



TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**EĞİMLİ KÖK KANALLARINDAN KANAL  
DOLGU MATERYALİNİN SÖKÜMÜNDE  
FARKLI İRRİGASYON YÖNTEMLERİNİN  
ETKİNLİKLERİNİN CBCT İLE İNCELENMESİ**

Şeyma Nur ÖGEL

UZMANLIK TEZİ

Doç. Dr. Davut ÇELİK

TRABZON-2021





TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**EĞİMLİ KÖK KANALLARINDAN KANAL  
DOLGU MATERYALİNİN SÖKÜMÜNDE  
FARKLI İRRİGASYON YÖNTEMLERİNİN  
ETKİNLİKLERİNİN CBCT İLE İNCELENMESİ**

Şeyma Nur ÖGEL

UZMANLIK TEZİ

Doç. Dr. Davut ÇELİK

TRABZON-2021

## BEYAN

Bu tez çalışmasının Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kılavuzu standartlarına uygun olarak hazırlanarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eserim olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kullanılan kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

2021  
Şeyma Nur Ögel  
(İmza)

## ***İthaf***

*Bu yüksek uzmanlık tezimi, benim bu günlere gelmem için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve her zaman yanımda olan sevgili aileme ithaf ediyorum.*



## TEŞEKKÜR

Başta tez danışmanım Doç. Dr. Davut Çelik olmak üzere uzmanlık eğitimim boyunca desteklerini ve deneyimlerini benimle paylaşan Prof. Dr. Tamer Taşdemir ve Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Koşar'a

Deney çalışmalarımı tamamlamamda gösterdikleri ilgi, özen ve yardımlar için Prof. Dr. Saadettin Kayıpmaz ve Dt. Baki Meşe'ye

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum ve güzel anılar biriktirdiğim çalışma arkadaşlarım Pınar Navruz, Ayşe Selin Sönmez, Feyzanur Bayraktar, Seren Beykoz, Merve Dilara Onat, Şeyba Doğan, Elif Balkan, Furkan Özekan, Emirhan Yılmaz, Yasin Özgenç, Ece Ezgi Erdinç, Sevil Zırhlı ve Murat Taşdemir'e

Mesafelere rağmen her zaman yanımda olduklarını bildiğim canım dostlarım Sümeyye Demirbozan, Altun Kübragül Oran, Hatice Biltekin, Elif Tuba Duran ve Hatice Çimen'e

Hayatım boyunca her başarımda emekleri olan, maddi manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, sevgi ve ilgileriyle bana destek olan canım annem Hikmet Mümine Ögel, babam Ahmet Bülent Ögel, kardeşlerim Abdullah Enes Ögel ve Ahmet Yılmaz Ögel'e

Tüm kalbimle teşekkür ederim...

Şeyma Nur Ögel

## İÇİNDEKİLER

|                                                               | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------|-------|
| İÇ KAPAK SAYFASI                                              |       |
| ONAY                                                          |       |
| BEYAN                                                         |       |
| İthaf                                                         |       |
| TEŞEKKÜR                                                      |       |
| İÇİNDEKİLER                                                   | vii   |
| TABLolar DİZİNİ                                               | xi    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ                                               | xii   |
| RESİMLER DİZİNİ                                               | xiii  |
| KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ                     | xiv   |
| ÖZET                                                          | xv    |
| ABSTRACT                                                      | xvii  |
| 1. GİRİŞ ve AMAÇ                                              | 1     |
| 2. GENEL BİLGİLER                                             | 3     |
| 2.1. Kök Kanal Tedavisinde Başarısızlığa Neden Olan Faktörler | 3     |
| 2.1.1. Yanlış Teşhis ve Tedavi                                | 3     |
| 2.1.2. Mikrobiyal Faktörler                                   | 3     |
| 2.1.3. Kanal Tedavisi Sırasında Meydana Gelen Hatalar         | 4     |
| 2.1.4. Koronal Sızıntı                                        | 5     |
| 2.1.5. Dişin Çatlaması veya Kırılması                         | 6     |
| 2.1.6. Skar dokusuyla iyileşme                                | 6     |
| 2.2. Kanal Tedavisi Yenileme                                  | 6     |
| 2.3. Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyonun Önemi                 | 8     |
| 2.4. Kök Kanal Yıkama Solüsyonları                            | 8     |
| 2.4.1. Sodyum Hipoklorit                                      | 9     |
| 2.4.2. EDTA                                                   | 10    |
| 2.4.3. Klorheksidin                                           | 12    |
| 2.5. Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyon Yöntemleri              | 13    |
| 2.5.1. El ile Yapılan İrrigasyon Yöntemleri                   | 14    |
| 2.5.1.1. İğne ile İrrigasyon                                  | 14    |

