edilen irriganttır ve ultrasonik aktivasyon ile etkinliği

1 Dr. Öğretim Üyesi, İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı  
levent.akinci5@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8043-0267

artırılabilir. Yeniden tedavi sırasında, kök kanalının dezenfeksiyonu için sodyum hipoklorit (NaOCl) yaygın olarak kullanılır. Kök kanal tedavisinin yenilenmesi, doğru teknikler ve etkili dezenfeksiyonla başarılı bir şekilde yapılabilir. Yeniden tedavi, genellikle daha zorlayıcı olsa da, doğru tedavi planı ve hazırlık ile başarılı sonuçlar elde edilebilir.

## Giriş

Kök kanal tedavisinin yenilenmesi, daha önce kök kanal tedavisi görmüş ancak başarısızlıkla sonuçlanmış veya yeniden enfeksiyon gelişmiş dişlerde yapılan bir prosedürdür. Bu tedavinin amacı, kök kanal sisteminin tamamen dezenfekte edilmesi ve yeniden şekillendirilmesiyle sağlıklı periapikal dokuların korunmasını sağlamaktır.

Birincil kök kanal tedavisi sonrası hastalıkla ilişkili yeniden tedavi, günlük endodontik pratiğin önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Temel olarak, yeniden tedavi gerektiren vakaların yönetimi, doğru teşhis, kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinden oluşan antiseptik tedavi, ardından etkili dezenfeksiyon, kanal dolgusu ve yeniden enfeksiyonu önleyen bir koronal restorasyon gibi birincil kök kanal tedavisinin genel kurallarına uymalıdır. Bununla birlikte, yeniden tedavi, vital veya nekrotik pulpal dişlerin birincil tedavisinden birkaç açıdan farklı olan kendine özgü bir tedavi modalitesini temsil eder.

### Endodontik Tedavi: İyileşme-Hastalık vs. Başarı-Başarısızlık

Endodontik tedavinin amacı, apikal periodontitisi önlemek ve gerektiğinde tedavi etmektir. Bu amaca ulaşmak, mikroorganizmaların kök kanal sisteminden uzak tutulmasına dayanır. Çalışmalar, tedavi sonuçlarını başarı ve başarısızlık olarak sınıflandırır. Ancak, farklı çalışmaların sonuçları, kullanılan yöntemler ve başarı tanımındaki tutarsızlıklar nedeniyle değişir. [1] Başarı genellikle klinik ve radyografik normal durum, azalan radyolüseni veya sabit kalan radyolüseni olarak tanımlanır. Bununla birlikte, implant destekli tek diş değişiminde başarı tanımı daha farklıdır ve hayatta kalma kategorisine daha yakındır. Bu, endodontik tedavinin başarı oranlarının karşılaştırılabilir olmadığı anlamına gelir ve hastaları yanıltabilir. Endodontik tedavi başarısızlığı terimi de sorunludur ve olumsuz bir çağrışım taşır. Bu nedenle, başarı-başarısızlık terimleri yerine iyileşme-hastalık gibi daha nötr ifadeler kullanılması önerilir. Hastalar, iyileşme-hastalık kavramını daha iyi anlayabilir ve bu, etik ve yasal gerekliliklere de daha uygundur.

Endodontik tedavide kök kanalları temizlenip, şekillendirildikten sonra tedavinin son safhası kök kanallarının doldurulmasıdır. Kök kanal sisteminin apikal, lateral ve koronal yönden tamamen doldurulmasının yanısıra kanal

dolgu maddeleri olarak doku dostu, boyutsal değişiklik göstermeyen maddelerin kullanımı tedavinin başarısını sağlayacaktır. Endodontik tedavide başarısızlık ise büyük oranda kök kanallarının tam olarak doldurulmamasından (taşkın veya eksik) meydana gelmektedir. Kök kanal dolgusu ile apikal, koronal ve lateral yönde sızdırmazlık sağlanmalıdır. Apikal sızdırmazlık, periapikal sahadaki doku sıvılarının kanala sızmasını önlemek ve kanalda kalabilecek mikroorganizmaların yaşamlarını engellemesi nedeniyle önemlidir. Plazma proteinlerini içeren doku sıvıları kök kanalına sızınca irritan kimyasallara dönüşecek ve bu irritanlar tekrar periapikal dokulara geçerek periapikal inflamasyonu başlatacaklardır. Koronal sızdırmazlık ile tükürükteki mikroorganizmalar, yiyecekler, kimyasallar gibi oral kavitedeki irritanların kök kanalına geçmesi engellenmektedir. Eğer kök kanal dolgusu ağız ortamında tükürük ile temas ederse kanal dolgu patı çözülerek kısa sürede sızıntı meydana gelecektir. Sızıntı sonucunda bakteriler, toksinler, kimyasallar kök kanalına sızacaklardır.

### **Teşhis**

Doğru pre-operatif tanı ve risk değerlendirmesi, daha önce tedavi edilmiş bir kök kanal sisteminde yeniden aletleme sırasında karşılaşılabilecek sorunları ve zorlukları öngörmek için kritik öneme sahiptir. Bu, primer tedavinin kalıcı veya yeni ortaya çıkan hastalıklarla ilişkilendirilmesinin nedenlerinin kapsamlı bir şekilde araştırılmasını içermelidir ve şunları kapsayabilir:

- Mevcut kök dolgusu tipi ve kalitesi;
- Kök kanal(ları) içindeki tıkanıklıklar;
- Kök kanal sisteminin anatomisi, kök sayısı ve kök kanalları dahil;
- Önceden tespit edilmemiş kök kanallarının potansiyeli;
- Kanal eğriliklerinin derece ve yarıçapı;
- Önceki düzleştirme, apikal ve/veya furkal taşımanın derecesi.

Bu faktörler ve kök kanal sistemine yeniden girerken operatörün karşılaşılabileceği diğer potansiyel sorunlar, risk faktörleri olarak not edilmeli ve değerlendirilmelidir. Bu, yeniden tedavi sürecinin planlanmasında ve başarılı bir sonuç elde edilmesinde kritik öneme sahiptir. Tüm bu değerlendirmeler, tedavi sürecinin güvenliğini ve etkinliğini artırmada yardımcı olur.

Elbette, başarı büyük ölçüde kanal hazırlığının etkinliğine bağlı olan etkili kimyasal dezenfeksiyon (irrigasyon, medikasyon) ile elde edilebilir. Dolgu materyalinin çıkarılması dışında, yeniden tedavinin, mikroorganizmaların ortadan kaldırılması ve ardından kanal dolgusu ve diş restorasyonu yoluyla yeniden enfeksiyonun önlenmesi gibi aynı amaç ve hedefleri vardır.

Temel olarak, yeniden tedavi üç nedenden dolayı gereklidir:

(a) Primer kök kanal tedavisinin başarısız olduğunu gösteren apikal periodontitis tedavisi;

(b) Kök dolgusunun ağız boşluğuna maruz kalması; ve

(c) Radyografide şekillendirme ve/veya dolgu kalitesinde eksiklikler gösteren kök dolgulu bir dişin restoratif tedavisi, apikal periodontiti önlemek amacıyla kök kanal yeniden tedavisi.

Yeniden tedavi (Retreatment) terimi, dolu bir kök kanal sisteminin kalıcı apikal periodontiti olan veya kök dolgusu sonrası yeni hastalık gelişen ilk kök kanal tedavisi için kullanılmıştır. En iyi yeniden tedaviyi sunmak için, kök dolgulu dişlerin periapikal bölgesinde inflamatuvar lezyonların kalıcılığı veya gelişme nedenlerini anlamak gerekir. Hem nekrotik pulpalı dişlerde hem de kök dolgulu dişlerde apikal periodontitis, biyofilmlle ilişkili bir hastalıktır. [2, 3] Nekrotik kök kanal boşluğundaki protein açısından zengin ortamda polisakkarit matriksine gömülü mikrobiyal topluluklar, periapikal alanda inflamatuvar bir konakçı reaksiyonunu tetikler.[4] Kesitsel çalışmalardan, röntgenlerde görünen kök dolularının teknik kalitesi ile periapikal sağlık arasında net bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, restorasyonun kalitesinin röntgenle değerlendirilmesi, periapikal hastalıkların prevalansı üzerinde etkili görünmektedir. [5] Randomize çalışmalar ve kohort (izleme) çalışmalarının titiz bir incelemesi, çalışmalar arasında önemli ölçüde varyasyon olmasına rağmen, [6] kök dolgusunun ve kural restorasyonun kalitesinin, tedavi öncesi periapikal durumla birlikte, tedavi sonucunun ana belirleyicileri olduğunu göstermiştir. [7] Endodontik olarak kaynaklanan periapikal lezyonların mikrobiyal etiyolojisi göz önüne alındığında, bu çalışmalar sızıntı yapan restorasyonlar ve kök dolguları yoluyla kök kanal sistemine yeniden giren mikroorganizmaların ve primer enfeksiyonlu dişlerde yetersiz enfeksiyon kontrolünün kök kanal tedavilerinin başarısız olmasının iki ana nedeni olduğunu önermektedir. Kural tıkaçlamanın periapikal sağlık üzerindeki etkisi, ilk araştırmadan 6 yıl sonra geri çağrılan 616 rastgele seçilmiş hastadan oluşan bir kohortta gösterilmiştir: kural restorasyonların kalitesi, apikal periodontitis insidansı ile ilişkili bulunmuştur.[8]

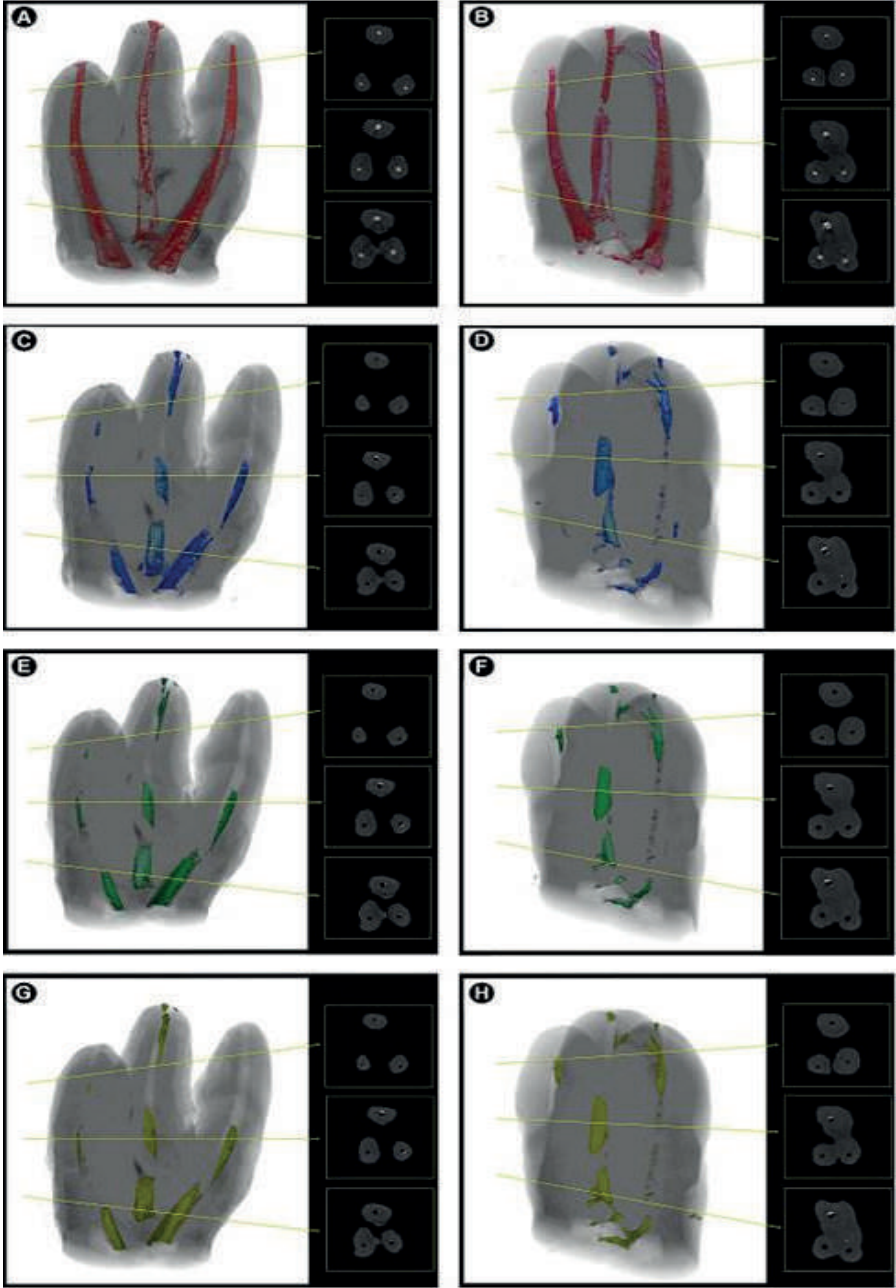
Bununla birlikte, yüksek kaliteli bir kök kanal dolgusu ile iyi bir kural restorasyon eksik olsa bile periapikal sağlık elde edilebilir veya sürdürülebilir. [9] Kök kanal tedavisi sırasında enfeksiyon kontrolünün önemi, tedavi sonucuyla ilişkilendirilen kültür sonuçlarına atıfta bulunan takip çalışmaları tarafından büyük ölçüde doğrulanmıştır. [10-14] Bu nedenle, ortograd kök kanal tedavisinden 4 ila 10 yıl sonra gerçekleştirilen bir vaka serisindeki

başarısız vakaların histolojik değerlendirilmesinin, kalıcı apikal radyolüsenli 9 vakadan 6'sında apikal bölgede mikroorganizmalar içerdiğini ortaya koyması şaşırtıcı değildir. [15] Genel olarak, dolu kök kanal sistemlerinde mikroorganizmaların varlığına neden olan her ne olursa olsun, yeniden tedavi vakalarıyla uğraşırken dezenfeksiyon en önemli konudur.

### Kanal Tedavili Dişlerde Kök Kanalı Enfeksiyonları

Retreatment sırasında kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu anlamak için, önce endodontik yeniden tedavi durumlarında olası enfeksiyon türlerini gözden geçirmek önemli. Maalesef, endodontik literatürde bulunan birçok çalışma, dolu kök kanallarında bulunan kalıcı ve yeni enfeksiyonlar arasında ayırım yapmamıştır. Bu nedenle, kısmen veya tamamen yanlış olabilecek paradigmlar gelişmiştir. [16] Mayalar, arkeler ve virüsler endodontik enfeksiyonların mikrobiyal çeşitliliğine katkıda bulunmalarına rağmen, enfekte kök kanallarında karşılaşılan en yaygın mikroorganizmalar bakterilerdir. [17] Herhangi bir endodontik enfeksiyonun orijinal kaynağının her zaman aynı olduğunun farkında olunmalıdır: ağız boşluğundaki geçici veya yerleşik taksonlar, kök kanal sistemine giren mikroorganizmalar olarak tanımlanır. Görünüşe göre, giriş yöntemi veya yolu ve kök kanaldaki yerel ekolojik faktörler, pulpasız kök kanal sistemlerinde tipik olarak bulunan karışık enfeksiyonun seyrini ve bileşimini yönlendiren iki ana faktördür. [18] Ancak, görünüşe göre, açık pulpalı dişlerdeki birincil kök kanal enfeksiyonları ile açık olmayan benzer dişler arasındaki enfeksiyonlarda çarpıcı bir benzerlik bulunmaktadır. [19] Enfeksiyon ve dezenfeksiyon, nekrotik pulpalı kök kanalları ile apikal periodontitisli kanal dolgulu olan dişlerin kök kanalları arasında yalnızca bir çalışmada karşılaştırılmıştır. [20] TaqMan® PCR kullanılarak toplam bakteriyel yük ve 9 hedef türün (*Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Tannerella forsythia*, *Treponema denticola*, *Enterococcus faecalis*, *Peptostreptococcus micros* ve *Porphyromonas endodontalis*) varlığını tespit etmek için yapılan çalışmada, primer enfeksiyonlardaki başlangıç bakteriyel yükünün sekonder enfeksiyonlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durumun gerçekten böyle olup olmadığı veya daha önce dolgu yapılmış kök kanallarında örnekleme zorluğuna mı dayandığı belirsizliğini korumaktadır. Kanal anatomisindeki değişiklikler veya kalan dolgu materyali nedeniyle dezenfektanın ulaşmadığı bir mikroorganizmanın örneklenmesi de pek olası değildir. Bu bağlamda, *Gorni ve Galiani*'nin [21] yaptığı çalışma muhtemelen en ilgi çekici olanı. Retreatment vakalarında anatomik komplikasyon oluşan dişlerde iyileşme oranı, anatomisi görünüşte bozulmamış vakalara kıyasla yaklaşık yarı yarıya daha düşüktü. Bu, yeniden tedavilerdeki ana sorunun özel

olarak dirençli bir mikroflora değil, aksine dezenfektanların ulaşamadığı bir anatomi olduğunu göstermektedir. Görünüşe göre, mevcut bilgiye dayanarak, kök kanal girintilerinde ve dallanmalarında bulunan biyofilm, primer apikal periodontitisli dişlerdeki ana klinik sorun olarak kabul edilmektedir. [22] Bununla birlikte, yeniden tedavi vakalarında, konak savunması ile temas halinde olan mikrobiyal topluluklara ulaşmak ve bunları ortadan kaldırmak, kanal tıkanmaları, basamaklanma ve perforasyonlar nedeniyle daha da zor hale gelebilir. Ayrıca, kök dolgusunu çıkarmaya yönelik mekanik girişim sırasında kanal dolgu maddesi ve kalıntılarının daha önce dokunulmamış alanlara sıkıştığını gösteren kanıtlar vardır. Bu mekanik engeller, daha önce dolgu yapılmış bir kök kanal sisteminin dezenfekte edilme girişimini daha da zorlaştırabilir. (Şekil 1)



Şekil 1: Kök kanal tedavisi sırasında yapılan çeşitli aşamaları göstermektedir. Her bir kök kanal seviyesinde mikroskobik bilgisayarlı tomografi (Micro-CT) 3D taramaları ve 2D kesitleri incelenmiştir. Aşamalar şu şekildedir: A, B: Başlangıç durumu. C, D: ProTaper Retreatment aletleri ile dolgu çıkartıldıktan sonra. E: ProTaper döner sistem kullanılarak yeniden hazırlama yapıldıktan sonra. F: WaveOne reciprocating döner sistem kullanılarak yeniden hazırlama yapıldıktan sonra. G: ProTaper (PT) grubunda ultrasonik aktivasyonlu irrigasyon (PUI) sonrası. H: WaveOne (WO) grubunda ultrasonik aktivasyonlu irrigasyon (PUI) sonrası. [23]



## Genel Tedavi Değerlendirmeleri

İlk olarak, söz konusu dişin ağız sağlığı ve fonksiyonu açısından stratejik öneme sahip olup olmadığı ve yeniden tedavi edilmeye değer olup olmadığı değerlendirilmelidir. Bu, büyük ölçüde, tedavi sonucunu etkileyen bilinen prognostik faktörler ve dişin protez değeri temelinde hastanın bilinçli bir kararı ile belirlenir. [24] Kök kanal tedavisinin prognozu açısından, ilk tedaviyi gerçekleştiren diş hekiminin anatomiyi ihlal edip etmediği ve ne ölçüde ihlal ettiği sorunu, tekrar tedavinin başarısı için temel bir konu olarak kalmaktadır. Kısa kök dolgusu ve/veya bozulmamış anatomisi olan dişler, yeniden tedavi edilmesi en kolay ve başarı şansı en yüksek olanlardır. Bu dişlerde, kök dolgusu çıkarıldıktan sonra, birincil tedaviye benzer bir başarı oranı beklememek için biyolojik bir neden yoktur. Sonuç olarak, bir yeniden tedavi tipik olarak iki aşamadan oluşur: (i) kanala crişim ve kanal sisteminden yabancı maddelerin tamamen çıkarılmaya çalışılması; (ii) birincil vakalar için önerildiği gibi enstrümantasyon ve dezenfeksiyon. Birçok teknik, postları ve diğer nesnelere, kök dolgusu dahil, kanal alanından fiziksel olarak çıkarmak için önerilmiştir. [25] Bu kanal dolgusunu uzaklaştırma girişimleri sırasında malzemelerin kanal dallanmalarına sıkıştırılmasından kaçınılmalıdır. Bazı uzmanlar tarafından önerildiği gibi yüksek hızlarda döner aletler kullanmak, gutta-perkayı ısıtır, böylece eski kök dolgusunu yumuşatarak onu kanal finlerine, girintiler ve dallanmalara sıkıştırma riski taşır. Yukarıda belirtildiği gibi, bu durum mekanik debridman sonrasında kanal sistemini dezenfekte etmeyi zorlaştırabilir. Aynı durum, gutta-perkayı çıkarmayı kolaylaştırmak için kullanılan çözücüler için de geçerlidir. Klorofom gibi çözücüler, gutta-perkadaki poliizopreni veya poliakprolaktonu ve reçine bağlı kök dolgu materyallerini sıvılaştırır. Çekilmiş dişlerde yapılan çalışmalar, çözücü kullanılmadan yapılan yeniden tedavinin, kloroform veya okaliptol kullanılmasına kıyasla kanal duvarlarını daha temiz bıraktığını göstermiştir. [26] Bu nedenle, herhangi bir çözücü veya sürtünme ısısının neden olduğu erime etkisi olmadan eski kök dolgusunun büyük kısmını mekanik olarak çıkarmak için el aletleri veya yavaş dönen döner aletler kullanmak uygun olabilir. [27] Ancak, bu tedavi aşamasında mekanik olarak uzaklaştırılmış dolgu materyalinden kalan boşluğu antiseptik ile irriye etmek önerilmektedir.

## Tedavi Aşamaları ve Önerilen İrrigantlar

Koronal kanal şekillendirmesi, pulpa odasının tüm dolgu materyallerinden ve kalan dokudan temizlenmesi ve tüm kök kanallarının tespit edilmesi, kanallara girmeden önce tamamlanmalıdır. Bu, yabancı maddelerin kök kanal sistemine yer değiştirmesini ve buna bağlı tıkanıklık riskini önler. Giriş kavitesi, kök kanal içinde herhangi bir koronal engel olmaksızın alet

kullanımına izin vermelidir. [28] Pulpa odası tabanı, ilave kök kanal girişleri ve çatlak hatları açısından dikkatle incelenmelidir. Kök kanalın koronal kısmının başlangıç genişlemesi için, küçük Gates-Glidden (GG) frezlerin kullanılması önerilir. [29] Bu şekilde, gutta-perkanın büyük kısmı kök kanalının bu bölümünden kolayca çıkarılabilir ve koronal kısmın antikurvatur yönünde genişletilmesiyle kök kanalın orta kısmına düz bir erişim sağlanabilir.

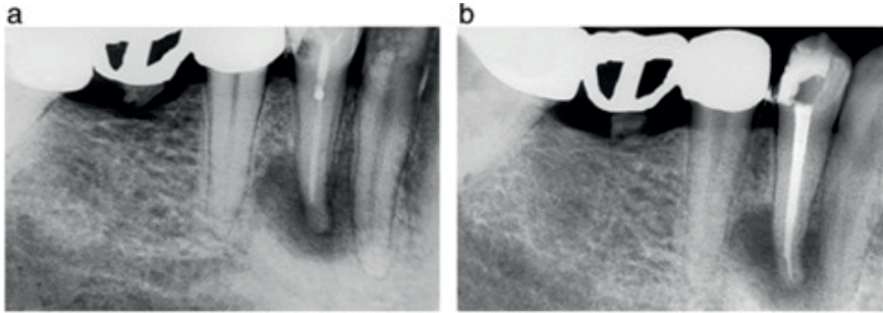
Kanal tedavisinin yenilenmesi gerektiğinde tüm kök dolgusunu çözmeye çalışmak, özellikle karmaşık anatomili ve isthmus alanlarına sahip dişlerde, sorunları çözmek yerine yeni sorunlar yaratabilir. Bunun yerine, mekanik olarak uzaklaştırılmış dolgu materyallerini durulamak için bir irrigant uygulanmalıdır. Yaygın ve kolayca bulunabilen endodontik irrigantlar arasında, EDTA (etilendiamintetraasetik asit) veya sitrik asit gibi kalsiyum bağlayıcı (şelatlayıcı) solüsyonlar bu aşamada en mantıklı olanlar gibi görünmektedir. Bu konuda herhangi bir araştırma bulunmamakla birlikte, yeniden tedavi sırasında bir dental mikroskop kullanıldığında, şelatlayıcı bir çözelti ile örneğin bir sodyum hipoklorit solüsyonuna kıyasla kanal sisteminden önemli ölçüde daha fazla dolgu malzemesinin durulandığı gözlemlenebilir. Bunun iki nedeni olabilir. Birincisi, EDTA (ve büyük olasılıkla sitrik asit) çoğu sealant üzerinde hafif çözülme etkisine sahiptir. İkincisi, agresif şelatlayıcı çözeltiler kök kanal duvarlarındaki inorganik bileşenleri çözer ve bu nedenle kök dolgusunu mekanik olarak çıkarmayı daha kolay hale getirebilir. [30]

Şelatlayıcı solüsyonların antimikrobiyal etkisi muhtemelen hafife alınmaktadır. Doğrudan mikrobiyal canlılık üzerinde belirgin bir etki göstermemekle birlikte, biyofilm bütünlüğüne müdahale ederler. [31] Ayrıca, kompleks ajanlar hücre duvarına saldırabilir ve/veya hücre duvarı sentezini engelleyebilir. Bu durum, onların mayalar üzerindeki inhibitör etkisini açıklayabilir. [32] EDTA, muhtemelen hücre duvarı oluşumundaki değişikliklere neden olarak mayaların büyümesini engeller. EDTA, enfekte insan dişlerinde fizyolojik salin solüsyonuna kıyasla canlı bakterilerin sayısında önemli ölçüde daha iyi bir azalma göstermiştir. [33]

### **Kalan Dolgu Materyali Ve Patların Çözülmesi**

Dolgu materyali istenen çalışma uzunluğunun altında sona erdiğinde, dolu ve dolmamış apikal kısımlar arasındaki geçiş kritik bir nokta olarak tanımlanmıştır ve bu noktanın yeri büyük bir hassasiyetle belirlenmelidir. [29] Bu noktada genellikle bir basamak bulunacak (Şekil 2) veya döner bir hareketle bu kritik bölgede aktif olarak çalışıldığında yeni bir basamak oluşturulacaktır. Kök kanalının apikal kısmının tıkanmasını önlemek için, kök

kanalının orta veya apikal kısmındaki boş alanlara girmeden önce tüm dolgu materyali çıkarılmış olmalıdır ve kök kanalının daha ileri seyrini dikkatlice incelemek için tam olarak önceden eğilmiş bir enstrüman kullanılmalıdır.



*Şekil 2: Karakteristik kök kanal basamakları a: Önceki tedavinin kök dolgusu bitim noktası ve basamak, b: Yeniden tedavi ile basamağın geçilip kanalların tekrar doldurulması.*

Mekanik olarak dolgu materyalinin büyük kısmı çıkarıldıktan sonra bir çözücüye geçmek uygun olabilir. Bu durumda, yumuşamış malzemenin kanal oyuklarına sıkıştırılması riski en aza indirilir, çünkü mekanik tedavi neredeyse tamamlanmıştır. Endodontide kullanılan çözücüler arasında, kloroform en iyi geçmişe sahiptir: gutta-perkadaki poliizopreni, reçine bağlı sistemlerdeki poliakprolaktonu ve çoğu sealantı çözmede son derece etkilidir. [34] Kök kanalına kloroform uygulandığında hastaya zarar verme riskinin minimal olduğu iddia edilmiştir. [35] Ayrıca kloroformun antimikrobiyal etkisi vardır ve kanal içi enfeksiyonu daha da azaltabilir. [36] Ancak, kloroform son derece toksik ve (dolaylı olarak) kanserojen etkiye sahiptir. [37]

### **Yeniden Tedavide Optimal Çalışma Uzunluğunun Tanımı**

Mikrobiyal popülasyonu azaltmak veya ortadan kaldırmak için, kök kanal sisteminin tamamı yeniden hazırlama ve dezenfeksiyon prosedürlerine dahil edilmelidir. Kanal hazırlığının nihai çapı, irrigasyonu kolaylaştıracak kadar yeterli olmalıdır ve çalışma uzunluğunun belirlenmesi de bu süreçte önemlidir. Bergholtz ve arkadaşları, [38] çalışma/dolgu uzunluğunun yeniden tedavi sonucundaki önemini göstermiştir. Yeniden tedavi edilen vakaların retrospektif değerlendirmelerinde, aşırı preparasyon yapılan veya dolgu materyalinin taşırıldığı vakalarda daha düşük bir başarı oranı bulmuşlardır. Bu, Sjögren ve arkadaşları [39] tarafından da doğrulanmıştır. Sjögren ve arkadaşları, taşkın dolgu ile ilişkili yeniden tedavi vakalarında

%50 başarı oranı bildirmişlerdir, buna karşılık dolgu materyalinin kanal içinde sınırlı olduğu dişlerde %67 başarı oranı kaydedilmiştir.

Yeniden tedavinin ilk aşamasında elektronik apeks bulucuların kullanımı etkili olmayacaktır, çünkü dolgu materyali elektrik akışını engelleyecektir. Bununla birlikte, elektronik apeks bulucuların sinyalleri yine de klinisyene yardımcı olabilir. “Sinyal yok” durumu elde edildiğinde, genellikle aletin dolgu materyali içinde kaldığı anlamına gelir; cihaz sinyal verdiğinde ise, çoğunlukla aletin dolgu materyalini geçtiğini ve elektrik devresinin foramen yoluyla veya bazı durumlarda perforasyon yoluyla kurulduğunu gösterir.

Apikal foramene erişim sağlamak, yalnızca dolgu materyalinin büyük kısmı çıkarıldıktan veya en azından bypass edildikten sonra mümkündür. Apikal bölgeye, dolgu malzemesinin çıkarılmasından önce doğrudan bir crown-down veya step-down yaklaşımı kullanarak erişmeye çalışmak, daha fazla tıkanıklık veya basamak oluşma riski taşır. Dolgu materyalinin çıkarılması sırasında, kök kanal morfolojisinde herhangi bir değişiklik, sık ve bol irrigasyonla desteklenen pasif alet kullanımı ile önlenmelidir. Pasif gutta-perka çıkarımı için bazı durumlarda az miktarda çözücü yardımcı olabilir.

### Dezenfeksiyon ve Kimyasal Temizlik

Görüldüğü üzere, yeniden tedavi vakaları ile nekrotik pulpa vakaları arasındaki ana fark, ilkinde enfekte kanal boşluğunun dezenfektanlara maruz bırakılması için daha fazla çalışmanın yapılması gerektiğidir. Ancak kök dolgu materyalinin büyük kısmı çıkarıldıktan ve orijinal kanallar açıldıktan sonra, yeniden tedavi vakası, primer enfeksiyonlu bir vaka gibi dezenfekte edilebilir. Primer kök kanal tedavilerinde, sodyum hipoklorit (NaOCl), birçok nedenle birinci tercih endodontik irriganttır: bulunabilirlik, fiyat ve antimikrobiyal etkinlik. Sodyum hipoklorit ve diğer kök kanal irrigantlarının kimyasal özellikleri, kök kanal dezenfeksiyonu için detaylı bir şekilde incelenmiştir. [40] Yeniden tedavi bağlamında, klorheksidin (CHX) genellikle NaOCl'ye olası bir alternatif olarak bahsedilir. Ancak, CHX ile ilgili kanıtlar büyük ölçüde *E. faecalis* ile enfekte dentinal tübüller üzerindeki laboratuvar çalışmaları sonuçlarına dayanmaktadır. *E. faecalis*, yanlış bir şekilde sodyum hipoklorite dirençli olduğu düşünülen bir türdür. CHX, periodontoloji ve koruyucu diş hekimliğinde nispeten iyi bir başarı oranı ile kullanılan bir dezenfektandır. Ancak, endodontide, sodyum hipokloritin aksine, CHX'in bir temizlik ajanı olmadığını göz önünde bulundurmak gerekir. Bunun yerine, CHX, temizlenmiş yüzeylere yapışır ve yeniden kontaminasyonu önler veya geciktirir. [41] CHX solüsyonlarının biyofilm üzerinde nispeten az etkisi vardır ve nekrotik dokuyu çözmez. Bu nedenle, randomize bir

klirik çalışmada, 2.5% CHX'in, primer kök kanal enfeksiyonlarında kültür ve PCR sayımlarını azaltmada, 2.5% NaOCl'ye göre önemli ölçüde daha kötü performans göstermesi şaşırtıcı değildir. [42] Endodontide CHX'in kullanımı, NaOCl'nin CHX üzerindeki etkisi tarafından daha da zorlaşır. CHX çökeltisi, potansiyel olarak mutajenik bileşikler içerir, örneğin 4-kloroanilin. [43] Bu nedenle, CHX, NaOCl ile birlikte veya hemen sonrasında uygulanmamalıdır. Yine de, kanal duvarlarının temiz olduğu düşünülüğünde, CHX son irrigant olarak bazı yararlılara sahip olabilir.

### **Final Kanal Şekillendirme Boyutunun Belirlenmesi**

Birincil kök kanal tedavisinin başarısız olmasının ana nedenlerinden biri, kök kanal sisteminin yetersiz dezenfeksiyonudur. Kanal yenileme işlemleri sırasında apikal çapın daha fazla genişletilmesini destekleyenler ve karşı çıkanların argümanları şu şekildedir:

Kanal çapının artırılmasını destekleyen bazı argümanlar şunları içerir:

- Genişletilmiş bir şekillendirme, (enfekte) dolgu materyalinin büyük miktarlarının geride kalma riskini azaltacaktır.
- Genişletilmiş bir şekillendirme, primer hazırlık sırasında gözden kaçan nekrotik doku veya döküntülerle dolu olan çıkıntılar, oluklar, isthmiler veya oyuklar gibi düzensizlikleri içerebilir.
- Genişletilmiş bir şekillendirme, irrigantlar tarafından daha etkili dezenfeksiyona izin verecektir.
- Genişletilmiş bir şekillendirme, daha iyi kaliteli dolguya olanak tanıyabilir.

Hazırlık çapının artırılmasına karşı olan argümanlar ise şunları içerir:

- Dolgu materyalinin çıkarılması sırasında zaten genişleme meydana gelir.
- Kanalın düzleşme veya yer değiştirme riski veya kök kanalın daha fazla düzleşme riski.
- Perforasyon veya strip perforasyonu riski.
- Dentinin daha fazla kaybı ile kökün ek olarak zayıflaması.

Literatür, her iki stratejiye de yönelik bir kanıt veya öneri sunmamaktadır, bu nedenle yalnızca temel hazırlık kuralları uygulanabilir. Bu, kanalın temizlenmesi, şekillendirilmesi ve etkili bir şekilde doldurulması için temel prensiplerin takip edilmesi gerektiği anlamına gelir.

Apikal çapın ve konikliğinin yeterli şekilde hazırlanması, etkin irrigasyon ve dolgu için yeniden tedavinin ana hedeflerinden biridir. Bu, irrigasyon iğnesinin neredeyse çalışma uzunluğuna kadar yerleştirilmesini gerektirir. İnce irrigasyon uçları (30 gauge) kullanarak, #30-35 K-file çapında apikal yeterli olacaktır. [44] Apikal daralma taşınmış, perforasyon meydana gelmiş, rezorpsiyon veya genişleme olmuş olabileceğinden, irrigantın periradiküler dokulara taşmasını önlemek için büyük özen gösterilmelidir. Bu, ciddi problemlere yol açabilir.

### İrrigasyon ve İrrigan Aktivasyonu

Çalışma uzunluğu belirlenmeden önce, kısa 27 gauge bir iğne kullanmak önerilir. Bu, kanal sistemine daha fazla irrigant verecektir. Basınç daha yüksek olacak ve daha fazla materyal kök kanal sisteminden uzaklaştırılacaktır. Çalışma uzunluğu belirlendikten ve kanal yeterince genişletildikten sonra, güvenlik uçlu ince (30 gauge) bir irrigasyon iğnesi tam çalışma uzunluğuna kadar kullanılabilir. Irrigantın, irrigasyon iğnesinin ucundan çok uzağa geçmediği bilinmelidir. [45] Sonuç olarak, apikal hazırlık boyutu önemli bir mesele haline gelir. Yeniden tedavi vakalarında, kanallar genellikle orijinal dolgu materyalini çıkarmak için genişletilir, böylece irrigasyon ucu uygun şekilde yerleştirilebilir. Apikal alanın irrigasyonu, apikal periodontitisin herhangi bir formunun tedavisinde son derece önemlidir, çünkü kök kanal enfeksiyonu tam olarak bu bölgede konak savunma sistemi ile karşılaşır. Sodyum hipoklorit (NaOCl) ile yapılan irrigasyonun dezenfeksiyon sırasında diğer tüm tedavi adımlarına göre üstün etkisi göz önüne alındığında, hipokloritin hedef bölgeye yakın getirilmesinin gerekliliği vurgulanamaz.

Sonik/ultrasonik aktivasyonun, irrigant etkisini artırmada popülerlik kazandığı görülüyor. Sonik aktivasyonun etkisi tartışmalı olsa da, ultrasonik aktivasyon ve sodyum hipoklorit (NaOCl) kombinasyonunun su içinde belirgin bir ek etkisi olduğu görülmektedir. [46] “Pasif ultrasonik irrigasyon” (PUI) terimi, bir ucun kök kanal duvarlarını enstrümanlamak için değil, kanal sisteminde irrigantı aktive etmek için kullanıldığını ifade eder. [47] Teoride, irrigant aktif ucu boyunca veya onun içinden verilebilir, ya da normal şırınga irrigasyonu kullanılarak yerleştirilir ve ardından aktive edilir. İkinci yöntem daha kontrollü bir avantaj sağlar. NaOCl'nin kök kanaldaki etkilerini artıran ultrasonik aktivasyonun kesin etkisi tam olarak net değildir. Akustik akım ve muhtemelen kavitasyon, yani bir sıvının basıncının buhar basıncının altına düştüğü bir bölgede, sıvı buhar kabarcıklarının oluşumu ve ardından çökmesi, her ikisi de rol oynamaktadır. [47] Kavitasyon, çöken kabarcığın mikro çevresinde yüksek ısı oluşumu ile ilişkilidir, bu da ultrasonik aktivasyon ve NaOCl'nin sinerjik etkisini açıklayabilir. [48]

Ultrasonik aktivasyonun irrigantta ısı oluşturmaları nedeniyle, PUI, kolayca tutuşabilir ve buharları potansiyel olarak tehlikeli olan çözücülerle birlikte kullanılmamalıdır. Şelatlayıcı ajanların ultrasonik uç ile aktivasyonu da tartışmalı bir değere sahiptir. Çözeltinin akışı artırılrsa da, ısı oluşumu ve kaviteasyon olasılığı faydalı olmayabilir. Şelatlayıcıların en iyi çalıştıkları belirli bir sıcaklık aralığı vardır. Örneğin, 20°C'den 90°C'ye kadar ısıtılması, EDTA ve sitrik asitin kalsiyum bağlama kapasitesini sırasıyla 219'dan 154 mg CaO/g'a ve 195'ten 30 mg CaO/g'a düşürecektir.

### **Seanslar Arası Antiseptik Uygulanması**

Birincil endodontik enfeksiyonlarda, iki ziyaretlik bir yaklaşımın mutlak gerekliliğini destekleyen çok az kanıt vardır. [49] Ancak yeniden tedavi vakalarında, kök kanal sisteminin ilk ziyarette uygun şekilde dezenfekte edilmesi için yeterli zaman sıklıkla bulunmamaktadır. Debridman aşaması ve kanal sisteminden tüm yabancı maddelerin çıkarılmaya çalışılması zaman alıcıdır. Hasta yararına, dezenfeksiyon aşamasının ikinci ziyarete ertelenmesi tavsiye edilebilir. Ancak, basit bir yeniden tedavi vakasının tek ziyarette gerçekleştirilemeyeceğine veya gerçekleştirilmemesi gerektiğine dair hiçbir kanıt yoktur. [50] Yeniden tedavi vakaları için iki topikal dezenfektan göz önünde bulundurulmalıdır: kalsiyum hidroksit süspansiyonları ve %2 CHX jeli. Kalsiyum hidroksit, sodyum hipoklorit ile iyi uyumluluğu nedeniyle birinci tercih olmalıdır. Gerçekten de, kalsiyum hidroksit tozu, önceki tedavide kullanılan NaOCl irrigantı ile karıştırılabilir ve böylece kısa ve uzun vadeli antimikrobiyal güç kombinasyonuna sahip bir aralar arası pansuman elde edilebilir. [51]

Kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal etkisinden ve doku çözme kapasitesinden alkalın kapasitesi sorumludur. [52] Kalsiyum hidroksit ve sodyum hipokloritin hem doku çözme hem de antimikrobiyal etkileri proteolitik kapasiteleri ile ilişkili olduğundan, [53] doku çözülmesi üzerindeki gözlemler antimikrobiyal kapasiteye taşınabilir. Nitekim, kalsiyum hidroksitin 10 dakikalık uygulamasının enfekte kök kanallarında canlı bakteri sayısını azaltmadığı, ancak bir haftalık uygulamanın büyük bir etkisi olduğu gösterilmiştir. [54] NaOCl uygulamasından sonra test edilen diğer antiseptiklerde olduğu gibi, kalsiyum hidroksitin neden olduğu ek mikrobiyal azalma, klinik çalışmalarda belirlemek zordur, çünkü ölçümler tespit limitinde veya yakınında gerçekleşir. [13] Bununla birlikte, inert bir irrigant ile irrigasyondan sonra klinik olarak uygulandığında gösterildiği gibi, kalsiyum hidroksit kendi başına güçlü bir dezenfektandır. [55]

Kalsiyum hidroksitin dentin matrisinin bozulmasıyla mekanik diş özellikleri üzerindeki olumsuz etkisinden şüphelenilmektedir. [56] Sodyum

hipoklorit gibi, kalsiyum hidroksit süspansiyonlarının proteolitik etkisi pulpa-dentin arayüzünde durmaz ve bu nedenle kollajen dejenere olur. Ancak, insan kök dentini üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri, kalsiyum hidroksitin mekanik özellikler üzerindeki uzun vadeli etkisinin kendi kendini sınırladığını ve  $>2,5$  NaOCl çözeltilerinin kısa vadeli etkisinden çok daha az olduğunu öne sürülmüştür. [57] Bununla birlikte, kalsiyum hidroksitin kök kanal sisteminde aylarca bırakılması, özellikle tamamlanmamış kök oluşumuna sahip dişlerde, tavsiye edilmez.

%2'lik CHX jeli, seanslar arası bir ilaç olarak kalsiyum hidroksit/serum pansumanı ile benzer bir antimikrobiyal etkiye sahiptir. [58] Klinik sonuçlar üzerindeki etkileri, örneğin alevlenme oranı gibi, CHX ve kalsiyum hidroksit pansumanları arasında da benzer görünmektedir. [59] Ancak, kalsiyum hidroksitin aksine, CHX'in endotoksin üzerinde doğrudan bir etkisi yoktur. Buna rağmen, CHX, bu lipopolisakkaritlere bağlanarak konak reaksiyonlarını azaltabilir. [60] Kök kanal sistemlerinde, uygun şekillendirme, irrigasyon ve kalsiyum hidroksit yerleştirilmesinden sonra kanalda sürekli eksudat varsa, CHX jeli apikal bölgeden uygulamak bazen faydalı olabilir. Bu durumlarda, kronik periapikal enfeksiyondan şüphelenilmelidir ve nispeten doku dostu bir antiseptik olan CHX jelinin yerleştirilmesi mantıklıdır.

### Kanalların Yeniden Doldurulması

Basamaklı kök kanalların doldurulması, ana konunun seçimi açısından büyük sorunlar oluşturabilir. Yumuşak ve esnek gutta-perka ile basamağı geçmek zor olabilir. İstenen çalışma uzunluğuna ulaşmak için uçların dikkatlice önceden eğilmesi gerekebilir. Gutta-perkanın yerleştirilmesine ve yeterli derinliğe uygun bir plugger yerleştirilmesine izin veren genişlik ve koniklik sağlandığında, bazı durumlarda termoplastik dolgu teknikleri basamaklı kök kanallarda yardımcı olabilir. Kök dentin sertliğinin ve sağlamlığının, lateral sıkıştırma tekniklerini tehlikeli hale getirecek kadar değişip değişmediği spekülatif kalmaktadır. Yine de, yeniden tedavi sırasında dentinin ek olarak çıkarılmasının kökü, bilinmeyen, kontrol edilemeyen ve ölçülemeyen bir dereceye kadar zayıflattığını ve dolgu sırasında kullanılan baskıya büyük özen gösterilmesi gerektiğini unutmamak önemlidir.

Sonuç olarak şu çıkarımlar yapılabilir:

**Yeniden Tedavi Ayrı Bir Tedavi Türüdür:** Yeniden tedavi, kök kanalların yeniden hazırlanması ve yeniden doldurulması açısından primer tedaviden farklı birkaç önemli yönde ayrılan ayrı bir tedavi modudur.

**Dolgu Materyalinin Tamamen Çıkarılması Zor:** Dolgu materyalini kök kanallarından tamamen çıkarmak neredeyse imkansızdır. NiTi enstrümanları



gutta-perka'yı geçmek ve çalışma uzunluğuna makul bir sürede ulaşmak için faydalıdır, ancak kanalı gutta-perka ve dolgu artıkları kalıntılarından tamamen temizleyemez.

**Kanal Hazırlık Boyutunun Artırılmasına Dair Konsensüs Yok:** Yeniden tedavi sırasında kanal hazırlık boyutunun artırılmasının gerekli olup olmadığına dair kesin bilgi veya konsensüs yoktur.

**Elektronik Apeks Bulucular:** Bu cihazlar, endodontik çalışma uzunluğunun belirlenmesinde kabul edilebilir sonuçlar verir.

**Prosedürel Hatalarla Başa Çıkma:** Yeniden hazırlığın önemli bir unsuru, primer tedaviden kaynaklanan işlemsel hataları yönetmektir, bu da basamakları veya apikal tıkanıklıkları aşmak, kırık aletleri çıkarmak veya perforasyonları onarmak gibi durumları içerir. Bu hataların bazıları, MTA, ultrasonikler ve dental mikroskoplar gibi özel stratejiler, enstrümanlar ve malzemelerle aşılabılır.

**Geri Dönüşü Olmayan Prosedürel Hatalar:** Apikal taşınma ve kök kanalın düzleşmesi, yeniden tedavi sırasında düzeltilemeyen hataları temsil eder. Önemli taşınma durumları, cerrahi veya kombine ortograd ve cerrahi yeniden tedavi yaklaşımının düşünülmesini gerektirebilir.

**Yeniden Hazırlık Güvenlidir:** Enstrüman kırılması, perforasyon ve basamak oluşumu açısından yeniden tedavi nispeten güvenlidir, ancak bu riskler primer tedavilere kıyasla daha yüksek olabilir.

**Yeniden Doldurma Üzerine Az Sayıda Çalışma:** Yeniden tedavi prosedürleri sırasında yeniden doldurma işlemleri üzerine az sayıda literatür veya araştırma bulunmaktadır.

**Sonuçların Değişkenliği:** Primer tedaviyi takiben ortaya çıkan çeşitli sorunlar nedeniyle, birçok durumda yeniden tedavi, radyografik olarak optimal bir kanal şekli veya kök dolgusu uzunluğu ile sonuçlanmaz. Bununla birlikte, yeterli dezenfeksiyon ve uygun kök dolgusu ile iyileşme meydana gelebilir, çünkü bu intrakanal mikroorganizmalarının yeterince azaltılması ve periradiküler dokulara erişimin engellenmesi ile sağlanır.

## Kaynaklar

1. Ørstavik D, P.F.T., *Apical periodontitis. Microbial infection and host responses*. . Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis., ed. T.P.F. D Ørstavik. 1998: Oxford: Blackwell Science.
2. Nair, P.N., et al., *Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2005. **99**(2): p. 231-52.
3. Carr, G.B., et al., *Ultrastructural examination of failed molar retreatment with secondary apical periodontitis: an examination of endodontic biofilms in an endodontic retreatment failure*. J Endod, 2009. **35**(9): p. 1303-9.
4. Nair, P.N.R., *Apical periodontitis: A dynamic encounter between root canal infection and host response*. Periodontology 2000, 1997. **13**: p. 121-148.
5. Ray, H.A. and M. Trope, *Periapical Status of Endodontically Treated Teeth in Relation to the Technical Quality of the Root Filling and the Coronal Restoration*. International Endodontic Journal, 1995. **28**(1): p. 12-18.
6. Ng, Y.L., et al., *Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success*. Int Endod J, 2007. **40**(12): p. 921-39.
7. Ng, Y.L., et al., *Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors*. Int Endod J, 2008. **41**(1): p. 6-31.
8. Kirkevang, L.L., et al., *Risk factors for developing apical periodontitis in a general population*. Int Endod J, 2007. **40**(4): p. 290-9.
9. Ricucci, D., L.M. Lin, and L.S. Spangberg, *Wound healing of apical tissues after root canal therapy: a long-term clinical, radiographic, and histopathologic observation study*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2009. **108**(4): p. 609-21.
10. Sjogren, U., et al., *Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis*. Int Endod J, 1997. **30**(5): p. 297-306.
11. Sundqvist, G., et al., *Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1998. **85**(1): p. 86-93.
12. Peters, L.B. and P.R. Wesselink, *Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms*. Int Endod J, 2002. **35**(8): p. 660-7.
13. Waltimo, T., et al., *Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing*. J Endod, 2005. **31**(12): p. 863-6.

14. Molander, A., et al., *Clinical and radiographic evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of asymptomatic necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized clinical trial*. J Endod, 2007. **33**(10): p. 1145-8.
15. Nair, P.N., et al., *Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study*. J Endod, 1990. **16**(12): p. 580-8.
16. Zehnder, M. and B. Guggenheim, *The mysterious appearance of enterococci in filled root canals*. Int Endod J, 2009. **42**(4): p. 277-87.
17. Siqueira, J.F., Jr. and I.N. Rocas, *Diversity of endodontic microbiota revisited*. J Dent Res, 2009. **88**(11): p. 969-81.
18. Sundqvist, G., *Taxonomy, ecology, and pathogenicity of the root canal flora*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1994. **78**(4): p. 522-30.
19. Chu, F.C., et al., *Identification of cultivable microorganisms from primary endodontic infections with exposed and unexposed pulp space*. J Endod, 2005. **31**(6): p. 424-9.
20. Blome, B., et al., *Molecular identification and quantification of bacteria from endodontic infections using real-time polymerase chain reaction*. Oral Microbiol Immunol, 2008. **23**(5): p. 384-90.
21. Gorni, F.G. and M.M. Gagliani, *The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up*. J Endod, 2004. **30**(1): p. 1-4.
22. Nair, P.N., *On the causes of persistent apical periodontitis: a review*. Int Endod J, 2006. **39**(4): p. 249-81.
23. Da Rosa, R.A., et al., *Micro-CT Evaluation of Root Filling Removal after Three Stages of Retreatment Procedure*. Braz Dent J, 2015. **26**(6): p. 612-8.
24. Zitzmann, N.U., et al., *Endodontics or implants? A review of decisive criteria and guidelines for single tooth restorations and full arch reconstructions*. Int Endod J, 2009. **42**(9): p. 757-74.
25. Ruddle, C.J., *Nonsurgical retreatment*. J Endod, 2004. **30**(12): p. 827-45.
26. Horvath, S.D., et al., *Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study*. Int Endod J, 2009. **42**(11): p. 1032-8.
27. Gergi, R. and C. Sabbagh, *Effectiveness of two nickel-titanium rotary instruments and a hand file for removing gutta-percha in severely curved root canals during retreatment: an ex vivo study*. Int Endod J, 2007. **40**(7): p. 532-7.
28. Stabholz, A. and S. Friedman, *Endodontic retreatment--case selection and technique. Part 2: Treatment planning for retreatment*. J Endod, 1988. **14**(12): p. 607-14.
29. Mandel, E. and S. Friedman, *Endodontic retreatment: a rational approach to root canal reinstrumentation*. J Endod, 1992. **18**(11): p. 565-9.

30. Lottanti, S., et al., *Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer*. Int Endod J, 2009. **42**(4): p. 335-43.
31. Bryce, G., et al., *Contemporary root canal irrigants are able to disrupt and eradicate single- and dual-species biofilms*. J Endod, 2009. **35**(9): p. 1243-8.
32. Ates, M., B.G. Akdeniz, and B.H. Sen, *The effect of calcium chelating or binding agents on Candida albicans*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2005. **100**(5): p. 626-30.
33. Yoshida, T., et al., *Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant*. J Endod, 1995. **21**(12): p. 592-3.
34. Schafer, E. and T. Zandbiglari, *A comparison of the effectiveness of chloroform and eucalyptus oil in dissolving root canal sealers*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2002. **93**(5): p. 611-6.
35. Chutich, M.J., et al., *Risk assessment of the toxicity of solvents of gutta-percha used in endodontic retreatment*. J Endod, 1998. **24**(4): p. 213-6.
36. Edgar, S.W., J.G. Marshall, and J.C. Baumgartner, *The antimicrobial effect of chloroform on Enterococcus faecalis after gutta-percha removal*. J Endod, 2006. **32**(12): p. 1185-7.
37. Komulainen, H., *Experimental cancer studies of chlorinated by-products*. Toxicology, 2004. **198**(1-3): p. 239-48.
38. Bergenholtz, G., et al., *Influence of apical overinstrumentation and overfilling on re-treated root canals*. J Endod, 1979. **5**(10): p. 310-4.
39. Sjogren, U., et al., *Factors affecting the long-term results of endodontic treatment*. J Endod, 1990. **16**(10): p. 498-504.
40. Zehnder, M., *Root canal irrigants*. J Endod, 2006. **32**(5): p. 389-98.
41. Sekino, S., et al., *The effect of a chlorhexidine regimen on de novo plaque formation*. J Clin Periodontol, 2004. **31**(8): p. 609-14.
42. Vianna, M.E., et al., *In vivo evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing necrotic pulp tissue*. Int Endod J, 2006. **39**(6): p. 484-92.
43. Basrani, B.R., S. Manek, and E. Fillery, *Using diazotization to characterize the effect of heat or sodium hypochlorite on 2.0% chlorhexidine*. J Endod, 2009. **35**(9): p. 1296-9.
44. Salzgeber, R.M. and J.D. Brilliant, *An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals*. J Endod, 1977. **3**(10): p. 394-8.
45. Boutsoukis, C., T. Lambrianidis, and E. Kastrinakis, *Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study*. Int Endod J, 2009. **42**(2): p. 144-55.
46. Blume, T. and U. Neis, *Improving chlorine disinfection of wastewater by ultrasound application*. Water Sci Technol, 2005. **52**(10-11): p. 139-44.

47. van der Sluis, L.W., et al., *Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature*. Int Endod J, 2007. **40**(6): p. 415-26.
48. Sirtes, G., et al., *The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy*. J Endod, 2005. **31**(9): p. 669-71.
49. Penesis, V.A., et al., *Outcome of one-visit and two-visit endodontic treatment of necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized controlled trial with one-year evaluation*. J Endod, 2008. **34**(3): p. 251-7.
50. Ng, Y.L., V. Mann, and K. Gulabivala, *Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature*. Int Endod J, 2008. **41**(12): p. 1026-46.
51. Zehnder, M., et al., *Tissue-dissolution capacity and dentin-disinfecting potential of calcium hydroxide mixed with irrigating solutions*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2003. **96**(5): p. 608-13.
52. Waltimo, T., et al., *Fine-tuning of bioactive glass for root canal disinfection*. J Dent Res, 2009. **88**(3): p. 235-8.
53. McDonnell, G. and A.D. Russell, *Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance*. Clin Microbiol Rev, 1999. **12**(1): p. 147-79.
54. Sjogren, U., et al., *The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing*. Int Endod J, 1991. **24**(3): p. 119-25.
55. Orstavik, D., K. Kerekes, and O. Molven, *Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study*. Int Endod J, 1991. **24**(1): p. 1-7.
56. Cvek, M., *Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study*. Endod Dent Traumatol, 1992. **8**(2): p. 45-55.
57. Marending, M., et al., *Comparative assessment of time-related bioactive glass and calcium hydroxide effects on mechanical properties of human root dentin*. Dent Traumatol, 2009. **25**(1): p. 126-9.
58. Manzur, A., et al., *Bacterial quantification in teeth with apical periodontitis related to instrumentation and different intracanal medications: a randomized clinical trial*. J Endod, 2007. **33**(2): p. 114-8.
59. Gama, T.G., et al., *Postoperative pain following the use of two different intracanal medications*. Clin Oral Investig, 2008. **12**(4): p. 325-30.
60. Zorko, M. and R. Jerala, *Alexidine and chlorhexidine bind to lipopolysaccharide and lipoteichoic acid and prevent cell activation by antibiotics*. J Antimicrob Chemother, 2008. **62**(4): p. 730-7.

## Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Medine Çiçek<sup>1</sup>

Ahter Şanal Çıkman<sup>2</sup>

### Özet

Endodontik tedavinin primer hedefi; kontamine ve enfekte kök kanal sisteminin mikroorganizmalardan en uygun şekilde temizlenmesi ile enfeksiyonun tedavi edilmesi ve sonraki süreçlerde meydana gelebilecek yeniden enfeksiyonun önüne geçilmesidir. Başarılı bir endodontik tedavi, kök kanal sisteminin etkin şekilde enstrümantasyonu, irrigasyonu ve obtürasyonuna bağlıdır. Pulpa ve periapikal doku hastalıklarının en önemli etkeni bakteriler olarak bilirse de endodontik enfeksiyonlar polimikrobiyal enfeksiyonlardır. Kök kanal sisteminin karmaşık anatomisi enfekte alanın tamamını debride etme yeteneğimizi sınırlandırır. Bu nedenle kök kanallarındaki enfeksiyon odaklarını efektif şekilde uzaklaştırabilmek için kök kanal preparasyonu etkin bir irrigasyon protokolü ile birlikte gerçekleştirilmelidir.

Günümüzde kanal sistemi içindeki bakteri ve debris artıklarını azaltmada irrigasyona yardımcı olabilecek farklı araç ve teknikler geliştirilmiştir. Manuel dinamik aktivasyon, sonik ve ultrasonik aktivasyon, lazer aktivasyon yöntemlerinin dışında geleneksel enjektörler ile gerçekleştirilen irrigasyon gibi klasik yöntemler de kullanılmaktadır. Klinik deneyimler geleneksel yaklaşımın tipik olarak kök kanal sisteminin kompleks yapısından kaynaklanan, özellikle kanallar arasındaki anastomozlar ve kök kanalının en apikal kısmı gibi periferik alanlarda solüsyon penetrasyonunun yetersiz olduğunu göstermiştir. Bu nedenle irrigasyonun nüfuzunu ve etkinliğini artırmak için farklı aktivasyon teknikleri geliştirilmiştir.

### Giriş

Başarılı bir kök kanal tedavisi için mekanik preparasyonun ardından uygulanan kimyasal irrigasyon kritik bir role sahiptir. Endodontik tedavide mekanik preparasyonun yetersiz kaldığı ve isthmus, lateral kanal,

- 1 Uzman Diş Hekimi, Recep Tayyip Erdoğan Fakültesi Diş Hekimliği Fakültesi, RİZE, Türkiye medine.cicek@erdogan.edu.tr ORCID ID: 0000-0001-7322-5532
- 2 Dr. Öğretim Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Fakültesi Diş Hekimliği Fakültesi, RİZE, Türkiye ahter.sanalcikman@erdogan.edu.tr ORCID ID: 0000-0003-2145-5859

apikal delta gibi kök kanal sisteminin karmaşık anatomisinden kaynaklı ulaşılamayan bölgeleri dezenfekte etmenin en etkili yolu kök kanal sisteminin irrigasyonudur.<sup>1</sup> Çünkü bu alanlar, kök kanal dolgu malzemelerinin yeterli penetrasyonunu engelleyerek apikal bölgede inflamasyona yol açabilir.<sup>2,3</sup> Geleneksel irrigasyon tekniklerinde, irrigasyon solüsyonu iğne ucundan yalnızca 1-1,5 mm kadar ilerleyebilir ve bu mesafe, kök kanal sisteminin karmaşık anatomisini göz önüne aldığımızda genellikle yetersiz kalır.<sup>4</sup> Özellikle dar kök kanallarının apikal bölgelerinde, irrigasyon ajanlarının kanal duvarlarının tüm yüzleriyle doğrudan temasını sağlamak oldukça güçtür.<sup>5</sup> Bu nedenle, irrigasyon solüsyonlarının daha etkili olabilmesi için çeşitli irrigasyon aktivasyon yöntemleri geliştirilmiştir.<sup>4</sup>

## 2. Manuel Aktivasyon Teknikleri

İrrigasyon ajanı, kök kanal sistemi boyunca hareket ettirilerek tüm bölgelere ulaşması sağlandığında, kesme ve akış basıncı oluşturarak fiziksel ve kimyasal etkilerini daha etkin bir şekilde gösterebilir.<sup>5</sup> Bu amaçla, manuel ve rotasyonel uygulamalar olmak üzere iki temel yöntem bulunmaktadır. Şırınga, fırça, ege veya guta perka konlarının kullanıldığı manuel dinamik ajitasyon (MDA) gibi teknikler bu yaklaşımlara örnektir.<sup>5</sup>

### 2.1. İrrigasyon Fırçaları

İrrigasyon fırçaları, solüsyonun kök kanalına iletilmesinde doğrudan bir rol oynamaz; ancak, kanal içindeki düzensizliklere ulaşarak debrisin ve pulpa kalıntılarının uzaklaştırılmasına katkı sağlarlar.<sup>5</sup> En yaygın kullanılan irrigasyon fırçaları arasında Endobrush (C & S Microinstruments Limited, Markham, Ontario, Kanada) ve NaviTip FX (Ultradent Products Inc., Güney Ürdün, UT) bulunmaktadır. Endobrush, 30 gauge'lik bir irrigasyon iğnesinin ucuna fırça entegre edilerek tasarlanmıştır.<sup>6</sup>

Keir ve ark.<sup>4</sup> yaptıkları çalışmada, Endobrush'ın aktif fırçalamaya ve rotasyonel hareket mekanizması sayesinde kök kanallarının dezenfeksiyonunda etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

### 2.2. Manuel Dinamik Aktivasyon (MDA)

MDA yönteminde, şekillendirilmiş kanallarda ana kon olarak belirlenmiş kanala uyumlu bir guta perka, belirlenen çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirilir ve 2-3 mm ileri geri hareket ettirilerek irrigasyon solüsyonunun aktive edilmesi sağlanır.<sup>5</sup> Bu ileri geri hareket, kanal içinde farklı basınç bölgeleri oluşturarak irrigasyon ajanının daha geniş bir yüzeye temas etmesine olanak tanır.<sup>5</sup> Kolay ulaşılabilirliği ve ekonomik bir yöntem olması avantajlarına rağmen, gelişmiş teknolojik sistemlerle kıyaslandığında

etkinliğinin daha düşük olması nedeniyle klinik uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmemektedir.<sup>7</sup>

### 3. Mekanik Aktivasyon Teknikleri

#### 3.1. Rotary Fırçalar

Angulduruya takılarak kullanılan mikro fırçalar, kanal içindeki debris ve smear tabakasını uzaklaştırmak için geliştirilen bir diğer irrigasyon aktivasyon yöntemidir.<sup>8</sup> Dakikada 28.300 devirle çalışan bu fırçalar, kök kanalındaki düzensiz bölgelere erişerek radyal olarak uzanan fırça kılları sayesinde debrisin apikalden koronale doğru çıkarılmasını sağlar.<sup>5</sup>

Esnek yapıda tasarlanmış başka bir fırça türü olan CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Germany), kök kanallarındaki düzensizliklere ve eğimlere uyum sağlayarak 600 rpm hızla çalışan motorlara takılabilmektedir. Yapılan bir çalışmada, CanalBrush yönteminin ultrasonik yöntemlerle karşılaştırıldığında, her iki yöntemin de manuel irrigasyona göre daha etkili olduğu; ancak, aralarında anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir.<sup>9</sup>

### 4. Kanal Preparasyonu Sırasında İrrigasyon Aktivasyonu Yapan Sistemler

#### 4.1. Quantec-E İrrigasyon Sistemi

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA) irrigasyon sistemi, döner aletlerle kök kanal preparasyonu sırasında sürekli irrigasyon yapmayı hedefler.<sup>5</sup> Bu sistem, kullanılan solüsyon miktarını artırarak ve kanal içinde daha uzun süre kalmasını sağlayarak kök kanallarının solüsyonla daha geniş bir alanda temas etmesini ve derin bölgelere nüfuz etmesini amaçlar.<sup>5</sup> Ancak, Quantec-E sistemiyle yapılan bir çalışmada, kök kanalının yalnızca koronal kısmında daha temiz dentin yüzeyleri elde edildiği; apikal ve orta üçlüde ise debris ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliği bakımından geleneksel şırınga irrigasyonundan farklılık göstermediği bildirilmiştir.<sup>10</sup> Benzer şekilde Walters ve ark.<sup>11</sup> yaptıkları çalışmalarında, Quantec-E sistemi ile geleneksel şırınga irrigasyonu arasında anlamlı bir fark bulunmadığı ifade edilmiştir.

#### 4.2. Self Adjusting File Sistemi (SAF)

Mevcut döner ege sistemlerinin oval kanalların etkili şekilde temizlenememesi, temizliğin büyük ölçüde irrigasyona bağlı olması, sağlam dentin dokusunun gereksiz yere aşırı kaldırılması ve mikro çatlakların oluşması gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır.<sup>12</sup> Bu dezavantajların çözümüne yönelik olarak SAF sistemi geliştirilmiştir. SAF sistemi, kök



kanalının kesit şekline uyum sağlayarak kemomekanik debridmanı en üst seviyeye çıkarmayı hedefler.<sup>7</sup>

SAF, esnek ve sıkıştırılabilir bir nikel-titanyum (NiTi) malzemeden yapılmış içi boş silindirik kafes şeklinde bir eğe ile bu eğeye sürekli irrigasyon sağlayan bir pompadan (VATEA pompası) oluşur. Eğe içeri ve dışarı doğru vibrasyonlar yaparak çalışır. Aletin iç kısmının boş olması sıvının kolayca bu kısımlara kaçmasını ve periapikal dokulara taşmasını önler.<sup>7</sup> Bu sistemle, kanal duvarlarından homojen ve minimum dentin dokusu uzaklaştırılarak kanalın dezenfeksiyonu amaçlanmaktadır.<sup>13</sup> Tüm irrigasyon aktivasyon sistemleri, solüsyonun akış hareketini artırma ve akustik akışı indükleme esasına dayanırken, SAF mekanik bir ovma hareketi ile dentin yüzeyinde etkili bir temizlik yapmaktadır. Ancak ağ örgülerde deformasyon ve kopma gibi sorunlar yaşanabilir.<sup>7</sup> Neves ve ark.<sup>14</sup> yaptıkları çalışmada SAF sisteminin kök kanalındaki bakteriyel yoğunluğu azaltmada el eğelerine göre daha etkili olduğu, ancak ilave irrigasyon aktivasyon yöntemlerine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

### 4.3. XP-Endo Finisher

XP-Endo Finisher (FKG, Dentaire SA La Chaux-de-Fonds, İsviçre), irrigasyon ajanlarının etkisini artırmak ve kanal dezenfeksiyonunu optimize etmek amacıyla geliştirilen tamamlayıcı bir eğe sistemidir.<sup>15</sup>

Özel bir ısıl işlem görmüş NiTi MaxWire alaşımından yapılan XP-Endo Finisher, şekil hafızası özelliğinden dolayı oda sıcaklığında düz iken (Martensit fazında); vücut sıcaklıklarında düz yapısını kaybederek östenit faza geçiş yapar. Bu faz değişikliği, ulaşılması zor alanlara erişim sağlarken etkili bir dezenfeksiyon imkanı sunar.<sup>16</sup> XP-Endo Finisher, kanal içinde oluşturduğu basınç değişiklikleri ile irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunu artırır ve bakterilerin ortamdaki uzaklaştırılmasına yardımcı olur.<sup>17</sup> Yapılan araştırmalar, bu yöntemin kök kanallarındaki bakteriyel yükü azaltmada etkili olduğunu ortaya koymuştur.<sup>18</sup>

## 5. Negatif Basınç Prensipli ile Çalışan Cihazlar

Kök kanal sistemindeki irrigasyon aktivasyonunu optimize etmek amacıyla negatif basınç prensibiyle çalışan cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar arasında RinsEndo (Dürr Dental GmbH & Co, Almanya) ve EndoVac (Discus Dental, ABD) sistemleri yer almaktadır.<sup>19</sup>

RinsEndo, basınç-vakum teknolojisini kullanan otomatik bir kanal irrigasyon cihazıdır. Sistem; ünite takılan bir başlık, enjektör ve kanülden oluşur. 65 mikrolitre solüsyonun 1,6 Hz titreşim sıklığıyla enjektörden çekilerek kanül aracılığıyla kök kanallarına iletilmesi sağlanır. Kullanılmış

solüsyon vakum fazında kanaldan emilir ve bu döngü bir dakika içinde yaklaşık 100 kez tekrarlanır.<sup>19</sup> RinsEndo'nun geleneksel irrigasyon yöntemlerine kıyasla daha etkili olduğu belirtilmiştir.<sup>20</sup> Bununla birlikte bir başka çalışmada ise kök kanallarından dentin artıklarının uzaklaştırılması açısından RinsEndo ve geleneksel yöntemler arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir.<sup>20</sup>

Son zamanlarda gelişim gösteren sistemlerden biri olan EndoVac sistemi, apikalde negatif basınç oluşturarak irrigasyon solüsyonunun apikal bölgeden sürekli aspire edilmesini sağlar. Bu sistem, sürekli sıvı akışı ile kök kanal dezenfeksiyonu ve smear tabakasının kaldırılmasını hedefler.<sup>21</sup> EndoVac'ın, kök kanalındaki irrigasyon solüsyonunun hızlı akışını sağladığı ve çalışma boyundan 1 mm kısa mesafede, geleneksel yöntemlere göre debris daha etkili bir şekilde uzaklaştırdığı belirtilmiştir.<sup>22</sup> Shin ve ark.<sup>23</sup> yapmış oldukları çalışma, EndoVac'ın debrisin uzaklaştırılmasında geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca, başka bir araştırma, EndoVac'ın kök kanallarındaki debris önemli ölçüde uzaklaştırabildiğini rapor etmiştir.<sup>24</sup> EndoVac'ın, tek başına veya fotodinamik tedaviye ek olarak kullanıldığında, kök kanallarındaki *Enterococcus faecalis* oranını azalttığını belirten çalışma da bulunmaktadır.<sup>18</sup>

## 6. Sonik Aktivasyon Teknikleri

Sonik sistemler 1-6 kHz frekans aralığında çalışarak dönme hareketi yerine yatay yönde verilen enerji ile aktivasyon sağlayan cihazlardır.<sup>25</sup> Bu sistemlerde kullanılan kesici olmayan uçlar, irrigasyon solüsyonlarını aktifleştirir. Sonik sistemler kısa yukarı-aşağı vertikal hareketi ile güçlü bir hidrodinamik fenomen oluşturur ve bu şekilde solüsyonun etkinliğini artırır.<sup>26</sup>

### 6.1. EndoActivator

EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, ABD), sonik irrigasyon için üretilmiş bir cihazdır. Üç çeşit polimer uç ve üç farklı güç seçeneği bulunmaktadır. Polimer uçların ileri-geri hareketleriyle oluşturulan hidrodinamik aktivasyon mekanizması, kök kanallarındaki ulaşılması güç alanlara solüsyon taşınmasını sağlar.<sup>26</sup> Kesici olmayan uçları sayesinde kanal duvarlarına zarar vermez ve irrigasyon solüsyonuna belirli bir hız kazandırır. Ancak uçlarının radyolüsent olması, kopma durumunda parçanın tespitini zorlaştırabilir.<sup>27</sup>

Rödig ve ark.<sup>28</sup> yaptıkları çalışmada, kurvatürlü kök kanallarında EndoActivator, Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) ve CanalBrush yöntemlerinin debris uzaklaştırma etkinliği açısından herhangi bir fark göstermediği rapor edilmiştir. Bununla birlikte Karade ve ark.<sup>27</sup>, EndoActivator'ün smear tabakasını geleneksel şırınga irrigasyonuna kıyasla daha etkili bir şekilde uzaklaştırdığını belirtmişlerdir.

## 6.2. Sonic Air MM 1500

Sonic Air MM 1500 (Micro Mega, İsviçre), 1500-3000 Hz frekans aralığında çalışan ve paslanmaz çelikten üretilmiş spiral şekilli Rispi Sonic eğiyle donatılmış bir cihazdır. Eği hem dentinde aşındırma hem de irrigasyon aktivasyonu için tasarlanmıştır. Kanal içerisine başlık yerine enjektörle verilen solüsyon aralıklı olarak tazelenir.<sup>29</sup> Yapılan bir çalışmada, Sonic Air MM 1500 ile aktive edilen irrigasyon yönteminin, geleneksel şırınga irrigasyonuna kıyasla daha temiz kanallar sağladığı rapor edilmiştir.<sup>30</sup>

## 6.3. Vibringe

Sonik aktivasyon teknikleri arasında yer alan Vibringe (Vibringe B.V. Corp, Amsterdam, Hollanda), solüsyonun manuel aktarımını sonik aktivasyonla birleştiren yenilikçi bir cihazdır. Özel olarak tasarlanmış tek kullanımlık bir şırıngaya uyum sağlayan bu kablosuz el aleti, her türlü irrigasyon iğnesiyle uyumludur. Standart bir iğne kullanılarak, kök kanalına titreşimli ve sürekli bir şekilde solüsyon aktarımı sağlar.<sup>31</sup> Akustik akış ve sonik akış teknolojilerini bir araya getiren bir sisteme sahiptir.<sup>31</sup> Yapılan bir çalışmada, Vibringe yöntemiyle gerçekleştirilen kanal irrigasyonunun, PUI'ye göre daha az etkili olduğu; ancak geleneksel şırınga irrigasyonuna oranla daha başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.<sup>32</sup>

## 6.4. Eddy

Eddy (VDW, Münih, Almanya), 6 kHz frekansla çalışan, tek kullanımlık kesmeyen esnek polimer bir uca sahip bir sonik irrigasyon cihazıdır. Esnek uçları sayesinde eğimli kanallarda güvenli bir şekilde çalışabilir ve dentin düzensizliklerine yol açmaz. Özel bir başlıkla kullanılan Eddy'nin her başlığa uymaması tek dezavantajıdır.<sup>33</sup>

Farklı irrigasyon aktivasyon protokollerinin debris ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini inceleyen bir çalışmada, Eddy'nin pasif ultrasonik aktivasyona benzer sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir.<sup>34</sup> EndoActivator ve Eddy gibi sonik sistemlerin, pasif ultrasonik aktivasyon ile organik doku uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, bu sistemler arasında anlamlı bir fark olmadığı ve her iki yöntemin de organik dokuların giderilmesinde etkili olduğu bildirilmiştir.<sup>35</sup> Ayrıca, eğimli kök kanallarında farklı aktivasyon yöntemlerinin apikal debris ekstrüzyonu üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada, en yüksek debris ekstrüzyonunun Eddy grubunda olduğu saptanmıştır.<sup>36</sup> Geleneksel irrigasyon, PUI, EndoActivator ve Eddy'nin postoperatif ağrı üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, 24 saat sonunda en fazla ağrının geleneksel şırınga irrigasyonunda, en az ağrının ise Eddy grubunda olduğu rapor edilmiştir.<sup>37</sup>

Eddy ve PUİ'nin kök kanallarındaki mikrobiyal yükü azaltma etkinliğini karşılaştıran bir araştırmada, Eddy'nin PUİ'ye kıyasla daha üstün bir performans sergilediği ortaya konulmuştur.<sup>40</sup> Ayrıca, Eddy'nin organik doku çözme etkinliğinin PUİ'den daha iyi olduğunu gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır.<sup>38, 39</sup>

## 7. Ultrasonik Aktivasyon Teknikleri

Ultrasonikler 1957 yılında Richman tarafından tanıtılmış ve günümüzde kök kanal tedavisinde irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini artırmak için kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir.<sup>38</sup> Ultrasonik aktivasyonda kök kanalı içerisine yerleştirilen ultrasonik uçlar, node ve antinode bölgeleri oluşturarak yatay salınımlar yapar ve genellikle 25-30 kHz frekansında çalışırlar.<sup>40</sup> Minimum yer değiştirme veya minimum salınım bölgesi 'node' olarak, maksimum yer değiştirme veya maksimum salınım bölgesi ise 'antinode' olarak tanımlanır.<sup>40</sup> Ultrasonik eğeler, kök kanallarını mekanik olarak genişletme ve debris uzaklaştırma potansiyeline sahiptir.

Ultrasonik enerji, sonik enerjiye kıyasla daha yüksek frekans ve daha düşük amplitüd ile etki gösterir. Ancak, dentin yüzeyinde aşındırma kontrolünün zor olması nedeniyle, ultrasonikle yapılan irrigasyon sırasında perforasyonlar veya kanal içi düzensizlikler oluşma riski mevcuttur.<sup>40</sup> Ultrasonik irrigasyonun smear ve debris tabakalarını etkin bir şekilde uzaklaştırdığı literatürde belirtilmiştir.<sup>41</sup>

Literatürde iki çeşit ultrasonik aktivasyon bulunmaktadır.

### a. Ultrasonik Enstrümantasyon (UI)

Ultrasonikenstrümantasyon, kök kanalında irrigasyon ve enstrümantasyon işlemlerinin eş zamanlı ve kombine uygulanmasıyla aktivasyonun sağlandığı bir sistemdir. Bu sistemde ultrasonik ucun hareketinin kanal içerisinde kontrol edilmesi güçtür. Ayrıca, düzensiz aşındırma sonucu oluşan madde kaybının kontrol edilememesi ve kullanım sonrası kök kanal yapısında meydana gelen değişiklikler, özellikle de apikal perforasyon riski, bu yöntemin klinikte yaygın olarak tercih edilmesini sınırlamaktadır.<sup>40</sup> Ultrasonik enstrümantasyonun, kök kanalından debris ve smear tabakasını uzaklaştırmada pasif ultrasonik irrigasyona kıyasla daha az etkili olduğu literatürde rapor edilmiştir.<sup>42,43</sup>

### b. Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI)

PUI, kök kanal şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra, kesici özelliği olmayan ultrasonik bir eğe ile kanal duvarlarından madde kaldırmadan yalnızca irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu amacıyla kullanılan bir yöntemdir.<sup>40,44</sup> PUI, günümüzde en yaygın kullanılan aktivasyon sistemlerinden biri olup

irrigasyon açısından altın standart olarak kabul edilmektedir.<sup>39</sup> PUI'nin çalışma prensibi, hidrodinamik aktivasyon ile akustik enerjinin titreşen bir ege veya ince bir tel aracılığıyla kanal içerisindeki irrigasyon solüsyonuna iletilmesine dayanmaktadır.<sup>40,41</sup> Bu enerji, ultrasonik dalgalar yardımıyla kanal içindeki irrigasyon solüsyonunun kavitasyonunu indükler. Böylece, kök kanal enstrümanlarının ulaşamadığı alan ve yüzeylere irrigasyon solüsyonunun temasını artırarak dezenfeksiyona önemli ölçüde katkı sağlar.<sup>41</sup> UI ile kıyaslandığında, PUI'nin kök kanalından debris ve smear tabakasını uzaklaştırmadaki üstün etkinliği literatürde bildirilmiştir.

UI'nin bu açıdan daha düşük performans göstermesi, akustik dalgalanma ve kavitasyon seviyelerindeki azalma ile açıklanmaktadır.<sup>42</sup>

PUI tekniğinde kullanılan ultrasonik uçların, kök kanal duvarlarına temas etmeden serbestçe titreşmesi ve apikal bölgeye yakın bir konumda bulunması gereklidir. Kanal duvarlarına temas etmesi durumunda kırılma riski artacağından, özellikle eğimli kanallarda kullanım sırasında dikkat edilmelidir.<sup>45</sup> Kullanılan ultrasonik uçların küçük çaplı olması, kanal içinde rahat bir şekilde salınım yapabilmesine olanak tanıyarak aktivasyon etkinliğini artırmaktadır. Bu bağlamda, PUI yönteminde genellikle #20 çapından daha büyük ultrasonik uçların kullanılmaması önerilmektedir.<sup>30</sup>

PUI'nin geleneksel şırınga irrigasyonuna kıyasla özellikle isthmuslarda pulpa dokusu artıklarını, debris ve planktonik bakterileri daha etkin şekilde uzaklaştırdığı belirtilmiştir.<sup>41</sup> Yapay kök kanalları kullanılarak yapılan bir çalışmada, PUI'nin kalsiyum hidroksit uzaklaştırmada geleneksel şırınga irrigasyonu ve XP-Endo Finisher'a göre anlamlı derecede daha etkili olduğu saptanmıştır.<sup>33</sup> İrrigasyon solüsyonu olarak steril suyun tercih edildiği bir başka çalışmada ise PUI yöntemiyle yapılan irrigasyonun, geleneksel yöntem ve EndoVac irrigasyonuna kıyasla bakterilerin giderilmesinde daha üstün bir performans sergilediği rapor edilmiştir.<sup>46</sup> Literatürde, NaOCl ve EDTA irrigasyon solüsyonlarının ultrasonik yöntemle aktive edilmesinin debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkin bir yöntem olduğu bildirilmiştir.<sup>47</sup> Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinde; geleneksel mekanik preparasyon sonrasında, 5 dakika boyunca %3'lük NaOCl solüsyonunun ultrasonik olarak aktive edilerek kullanılması sonucu smear tabakasının daha etkin bir şekilde uzaklaştırılabileceği ileri sürülmüştür.<sup>48</sup>

## 8. Gentlewave

Son zamanlarda ABD'de tanıtılan GentleWave (GW) (Sonendo, Laguna Hills, CA, ABD) sistemi, kök kanal preparasyonunu minimumda tutarak dişin bütünlüğünü ve dayanıklılığını korumayı amaçlayan irrigasyon aktivasyon yöntemlerinden biridir.<sup>50</sup> Bu sistem, gelişmiş sıvı dinamiği ve

akustik enerjiyi kullanarak kök kanalında dezenfeksiyon sağlamak için geniş spektrumlu multisonik ses dalgaları üretir.<sup>50,51</sup> El aletinin ucu kök kanalı içerisine yerleştirilmeden pulpa odasında konumlandırılarak irrigasyon solüsyonları kök kanal sistemine dağıtılır, bu sayede yüksek hızlı ve güçlü bir kesme kuvveti oluşturulur.<sup>52,53</sup> Yapılan bir araştırma, GW sisteminin PUI ve geleneksel irrigasyona göre sırasıyla sekiz ve on kat daha hızlı doku çözdüğünü göstermiştir.<sup>50</sup> Ayrıca, GW sisteminin organik madde çözme hızının diğer yöntemlere göre daha fazla olduğu ve biyofilm, sert doku kalıntıları ve smear tabakasının daha etkin bir şekilde uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir.<sup>54,55</sup>

## 9. Lazer Destekli Aktivasyon

Günümüzde diş hekimliğinde lazer kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.<sup>56</sup> Özellikle endodontik tedavi süreçlerinde, kök kanallarının temizlenmesi, şekillendirilmesi, bakteri, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması ve irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu gibi işlemlerde lazerler tercih edilmektedir.<sup>57,58</sup> Diş hekimliğinde kullanılan lazerler (532 nm ile 10600 nm arasında değişen dalga boylarına sahip) termal etki yaratır ve bakteri hücre yapısını değiştirerek bakterisidal etki gösterir.<sup>59,60</sup> CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, Argon, Diyot, Er,Cr:YSGG, Er:YAG gibi çeşitli lazerler tercih edilmektedir.<sup>61</sup> Er:YAG lazerlerin sert doku üzerindeki etkisi, hidroksiapatite karşı yüksek afiniteleriyle ilişkilidir ve bu lazerler, inorganik yapılar içerisindeki su tarafından absorbe edilerek dokuda basınç oluşturur ve böylece dokuların parçalanmasına neden olur.<sup>62</sup> MDA, PUI ve Er:YAG lazer destekli aktivasyon tekniklerinin apikal bölgedeki debris temizleme etkinliğini karşılaştıran bir çalışmada, Er:YAG lazerle yapılan aktivasyonun diğer yöntemlere kıyasla daha üstün olduğu rapor edilmiştir.<sup>63</sup>

- Lazer ile Aktive Edilen İrrigasyon (LAI) : Lazerin fiber ucundan yayılan ısının solüsyonla temas etmesi sonucunda buhar kabarcıkları meydana gelir. Bu kabarcıkların genişleyerek patlaması, solüsyonun aktivasyonunu sağlar.<sup>64</sup> Yapılan araştırmalarda lazerle aktivasyonun, kanaldaki irrigasyon solüsyonunun yüksek hızla dalgalanmasını sağladığı ve kavitasyon etkisi oluşturduğu gözlemlenmiştir.<sup>65</sup> LAI için, lazerin çalıştığı dalga boyu ve uygulanan gücü önemlidir, çünkü sulama sıvısının emilim katsayısı dalga boyuna bağlıdır, güç ise kavitasyon miktarını etkiler.<sup>66,67</sup> Bazı çalışmalar<sup>56,68</sup> LAI'nin, erişilmesi zor alanlarda NaOCl'nin dağılımı ve temizleme yeteneği üzerindeki olumlu etkilerini bildirmiştir. Er:YAG lazerin yeniden tasarlanarak geliştirilen 'Fotonla Başlatılan Fotoakustik Akış' (PIPS) ve 'Şok Dalgası Geliştirilmiş Emisyon Fotoakustik Akış' (SWEEPS) yöntemleri, literatürde tanımlanmış yeni tekniklerdir.<sup>69</sup>

- PIPS : Lazer fiber ucu solüsyon ile doldurulmuş kanal ağzına yerleştirilir ve Erbiyum lazer ışığı sıvıya iletir.<sup>70</sup> Bu işlem, sıvının lokal olarak ısınmasına ve fiber ucunda bir buhar kabarcığı oluşmasına neden olur.<sup>71,72,73</sup> Oluşan bu kabarcık lazer enerjisiyle genişler ve ardından maksimum genişlikten sonra çöker. Belirli koşullar altında, birincil kabarcığın çökmesi, ikincil bir kabarcığın oluşmasına ve genişlemesine yol açar. Solüsyonun bu fotoakustik hareketi, kök kanal sistemindeki sıvının üç boyutlu olarak çalkalanmasını sağlayarak debrisin giderilmesine ve aksesuar kanalların temizlenmesine yardımcı olur.<sup>72,74,75,76</sup> 2010 yılında yapılan bir çalışmada, kök kanal tedavisinde PIPS ile irrigasyon aktivasyonu incelenmiş ve EDTA solüsyonunun aktive edilmesi sonucunda, PIPS'in geleneksel şırınga irrigasyonuna göre smear tabakasını daha etkin şekilde uzaklaştırdığı bildirilmiştir.<sup>77</sup> Ayrıca, PIPS ve geleneksel şırınga irrigasyonunun karşılaştırıldığı bir çalışmada, PIPS'in bakteri eliminasyonunda daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.<sup>78</sup> Akçay ve ark.<sup>79</sup> yaptıkları çalışma PIPS ve PUI kullanımı sonrası biyoseramik esaslı kanal patının dentin tübüllerinde daha derine penetre olduğunu göstermiştir. Arslan ve ark.<sup>80</sup> PIPS, EndoActivator ve geleneksel şırınga irrigasyonunun ikili ve üçlü antibiyotik patların uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini araştırmış ve PIPS grubunun diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.
- SWEEPS : PIPS yönteminin etkinliğini artırmak amacıyla SWEEPS tekniği geliştirilmiştir. Kısıtlı bir alan olan kök kanallarında kabarcıkların serbestçe genişlemesi mümkün olmadığından, kabarcık hacmindeki değişiklik gecikir ve bu durum dar kanallarda kabarcıkların salınım süresinin uzamasına neden olur. Bu nedenle, PIPS tekniğinde kullanılan tek lazer atımları kök kanallarında şok dalgaları oluşturmaz.<sup>81,82</sup> SWEEPS tekniği, kök kanalları gibi kısıtlı alanlarda şok dalgaları üretmek amacıyla geliştirilmiştir.<sup>82</sup> SWEEPS tekniğinde, lazerle oluşturulan ilk kabarcık çökerken, ikinci bir lazer atımı gönderilir ve bu, ikinci bir kabarcığın oluşmasına neden olur. İkinci kabarcığın genişlemesi, birincil kabarcığın çöküşünü hızlandırır ve şiddetli bir çöküşe yol açarak şok dalgaları oluşturur.<sup>81</sup> Şok dalgaları sıvı boyunca yayılır ve çevresiyle etkileşime girerek aksesuar kanalların derinliklerine ulaşabilir, döküntü ve bakterileri uzaklaştırabilir.<sup>82,83</sup> Artan basınç sayesinde, irrigantlar kök kanalının derinliklerinde daha fazla ilerleyebilir ve dentin tübüllerine daha derinlemesine nüfuz edebilir.<sup>84,85</sup>

Geleneksel lazer destekli aktivasyonda, lazer ucunun apikal bölgede konumlanabilmesi için kanalın genişletilmesi gerekiyken, PIPS ve SWEEPS yöntemlerinde özel fiber uç sadece kanalın girişine yerleştirilerek genişletme yapılmaz.<sup>86</sup> PIPS ve SWEEPS irrigasyon yöntemleri karşılaştırıldığında, SWEEPS'in debris uzaklaştırma etkinliğinin daha yüksek olduğu bulunmuştur.<sup>87</sup> Yapılan başka bir çalışmada SWEEPS, PIPS ve PUI aktivasyon yöntemlerinin kanal içindeki debris uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmış ve SWEEPS'in, kök kanallarının tüm bölgelerinde diğer iki yönteme göre daha iyi debris uzaklaştırdığı saptanmıştır.<sup>88</sup>

## 10. Ozon ile İrrigasyon

Gaz veya sıvı fazda bulunan ozon; bakteri, virüs, protozoa ve mantarlara karşı güçlü ve güvenilir bir antimikrobiyal ajandır. Bakteri ve mantarların hücre duvarları ve sitoplazmik membranlarını okside ederek parçalar ve enzimatik kontrol sistemini inhibe ederek hücre fonksiyonlarını bozar. Ozonlu su, ozonlu yağ ve ozon gazı olarak uygulama şekilleri mevcuttur.<sup>89</sup> Endodontik kullanımı ile ilgili az sayıda çalışmanın sonuçları çelişkilidir.<sup>90,91</sup>

## 11. Fotoaktif Dezenfeksiyon

Fotodinamik terapi (PDT) ve ışıkla aktive olan terapinin (LAT) geniş spektrumlu antimikrobiyal etkinliği nedeniyle endodontide kendine kullanım alanı oluşturacağı düşünülmektedir.<sup>92</sup> Bu yöntem enfekte dokunun fotosensitizasyonu ve fotosensitif dokunun ışınlanması olmak üzere iki aşamadan oluşur. Hedef hücrede meydana gelen toksik fotokimya hücre lizisine yol açar. Bu aşamaların birbirinden bağımsız, ayrı kullanımı herhangi bir etki oluşturmaz ancak birlikte kullanımları sinerjistik antibakteriyel etki oluşturmaktadır.<sup>92</sup>

## 12. Antibakteriyel Nanopartiküller

1-100 nm boyutlarındaki nanopartiküller geniş spektrumlu antibakteriyel özellik gösterirler ve mikrobiyal direnç gelişimine antibiyotiklerden daha az sebep olurlar. Endodontide çalışılan nanopartiküller arasında Chitosan (CS- $\text{np}$ ), biyoaktif cam, çinko oksit ( $\text{ZnO-np}$ ) ve gümüş ( $\text{Ag-np}$ ) yer almaktadır.<sup>93</sup> Nanopartiküllerin irriganlar, fotosensitizerler veya patlarla karıştırılarak da kullanılmaktadır. Biyoaktif camın kök kanalı dezenfeksiyonunda kullanımı tavsiye edilmektedir. Alkali ortam oluşturma kapasitesinden ileri gelen antimikrobiyal etkisinin bakteri eliminasyonunda etkili olduğu düşünülmektedir.<sup>93</sup> Son zamanlarda endodontik rejenerasyon tedavilerinde kullanılabilirliği araştırılmaktadır.<sup>94</sup>



## Kaynaklar

1. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z ve ark. Irrigation in endodontics. *Br Dent J*, 2014;216:299-303.
2. Souza CC, Bueno CE, Kato AS ve ark. Efficacy of passive ultrasonic irrigation, continuous ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation device in penetration into main and simulated lateral canals. *J Conserv Dent*, 2019;22:155-159.
3. Susila A, Minu J. Activated Irrigation vs. Conventional non-activated Irrigation in Endodontics - A Systematic Review. *Eur Endod J*, 2019;4:96-110.
4. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod*, 1990;16:323-327.
5. Gu LS, Kim JR, Ling J ve ark. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 2009;35:791-804.
6. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U ve ark. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 2006;32:1181-1184.
7. Metzger Z. The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *J Conserv Dent*, 2014;17:401-419.
8. Nallathambi L, Raj JD, Yang JNC. Endodontic smear layer removal using conventional and endodontic microbrush device: A scanning electron microscope and profilometer study. *Saudi Endodontic J*, 2017;7:102-109.
9. Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J*, 2012;45:898-906.
10. Setlock J, Fayad MI, BeGole E ve ark. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96:614-617.
11. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod*, 2002;28:837-839.
12. Alves FR, Almeida BM, Neves MA ve ark. Time-dependent antibacterial effects of the self-adjusting file used with two sodium hypochlorite concentrations. *J Endod*, 2011;37:1451-1455.
13. Silva E, Belladonna FG, Zuolo AS ve ark. Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. *Int Endod J*, 2018;51:86-91.
14. Neves MA, Rôças IN, Siqueira JF, Jr. Clinical antibacterial effectiveness of the self-adjusting file system. *Int Endod J*, 2014;47:356-365.
15. Trope M, Debelian G. XP-3D Finisher™ file the next step in restorative endodontics. *Endod Pract US*. 2015;8:14-16.

16. Rödigg T, Sedghi M, Konietschke F ve ark. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J*, 2010;43:581-589.
17. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J*, 2007;40:644-652.
18. Miranda RG, Santos EB, Souto RM ve ark. Ex vivo antimicrobial efficacy of the EndoVac system plus photodynamic therapy associated with calcium hydroxide against intracanal *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*, 2013;46:499-505.
19. McGill S, Gulabivala K, Mordan N ve ark. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J*, 2008;41:602-608.
20. Vivan RR, Bortolo MV, Duarte MA ve ark. Scanning electron microscopy analysis of RinsEndo system and conventional irrigation for debris removal. *Braz Dent J*, 2010;21:305-309.
21. Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod*, 2007;33:611-615.
22. Pawar R, Alqaied A, Safavi K ve ark. Influence of an apical negative pressure irrigation system on bacterial elimination during endodontic therapy: a prospective randomized clinical study. *J Endod*, 2012;38:1177-1181.
23. Shin SJ, Kim HK, Jung IY ve ark. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010;109:479-484.
24. Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE ve ark. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *J Endod*, 2011;37:1301-1305.
25. Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD. Sonic instruments in root canal therapy. *Dent Update*. 1995;22:339-342.
26. Berman LH, Hargreaves KM. *Cohen's Pathways of the Pulp*, 12th ed. California, Elsevier Health Sciences, 2015;987-988.
27. Karade P, Johnson A, Baeten J ve ark. Smear Layer Removal Efficacy Using EndoActivator and EndoUltra Activation Systems: An Ex Vivo SEM Analysis. *Compend Contin Educ Dent*. 2018;39:e9-e12.
28. Rödigg T, Döllmann S, Konietschke F ve ark. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endod*, 2010;36:1983-1987.

29. Basrani B. Endodontic irrigation, ed. Switzerland, Springer International Publishing, 2015;47-160.
30. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod*, 2003;29:674-678.
31. Bolles JA, He J, Svoboda KK ve ark. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *J Endod*, 2013;39:708-711.
32. Rödİg T, Bozkurt M, Konietschke F ve ark. Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *J Endod*, 2010;36:1410-1413.
33. Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S ve ark. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. *J Endod*, 2019;45:322-326.
34. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E ve ark. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*. 2017;21:2681-2687.
35. Conde AJ, Estevez R, Loroño G ve ark. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *Int Endod J*, 2017;50:976-982.
36. İnce Yusufoglu S, Keskin NB, Saricam E ve ark. Comparison of apical debris extrusion using EDDY, passive ultrasonic activation and photon-initiated photoacoustic streaming irrigation activation devices. *Aust Endod J*, 2020;46:400-404.
37. Gündoğar M, Sezgin GP, Kaplan SS ve ark. Postoperative pain after different irrigation activation techniques: a randomized, clinical trial. *Odontology*. 2021;109:385-392.
38. De Paolis G, Vincenti V, Prencipe M ve ark. Ultrasonics in endodontic surgery: a review of the literature. *Roma*. 2010;1:6-10.
39. van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK ve ark. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*, 2006;39:472-476.
40. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK ve ark. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*, 2007;40:415-426.
41. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod*, 1987;13:93-101.
42. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*, 1980;6:740-743.

43. Stamos DE, Sadeghi EM, Haasch GC ve ark. An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod*, 1987;13:434-440.
44. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J*, 1994;27:197-207.
45. Shiozawa A. Characterization of reactive oxygen species generated from the mixture of NaClO and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> used as root canal irrigants. *J Endod*, 2000;26:11-15.
46. Townsend C, Maki J. An in vitro comparison of new irrigation and agitation techniques to ultrasonic agitation in removing bacteria from a simulated root canal. *J Endod*, 2009;35:1040-1043.
47. Akyuz Ekim SN, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. *Microsc Res Tech*. 2015;78:230-239.
48. Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod*, 1983;9:289-292.
49. Huque J, Kota K, Yamaga M ve ark. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J*, 1998;31:242-250.
50. Haapasalo M, Wang Z, Shen Y ve ark. Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod*, 2014;40:1178-1181.
51. Wright CR, Glickman GN, Jalali P ve ark. Effectiveness of Gutta-percha/ Sealer Removal during Retreatment of Extracted Human Molars Using the GentleWave System. *J Endod*, 2019;45:808-812.
52. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z ve ark. Apical pressure created during irrigation with the GentleWave™ system compared to conventional syringe irrigation. *Clin Oral Investig*. 2016;20:1525-1534.
53. Sigurdsson A, Garland RW, Le KT ve ark. Healing of Periapical Lesions after Endodontic Treatment with the GentleWave Procedure: A Prospective Multicenter Clinical Study. *J Endod*, 2018;44:510-517.
54. Coaguila-Llerena H, Gaeta E, Faria G. Outcomes of the GentleWave system on root canal treatment: a narrative review. *Restor Dent Endod*, 2022;47:e11.
55. Molina B, Glickman G, Vandrangi P ve ark. Evaluation of Root Canal Debridement of Human Molars Using the GentleWave System. *J Endod*, 2015;41:1701-1705.
56. De Moor RJ, Meire M, Goharkhay K ve ark. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod*, 2010;36:1580-1583.

57. Myers ML. The effect of laser irradiation on oral tissues. *J Prosthet Dent*, 1991;66:395-397.
58. Koba K, Kimura Y, Matsumoto K ve ark. A histopathological study of the morphological changes at the apical seat and in the periapical region after irradiation with a pulsed Nd:YAG laser. *Int Endod J*, 1998;31:415-420.
59. Schoop U, Kluger W, Dervisbegovic S ve ark. Innovative wavelengths in endodontic treatment. *Lasers Surg Med*. 2006;38:624-630.
60. Beer F, Buchmair A, Wernisch J ve ark. Comparison of two diode lasers on bactericidity in root canals an in vitro study. *Lasers Med Sci*. 2012;27:361-364.
61. Cavalcanti TM, Almeida-Barros RQ, Catão MH ve ark. Knowledge of the physical properties and interaction of laser with biological tissue in dentistry. *An Bras Dermatol*. 2011;86:955-960.
62. Olivi G, De Moor R, DiVito E. *Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications*, ed., 2016;1-298 p.
63. Golob BS, Olivi G, Vrabec M ve ark. Efficacy of Photon-induced Photoacoustic Streaming in the Reduction of *Enterococcus faecalis* within the Root Canal: Different Settings and Different Sodium Hypochlorite Concentrations. *J Endod*, 2017;43:1730-1735.
64. Keleş A, Arslan H, Kamalak A ve ark. Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. *J Endod*, 2015;41:219-224.
65. Blanken J, De Moor RJ, Meire M ve ark. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med*. 2009;41:514-519.
66. Blankena JW, Rudolf M B. Verdaasdonkb, cavitation as a working mechanism of the Er,Cr:ySGG laser in endodontics: a visualization study. *J Oral Laser Appl*. (2007) 7:97-106.
67. Anagnostaki E, Mylona V, Parker S, Lynch E, Grootveld M. Systematic review on the role of lasers in endodontic therapy: valuable adjunct treatment? *Dent J*. (2020) 8(3).
68. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Aprecio RM ve ark. Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. *Int Endod J*, 2014;47:659-666.
69. Peters OA, Bardsley S, Fong J ve ark. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod*, 2011;37:1008-1012.
70. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med. Sci.* (2012); 27(2):273-280.

71. Gregorcic P, Jezersek M, Mozina J. Optodynamic energy-conversion efficiency during an Er:YAG-laser-pulse delivery into a liquid through different fiber-tip geometries. *J. Biomed. Opt.* 2012; 17(7).
72. Lukac N, Zadavec J, Gregorcic P ve ark. Wavelength dependence of photon-induced photoacoustic streaming technique for root canal irrigation. *J. Biomed. Opt.* 2016; 21(7).
73. Lukač N, Gregorčič P, Jezeršek M. Optodynamic phenomena during laser-activated irrigation within root canals. *Int. J. Thermophys.* 2016; 37(7):66.
74. Koch JD, Jaramillo DE, DiVito E ve ark. Irrigant flow during photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using Particle Image Velocimetry (PIV). *Clin. Oral Investig.* 2016;20 (2):381-386.
75. Arslan H, Akcay M, Ertas H ve ark. Effect of PIPS technique at different power settings on irrigating solution extrusion. *Lasers Med. Sci.* 2015;30 (6):1641-1645.
76. Mir M, Gutknecht N, Poprawe R ve ark. Visualising the procedures in the influence of water on the ablation of dental hard tissue with erbium:yttrium-aluminium-garnet and erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser pulses. *Lasers Med. Sci.* 2009;24 (3):365-374.
77. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012;27:273-280.
78. Macedo RG, Wesselink PR, Zaccheo F ve ark. Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. *Int Endod J*, 2010;43:1108-1115.
79. Akcay M, Arslan H, Durmus N ve ark. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med.* 2016;48:70-76.
80. Arslan H, Akcay M, Capar ID ve ark. Efficacy of needle irrigation, EndoActivator, and photon-initiated photoacoustic streaming technique on removal of double and triple antibiotic pastes. *J Endod*, 2014;40:1439-1442.
81. Yang Q, Liu MW, Zhu LX ve ark. Micro-CT study on the removal of accumulated hard-tissue debris from the root canal system of mandibular molars when using a novel laser-activated irrigation approach. *Int. Endod. J.* 2020;53 (4):529-538.
82. Lukac N, Muc BT, Jezersek M ve ark. Photoacoustic endodontics using the novel SWEEPS Er: YAG laser modality. *J. Laser Heal Acad.* 2017;1:1-7.

83. Šarc A, Kosel J, Stopar D ve ark. Removal of bacteria *Legionella pneumophila*, *Escherichia coli*, and *Bacillus subtilis* by (super)cavitation. *Ultrason. Sonochem.*, 2018;42:228-236.
84. Jezeršek M, Jereb T, Lukač N ve ark. Evaluation of apical extrusion during novel Er:YAG laser-activated irrigation modality. *Photobiomodul. Photomed. Laser Surg.* 2019;37 (9):544-550.
85. Jezeršek M, Lukač N, Lukač M ve ark. Measurement of pressures generated in root canal during Er:YAG laser-activated irrigation. *Photobiomodul. Photomed. Laser Surg.* 2020;38 (10):625-631.
86. Olivi G, DiVito EE, Peters OA ve ark. Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: an ex vivo study. *Journal of the American Dental Association.* 2014;145 8:843-848.
87. Lukač M, Olivi G, Constantin M ve ark. Determination of Optimal Separation Times for Dual-Pulse SWEEPS Laser-Assisted Irrigation in Different Endodontic Access Cavities. *Lasers Surg Med.* 2021;53:998-1004.
88. Yang Q, Liu M, Zhu L, Peng B. Micro-CT study on the removal of accumulated hard-tissue debris from the root canal system of mandibular molars when using a novel laser-activated irrigation approach. *International endodontic journal.* 2020;53:529-538.
89. Margolis HC, Moreno EC, Murphy BJ. Importance of high Pka acids in cariogenic potential of plaque. *J Dent Res.* 1985;64:5.
90. Estrela C, Estrela CR, Decurcio DA ve ark. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals. *International endodontic journal.* 2007;40:2.
91. Nagayoshi M, Kitamura C, Fukuizumi T ve ark. Antimicrobial effect ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. *J Endod.* 2004;30:11.
92. Hamblin MR, Hasan T. Photodynamic therapy: a new antimicrobial approach to infectious disease?. *Photochem Photobiol Sci.* 2004;3:5.
93. Markan S, Lehi G, Kapoor S. Recent advances of nanotechnology in endodontics, conservative and preventive dentistry-A review. *J Dent Oral Biol.* 2017;2.
94. Zehnder M, Söderling E, Salonen J ve ark. Preliminary evaluation of bioactive glassS53P4 as an endodontic medication in vitro. *J Endod.* 2004;30:4.

## Endodontik Cerrahi ve Prognostik Faktörler

Özge Başar<sup>1</sup>

Ahter Şanal Çıkman<sup>2</sup>

Feyza Çetinkaya<sup>3</sup>

### Özet

Apikal rezeksiyon yaygın olarak uygulanan bir endodontik cerrahi tekniğidir. Periapikal cerrahinin uygulanmasındaki asıl amaç ortograd yolla ulaşılamayan veya ulaşılsa da tedavisi başarılı olmayan periapikal lezyonların direkt lezyon alanına müdahale edilerek kontrol altına alınmasıdır. Başarılı bir apikal rezeksiyon, uygun cerrahi prosedür ve doğru materyal tercihi ile mümkün olmaktadır. Endodontik cerrahi, günümüze kadar dişlerin çekim kararından önceki seçeneklerden biri olarak görülmektedir. Yeni enstrümanlar ve magnifikasyon araçlarının kullanılması, yumuşak ve sert doku tedavisine yönelik geliştirilmiş prensipler, doku rejenerasyon teknikleri ve materyallerinin kullanımı ile birlikte endodontik cerrahi, deneyimli hekimler tarafından uygulandığında sonuçları oldukça öngörülebilir bir işlem haline gelmiş olup çeşitli klinik çalışmalarda %90 ve daha yüksek başarı oranları belgelenmiştir. Tedavinin prognozunu etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Bunlar hastayla ilgili, dişle ilgili ve tedaviyle ilgili faktörler olarak gruplanabilir.

Endodontik cerrahide vaka seçimi ve tedavi için prognostik faktörler dikkate alınmalıdır. Bu faktörlerin göz önünde bulundurulması, tedavi sonucunun öngörülebilmesine ve apikal cerrahinin alternatif tedavilere karşı değerlendirilebilmesine olanak sağlar.

- 1 Uzman Diş Hekimi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Rize, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-4514-8132  
E-posta: goren.ozge@hotmail.com
- 2 Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Rize, Türkiye, ORCID ID: 0000-0003-2145-5859  
E-posta: ahterdeha@hotmail.com
- 3 Uzman Diş Hekimi, Bandırma Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Balıkesir, Türkiye  
ORCID ID: 0000-0003-0016-071, E-posta: feyzgur@gmail.com



## GİRİŞ

Endodontik tedavinin amacı, mikroorganizmaların veya ürünlerinin kök kanal sisteminden elimine edilmesi ve periapikal dokulara geçişini önlemek için etkili bir bariyer oluşturulmasıdır. Kök kanal tedavisinde ilk 5 yıl içerisindeki başarı oranı %90 olarak bildirilmiştir.<sup>1</sup> Kök kanal tedavisinin başarısız olduğu durumlarda, kanal yoluyla tekrar tedavi her zaman mümkün olmayabilir. Bu vakalarda endodontik cerrahi gerekmektedir.<sup>2</sup> Endodontik cerrahi prosedürü ilk olarak 1884 yılında Farrar ve Rhein tarafından yapılmıştır. Farrar, diş köklerinin artık kullanılmayan herhangi bir bölümünün amputasyon yoluyla çıkarılmasını önermiş ve işlemi “etkeni tümünden ortadan kaldıran, kalıcı bir tedaviye yol açacak cesur bir operasyon” olarak tanımlamıştır. O zamandan bu yana, çağdaş endodontik cerrahi prosedürler, diş köklerinin ve buna bağlı periapikal hastalıkların yönetiminde önemli bir tedavi seçeneği haline gelmiştir.<sup>3</sup>

Apikal rezeksiyon günümüzde sıklıkla uygulanan bir endodontik tedavidir. Bu tedavi, apeksin rezeksiyonu, retrograd kavite hazırlanması ve apeksin tıkama yeteneğine sahip bir materyal ile doldurulmasından oluşur.<sup>4</sup> Cerrahinin uygulanmasındaki asıl amaç ortograd yolla ulaşılamayan veya ulaşılsa da tedavisi başarılı olmayan periapikal lezyonların direkt lezyon alanına müdahale edilerek tedavi edilmesidir.<sup>5</sup>

### 1. Endodontik Cerrahi Endikasyonları

Avrupa Endodontoloji Derneği'ne göre endodontik cerrahi şu durumlarda endikedir: tıkanmış kanallarla ilişkili periapikal lezyonların radyografik semptomları, taşan materyalle ilişkili klinik veya radyografik belirtiler, geleneksel yöntemlerle tedavi edilemeyen kalıcı patoloji, koronal yolla erişilemeyen kök perforasyonları. Bunların yanı sıra komplike kök kanalı anatomisi, apikal patofizyoloji, endodontik tedaviler sırasında kök kanalı anatomisinde değişiklikler, kanal dolgu materyalleri, perforasyonlar, rezorpsiyonlar, kök kırıkları, apikale ekstrüze olmuş ege veya pat vb. malzemeler veya postlar dahil olmak üzere dişle ilgili çeşitli faktörler cerrahi olarak yeniden tedaviyi gerektirebilir.<sup>6</sup>

Endodontik cerrahi kararına yol açan anatomik zorluklar arasında tamamlanmamış kök gelişimi (apikal çap  $>1,5$  mm), aşırı ( $>30^\circ$ ) veya s şeklinde kök eğriliği, orta veya apikal üçte birlik kısımda kanal dallanmaları, şiddetli kalsifikasyonlar veya çok uzun kökler yer alabilir ( $>25$  mm).<sup>7</sup> Bu zorlukların bazıları yalnızca ortograd kök kanal tedavisi sırasında belirgin hale gelirken, bazıları tedavi planlama aşamasında öngörülebilir. Apikal periodontitis varlığında kök kanal anatomisi başarılı bir şekilde araştırılıp

biyomekanik enstrümantasyona tabi tutulamazsa, cerrahi olmayan yeniden tedavinin başarı oranının %40'a kadar düşebileceği ve cerrahi ihtiyacı olabileceği belirtilmiştir.<sup>8</sup>

Sertleşen kanal patları veya gümüş kon içeren eski kök kanal dolgu materyalleri, tamamen uzaklaştırılamayabilir. Ek olarak, kalsiyum silikat bazlı simanların veya patların ortograd olarak sökülmesi de tartışmalıdır.<sup>9</sup> Döküm post ve kor yapıları, kuronlar veya uzun döküm postlar mevcut koronal restorasyonun sökülmesini gerektirebilir, bu da diş dokusunda kayıp, kök kırığı veya perforasyon riskine yol açabileceğinden cerrahi bir yaklaşım tercih edilebilir.<sup>7</sup>

Kök kanal tedavisi esnasında kırılan aletlerin yönetiminde de apikal rezeksiyon tercih edilebilir. Kırık alet, tıkanıklığın ötesinde kanalın yeterince temizlenmesini engelliyorsa veya apikal foramenin ötesine geçtiyse prognoz olumsuz etkilenebilir. Çünkü kırık alet neredeyse her zaman mikroorganizma ve dentin kalıntılarının eşlik ettiği yabancı bir cisimdir.<sup>10, 11</sup> Bu nedenle cerrahi yaklaşımla kırık aletin çıkarılması sıklıkla gerekli olmaktadır. Operasyondan önce kırık aletin kesin konumu ve boyutunun yanı sıra apeks ve çevresindeki anatomik yapılarla ilişkisi de göz önünde bulundurulmalıdır.<sup>11</sup>

Odontoklastik aktivitenin artması sonucu diş sert dokularında meydana gelen kayıplara kök rezorpsiyonu denir. Tedavi seçenekleri rezorpsiyonun kökteki konumu ve boyutuna göre değerlendirilir.<sup>12</sup> Bir dişin koronal bölgedeki rezorpsiyon onarımı genellikle cerrahi olmayan bir yaklaşım ile sağlanabilmektedir.<sup>13, 14</sup> Oysa daha apikaldeki kök rezorpsiyonları endodontik cerrahiye gerektirecektir.<sup>7</sup>

Apikal cerrahi, vertikal kök kırıklarının tanısına yardımcı olabilir. Kırık kökün amputasyonu ile çok köklü bir diş kurtarılabilir.<sup>6</sup>

İnatçı ekstradiküler enfeksiyonlar, kök dış yüzeyinde biyofilm olarak<sup>15</sup> veya asemptomatik lezyonlar içindeki Actinomyces ve Propionibacterium kolonileri formunda bulunabilir ve endodontik cerrahi gerektirebilir.<sup>16, 17</sup>

Periapikal lezyonlar histolojik olarak incelendiğinde genellikle inflamatuvar patolojilerdir. Nair ve arkadaşları, periapikal lezyonların %50'sinin granülom, %35'inin periapikal apse ve %15'inin cep veya gerçek kist olduğunu belirtmişlerdir.<sup>18</sup> Cep kistleri enfekte kök kanalıyla doğrudan ilişkilidir, oysa gerçek kistler kökten bağımsızdır. Birincil endodontik tedavi veya cerrahi olmayan yeniden tedavi ile gerçek kistler iyileşmeyebilir ve bu da endodontik cerrahi ihtiyacı doğuracaktır.<sup>19</sup>

## 2. Endodontik Cerrahi Kontrendikasyonları

Önemli anatomik yapıların yakınlığının cerrahi işlem esnasında geçici veya onarılamaz hasarlara yol açabileceği durumlarda endodontik cerrahi kontrendike olabilir. Bu anatomik yapılara örnek olarak burun veya sinüs boşlukları; mental, inferior alveoler sinir veya palatal nörovasküler demet gösterilebilir. Pıhtılaşma bozuklukları, hemofili, hepatit gibi sistemik hastalıklar cerrahi yaklaşımı engelleyebilir. İntravenöz bifosfonat tedavisi geçmiş, çenelerde bifosfonatla ilişkili osteonekroz riskinin oldukça yüksek olmasına neden olabilir. Bazı kardiyovasküler hastalıklarda, lokal anestezi ile vazokonstriktörlerin kullanımı kontrendikedir ve ameliyat sırasında hemostazı ciddi şekilde sınırlandırdığından prosedürü engelleyebilir.

Final restorasyonu sağlanamayacak, şüpheli kuron-kök oranına sahip, ilerlemiş periodontal hastalık veya artan mobilitesi olan dişler, düşük prognoz nedeniyle cerrahi yaklaşım için uygun olmayabilir.<sup>14</sup>

## 3. Endodontik Cerrahi Prosedürü

Endodontik cerrahi prosedürü klinik olarak dört aşamadan oluşmaktadır: Flep kaldırma ve perirapikal dokunun küretajı, kök ucu rezeksiyonu (apikoektomi), kök ucu kavitesinin hazırlanması, retrograd kök kanal dolgusunun yerleştirilmesi.<sup>20</sup>

### 3.1. Flep Kaldırma ve Periapikal Dokunun Küretajı

Rezeke edilecek bölgeye ulaşım alanını sağlamak prosedürün en önemli aşamalarından biridir. Endodontik lezyonlar genellikle kemikle çevrili kök çevresinde lokalizedir. Tam kalınlık flep ile kemik ekspozite edilmelidir. İnsizyon seçimi ve flap tasarımı, lezyon boyutları, dişin bulunduğu bölge ve cerrahi görüş ihtiyacına göre şekillendirilir. Rezeksiyon işlemi yapılırken cerrahi frez, ultrasonik cihaz ve karbon dioksit lazer(CO2) tercih edilebilir.<sup>21</sup> Bölgenin yakınındaki önemli anatomik oluşumlar, kan damarları, sinirler göz önünde bulundurularak işlem yapılmalıdır. Özel anatomik oluşumlar (nörovasküler demet ve mental foramen, mandibular kanal, maksillar sinüs) dikkatle değerlendirilmelidir. Bu anatomik yapıların korunması postoperatif dönemde ortaya çıkabilecek komplikasyonları minimize ederken kemiğin rejeneratif kapasitesinin de korunmasına yardımcı olur.<sup>21</sup> Bu oluşumların yerini saptamada panoramik grafi çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Bilgisayarlı tomografi bölgenin detaylı görüntülenmesi ve algılanabilmesi adına daha iyi bir seçim olacaktır. Ayrıca metrik ölçüm olarak apikal patolojinin boyutlarını saptamada da daha başarılıdır.<sup>22</sup>

Horizontal, sulkular, submarginal ve vertikal insizyonlar yardımı ile çeşitli yapılarda flepler planlanabilir. Flep tercihi tam kalınlıkta olmakla birlikte tam ve yarım kalınlık kombinasyonu da kullanılabilir. Öncelik, insizyon ve doku kaldırma sonrasında iyileşme kapasitesinin korunması olmalıdır. Bu tam bir kesi ve keskin insizyon yapılarak, dokunun ekartasyonu sırasında travmatize olmasından kaçınarak ve operasyon esnasında dokuların irrigasyon yardımı ile kuru kalması engellenerek sağlanabilir.<sup>23</sup>

### **3.1.1. Sulkuler Flep**

Sulkuler flep tasarımı estetik bir ihtiyaç olmadığı durumlarda en iyi seçimdir. Bu flebin önemli bir avantajı endodontik cerrahi uygulanacak köklerin formunu tam olarak görselleştirme yeteneğidir. Sulkuler flep için diş yüzeyine bitişik gingival krest tepesinden insizyon uygulanır. Bistüri dişin bukkal yüzeyine paralel olmalı ve cerrahi alanda yer alan dişlerin servikal alandaki kurvatür hizasını takip etmelidir.<sup>24</sup>

### **3.1.2. Papil Tabanlı Flep**

Papil tabanlı flep tasarımı mukogingival ve sulkuler insizyonların kombinasyonundan oluşmaktadır. Flebi yerine yerleştirme ve sütür kaynağı olarak kalan papillanın kullanılması esasına dayanmaktadır. Papil tabanlı flep tekniği öngörülebilir iyileşme sağlarken uygulanması zor bir flep çeşididir.<sup>25</sup>

### **3.1.3. Mukogingival Flep (Ochsenbein-Luebke Flep)**

Mukogingival flep tasarımı sadece yeterli miktarda yapışık diş eti mevcut olduğunda ve periodontal sondlama normal sınırlar içinde kaldığında kullanılır, böylece insizyon sağlam kemik doku üzerinde yapılabilir. Yetersiz yapışık dişeti kalınlığı olduğunda nekroz riski bulunmaktadır. Krestal kemik üzerinden flep kaldırılmadığı için ataçman kaybının önüne geçilir. Her ne kadar dişeti marjinin çekilmesini önlese de skar oluşumu dezavantajına sahiptir.<sup>24</sup>

### **3.1.4. Triangular Flep**

Vertikal rahatlatıcı insizyonun eşlik ettiği, ilgili dişin birkaç diş mesiali ve distaline uzanan insizyon tekniğidir. Avantajları flebin vasküler beslenmesinin daha iyi olması ve flebin kapatılmasında kolaylık sağlamasıdır. Bu sayede kemiğin beslenmesi de daha iyi olmaktadır ve oluşan kemik defekti daha etkin bir şekilde tamir olmaktadır. Marjinal bölgedeki dişeti çekilmesi ise bu flebin dezavantajıdır.<sup>26</sup>

### 3.2. Apikal Rezeksiyon

Flep kaldırıldıktan sonra rond frez aracılığı ile bölgedeki kemik kaldırılır. Görüş alanı sağlamak için yeterli miktarda kemik kaldırılması gerekmektedir.<sup>25</sup> İnsizyon ve flep tasarımı, periodontal dokularının durumu, biyotipi ve genişliği, restorasyon sınırının varlığı, lezyonun yeri ve kapsamı ve hastanın estetik talepleri dahil olmak üzere belirli klinik ve radyografik parametrelere göre seçilmelidir.<sup>24</sup>

Kök ucunun yerini tespit etmek için osteotomi yapılır. Bölgeye ulaştıktan sonra varsa yabancı materyalleri, kök kanal dolgusu malzemelerini ve granülasyon dokusunu uzaklaştırmak için küretaj ve irrigasyon işlemleri uygulanır.<sup>20</sup> Tüm dişlerin %75'inde, apikal 3 mm'de kanal düzensizlikleri (aksesuar veya lateral kanallar) bulunmaktadır. Yaklaşık 3 mm'lik bir apikal rezeksiyon miktarı, aksesuar ve lateral kanalların çoğunu içerecek ve böylece kalan bakteri ve iritanları ortadan kaldıracaktır.<sup>27</sup>

Apikal rezeksiyon, kök uzun eksenine dik olacak şekilde yapılır. Modern büyütme ve aydınlatma teknikleri, açılı kök yüzeyi oluşturma ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Biyolojik olarak da en uygun kök ucu rezeksiyon açısı dişin uzun eksenine dik açıdır. Bu aşamada tüm patolojik dokuların çıkarılması ve yeterli kanama kontrolünün sağlanması gerekir. %1-2 metilen mavisi boyasının uygulanması, kesilmiş kök yüzeyinin dikkatli ve detaylı bir şekilde incelenmesine yardımcı olur. Kökteki kırık ve çatlakları, ulaşılabilen aksesuar kanallar veya isthmuslar gibi olası sızıntı alanlarını ve mevcut kök kanalı dolgusu ile kök kanalı duvarları arasındaki boşlukları tespit etmek önemlidir.<sup>28</sup>

### 3.3. Retrograd Preparasyon

Retrograd preparasyon için temel gereklilikler şu şekilde sıralanabilir: Dişin apikal 3 mm'si temizlenmeli ve şekillendirilmeli, preparasyon pulpal bölgenin anatomik hattına paralel olmalı, yeterli retansiyon sağlanmalı, kalan dentin duvarları gereğinden fazla zayıflatılmamalıdır.<sup>29</sup>

Retrograd preparasyon sonik veya ultrasonik mikro uçlarla gerçekleştirilmektedir. Preparasyon için döner aletlerin kullanılması günümüzde önerilmemektedir. Ultrasonik uçlar 3 gruba ayrılır: Kaplamasız, kimyasal olarak kaplanmış ve elmas ile kaplanmış olanlar. Klinik olarak değerlendirildiğinde kaplamasız bir ucun kesme potansiyeli elmas ile kaplanmış uçlara oranla daha düşüktür. Zirkonyum veya titanyum nitrit kaplamalı uçların kesme etkinliği kaplamasız ve elmas kaplanmış uçların arasındadır. Tercih edilen uç fark etmeksizin bölgede ısınma olmaması için irrigasyon eşliğinde çalışılmalıdır. Kök ucu kurutulduktan sonra büyütme

sistemleri ve mikro aynalar ile kalıntı veya istenmeyen artık materyallerin varlığı kontrol edilmeli ve kavitenin, var olan tüm anatomik isthmusları içine alacak şekilde temizlendiğinden emin olunmalıdır.<sup>24</sup> Ultrasonik preparasyon sayesinde dişin uzun eksenini takip eden ve diş merkezinde kalan daha konservatif bir kavite hazırlığı gerçekleştirilebilir. Ek olarak ultrasonik aletlerin gelişmiş manipülasyonu sayesinde kök ucu perforasyonu riski azalır. Retrograd kavite en az 3 mm derinliğinde olmalı, kök kanalının orijinal hattını takip etmeli ve varsa aksesuar kanalları, isthmusları da içermelidir.<sup>20</sup>

Ultrasonik retrotipler ile preparasyon esnasında duvarlarda smear tabakası açığa çıkar.<sup>30</sup> Smear tabakası bakteri, bakteri ürünleri ve nekrotik pulpa dokularını içerir. Mikroorganizmalar smear tabakasında canlı kalır ve çoğalabilir.<sup>31, 32</sup> Smear tabakasının varlığının, özellikle kök ucunun hazırlanmasını takiben, sızıntı için bir yol ve bakteriyel büyüme ve giriş için bir kaynak olduğu bildirilmiştir. Ayrıca dentin tübüllerinde kalan bakterilerin büyümesini desteklediği görülmektedir.<sup>33</sup> Kanal enstrümantasyonu sırasında oluşan birikintiler, kanal duvarının dentin yüzeyinden ve dentin tübüllerinden uzaklaştırılmalıdır.<sup>34</sup> Bu nedenle retrograd kaviteden smear tabakasının temizlenmesi gerekmektedir. Bu, kök ucu dolgu malzemesinin adaptasyonunu iyileştirir ve apikal sızıntıyı ortadan kaldırır veya en aza indirir.<sup>33</sup>

Retrokavite duvarlarında oluşan smear tabakasını uzaklaştırmak için çeşitli asitler (sitrik asit, fosforik asit), kitosan, klorheksidin (CHX) ve deterjan karışımı (Qmix), doksisisiklin, kitosan, sitrik asit ve deterjan karışımı (MTAD), etilendiamintetraasetik asit (EDTA), doksisisiklin ve tetrasiklin vb. ajanlar kullanılmıştır.<sup>35-38</sup> Yapılan son çalışmalara göre kavite hazırlık prosedürlerinde smear tabakasını uzaklaştırmak için en çok tercih edilen ajan EDTA olmuştur.<sup>38, 39</sup> 2017 yılında yapılan bir çalışmada, EDTA'nın, kollajen matrisini açığa çıkararak, retrograd dolgu materyali ile kök yüzeyi arasındaki bağlanma kuvvetini arttırdığı gösterilmiştir.<sup>40</sup> Sahebi ve ark.<sup>41</sup> yaptığı çalışmada, retrograd kavite hazırlığında sodyum hipoklorit (NaOCl) ve EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının apikal sızdırmazlığı olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. 2023 yılında Iandolo ve ark.<sup>39</sup> tarafından yayınlanan çalışmada da benzer şekilde retrograd kavite için yeni temizlik bir protokolü tanımlanmış ve NaOCl-EDTA solüsyonlarının kullanılması önerilmiştir.

### 3.4. Retrograd Dolgu

Apikal cerrahi operasyonunun başarılı olabilmesi için hazırlanan retrograd kavitenin, sızdırmazlığı sağlamak amacı ile biyouyumlu bir apikal dolgu

malzemesi ile kapatılması gerekmektedir. Retrograd dolgu malzemesinin seçimi işlemin nihai sonucunu etkilemektedir. Çünkü işlemin asıl amacı apikal bölgeyi kapatmaktır.<sup>42</sup> İdeal bir retrograd dolgu materyali aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmalıdır:<sup>43, 44</sup>

- Periapikal doku ve sıvılarına karşı sızdırmaz olmalıdır.
- Uygulamadan sonra boyutsal stabilitesini korumalıdır.
- Biyouyumlu olmalı, sementogenezi indüklemelidir.
- Nemden etkilenmemeli veya düşük oranda etkilenmelidir.
- Bakteriostatik olmalıdır.
- Çalışma süresi yeterli, manipülasyonu ve yerleştirilmesi kolay olmalıdır.
- Diş ve çevre dokularını renklendirmemeli, karsinojenik özellik göstermemeli ve periapikal dokuları tahriş etmemelidir.
- Radyopak olmalıdır ve radyografilerde kolayca ayırt edilebilmelidir.

Klinik açıdan bakıldığında, retrograd kavitenin sızdırmaz bir şekilde doldurulması bakteriyel geçirgenlikle ve dolayısıyla periapikal dokuların kontaminasyonu ile doğru orantılıdır. Bu nedenle, kullanılan materyallerin bakteri geçişini azaltmak için düşük gözenekliliğe ve dentin tübüllerine nüfuz etmesi için yüksek ıslanabilirliğe sahip olması gerekir.<sup>45</sup> Endodontik cerrahide çok sayıda retrograd dolgu malzemesi kullanılmıştır: Amalgam, intermediate restorative material (IRM), güta perka, çinko oksit öjenol (Super EBA), cam iyonomer, MTA (mineral trioksit agregat) vb.<sup>46</sup>

Amalgam ve IRM uzun yıllar boyunca yaygın olarak kullanılmış retrograd dolgu materyalleridir. Ancak yapılan çalışmalarda amalgam en yüksek sızıntı gösteren materyal olmuştur; içeriğindeki cıva nedeniyle de günümüzde kullanımı tercih edilmemektedir.<sup>47</sup>

SuperEba (SEBA), %32 öjenol ve %68 etoksi benzoik asit (EBA) karışımı, çinko oksit ile güçlendirilmiş bir materyaldir. SEBA eskiden retrograd dolgular için tercih edilse de günümüzde MTA kadar iyi bir sızdırmazlık gösteremediği anlaşılmıştır.<sup>47</sup> SEBA'nın dezavantajları ise teknik hassasiyet gerektirmesi ve sertleşme süresinin öngörülememesidir.<sup>48</sup> Biyolojik olarak bakıldığında Super-EBA, retrograd dolgu olarak kullanıldığında periradiküler dokularda iyi tolere edilir. Ancak sement rejenerasyonu indükleme kapasitesi yoktur.

Cam iyonomer siman (CİS), poliakrilik asitlerden ve ayrıca kalsiyum alüminosilikat gibi bazik cam tozlarından oluşur. CİS'ler ışıkla veya kimyasal olarak sertleşir. Işıklı sertleşen CİS'in sızdırmazlığı ve marjinal adaptasyonu,

kimyasal olarak sertleşen CİS'e göre daha üstündür. CİS ile elde edilen sızdırmazlık, amalgam ile elde edilene göre daha iyidir ve IRM ile olana benzerdir. CİS'in her iki formu da alternatif bir retrograd dolgu malzemesi olarak önerilmiştir.<sup>49, 50</sup>

Günümüzde apikal cerrahi sahasında hemostaz açısından tam kontrol sağlanabildiği için kompozit veya rezin modifiye cam iyonomer gibi materyallerin de kullanımı artık mümkündür. Çalışmalar rezin materyaller kullanıldığında uzun vadeli iyi bir iyileşme meydana geldiğini bildirmiştir. Bu malzemelerin kullanılabilmesi için kanamanın kontrol altına alınması gereklidir; aksi halde bonding işlemi tam olarak gerçekleşmez.<sup>51</sup>

MTA diğer materyallere kıyasla retrograd dolgu malzemesi olarak kullanılan en popüler ve en yaygın materyaldir. MTA'nın başarılı sızdırmazlık özellikleri ve çevre dokulara olan biyouyumluluğu konusunda yapılmış birçok çalışma mevcuttur.<sup>29, 52, 53</sup> MTA'nın SEBA veya amalgama göre daha üstün sızdırmazlık özelliklerine sahip olduğu gösterilmiştir. MTA'nın temel avantajı tekniğinin çok hassas olmamasıdır. Uygun bir taşıyıcı ile MTA alınır ve yine uygun bir alet ile yerleştirilir. Sonrasında kondanse edilir. MTA'nın sertleşmesi için gerekli nem cerrahi sonrası kaviteyi dolduran kan ve doku sıvıları ile sağlanır.<sup>54</sup> Günümüzde biyouyumluluk, osteojenik aktivite, sızdırmazlık gibi birçok avantajı olan MTA veya biyoseramik içerikli materyallerin kullanımı altın standart haline gelmiştir.<sup>55</sup> Biyoaktif özellikleri, pulpa ve periradiküler dokularla temas ettiğinde doku rejenerasyonunu osseoindüktif ve iletken gücü, sızdırmazlık kapasitesi ve antimikrobiyal etkisi sayesinde şu anda altın standart olarak kabul edilmektedir. Ayrıca radyoopasitesinden dolayı kontrol radyografilerinde kolaylıkla incelenebilir. Dezavantajları olarak ise sertleşme süresinin uzun sürmesi, kullanımının zor olması, ekonomik maliyetinin yüksek olması, fleksiyona karşı direncinin düşük olması ve ayrıca tedavi edilen dişte renk değişikliğine sebep olması söylenebilir.<sup>43, 56-58</sup> Materyallerin özellikleri dışında kavite preparasyonu, dolgu yapılacak dentin yüzeyinin temizliği, kullanıcı tecrübesi gibi birçok faktör sızdırmazlıkta ve dolgu materyalinin marjinal adaptasyonunda etkilidir.<sup>59, 60</sup>

#### 4. Endodontik Cerrahide Prognostik Faktörler

Endodontik cerrahi, günümüze kadar dişlerin çekim kararından önceki seçeneklerden biri olarak düşünülmüştür. Önceden sonuçları öngörülemez olsa da yeni enstrümanlar ve magnifikasyon araçlarının kullanılması, yumuşak ve sert doku tedavisine yönelik geliştirilmiş prensipler, doku rejenerasyon teknikleri ve materyallerinin kullanımı ile birlikte endodontik



cerrahi, deneyimli hekimler tarafından uygulandığında sonuçları oldukça öngörülebilir bir işlem haline gelmiş olup çeşitli klinik çalışmalarda %90 ve daha yüksek başarı oranları belgelenmiştir.<sup>61-63</sup> Tedavinin prognozunu etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Bunları hastayla ilgili, dişle ilgili ve tedaviyle ilgili faktörler olarak gruplanabilir.

Hastayla ilişkili prognostik faktörlerden literatürde yer edinmiş olan en önemli iki unsur yaş ve cinsiyettir. Barone ve ark.<sup>64</sup> 45 yaş üstü hastalarda iyileşme oranını %84, genç hastalarda ise %68 olarak belirtmişlerdir. Kreisler ve ark.<sup>65</sup> göre ise toplam popülasyonla karşılaştırıldığında en iyi sonuçlar %95 iyileşme oranı ile 31-40 yaş arası hastalarda elde edilmiştir. En yüksek başarı oranı 20'li yaşlardaki hastalarda bildirilmiş ve hastalar yaşlandıkça azalma eğilimi göstermiştir. Bu çalışmalardan yola çıkılarak genç hastalarda daha iyi bir iyileşme potansiyeli olduğu düşünülebilir ancak, daha uzun bir takip bu farkı zayıflatabilir.<sup>66</sup> Cinsiyetin rolünün araştırıldığı bir çalışmada da erkekler ve kadınlar arasında 6 ayda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu ve başarı oranının sırasıyla %60 ve %40 olduğu gösterilmiştir.<sup>67</sup> Ancak bu çalışmalar yaş ve cinsiyet konusunda güvenilir veya anlamlı veriler sağlamadığından kesin bir sonuca varmak mümkün değildir.

Dişle ilgili faktörler açısından periapikal lezyonun boyutu en çok araştırılan faktörlerden biridir. Uzun takip sürelerine sahip bir çalışmada<sup>64</sup>  $\leq 10$  mm'lik lezyonların %80'lik bir başarı oranına sahip olduğunu, daha büyük olanların ise 4 ila 10 yıllık bir süre sonra %53'lük bir başarı oranı gösterdiğini bulmuşlardır. Büyük lezyon boyutları genel olarak daha şüpheli prognozla ilişkilidir. Periapikal lezyonun 5 mm'den küçük olması durumunda endodontik cerrahinin prognozunun olumlu olduğu belirtilmiştir.<sup>68-71</sup>

Literatüre göre prognoz ile diş tipi arasındaki ilişki henüz netlik kazanmamıştır. Birçok yazar, anterior dişlerin endodontik cerrahide başarı oranlarının daha yüksek olduğu konusunda hemfikirlerdir.<sup>64, 66, 68, 69, 71</sup> Bu, anterior bölgenin daha erişilebilir olması ve ameliyat alanının daha iyi görülebilmesiyle açıklanabilir. Böylece daha iyi bir apikal sızdırmazlık elde edilebilir. Üst ve alt çenede endodontik cerrahi sonuçları karşılaştırıldığında herhangi bir farklılık bulunamamıştır.<sup>66</sup> Periodontal problemlerin de eşlik ettiği dişlerin başarı oranının oldukça düşük olduğu gösterilmiştir.<sup>66, 72</sup> Kim ve ark.<sup>73</sup> endodontik cerrahi sonrası ilk bir yılda endodontik kökenli lezyonların %95,2 başarı oranına sahip olduğunu, periodontal kaynaklı lezyonlarda ise %77,5 başarı oranı elde edildiğini göstermişlerdir.

Tedaviye bağlı faktörler göz önüne alındığında ilk olarak dişteki mevcut tedavi değerlendirilmelidir. Yetersiz kök kanal tedavili dişlerde endodontik cerrahinin prognozu ciddi şekilde düşer, bu nedenle cerrahi tedaviden

önce ortograd bir yaklaşımla endodontik bir yeniden tedavi yapılması esastır.<sup>55, 65</sup> Kök kanalı çalışma boyuna sadık kalınarak doldurulmadıysa, kök kanalının doldurulmamış kısmı enfeksiyonun ana kaynağı olabilir ve apekten dışarı taşan materyal lezyonun iyileşmesini zorlaştırabilir.<sup>64, 66</sup> Ayrıca tedavi edilen kök sayısı ne kadar fazla olursa periapikal cerrahinin prognozu da o kadar düşmektedir. Apikal cerrahi sonrası prognozda etkili olan en önemli faktörlerden biri de sızdırmazlıktır ve bağlantı sağlanması istenen yüzeyin temizliği sızdırmazlık açısından büyük önem taşımaktadır.<sup>74</sup> Retrograd kavite preparasyonunda kanal içeriğinin ultrasonik uçlar ile iyice temizlenmesi, etkin bir irrigasyon uygulanması ve sızdırmaz bir retrograd dolguya olanak sağlayacak kavite formunun sağlanması apikal cerrahi prosedürünün prognozunu iyileştirecektir.<sup>75</sup> Bunların yanında iyi bir koronal restorasyona sahip dişlerin, endodontik cerrahi sonrasında iyileşme olasılığı daha yüksektir.<sup>64,76</sup> Birçok çalışma dişte kanal içi postun bulunmamasının prognoz açısından bir artı olduğu konusunda hemfikirdir.<sup>66, 70, 77</sup> Postun çıkarılması kökte çatlaklar veya fissürler oluşturarak kırıklara neden olabilir.<sup>78</sup> Perforasyon bulunan dişlerde de post bulunan dişlere benzer şekilde önemli ölçüde daha düşük başarı oranları gösterilmiştir.<sup>65</sup>

Endodontik cerrahide vaka seçimi ve tedavi için prognostik faktörler dikkate alınmalıdır. Bu faktörlerin göz önünde bulundurulması, tedavi sonucunun öngörülebilmesine ve apikal cerrahinin alternatif tedavilere karşı değerlendirilebilmesine olanak sağlar. Bununla birlikte, özellikle diş pozisyonu ve lezyon boyutları olmak üzere operasyon öncesi dişle ilgili faktörlerin, iyileşme sonucu üzerinde operasyon sonrası faktörlerden daha fazla öneme sahip olması muhtemeldir. Endodontik cerrahi tedavi hem hasta hem hekim için zorlayıcı olabilir. Bu nedenle restoratif, periodontal ve endodontik prognozların değerlendirmesi bu faktörler dikkate alınarak yapılmalıdır. Ancak yine de endodontik cerrahinin uzun dönem başarısını etkileyen potansiyel prognostik faktörlere ilişkin bilimsel kanıtların artırılması için daha yüksek kalitede prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

### *Teşekkür*

Bu çalışma, 907219 numaralı ‘Retrograd Kavitelerde Farklı Kök Kanal Dolgu Patlarının Uzaklaştırılabilirliğinin Mikro BT ile İncelenmesi: İn Vitro Çalışma’ başlıklı tez projesinden üretilmiştir.

## Kaynakça

1. Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W, Leprince JG. What ultimately matters in root canal treatment success and tooth preservation: A 25-year cohort study. *Int Endod J.* 2023, 56:544-557.
2. Kim S. Endodontic microsurgery. *Pathways of the Pulp.* 2002.
3. Guerini V. A history of dentistry from the most ancient times until the end of the eighteenth century, ed. Philadelphia and New York, Lea & Febiger, 1909.
4. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod.* 1994, 20:159-163.
5. Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004, 98:237-242.
6. Setzer FC, Kratchman SI. Present status and future directions: Surgical endodontics. *Int Endod J.* 2022, 55 Suppl 4:1020-1058.
7. Karabucak B, Setzer F. Criteria for the ideal treatment option for failed endodontics: surgical or nonsurgical? *Compend Contin Educ Dent.* 2007, 28:391-397; quiz 398, 407.
8. Gorni FG, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod.* 2004, 30:1-4.
9. Carrillo CA, Kirkpatrick T, Freeman K, Makins SR, Aldabbagh M, Jeong JW. Retrievability of Calcium Silicate-based Root Canal Sealers During Retreatment: An Ex Vivo Study. *J Endod.* 2022, 48:781-786.
10. Gandeivala A, Parekh B, Poplai G, Sayed A. Surgical removal of fractured endodontic instrument in the periapex of mandibular first molar. *J Int Oral Health.* 2014, 6:85-88.
11. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *J Am Dent Assoc.* 2005, 136:187-193; quiz 231.
12. Patel S, Kanagasingham S, Pitt Ford T. External cervical resorption: a review. *J Endod.* 2009, 35:616-625.
13. Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995, 79:756-763.
14. Bjørndal L, Kirkevang L-L, Whitworth J. Textbook of endodontology, ed., John Wiley & Sons, 2018.
15. Tronstad L, Barnett F, Cervone F. Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. *Endod Dent Traumatol.* 1990, 6:73-77.

16. Ricucci D, Siqueira JF, Jr. Apical actinomycosis as a continuum of intraradicular and extraradicular infection: case report and critical review on its involvement with treatment failure. *J Endod.* 2008, 34:1124-1129.
17. Sunde PT, Olsen I, Göbel UB, Theegarten D, Winter S, Debelian GJ, Tronstad L, Moter A. Fluorescence in situ hybridization (FISH) for direct visualization of bacteria in periapical lesions of asymptomatic root-filled teeth. *Microbiology (Reading).* 2003, 149:1095-1102.
18. Ramachandran Nair PN, Pajarola G, Schroeder HE. Types and incidence of human periapical lesions obtained with extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996, 81:93-102.
19. Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J.* 2006, 39:249-281.
20. von Arx T. Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *Saudi Dent J.* 2011, 23:9-15.
21. Velvart P, Peters CI. Soft tissue management in endodontic surgery. *J Endod.* 2005, 31:4-16.
22. Klinge B, Petersson A, Maly P. Location of the mandibular canal: comparison of macroscopic findings, conventional radiography, and computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1989, 4:327-332.
23. Bergenholtz G H-BP, Reit C. *Textbook of endodontology*, ed., John Wiley & Sons, 2013.
24. Castellucci A. *Endodontics: 2 Volume Set*, ed., Edizioni LSWR, 2022.
25. Pihlstrom BL, McHugh RB, Oliphant TH, Ortiz-Campos C. Comparison of surgical and nonsurgical treatment of periodontal disease. A review of current studies and additional results after 61/2 years. *J Clin Periodontol.* 1983, 10:524-541.
26. Peters LB, Wesselink PR. Soft tissue management in endodontic surgery. *Dent Clin North Am.* 1997, 41:513-528.
27. De Deus QD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J Endod.* 1975, 1:361-366.
28. Reuben HL, Apotheker H. Apical surgery with the dental microscope. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984, 57:433-435.
29. Carr GB, Bentkover S. *Surgical endodontics. Pathways of the pulp.* 1994, 6:531-567.
30. Asnaashari M, Fekrazad R, Dehghan Menshadi F, Seifi M. The effect of Er, Cr:YSGG laser irradiation on the apical leakage of retrograde cavity. *Iran Endod J.* 2009, 4:144-148.
31. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003, 29:170-175.

32. Khaord P, Amin A, Shah MB, Uthappa R, Raj N, Kachalia T, Kharod H. Effectiveness of different irrigation techniques on smear layer removal in apical thirds of mesial root canals of permanent mandibular first molar: A scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent.* 2015, 18:321-326.
33. Gutmann JL, Saunders WP, Nguyen L, Guo IY, Saunders EM. Ultrasonic root-end preparation. Part 1. SEM analysis. *Int Endod J.* 1994, 27:318-324.
34. Saini M, Kumari M, Taneja S. Comparative evaluation of the efficacy of three different irrigation devices in removal of debris from root canal at two different levels: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2013, 16:509-513.
35. Naik MM, de Ataide Ide N, Fernandes M, Lambor R. Assessment of apical seal obtained after irrigation of root end cavity with MTAD followed by subsequent retrofilling with MTA and Biodentine: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2015, 18:132-135.
36. Gowri S, Jayasheelan N, Kutty SM, Kumar P, Shetty D, Banu K. An in vitro Investigation of the Sealing Ability of Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate as Retrofilling Materials after the use of Various Irrigating Solutions. *J Pharm Bioallied Sci.* 2022, 14:S563-s567.
37. Penumaka R, Konagala RK, Shaik J, Ram Sunil CH, Reddy PL, Kiran Naik MK. Scanning electron microscopy evaluation of chitosan and carboxymethyl chitosan as retrograde smear layer removing agents. *J Conserv Dent.* 2019, 22:573-577.
38. Shahbaz S, Iftexhar H, Alam S, Mishra SK. Comparative evaluation of the apical leakage of different bioceramic retrofilling materials with and without smear layer: A stereomicroscopic study. *Indian J Dent Res.* 2022, 33:46-51.
39. Iandolo A, Amato A, Pisano M, Sangiovanni G, Abdellatif D, Fornara R, Simeone M. Histological Evaluation of Root Canals by Performing a New Cleaning Protocol "RUA" in Endodontic Surgery. *Dentistry Journal.* 2023, 11:78.
40. Kumar C, Arafath MY, Pitchai MS, Kirubanandan S. A comparative evaluation of marginal integrity of retroplast, KETAC-N100 and gutta-percha before and after post space preparation using fluid filtration technique: An in-vitro study. *International Journal of Applied Dental Sciences.* 2017, 3:05-15.
41. Sahebi S, Moazzami F, Dehghan R, Ghahramani Y. The Simultaneous Effect of Apical Resection Angle and Depth of Retrograde Cavity on Apical Microleakage via Fluid Filtration Method. *Iran Endod J.* 2019, 14:296-300.

42. P VR, Vemisetty H, K D, Reddy SJ, D R, Krishna MJ, Malathi G. Comparative Evaluation of Marginal Adaptation of Biodentine(TM) and Other Commonly Used Root End Filling Materials-An Invitro Study. *J Clin Diagn Res.* 2014, 8:243-245.
43. Kadić S, Baraba A, Miletić I, Ionescu A, Brambilla E, Ivanišević Malčić A, Gabrić D. Push-out bond strength of three different calcium silicate-based root-end filling materials after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Clin Oral Investig.* 2018, 22:1559-1565.
44. Soundappan S, Sundaramurthy JL, Raghu S, Natanasabapathy V. Biodentine versus Mineral Trioxide Aggregate versus Intermediate Restorative Material for Retrograde Root End Filling: An Invitro Study. *J Dent (Tehran).* 2014, 11:143-149.
45. Biočanin V, Antonijević Đ, Poštić S, Ilić D, Vuković Z, Milić M, Fan Y, Li Z, Brković B, Đurić M. Marginal Gaps between 2 Calcium Silicate and Glass Ionomer Cements and Apical Root Dentin. *J Endod.* 2018, 44:816-821.
46. Mazumdar P, Das UK, Rahaman SM, Das S. A Comparative Evaluation of the Sealing Ability of Biosilicate Material, Mineral Trioxide Aggregate, Light Cure Glass Ionomer Cement, Silver Amalgam as Root End Filling Materials by Dye Penetration Method. *International Medical Journal.* 2013, 20.
47. Aqrabawi J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J.* 2000, 188:266-268.
48. Rubinstein RA, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. *J Endod.* 2002, 28:378-383.
49. Mansoor A, Mansoor E, Mehmood M, Hassan SMU, Shah AU, Asjid U, Ishtiaq M, Jamal A, Rai A, Palma PJ. Novel microbial synthesis of titania nanoparticles using probiotic *Bacillus coagulans* and its role in enhancing the microhardness of glass ionomer restorative materials. *Odontology.* 2024.
50. Ma X, Li C, Jia L, Wang Y, Liu W, Zhou X, Johnson TM, Huang D. Materials for retrograde filling in root canal therapy. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016, 12:Cd005517.
51. Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Long-term evaluation of retrograde root filling with dentin-bonded resin composite. *J Endod.* 1996, 22:90-93.
52. Lin CP, Chou HG, Kuo JC, Lan WH. The quality of ultrasonic root-end preparation: a quantitative study. *J Endod.* 1998, 24:666-670.
53. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999, 25:197-205.
54. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod.* 1998, 24:557-560.

55. Saunders WP. A prospective clinical study of periradicular surgery using mineral trioxide aggregate as a root-end filling. *J Endod.* 2008, 34:660-665.
56. Agrafioti A, Tzimpoulas N, Chatzitheodoridis E, Kontakiotis EG. Comparative evaluation of sealing ability and microstructure of MTA and Biodentine after exposure to different environments. *Clin Oral Investig.* 2016, 20:1535-1540.
57. Elnaghy AM. Influence of acidic environment on properties of biodentine and white mineral trioxide aggregate: a comparative study. *J Endod.* 2014, 40:953-957.
58. Nabeel M, Tawfik HM, Abu-Seida AM, Elgendy AA. Sealing ability of Biodentine versus ProRoot mineral trioxide aggregate as root-end filling materials. *The Saudi dental journal.* 2019, 31:16-22.
59. Patri G, Agrawal P, Anushree N, Arora S, Kunjappu JJ, Shamsuddin SV. A Scanning Electron Microscope Analysis of Sealing Potential and Marginal Adaptation of Different Root Canal Sealers to Dentin: An In Vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2020, 21:73-77.
60. Kikly A, Jaâfoura S, Kammoun D, Sahtout S. Sealing Ability of Endodontic Cements: An In Vitro Study. *International Journal of Dentistry.* 2020, 2020:5862598.
61. Gutmann JL, Harrison JW. Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. *Int Endod J.* 1985, 18:8-34.
62. Rubinstein R, Torabinejad M. Contemporary endodontic surgery. *J Calif Dent Assoc.* 2004, 32:485-492.
63. Liao WC, Lee YL, Tsai YL, Lin HJ, Chang MC, Chang SF, Chang SH, Jeng JH. Outcome assessment of apical surgery: A study of 234 teeth. *J Formos Med Assoc.* 2019, 118:1055-1061.
64. Barone C, Dao TT, Basrani BB, Wang N, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3, 4, and 5: apical surgery. *J Endod.* 2010, 36:28-35.
65. Kreisler M, Gockel R, Aubell-Falkenberg S, Kreisler T, Weihe C, Filippi A, Kühl S, Schütz S, d'Hoedt B. Clinical outcome in periradicular surgery: effect of patient- and tooth-related factors--a multicenter study. *Quintessence Int.* 2013, 44:53-60.
66. Song M, Jung IY, Lee SJ, Lee CY, Kim E. Prognostic factors for clinical outcomes in endodontic microsurgery: a retrospective study. *J Endod.* 2011, 37:927-933.
67. Peñarrocha-Diago MA, Ortega-Sánchez B, García-Mira B, Maestre-Ferriñ L, Peñarrocha-Oltra D, Gay-Escoda C. A prospective clinical study of polycarboxylate cement in periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012, 17:e276-280.

68. Peñarrocha M, Martí E, García B, Gay C. Relationship of periapical lesion radiologic size, apical resection, and retrograde filling with the prognosis of periapical surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007, 65:1526-1529.
69. von Arx T, Peñarrocha M, Jensen S. Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: a meta-analysis. *J Endod.* 2010, 36:957-973.
70. von Arx T, Jensen SS, Hänni S, Friedman S. Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery. *J Endod.* 2012, 38:570-579.
71. Pop I. Oral surgery: part 2. Endodontic surgery. *Br Dent J.* 2013, 215:279-286.
72. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *J Endod.* 2006, 32:601-623.
73. Kim E, Song JS, Jung IY, Lee SJ, Kim S. Prospective clinical study evaluating endodontic microsurgery outcomes for cases with lesions of endodontic origin compared with cases with lesions of combined periodontal-endodontic origin. *J Endod.* 2008, 34:546-551.
74. Kratchman SI. Obturation of the root canal system. *Dent Clin North Am.* 2004, 48:203-215.
75. Endal U, Shen Y, Ma J, Yang Y, Haapasalo M. Evaluation of Quality and Preparation Time of Retrograde Cavities in Root Canals Filled with GuttaCore and Cold Lateral Condensation Technique. *J Endod.* 2018, 44:639-642.
76. Martí E, Peñarrocha M, García B, Martínez JM, Gay-Escoda C. Distance between periapical lesion and mandibular canal as a factor in periapical surgery in mandibular molars. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008, 66:2461-2466.
77. Lieblisch SE. Endodontic surgery. *Dent Clin North Am.* 2012, 56:121-132, viii-ix.
78. Siqueira JF, Jr., Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *Br Dent J.* 2014, 216:305-312.





## Endodontik Motorlar

İremnur Bal<sup>1</sup>

### Özet

Endodontik motorlar, kanal tedavilerinde manuel araçların sınırlamalarını gidermek ve tedavi etkinliğini artırmak amacıyla geliştirilmiş cihazlardır. İlk olarak 20. yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan bu cihazlar, 1970'lerden itibaren tork kontrolü ve hız ayarı gibi temel özelliklerle donatılmıştır. 1990'lardan itibaren kompakt ve ergonomik tasarımlar, entegre apex bulucular ve farklı hareket modları gibi teknolojik ilerlemelerle endomotorlar klinik uygulamalarda daha yaygın hale gelmiştir. 2000'li yıllarda kablosuz modellerin gelişmesiyle kullanıcı konforu ve taşınabilirlik artmış, günümüzde yapay zeka destekli cihazlar tedavi süreçlerini optimize eden akıllı sistemlere dönüşmüştür.

Endomotorlar genellikle kablolu ve kablosuz olarak sınıflandırılır. Kablolu modeller, dayanıklılık ve sabit güç kaynağı avantajları sunarken hareket özgürlüğünü sınırlar. Kablosuz modeller ise taşınabilirlik ve ergonomik kullanım sağlarken batarya ömrü gibi sınırlamalar barındırır. Ayrıca cihazlar, kapalı ve açık sistemler olarak ikiye ayrılır; kapalı sistemler uyumluluk ve stabilite sunarken, açık sistemler kullanıcıya geniş bir özelleştirme imkânı sunar.

Modern endomotorlar, tork kontrolü, dönüş hızı, hareket modları (rotary, reciprocation, adaptif hareket), entegre apex locator gibi özelliklerle donatılmıştır. Bu cihazlar, kanal tedavisinde hassasiyet, etkinlik ve zaman tasarrufu sağlarken yüksek maliyet ve teknik bilgi gerekliliği gibi dezavantajları bulunmaktadır. Sonuç olarak, endodontik endomotorlar günümüz klinik uygulamalarında vazgeçilmez araçlar olup, doğru seçimi ve etkin kullanımı klinik başarıda önemli bir rol oynamaktadır.

1 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Rize, Türkiye

## Giriş

Endodontik motorların ortaya çıkışı, endodontik tedavilerde manuel araçların sınırlamalarını gidermek ve işlem etkinliğini artırmak amacıyla 20. yüzyılın ikinci yarısına dayanmaktadır. İlk endomotorlar, döner eğelerle uyumlu çalışabilen temel motorlu sistemler olarak geliştirilmiştir. 1970'lerde, tork kontrolü ve hız ayarı gibi temel özelliklere sahip modellerin piyasaya sürülmesiyle endodontik tedavilerde önemli bir adım atılmıştır. Ancak bu cihazlar genellikle büyük, hantal ve yalnızca elektrik prizine bağlı olarak çalışabilen yapıda idi.

1990'lı yıllarda teknoloji ve mühendislik alanındaki ilerlemeler, endomotorların daha kompakt, ergonomik ve taşınabilir hale gelmesine olanak tanıdı. Bu dönemde endomotora tork sınırlayıcılar, farklı hız ayarları ve entegre apex bulucular gibi özellikler eklendi. Ayrıca, farklı hareket modları (rotasyonel ve resiprokasyon gibi) ile uyumlu hale getirilmeleri, cihazların klinik uygulama alanını genişletti.[1]

2000'li yıllarda kablosuz endomotorların geliştirilmesi, endodontik cihaz teknolojisinde bir dönüm noktası oldu. Şarj edilebilir bataryaların kullanımı, kablo karmaşasını ortadan kaldırarak hekimlerin çalışma konforunu artırdı. Günümüzde ise yapay zeka destekli endomotorlar, otomatik tork kontrolü, adaptif hareket modları ve Bluetooth ile veri aktarımı gibi ileri teknolojilerle donatılmıştır. Bu gelişmeler, cihazların sadece bir araç olmaktan çıkıp, tedavi süreçlerini optimize eden akıllı sistemlere dönüşmesini sağlamıştır.

## Endodontik Motorlar: Çeşitler ve Sistemler

Endomotorlar, kanal tedavisinde hassasiyet, etkinlik ve hız sağlayan vazgeçilmez araçlardan biridir. Günümüzde bu cihazların farklı sistem ve özelliklere sahip birçok çeşidi bulunmaktadır. Ancak klinisyenlerin bu cihazların detaylı özellikleri ve kullanım alanları hakkında yeterli bilgiye sahip olmaması, cihazlardan alınabilecek verimi düşürebilmektedir. Bu bölümde, endomotor çeşitleri, çalışma sistemleri ve öne çıkan modeller ele alınacaktır.[2]

## Endodontik Endomotorların Sınıflandırılması

Endomotorlar, kullanım özelliklerine göre iki temel kategoriye ayrılır: kablolu ve kablosuz modeller. Bu iki tür, sunduğu avantajlar ve sınırlamalarla birbirinden ayrılır. Klinik uygulamalarda doğru cihazı seçmek için her iki modelin de özelliklerini anlamak önemlidir.[3]

## 1. Kablolu Endomotorlar

Kablolu endomotorlar, endodontik tedavilerde uzun yıllardır tercih edilen cihazlar arasında yer alır. Sabit güç kaynağı ile çalışmaları, dayanıklılık ve süreklilik açısından avantaj sağlar .

- Fiziksel Yapı:
  - Anguldruva, bir kablo yardımıyla ana gövdeye bağlıdır.
  - Genellikle ayak pedalı ile kontrol edilir, bu da işlemler sırasında hassasiyet sağlar.
  - Kablo sistemi nedeniyle cihazın hareket alanı sınırlı olabilir, ancak sabit klinik ortamlarında bu genellikle bir dezavantaj oluşturmaz.
- Enerji Kaynağı ve Performans:
  - Doğrudan sabit bir elektrik kaynağından enerji alır, bu da uzun süreli işlemlerde güç kaybını önler ve cihazın sürekli yüksek performans göstermesini sağlar.
  - Elektrik bağlantısı, cihazın stabil tork ve hız sunmasını mümkün kılar. Bu özellik, özellikle karmaşık kanal yapılarında çalışırken önemlidir.
- Kullanım Avantajları:
  - Dayanıklı ve uzun ömürlü yapısı, kablolu endomotorları yüksek hasta yoğunluğuna sahip klinikler için uygun bir seçenek haline getirir.
  - Tork kaybı yaşanmaması ve sabit güç kaynağıyla çalışması, eğe kırılma riskini azaltır.
  - Ayak pedalı kontrolü, hassasiyet gerektiren işlemler için idealdir.
- Dezavantajları:
  - Hareket özgürlüğünü sınırlayan kablolar, kullanımı daha az ergonomik hale getirebilir.
  - Elektrik prizi olmayan alanlarda kullanılamaz, bu da mobil diş hekimliği uygulamalarını kısıtlar.
  - Kabloların zamanla aşınması veya zarar görmesi, bakım ve maliyet gereksinimlerini artırabilir.
- Öne Çıkan Kullanım Alanları:
  - Sabit kliniklerde yoğun hasta trafiği olan durumlar.

- o Uzun süreli işlemler veya karmaşık endodontik vakalar.

## 2. Kablosuz Endomotorlar

Kablosuz endomotorlar, taşınabilirlik ve ergonomik kullanım avantajlarıyla modern endodontik tedavilerde hızla popülerleşmektedir. Bu cihazlar, gelişmiş teknolojik özellikleriyle dikkat çeker.

- Fiziksel Yapı:
  - o Ana gövde ve anguldruva, tek bir kompakt yapıdadır. Kabloların olmaması, tedavi sırasında hareket özgürlüğü sunar.
  - o Hafif ve ergonomik tasarımları, uzun süreli kullanımlarda rahatlık sağlar.
- Enerji Kaynağı ve Performans:
  - o Şarj edilebilir lityum-iyon bataryalarla çalışır. Bataryalar genellikle uzun süreli kullanım sağlar, ancak yoğun klinik ortamlarda yedek bataryaların bulundurulması tavsiye edilir.
  - o Düşük batarya seviyesini bildiren LED göstergeler, işlemlerin kesintiye uğramasını önler.
  - o Sabit bir güç kaynağına bağlı olmamaları, mobil diş hekimliği uygulamaları ve farklı klinik alanlarda kullanım için idealdir.
- Teknolojik Özellikler:
  - o Birçok kablosuz model, entegre apex locator özelliği ile donatılmıştır. Bu, cihazın kanal uzunluğunu hassas bir şekilde ölçmesini sağlar ve zaman kazandırır.
  - o Bazı modellerde, cihazın otomatik olarak devreye girdiği veya durduğu sensör sistemleri bulunur.
- Kullanım Avantajları:
  - o Taşınabilirliği ve kullanım kolaylığı, kablosuz endomotorları mobil uygulamalarda öne çıkarır.
  - o Kablo karmaşasını ortadan kaldırarak kullanıcıya ergonomik bir deneyim sunar.
  - o Hafif tasarımları, uzun işlemlerde kullanıcı konforunu artırır.
- Dezavantajları:
  - o Batarya ömrü, işlemlerin süresine bağlı olarak sınırlayıcı olabilir. Bu nedenle yedek batarya bulundurulması gereklidir.

- Şarj süreleri, yoğun klinik ortamlarda zaman kaybına yol açabilir.
- Gelişmiş teknolojik özellikleri nedeniyle kablosuz modeller genellikle daha yüksek maliyetlidir.
- Öne Çıkan Kullanım Alanları:
  - Mobil diş hekimliği uygulamaları ve taşınabilirliğin önemli olduğu durumlar.
  - Kısa ve orta süreli işlemler.
  - Çok sayıda tedavi odasının bulunduğu kliniklerde farklı alanlarda kullanım.

### İşletim Sistemlerine Göre Endomotorlar

Endomotorlar, işletim sistemlerine göre açık ve kapalı sistemler olarak sınıflandırılabilir:

- Kapalı Sistemler:
  - Sadece belirli bir markaya ait eĝe sistemleriyle uyumlu olarak tasarlanmıştır.
  - Kullanıcının cihaz ayarlarını değiştirmesine izin verilmez.
  - Genellikle tek bir eĝe sistemine odaklanıldığından, eĝe uyumsuzluğu riski ortadan kaldırılır.
  - Kapalı sistemler, kullanıcıyı önceden belirlenmiş protokollere yönlendirerek hata oranını düşürür. Ancak bu durum, daha geniş bir eĝe yelpazesi kullanmak isteyen ileri düzey kullanıcılar için sınırlayıcı olabilir.
  - Örnek: Dentsply Sirona X-Smart Plus, VDW Silver Reciproc.
- Açık Sistemler:
  - Birçok marka ve model eĝe sistemi ile uyumludur.
  - Kullanıcılara rpm (dönüş hızı), tork ve hareket modlarını (CW, CCW, resiprokasyon gibi) özelleştirme imkânı tanır.
  - Özellikle klinisyenlerin farklı vakalarda çeşitli eĝe sistemlerini test etmesine olanak tanır.
  - Ancak bu esneklik, kullanıcıların cihaz ayarlarını manuel olarak değiştirmesi gerektiğinden deneyim gerektirir. Yanlış ayarlar, eĝe kırılmasına veya başarısız tedavilere neden olabilir.
  - Örnek: Woodpecker Motopex, Coltene CanalPro CL2.

Kapalı sistemlerin stabilite ve güvenliği ile açık sistemlerin esneklik ve çeşitliliği arasındaki farklar, klinisyenlerin tercihlerine ve deneyim seviyelerine göre seçim yapmalarını sağlar. Örneğin, yeni başlayanlar kapalı sistemleri daha güvenilir bulabilirken, deneyimli endodontistler açık sistemlerin sunduğu özelleştirme olanaklarından faydalanabilir.

### **Endomotor Parametreleri**

Endomotorlarda kullanılan bazı temel parametreler, cihazların etkin ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu parametreler şunlardır:

#### 1. Tork (Torque):

- Tork, cihazın döner eği çalıştırırken uyguladığı dönme kuvvetini ifade eder.
- Genellikle Newton-santimetre (Ncm) birimi ile ölçülür.
- Aşırı tork, eği kırılmasına neden olabilir; bu nedenle endomotorlar genellikle tork sınırlayıcı sistemlerle donatılmıştır.
- Modern cihazlarda tork, işlem sırasında otomatik olarak ayarlanabilir veya kullanıcı tarafından manuel olarak belirlenebilir.

#### 2. Dönüş Hızı (RPM):

- RPM, cihazın döner eğin dakikada yaptığı dönüş sayısını ifade eder.
- Kanal tedavilerinde genellikle 150-500 RPM aralığında çalışılır.
- Farklı eği sistemleri için ideal RPM değerleri değişebilir; bu nedenle cihazların uyumlu çalışabilmesi önemlidir.

#### 3. Endodontik Hareket Modları:

- Rotary (Döner): Eğin sürekli olarak saat yönünde dönmesini sağlar.
- Reciprocation (Geri-İleri Hareket): Eğin saat yönünde ve ters yönde dönüş hareketlerini birleştirir. Bu mod, özellikle eği kırılma riskini azaltır.
- Adaptive Motion (Uyarlanabilir Hareket): Cihaz, eğin kanalda karşılaştığı dirence bağlı olarak hareket modunu otomatik olarak değiştirir. Bu özellik, tedavilerin daha güvenli ve etkili bir şekilde yapılmasını sağlar.

#### 4. Apex Locator Entegrasyonu:

- Apex locator, eğenin kök ucuna ne kadar yakın olduğunu ölçerek kullanıcıya bilgi sağlar.
- Entegre apex locator özellikli endomotorlar, kanal tedavisinde zaman kazandırır ve hassasiyet sağlar.

Bu parametreler, cihazın tedavi sırasında optimal performans göstermesine yardımcı olurken, kullanıcı hatalarını ve komplikasyonları en aza indirmek için tasarlanmıştır.

### **Öne Çıkan Endomotor Modelleri**

Piyasada farklı özelliklere sahip birçok endomotor bulunmaktadır. Aşağıda bazı popüler modellerin özellikleri açıklanmaktadır:

#### 1. Woodpecker Motopex:

- Kablosuz ve açık sistemlidir.
- Entegre apex locator'a sahiptir.
- Döner hareket (CW, CCW), ATR ve reciprocation modlarını destekler.
- Otomatik çalışma fonksiyonuna sahiptir.
- Hafif ve ergonomik tasarımıyla kullanıcı dostudur.

**Ek Özellikler:** Renkli LED ekran, düşük batarya göstergesi, 360 derece dönebilen anguldruva, yüksek hassasiyetli motor teknolojisi.[4]

#### 2. Woodpecker EndoPace Endomotor:

- Kablosuz bir modeldir ve apex locator ile entegrasyon imkanı vardır.
- CW, CCW, pistonlu mod ve ATR modlarıyla çalışabilir.
- Ergonomik tasarımı ve hafif yapısıyla kullanıcıya konfor sağlar.

Farklı ege sistemleriyle uyumlu çalışabilme özelliği sayesinde esneklik sunar.[5]

#### 3. Woodpecker Endo Radar Pro:

- Kablosuz ve açık sistemlidir.
- Dahili apex locator sistemi vardır.
- Otomatik ters, otomatik yavaşlama ve otomatik durma ile entegre uzunluk ölçüm

CW, CCW ve ATR modlarını destekler.[6]



#### 4. VDW Gold Reciproc:

- Kablolu bir modeldir ve VDW Gold eğe sistemiyle optimize edilmiştir.
- Entegre apex locator bulunmaktadır.
- Özellikle resiprokasyon hareketi için tasarlanmış olup hem yeni başlayanlar hem de ileri düzey kullanıcılar için uygundur.

Farklı eğe sistemleriyle uyumlu çalışabilme özelliğine sahiptir.[7]

#### 5. Dentsply Sirona X-Smart Plus:

- Kablolu sisteme sahiptir.
- Dahili apex locator bulunmamaktadır.
- Resiprokasyon modunda sadece motoru ve ayarları optimize edilmiş DENTSPLY eğeleri ve x- smart plus motordaki resiprokasyon programları uyumludur.

CW ve reciproc modlarını destekler.[8]

#### 6. Coltene CanalPro CL2 Endomotor:

- Kablosuz bir cihazdır ve hem rotary hem de reciprok hareketleri desteklemektedir.
- Dahili apex locatoru bulunmamakla birlikte ek bağlantı kablosu ile apex ölçülebilmektedir.
- Açık sistem olarak çalışır ve çeşitli eğe sistemlerini destekler.

Hafifliği ve taşınabilirliği ile dikkat çeker.[9]

### **Endomotor Kullanımında Öne Çıkan Avantajlar**

Endodontik endomotorlar, kanal tedavisinin etkinliğini artıran birçok avantaj sunar:

- Hassasiyet: Endomotorların dönüş hızları ve torkları hassas bir şekilde ayarlanabilir. Bu özellik, eğe kırılma riskini azaltır ve hasta güvenliğini artırır.
- Zaman Tasarrufu: Özellikle otomatik fonksiyonlara sahip modeller, işlemlerin hızlı ve verimli bir şekilde tamamlanmasını sağlar.
- Konfor: Kablosuz modeller, taşınabilirlik ve kablo karmaşasından uzak bir kullanım sunar.

## Dezavantajlar ve Limitasyonlar

Her ne kadar endomotorlar birçok avantaj sunsa da bazı dezavantajları da bulunmaktadır:

- **Maliyet:** Gelişmiş özelliklere sahip endomotorlar yüksek maliyetli olabilir.
- **Bakım ve Kalibrasyon:** Cihazların düzenli bakımı ve kalibrasyonu önemlidir. Aksi takdirde, performans düşebilir.
- **Teknik Bilgi Gerekliliği:** Özellikle açık sistem endomotorların tam potansiyelini kullanabilmek için kullanıcıların teknik bilgiye sahip olması gereklidir.

## Sonuç

Endodontik motorlar, günümüz kanal tedavilerinde vazgeçilmez araçlar arasında yer almaktadır. Cihazların farklı tipleri ve özellikleri, hekimlerin ihtiyaçlarına göre seçim yapmasına olanak tanır. Klinik başarıyı artırmak ve hasta memnuniyetini sağlamak için, klinisyenlerin bu cihazların özelliklerini iyi anlaması ve kullanıma yönelik bilgi edinmesi büyük önem taşımaktadır.

## Kaynakça

1. louis h. berman, k.m.h., *coben's pathways of the pulp*. cleaning and shaping of the root canal system. 2021: elsevier. 912.
2. Gambarini, Gianluca. "Rationale for the use of low-torque endodontic motors in root canal instrumentation." *Dental traumatology: Review article* 16.3 (2000): 95-100.
3. Revathi, M., C. V. N. Rao, and L. Lakshminarayanan. "Revolutions in endodontic instruments-a review." *Endontology* 13.2 (2001): 43-50.
4. Available from: [https://dentalpiyasa.com/woodpecker-motopex-endo-motor?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=21692641616&utm\\_content=&utm\\_term=&gadid=&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiA4L67BhDUARIsADWr17GZX5JvsoimDaeTATG-ZSpUg53SO63MJ5O8SScCu-KvOQ1AvAY6rGCMaAm9MEALw\\_wcB](https://dentalpiyasa.com/woodpecker-motopex-endo-motor?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=21692641616&utm_content=&utm_term=&gadid=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA4L67BhDUARIsADWr17GZX5JvsoimDaeTATG-ZSpUg53SO63MJ5O8SScCu-KvOQ1AvAY6rGCMaAm9MEALw_wcB).
5. *endopace endomotor*. Available from: <https://dentalpiyasa.com/woodpecker-endopace-endomotor?algqid=b8e9799284cc133b6d9d87dfa6dca6c5>.
6. *endoradar pro*. Available from: <https://dentalpiyasa.com/woodpecker-endo-radar-pro-endo-motor?algqid=9969c496e2474d9be6b9b3b9cdd6584f>.
7. *vdw gold reciproc*. Available from: <https://dentalpiyasa.com/vdw-gold-reciproc-endo-motor?algqid=a9e705eb67ca6ddfa2dabf0d313b08b>.
8. *x smart plus*. Available from: [https://www.dentrealmarket.com/urun/x-smart-plus-reciproc-endomotor?srsItd=AfmBOopWju1A1fNpk-f0\\_4hOq7KO-9FqjGHxHE0o90t\\_RRWwaPWCxWjBr](https://www.dentrealmarket.com/urun/x-smart-plus-reciproc-endomotor?srsItd=AfmBOopWju1A1fNpk-f0_4hOq7KO-9FqjGHxHE0o90t_RRWwaPWCxWjBr).
9. *coltene canal pro cl2*. Available from: <https://www.dentalsepet.com/coltene-whaledent-canalpro-cl-2-endomotor-pmu30829>.

## Endodontide Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezinin Yeri

Merve Çoban Öksüzer<sup>1</sup>

### Özet

Lokal anestezi diş hekimliğinde hastaların ağrısız bir şekilde tedavi olmalarını sağlamak için yaygın olarak kullanılır. Hastaların lokal anesteziye karşı duydukları korku onların tedaviden kaçınmalarına sebep olabilir. Bu durum bireylerin ağız-diş sağlığının bozulmasına ve daha komplike tedavilere yol açabilir. Lokal anestezi yapılırken meydana gelen ağrı genellikle enjeksiyon esnasında oluşan basıncın kontrol edilememesinden kaynaklanır. Doku pH'ı ve ilgili dişin durumu da dental anestezi başarısını etkileyen etmenlerdir. Özellikle irreversible pulpitisli mandibular molar dişlerde anestezi sağlamak oldukça zordur. Bu hastalar bir de dental işlemlere karşı kaygılı ve korkulu oldukları zaman tedaviyi yönetmek oldukça zorlaşabilir. Bu gibi durumları yönetmek ve anestezi başarısını arttırmak için bazı anestezi tekniklerinden yardım alınabilir. Son yıllarda yaygınlaşan bilgisayar destekli lokal anestezi teknikleri ağrıyı ve kaygıyı azaltmaktadır. Bu amaçla piyasada birçok cihaz tanıtılmıştır. Bilgisayar destekli lokal anesteziye, anesteziik solüsyonun dokuya verilmiş hızı ve basıncı kontrol edilebilir böylece hasta için daha ağrısız ve konforlu bir süreç gerçekleşmiş olur.

### 1.Giriş

#### 1.1.Lokal Anesteziklerin Etki Mekanizması

Lokal anestezi, sinir sonlanmalarındaki iletimin baskı altına alınması ya da uyarının azalmasıyla vücudun ilgili bölümünde meydana gelen duyu kaybıdır <sup>1</sup>. Lokal anesteziklerin etki mekanizmasının farklı şekillerde olabileceği düşünülmektedir. Lokal anestezikler başta periferik sinirlerde olmak üzere tüm uyarılabilir dokularda depolarizasyon blokajıyla membran stabilizasyonu sağlar. En çok kabul edilen görüşe göre bu blokaj lokal

1 Uzman Diş Hekimi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, mervecoban456@gmail.com, 0000-0003-3437-0969

anesteziğin Na<sup>+</sup> kanallarının iç yüzeyindeki reseptörlere bağlanarak kanalların aktivasyonunu gerçekleştirmesi ve membran depolarizasyonuna bağlı olarak Na<sup>+</sup> iyonu geçişini önlemesiyle olur. Bu durumda istirahat membran potansiyeli veya eşik düzeyi değişmez ancak depolarizasyon hızı yavaşlar. Uyarı bir türlü eşik düzeyine ulaşmadığı için aksiyon potansiyeli oluşmaz. Bazı lokal anestezikler ise membran penetrasyonu ile membranın genişlemesine ve kanal bozulmasına yol açabilir. Yüzey gerilim teorisine göre ise lokal anesteziklerin aksonal membrana parsiyel penetrasyonları transmembran potansiyelini yükselterek depolarizasyonu inhibe eder <sup>2</sup>. Lokal anestezi ile vücudun yalnızca belli bölgelerinde duyu kaybı oluşturulurken hastanın bilinç düzeyi etkilenmez <sup>1</sup>.

## 1.2.Lokal Anestezi, Korku ve Ağrı

Lokal anestezikler diş hekimliğinde hastaların ağrı duymadan tedavi olmalarını sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılır <sup>3</sup>. Günümüzde birçok dental işlem lokal anestezi altında gerçekleştirilmektedir ve lokal anestezi hastalarda korku ve kaygı gibi duyguları tetikleyerek tedaviden kaçınmalarına sebep olabilir <sup>4,5</sup>. Ayrıca hastanın geçmişte yaşadığı lokal anestezi uygulanmasıyla ilişkili ağrılı ve hoş olmayan hisler, anesteziye karşı bilindik ve kalıcı olan bir korkuya, hatta dentofobinin gelişmesine yol açabilir <sup>6</sup>. Bu durum ağız-diş sağlığının bozulmasına ve daha ileri tedavilere yol açabilir <sup>7</sup>. Huh ve ark. yaptıkları çalışmada hastalarda korkuya neden olan başlıca faktörlerin ağrı korkusu, iğne korkusu ve anestezi sağlanamaması korkusu olduğunu bildirmişlerdir <sup>8</sup>. Suudi Arabistan'da diş problemi yaşayan kadın hastaların %65'i hayatı boyunca iğne fobisi yaşamıştır ve %34,6'sı iğne fobisi nedeniyle diş tedavisinden kaçınmıştır <sup>9</sup>. Kök kanal tedavisi için başvuran hastaların korku sebepleri de ağrı, iğne, uyuşmada zorluk ve anksiyetedir <sup>10</sup>.

Geleneksel şırınga anestezisinden kaynaklanan korkudan dolayı, birçok insan diş bakımı aramaktan vazgeçebilir veya sadece acil durumlarda diş hekimine başvurabilir. Ayrıca, diş hekimlerinin genellikle zorlandığı mandibular bloklar başarısızlıkla sonuçlanabilir, bu da yetersiz ağrı kontrolüne neden olur ve derin anestezi elde etmek için ikinci bir enjeksiyon ihtiyacı ortaya çıkarır. Sonuç olarak bu durum hoş olmayan hislerin birikmesine yol açar <sup>11-14</sup>.

Hastayı rahatlatmak ve ağrıyı hafifletmek için anestezik solüsyonun enjeksiyonu esnasında farklı yollar denenebilir. Anestezi çözeltisinin vücut sıcaklığına ısıtılması <sup>15</sup> veya enjeksiyon süresinin arttırılmasının <sup>16</sup> yanında topikal anestezikler hastaların enjeksiyondan önce rahatlamasına yardımcı olabilir <sup>17</sup>. Yavaş bir enjeksiyon rahatsızlığı azaltmanın en etkili yolu olsa

da, klinik ortamlarda bu durumun kontrolü ve sürdürülmesi zor olabilir <sup>18</sup>. Lokal anestezi esnasında oluşan ağrı genellikle enjeksiyon esnasında oluşan basıncın kontrol edilememesinden kaynaklanmaktadır <sup>19</sup>. İğne fobisi olan hastaların diş enjeksiyonlarıyla ilişkili korkusu basınç kontrollü anestezi kullanılarak yönetilebilir <sup>20</sup>.

### 1.3.Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezi

Son yıllarda yaygınlaşan bilgisayar kontrollü lokal anestezi (BKLA) uygulama sistemleri ağrıyı ve kaygıyı azaltmaktadır <sup>19</sup>. BKLA tekniğinde enjeksiyon hızı ayarlanabilmektedir <sup>21,22</sup>. Solüsyon önceden belirlenen hızda uzun sürede zerk edilir <sup>23</sup>. BKLA cihazı ile ağız içinde her bölgeye lokal anestezi uygulanabilir <sup>24</sup>. Anestezi solüsyonunun akış hızının ayarlanabilmesi, pediatrik hastalar tarafından kolay kabul edilmesi, hem hekim hem de hastanın stres seviyesini azaltması ve uygulama esnasında hekime iyi bir dokunsal duyarlılık sağlaması gibi özellikleri geleneksel anesteziye göre üstün yanlarıdır. Ancak kullanımı yetkinlik ve ekipman gerektirir, maliyeti yüksektir ve uygulama süresi uzundur <sup>23</sup>.

İlk piyasaya sürülen BKLA cihazı Wand™ (Milestone Scientific, Livingston, Nem Jersey, ABD)'dir <sup>25</sup>. Tek kullanımlık çok hafif bir el aleti bileşeni, ayakla çalışan bir pedal ve bilgisayar kontrol ünitesinden oluşur. Periodontal ligament ve damak gibi esnek bir dokuda bile rahat ve etkili bir enjeksiyona olanak sağlar. Solüsyonun sabit ve çok düşük hızda verilmesiyle doku basıncı ve enjeksiyon ağrısı en aza indirilir. Ancak uygulama sırasında solüsyon hastanın ağızına damlayabilir ve kötü bir tada neden olabilir, bu yüzden damlayan solüsyonun aspirasyonu gereklidir. Diğer bir dezavantajı ise pahalı olması ve uygulama süresinin uzun olmasıdır <sup>26</sup>. Aynı üretici daha sonra Wand Plus ve CompuDent'i tanıttı. Comfor Control Syringe (Densply, Midwest, Canada) Wand Plus'ın (Milestone Scientific) yerine 2001 yılında tanıtıldı <sup>27</sup>. Bu sistemde Wand (Milestone Scientific) sisteminden farklı olarak ayak pedali yoktur ve enjektör direkt olarak enjeksiyon yapar ve aspirasyon kontrol edilebilir <sup>28</sup>. Benzer ürünler arasında Anaject (Nippon Shika Yakuhin, Shimonoseki, Japonya) ve Ora Star (Showa Uyakuhin Kako, Tokyo, Japonya) bulunmaktadır <sup>27</sup>. Dentapen® (Septodont, Lancaster, PA) rahatlığı ve kullanım kolaylığı ile öne çıkmıştır. Kullanılması için özel bir eğitim gerektirmez, kablosuz ve motorlu bir şırınga sistemidir. Tüm markalardaki tüm anestetik iğnelerle ve kartuşlarla uyumludur. Şırınga ya da kalem şeklinde tutulmasına izin verebilen çeşitli enjeksiyon ayarlarına sahiptir <sup>29</sup>.

İntraosseöz enjeksiyonlar için de Stabident (Fairfax Dental Inc.), X-Tip (Dentsply International Inc.), IntraFlow (Pro-Dex Incorporated, Santa Ana, CA, USA), QuickSleeper (Dental Hi-Tec, Cholet, France) Quick Sleeper 2 (Dental Hi-Tec, Cholet, France), SleeperOne cihazları (Dental Hi-Tec, Cholet, Fransa) ve Anesto® (W&H Dentalwerk; Burmoos GmbH) gibi cihazlar tanıtılmıştır<sup>30-34</sup>. Stabident (Fairfax Dental) sistemi perforatörden ve enjeksiyon iğnesinden oluşur. İlk olarak perforasyon alanında topikal anestezi sağlanır, sonra perforatörle kemik perfore edilir ve bu bölgede solüsyon depolanır. Bu sisteminin avantajı maliyetinin düşük olması; dezavantajı açılan perforasyonun kaybedilme riskidir. Bu yüzden perforasyon alanını yapışık dişetinde rahatça görebileğimiz bir bölgede açmamız gerekmektedir. Alternative Stabident sistemi mevcut dezavantajın ortadan kaldırılması için geliştirilmiştir<sup>35-38</sup>. Açılan perforasyon alanının bulunamaması sorununa karşılık geliştirilen bir diğer sistem X-Tip (Dentsply) anestezi sistemidir<sup>38</sup>. Quicksleeper (Dental Hi-Tec) cihazının iğnesi kalem tutar şekilde tutulabilir ve enjeksiyon hızı ayak pedalı ile kontrol edilir. Cihaza 4 adet farklı enjeksiyon hızı programlanmıştır. Cihazın el ünitesinde uygulanan solüsyon miktarı ve solüsyona gösterilen direnç izlenebilir<sup>28</sup>. SleeperOne (Dental Hi-Tec) cihazı kalem şeklinde tutulabilen bir yapıya sahiptir, bu sayede hem uygulayıcının kolay kullanımı sağlanmıştır hem de hastaların cihaza karşı bakışı yumuşatılmıştır. Hafiftir ve uygulanan alan çok rahat bir şekilde gözle takip edilebilir<sup>39,40</sup>. IntraFlow (Pro-Dex Inc.), sistemi bir el aleti ve buna bağlı enjeksiyon sisteminden oluşmaktadır. Aynı anda hem perforasyon hem de anestezi sağlanmaktadır. Enjeksiyonun tek aşamada yapılması sayesinde görüşün zor olduğu alanlarda çalışmak kolaylaşır. Kortikal kemiğin çok kalın olduğu durumlarda lingualden uygulanabilir<sup>38</sup>. Yüksek maliyet ise dezavantajı olarak gösterilebilir<sup>36</sup>.

İntraosseöz enjeksiyon tekniği geleneksel yöntemler başarısız olduğunda kullanılacak en başarılı ek yöntemlerden biridir<sup>41</sup>. Anestezik solüsyon alveolar kemiğe enjekte edilir ve yumuşak doku uyusukluğu olmaz. Geleneksel sinir bloğu anestezisine göre daha az miktarda solüsyon gerekir<sup>1,42</sup>. Enjeksiyon hızı kontrol edilebilir ve daha az ağırlı bir yöntemdir. Bilgisayar kontrollü intraosseöz anestezi (BKİA) yöntemlerinin en önemli özelliği tek bir kanülün penetrasyonu ile hem bukkal hem palatal/lingual bölgede uyusukluk sağlanabiliyor olmasıdır<sup>24</sup>. Ayrıca yumuşak doku uyusmadığı için dudak, yanak ısırılması gibi komplikasyonların da önüne geçilmiş olunur<sup>43</sup>. BKİA ile infiltrasyon, intraligamentar ve intraseptal anestezi de yapılabilir<sup>44</sup>. Ancak uygulama süresinin uzun olması ve etki süresinin kısa olması gibi dezavantajlarının<sup>44</sup> yanı sıra işlem sonrası periodontal dokuda ağrı<sup>45</sup>, lingual

kemikte perforasyon <sup>46</sup> ve kanülün dokuda kalma olasılığı <sup>47</sup> gibi durumlar da yaşanabilmektedir <sup>48</sup>.

BKİA genellikle ek bir teknik olarak kullanılırken <sup>49,50</sup>, birincil anestezi tekniği olarak kullanıldığını gösteren başarılı çalışmalar da mevcuttur <sup>51-53</sup>. İrreversible pulpitisli mandibular molar dişlerde BKİA ile inferior alveolar sinir bloğu anestezisi karşılaştırıldığında bazı çalışmalar BKİA'yı daha başarılı bulurken <sup>51,53</sup>, bazı çalışmalar aralarında anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir <sup>31,52</sup>. Bununla birlikte tekniğin hangi bölgeye uygulanacağı da önemli olabilmektedir. Bir çalışmada mandibular dişlere yapılan BKİA sonrası anestezi süresi 45 dakikaya kadar uzanırken, kanin dişlerde bu sürenin 1 dakika gibi kısa bir zamanla sınırlı kaldığını göstermiştir <sup>48</sup>. BKİA teknikleri spongioz kemik yoğunluğundan etkilenir ve ağzın farklı bölgelerindeki kemik yoğunluğu farklılıkları nedeniyle bu anestezi tekniğindeki pulpa anestezisi başarı oranı tüm dişler veya hastalar için aynı değildir <sup>54</sup>.

Diş tedavilerinden önce lokal anesteziye bağlı ağrıyı ve kaygıyı yönetmek için yeni cihazlarının geliştirilmesi ve enjeksiyon prosedürlerindeki ayarlamalar, endişeli yetişkin hastalarda ve çocuklarda uygulayıcılara enjeksiyon esnasında daha az ağrı ile sonuçlanan daha basit bir tedavi yaklaşımı sunmaktadır <sup>55,56</sup>. Bir çalışmanın sonuçlarına göre BKLA kullanımıyla, hastalara lokal anestezi uygulanması ve bunu gördükleri esnadaki konfor seviyeleri iyileşmiştir ve zamanla tedaviye olan uyumları ve takdirleri artmıştır <sup>57</sup>. BKLA ile diş hekimi ve hasta memnuniyetini araştıran başka bir çalışmada hem hastaların hem de hekimlerin anestezi etkinliğinden memnun kaldığı gösterilmiştir. Hastalar enjeksiyonla ilgili konfor seviyesinden, diş hekimleri de anestezi dağıtım sisteminin ve anestezinin performansından memnun kalmışlardır. Ancak hekimler sistemi günlük uygulamada kullanmayı seçmemişlerdir <sup>57</sup>. Bunun sebebi vakit alıcı ve maliyetinin yüksek olması olabilir. Bir diğer çalışmada <sup>58</sup> diş hekimleri BKLA ve geleneksel anesteziyi hasta konforu ve anestezi derinliği açısından yaklaşık eşit olarak değerlendirmiştir. Hastalar ise BKLA ile geleneksel anesteziyi anksiyete düzeyi, anestezi derinliği, genel deneyim ve enjeksiyon konforu açısından benzer şekilde değerlendirmişlerdir ve hastaların BKLA cihazına bakış açıları iyidir

#### **1.4.Enflamatuar Dokuda Lokal Anestezi**

Doku pH'ı ve ilgili dişin durumu da dental anestezi başarısını etkileyen etmenlerdir <sup>59</sup>. Periapikal inflamasyon ve sonucunda oluşan ürünler ortam pH'ını düşürür. Zayıf baz karakterinde olan lokal anestezi maddenin bir kısmı asidik enflamatuar ortamda iyonize olur. Bu olayın sonucunda sinir membranından geçen molekül miktarı azalır ve anestezi maddenin



etkinliği azalmış olur. Sonuç olarak anestezik etki azalır veya engellenir. Lokal anestezik maddeler sinir hücresinin aksiyon potansiyeli oluşturacak eşik değerini yükseltirler. İnflamasyon ürünleri ise bu eşik değeri düşürürler. Normal koşullarda sinirde aksiyon potansiyeli oluşmasına neden olmayacak bir durum bile sinir hücresinin uyarılmasına neden olabilir. Ayrıca periapikal inflamasyon sonucu kan damarlarında oluşan vazodilastasyon nedeniyle anestezik madde daha az dokuda kalır, daha hızlı metabolize olur. Bu durumların önüne geçmek ve anestezik başarısını arttırmak için yapılacak birkaç yöntem vardır <sup>60</sup>. Bunlar anestezik solüsyonun inflamatuvar dokudan uzağa sağlıklı dokuya yapılması <sup>60</sup>, asidik ortamın etkisini azaltmak için tamponlanmış anestezik solüsyon kullanılması <sup>60</sup>, vazokonstrüktör içeren lokal anestezik kullanılması <sup>1</sup> ve intraosseöz enjeksiyon yapan sistemlerin kullanılmasıdır <sup>61</sup>.

Kök kanal tedavisi yaparken hem hasta konforunu sağlamak hem de operatör stresini azaltmak için etkili bir ağrı kontrolü gereklidir. Lokal anestezikler normal bir dokuda anestezik elde edilmesinde oldukça başarılı olsa da, yukarıda bahsedilen nedenlerden ötürü iltihaplı dokuda genellikle başarısızdır <sup>62</sup>. Asemptomatik mandibular birinci molar dişlerde geleneksel yöntem ile uygulanan rejyonel anestezide başarı %70 gibi bir düzeyde iken <sup>63</sup>, irreversible pulpitisli mandibular molar dişlerde başarı oranı %30'lara düşmektedir <sup>64</sup>. İrreversible pulpitisli mandibular molar dişlerde intraosseöz anestezinin kullanılmasıyla anestezik etkinliğinin arttığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır <sup>65-67</sup>. Nusstein ve ark. <sup>68</sup> yaptıkları çalışmada irreversible pulpitisli mandibular molar dişlere sahip hastalarda inferior alveolar sinir bloğu ile derin pulpa anestezisi sağlanamadığında BKLA ile ek intraligamenter enjeksiyon uygulamıştır ve hastaların %56'sında başarılı sonuç almıştır. Bhuyan ve ark. <sup>61</sup> yaptıkları çalışmada irreversible pulpitisli mandibular molar dişlerde inferior alveolar sinir bloğu derin pulpal anestezisini sağlamada başarısız olduğunda, X-tip sistemi ile başarılı sonuç varmıştır. X-tip ile ek intraosseöz enjeksiyon hastada rahatlatıcı, hızlı ve sağlam bir anestezik sağlamıştır. Sonuç olarak ciddi ağrılı iltihaplı dişlerin geleneksel anestezik yöntemleri ile yönetilmesinin genellikle zor olduğu ve lokal anestezik başarısızlığının yaygın bir olay olduğu açıktır <sup>61</sup>. Yapılan bir meta-analiz çalışmasında anestezik başarısını arttırmak için kullanılan çeşitli anestezik çözümler ve tekniklerdeki cesaret verici sonuçlara rağmen, özellikle irreversible pulpitisli mandibular molar dişler için kök kanal tedavisi esnasında ağrının öngörülebilir ve tamamen üstesinden gelinebilecek bir durum olmadığı belirtilmiştir <sup>69</sup>.

## 2.Sonuç

Kök kanal tedavisi gibi hem hastayı hem hekimi zorlayan süreçlerde etkili ağrı kontrolü çok önemlidir. Semptomatik irreversible pulpitis gibi şiddetli ağrı durumlarında geleneksel anestezi yöntemleri yeterli olmayabilir. Ayrıca kanal tedavisine karşı ağrı korkusu olan, iğne fobisi olan ve bu yüzden tedaviye başvurmayan veya tedaviyi erteleyen hastaların ağız-dış sağlıkları zamanla daha kötüye gider. Tüm bunların üstesinden gelebilmek ve hastanın rahat ve ağrısız bir tedavi süreci geçirebilmesi adına geleneksel anestezi yöntemlerinin yanında BKLA sistemlerinden faydalanılabilir. BKLA kullanımındaki zorluklar ve maliyetler, uygulamanın yaygınlaşmasını sınırlasa da, endodontik tedavilerde hasta konforunu artırmak ve tedaviye olan uyumu sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Gelecekte, bu tekniklerin daha etkin bir şekilde uygulanması, tedavi sürecinde hastaların korkularını azaltarak diş hekimliği pratiğini daha verimli hale getirebilir.

## Kaynakça

1. Malamed, S. F. (1997). *Handbook of Local Anesthesia* (4th ed.).
2. Scholz, A. (2002). Mechanisms of (local) anaesthetics on voltage-gated sodium and other ion channels. *British Journal of Anaesthesia*, 89(1), 52–61. <https://doi.org/10.1093/bja/acf163>
3. Ogle, O. E., & Mahjoubi, G. (2011). Advances in Local Anesthesia in Dentistry. *Dental Clinics of North America*, 55(3), 481–499. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.007>
4. Matthews, D. C., Rocchi, A., & Gafni, A. (2001). Factors affecting patients' and potential patients' choices among anaesthetics for periodontal recall visits. *Journal of Dentistry*, 29(3), 173–179. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(01\)00009-4](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(01)00009-4)
5. Smail-Faugeron, V., Muller-Bolla, M., Sixou, J.-L., & Courson, F. (2015). Split-mouth and parallel-arm trials to compare pain with intraosseous anaesthesia delivered by the computerised Quicksleeper system and conventional infiltration anaesthesia in paediatric oral healthcare: protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open*, 5(7), e007724. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-007724>
6. Vanhee, T., Mourali, S., Bottenberg, P., Jacquet, W., & Vanden Abbeele, A. (2020). Stimuli involved in dental anxiety: What are patients afraid of?: A descriptive study. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 30(3), 276–285. <https://doi.org/10.1111/ipd.12595>
7. Gomes, G. B., Stabile, C. L. P., & Ximenes, V. S. (2020). Avaliação e manejo da ansiedade e fobia odontológica: a psicologia na formação do cirurgião-dentista. *Revista Da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre*, 61(2), 80–94. <https://doi.org/10.22456/2177-0018.101020>
8. Huh, Y. K., Montagnese, T. A., Harding, J., Aminoshariae, A., & Mickel, A. (2015). Assessment of Patients' Awareness and Factors Influencing Patients' Demands for Sedation in Endodontics. *Journal of Endodontics*, 41(2), 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.10.009>
9. Zakirulla, M., Togoo, R., Alqahtani, A., Al-Ahmari, N., Alawwad, S., Alshahrani, M., Alqahtani, M., Alshahrani, N., Jathmi, A., Alsalhi, H. Y., Algafer, K., Alharthi, A. S., & Aldukayn, M. A. (2020). Nature and Prevalence of Needle Phobia Among Female Saudi Dental Patients. *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 8, 221–224. <https://consensus.app/papers/nature-and-prevalence-of-needle-phobia-among-female-saudi-zakirulla-togoo/704b3d005f745fac9075848e822b69eb/>
10. Huh, Y. K., Montagnese, T. A., Harding, J., Aminoshariae, A., & Mickel, A. (2015). Assessment of Patients' Awareness and Factors Influencing Patients' Demands for Sedation in Endodontics. *Journal of Endodontics*, 41(2), 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.10.009>

11. Zarei, M., Ghoddusi, J., Sharifi, E., Forghani, M., Afkhami, F., & Marouzi, P. (2012). Comparison of the anaesthetic efficacy of and heart rate changes after periodontal ligament or intraosseous X□Tip injection in mandibular molars: a randomized controlled clinical trial. *International Endodontic Journal*, 45(10), 921–926. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02050.x>
12. Özer, S., Yaltirik, M., Kirli, I., & Yargic, I. (2012). A comparative evaluation of pain and anxiety levels in 2 different anesthesia techniques: loco-regional anesthesia using conventional syringe versus intraosseous anesthesia using a computer-controlled system (Quicksleeper). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 114(5), S132–S139. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2011.09.021>
13. Beneito-Brotons, R., Penarrocha-Oltra, D., Ata-Ali, J., & Penarrocha, MA. (2012). Intraosseous anesthesia with solution injection controlled by a computerized system versus conventional oral anesthesia: a preliminary study. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e426–e429. <https://doi.org/10.4317/medoral.17543>
14. Sovatdy, S., Vorakulpipat, C., Kiattavorncharoen, S., Saengsiravin, C., & Wongsirichat, N. (2018). Inferior alveolar nerve block by intraosseous injection with Quicksleeper® at the retromolar area in mandibular third molar surgery. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 18(6), 339. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2018.18.6.339>
15. Libonati, A., Nardi, R., Gallusi, G., Angotti, V., Caruso, S., Coniglione, F., Marzo, G., Mattei, A., Tecco, S., & Paglia, L. (2018). Pain and anxiety associated with Computer-Controlled Local Anaesthesia: systematic review and meta-analysis of cross-over studies. *European Journal of Paediatric Dentistry*, 19(4), 324–332. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2018.19.04.14>
16. Ram, D., Hermida, L. B., & Peretz, B. (2002). A comparison of warmed and room-temperature anesthetic for local anesthesia in children. *Pediatric Dentistry*, 24(4), 333–336.
17. Fatani, B. A., Alhilar, A. I., Alkhamali, I. S., Alhizam, A. A., Alrumayyan, S. F., & Kalanta, R. (2023). Patient's Psychological Perception of Topical Anesthetic in Reducing Dental Needle Pain: A Descriptive Study. *Journal of Nature and Science of Medicine*, 6(3), 137–141. [https://doi.org/10.4103/jnsm.jnsm\\_154\\_22](https://doi.org/10.4103/jnsm.jnsm_154_22)
18. Saloum, F. S., Baumgartner, J. C., Marshall, G., & Tinkle, J. (2000). A clinical comparison of pain perception to the Wand and a traditional syringe. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 89(6), 691–695. <https://doi.org/10.1067/moc.2000.106333>

19. Tüloğlu Nuray, & Bayrak Şule. (2010). Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanılan Lokal Anestezi Teknikleri Ve Güncel Yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Dergisi*, 53–61.
20. Makade, C., Sheno, P., & Gunwal, M. (2014). Comparison of acceptance, preference and efficacy between pressure anesthesia and classical needle infiltration anesthesia for dental restorative procedures in adult patients. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(2), 169. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.128063>
21. Hochman, M., Chiarello, D., Hochman, C. B., Lopatkin, R., & Pergola, S. (1997). Computerized local anesthetic delivery vs. traditional syringe technique. Subjective pain response. *The New York State Dental Journal*, 63(7), 24–29.
22. Saloum, F. S., Baumgartner, J. C., Marshall, G., & Tinkle, J. (2000). A clinical comparison of pain perception to the Wand and a traditional syringe. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 89(6), 691–695. <https://doi.org/10.1067/moc.2000.106333>
23. Angelo, Z., & Polyvios, C. (2018). Alternative practices of achieving anesthesia for dental procedures: a review. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 18(2), 79. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2018.18.2.79>
24. Han, K., & Kim, J. (2018). Intraosseous anesthesia using a computer-controlled system during non-surgical periodontal therapy (root planing): Two case reports. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 18(1), 65. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2018.18.1.65>
25. ASHKENAZI, M., BLUMER, S., & ELI, I. (2010). Effect of computerized delivery intraligamental injection in primary molars on their corresponding permanent tooth buds. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 20(4), 270–275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2010.01049.x>
26. Kandiah, P., & Tahmassebi, J. F. (2012). Comparing the onset of maxillary infiltration local anaesthesia and pain experience using the conventional technique vs. the Wand in children. *British Dental Journal*, 213(9), E15–E15. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.988>
27. Saxena, P., Gupta, S., Newaskar, V., & Chandra, A. (2013). Advances in dental local anesthesia techniques and devices: An update. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.4103/0975-5950.117873>
28. Al-Obaida, M. I., Haider, M., Hashim, R., AlGheriri, W., Celur, S. L., Al-Saleh, S. A., & Al-Madi, E. M. (2019). Comparison of perceived pain and patients' satisfaction with traditional local anesthesia and single tooth anesthesia: A randomized clinical trial. *World Journal of Clinical Cases*, 7(19), 2986–2994. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v7.i19.2986>

29. Fernández-Castellano, E. R., Blanco-Antona, L. A., Vicente-Galindo, P., Amor-Esteban, V., & Flores-Fraile, J. (2021). Pain Experienced during Various Dental Procedures: Clinical Trial Comparing the Use of Traditional Syringes with the Controlled-Flow Delivery Dentapen® Technique. *Medicina*, 57(12), 1335. <https://doi.org/10.3390/medicina57121335>
30. Zarei, M., Ghoddusi, J., Sharifi, E., Forghani, M., Afkhami, F., & Marouzi, P. (2012). Comparison of the anaesthetic efficacy of and heart rate changes after periodontal ligament or intraosseous X-tip injection in mandibular molars: a randomized controlled clinical trial. *International Endodontic Journal*, 45(10), 921–926. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02050.x>
31. Remmers, T., Glickman, G., Spears, R., & He, J. (2008). The Efficacy of IntraFlow Intraosseous Injection as a Primary Anesthesia Technique. *Journal of Endodontics*, 34(3), 280–283. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.12.005>
32. NUSSTEIN, J., KENNEDY, S., READER, A., BECK, M., & WEAVER, J. (2003). Anesthetic Efficacy of the Supplemental X-tip Intraosseous Injection in Patients with Irreversible Pulpitis. *Journal of Endodontics*, 29(11), 724–728. <https://doi.org/10.1097/00004770-200311000-00010>
33. Nilius, M., Mueller, C., Nilius, M. H., Haim, D., Leonhardt, H., & Laurer, G. (2020). Intraosseous anesthesia in symptomatic irreversible pulpitis: Impact of bone thickness on perception and duration of pain. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 20(6), 367–375. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2020.20.6.367>
34. Bigby, J., Reader, A., Nusstein, J., Beck, M., & Weaver, J. (2006). Articaine for Supplemental Intraosseous Anesthesia in Patients With Irreversible Pulpitis. *Journal of Endodontics*, 32(11), 1044–1047. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.06.006>
35. Horalek, A. L., & Liewehr, F. R. (2007). *A new approach to intraosseous anesthesia : the Intraflow™ HTPAnesthesia System*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:32024043>
36. Clark, T. M., & Yagiela, J. A. (2010). Advanced Techniques and Armamentarium for Dental Local Anesthesia. *Dental Clinics of North America*, 54(4), 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.06.017>
37. <http://www.stabident.com/index.html>. (n.d.).
38. Yapıcı, C. A. (2020). *YENİ NESİL DENTAL ANESTEZİ TEKNİKLERİ*. İstanbul Üniversitesi.
39. Alamoudi, N. M., Baghlaf, K. K., Elashiry, E. A., Farsi, N. M., El Derwi, D. A., & Bayoumi, A. M. (2016). The effectiveness of computerized anesthesia in primary mandibular molar pulpotomy: A randomized controlled trial.

- rolled trial. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 47(3), 217–224. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a34977>
40. Feda, M., Amoudi, N. Al, Sharaf, A., Hanno, A., Farsi, N., Masoud, I., & Almushyt, A. (2010). A Comparative Study of Children's Pain Reactions and Perceptions to AMSA Injection using CCLAD versus Traditional Injections. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 34(3), 217–222. <https://doi.org/10.17796/jcpd.34.3.3201174255560520>
41. Bhuyan, A., Latha, S., Jain, S., & Katak, R. (2014). Anesthetic efficacy of the supplemental X-tip intraosseous injection using 4% articaine with 1:100,000 adrenaline in patients with irreversible pulpitis: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(6), 522. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.144578>
42. Wong, J. K. (2001). Adjuncts to local anesthesia: separating fact from fiction. *Journal (Canadian Dental Association)*, 67(7), 391–397.
43. Meechan, J. G. (2002). Supplementary routes to local anaesthesia. *International Endodontic Journal*, 35(11), 885–896. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00592.x>
44. Bencito-Brotos, R., Peñarrocha-Oltra, D., Ata-Ali, J., & Peñarrocha, M. (2012). Intraosseous anesthesia with solution injection controlled by a computerized system versus conventional oral anesthesia: a preliminary study. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 17(3), e426-9. <https://doi.org/10.4317/medoral.17543>
45. Baghlaf, K., Alamoudi, N., Elashiry, E., Farsi, N., El Derwi, D. A., & Abdullah, A. M. (2015). The pain-related behavior and pain perception associated with computerized anesthesia in pulpotomies of mandibular primary molars: A randomized controlled trial. *Quintessence International (Berlin, Germany : 1985)*, 46(9), 799–806. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a34553>
46. Graetz, C., Fawzy-El-Sayed, KM., Graetz, N., & Dorfer, CE. (2013). Root damage induced by intraosseous anesthesia-An in vitro investigation. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e130–e134. <https://doi.org/10.4317/medoral.18386>
47. Zijdeveld, S. A. (2018). Needle breakage during local anaesthesia. *Nederlands Tijdschrift Voor Tandheelkunde*, 125(11), 587–590. <https://doi.org/10.5177/ntvt.2018.11.18185>
48. Vongsavan, K., Samdrup, T., Kijamanmith, K., Rirattanapong, P., & Vongsavan, N. (2019). The effect of intraosseous local anesthesia of 4% articaine with 1:100,000 epinephrine on pulpal blood flow and pulpal anesthesia of mandibular molars and canines. *Clinical Oral Investigations*, 23(2), 673–680. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2481-3>

49. Sakkir, N., Naik, K., Jayaram, N., & Idris, M. (2014). Intraosseous injection as an adjunct to conventional local anesthetic techniques: A clinical study. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(5), 432. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.139828>
50. Bhuyan, A., Latha, S., Jain, S., & Kataki, R. (2014). Anesthetic efficacy of the supplemental X-tip intraosseous injection using 4% articaine with 1:100,000 adrenaline in patients with irreversible pulpitis: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(6), 522. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.144578>
51. Pereira, L. A. P., Groppo, F. C., Bergamaschi, C. de C., Meechan, J. G., Ramacciato, J. C., Motta, R. H. L., & Ranali, J. (2013). Articaine (4%) with epinephrine (1:100,000 or 1:200,000) in intraosseous injections in symptomatic irreversible pulpitis of mandibular molars: anesthetic efficacy and cardiovascular effects. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 116(2), e85–e91. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2011.10.045>
52. Razavian, H., Kazemi, S., Khazaei, S., & Jahromi, M. Z. (2013). X-tip intraosseous injection system as a primary anesthesia for irreversible pulpitis of posterior mandibular teeth: A randomized clinical trial. *Dental Research Journal*, 10(2), 210–213. <https://doi.org/10.4103/1735-3327.113346>
53. Farhad, A., Razavian, H., & Shafiee, M. (2018). Effect of intraosseous injection versus inferior alveolar nerve block as primary pulpal anaesthesia of mandibular posterior teeth with symptomatic irreversible pulpitis: a prospective randomized clinical trial. *Acta Odontologica Scandinavica*, 76(6), 442–447. <https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1428826>
54. Meechan, J. G. (2002). Supplementary routes to local anaesthesia. *International Endodontic Journal*, 35(11), 885–896. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00592.x>
55. Tirupathi, S. P., Nanda, N., Pallepogu, S., Malothu, S., Rathi, N., Chauhan, R. S., Priyanka, V., & Basireddy, R. (2022). The combined effect of extraoral vibratory stimulus and external cooling on pain perception during intra-oral local anesthesia administration in children: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 22(2), 87. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2022.22.2.87>
56. Reddy, R., Upadya, V. H., Sequeira, J. P., & Chandra, J. (2024). A Randomised Split-Mouth Clinical Trial to Assess the Efficacy of Oroquiver: An Affordable Vibrotactile Device for Dental Injections. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2024/64742.18950>
57. Grace, E. G., Barnes, D. M., Macek, M. D., & Tatum, N. (2000). Patient and dentist satisfaction with a computerized local anesthetic injection sys-



- tem. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 21(9), 746–748, 750, 752.
58. Grace, E. G., Barnes, D. M., Reid, B. C., Flores, M., & George, D. L. (2003). Computerized local dental anesthetic systems: patient and dentist satisfaction. *Journal of Dentistry*, 31(1), 9–12. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(02\)00130-6](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(02)00130-6)
  59. Dixit, U., & Joshi, A. (2018). Efficacy of intraosseous local anesthesia for restorative procedures in molar incisor hypomineralization-affected teeth in children. *Contemporary Clinical Dentistry*, 9(6), 272. [https://doi.org/10.4103/ccd.ccd\\_252\\_18](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_252_18)
  60. Kattan, S., Lee, S.-M., Hersh, E. V., & Karabucak, B. (2019). Do buffered local anesthetics provide more successful anesthesia than nonbuffered solutions in patients with pulpally involved teeth requiring dental therapy? *The Journal of the American Dental Association*, 150(3), 165–177. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2018.11.007>
  61. Bhuyan, A., Latha, S., Jain, S., & Katakı, R. (2014). Anesthetic efficacy of the supplemental X-tip intraosseous injection using 4% articaine with 1:100,000 adrenaline in patients with irreversible pulpitis: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(6), 522. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.144578>
  62. Mecchan, J. G. (2002). Supplementary routes to local anaesthesia. *International Endodontic Journal*, 35(11), 885–896. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00592.x>
  63. Childers, M., Reader, A., Nist, R., Beck, M., & Meyers, W. J. (1996). Anesthetic efficacy of the periodontal ligament injection after an inferior alveolar nerve block. *Journal of Endodontics*, 22(6), 317–320. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80267-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80267-6)
  64. Reisman, D., Reader, A., Nist, R., Beck, M., & Weaver, J. (1997). Anesthetic efficacy of the supplemental intraosseous injection of 3% mepivacaine in irreversible pulpitis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 84(6), 676–682. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(97\)90372-3](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(97)90372-3)
  65. Martínez Martínez, A., Lujan Pardo, M. D. P., & Harris Ricardo, J. (2016). Perception of discomfort during injection and the need for supplemental anesthesia in the intraosseous technique using 4% articaine. *Acta Odontologica Latinoamericana : AOL*, 29(3), 214–218.
  66. Nilius, M., Mueller, C., Nilius, M. H., Haim, D., Leonhardt, H., & Lauer, G. (2020). Intraosseous anesthesia in symptomatic irreversible pulpitis: Impact of bone thickness on perception and duration of pain. *Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine*, 20(6), 367. <https://doi.org/10.17245/jdapm.2020.20.6.367>

67. Collier, T. (2018). Intraosseous anaesthesia as a primary technique for mandibular posterior teeth with symptomatic irreversible pulpitis. *Acta Odontologica Scandinavica*, 76(7), 535–537. <https://doi.org/10.1080/00016357.2018.1489558>
68. NUSSTEIN, J., CLAFFEY, E., READER, A., BECK, M., & WEAVER, J. (2005). Anesthetic Effectiveness of the Supplemental Intraligamentary Injection, Administered with a Computer-Controlled Local Anesthetic Delivery System, in Patients with Irreversible Pulpitis. *Journal of Endodontics*, 31(5), 354–358. <https://doi.org/10.1097/01.DON.0000140565.88940.60>
69. Parirokh, M., & Abbott, P. V. (2022). Present status and future directions—Mechanisms and management of local anaesthetic failures. *International Endodontic Journal*, 55(S4), 951–994. <https://doi.org/10.1111/iej.13697>

# Endodontide Güncel Bilgiler

Doç. Dr. Fatma Pertek Hatipoğlu

 ÖZGÜR  
YAYINLARI

ISBN 978-625-5958-27-3  
  
9 786255 958273