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.1.2. Manuel Dinamik İrrigasyon Yöntemi                                                               | 15        |
| 2.5.2. Cihaz Destekli İrrigasyon Yöntemleri                                                              | 16        |
| 2.5.2.1. Ultrasonik İrrigasyon                                                                           | 16        |
| 2.5.2.2. Sonik İrrigasyon Yöntemi                                                                        | 18        |
| 2.5.2.3. Lazerle İrrigasyon Yöntemi                                                                      | 20        |
| 2.5.2.4. Fotodinamik Terapi                                                                              | 24        |
| 2.5.2.5. Negatif Apikal Basıncılı İrrigasyon                                                             | 26        |
| 2.5.2.6. Self Adjustable File ile İrrigasyon Yöntemi                                                     | 28        |
| 2.5.2.7. XP-Endo Finisher ve XP-endo Finisher R ile İrrigasyon Yöntemi                                   | 29        |
| 2.5.2.8. GentleWave                                                                                      | 30        |
| 2.6. Retreatmentta İrrigasyon Yöntemlerinin Etkinliğini İncelemek İçin Kullanılan Görüntüleme Teknikleri | 31        |
| 2.6.1. Periapikal Radyografi                                                                             | 32        |
| 2.6.2. Stereomikroskop ile Görüntüleme                                                                   | 32        |
| 2.6.3. Operasyon Mikroskobu ile Görüntüleme                                                              | 33        |
| 2.6.4. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Görüntüleme                                                      | 33        |
| 2.6.5. Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu                                                                  | 34        |
| 2.6.6. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme                                                      | 34        |
| 2.6.7. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme                                               | 35        |
| <b>3. GEREÇ ve YÖNTEM</b>                                                                                | <b>37</b> |
| 3.1. Gereçler                                                                                            | 37        |
| 3.2. Yöntem                                                                                              | 37        |
| 3.2.1. Etik Kurul Onayı                                                                                  | 38        |
| 3.2.2. Örneklerin Belirlenme Kriterleri                                                                  | 38        |
| 3.2.3. Örneklerin Hazırlanması                                                                           | 38        |
| 3.2.4. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi                                                                | 39        |
| 3.2.5. Kök Kanal Dolgularının Yapılması                                                                  | 40        |
| 3.2.6. Kök Kanal Dolgularının Sökülmesi                                                                  | 41        |
| 3.2.7. CBCT Görüntülerinin Alınması ve Değerlendirilmesi                                                 | 47        |
| 3.2.8. İstatiksel Yöntem                                                                                 | 51        |
| <b>4. BULGULAR</b>                                                                                       | <b>52</b> |
| <b>5. TARTIŞMA</b>                                                                                       | <b>55</b> |
| <b>6. SONUÇ</b>                                                                                          | <b>60</b> |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| <b>6. KAYNAKLAR</b>           | <b>61</b>  |
| <b>EKLER</b>                  | <b>103</b> |
| EK 1. Etik Kurul Onay Belgesi | 103        |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>               | <b>104</b> |



## TABLÖLAR DİZİNİ

| Tablo No |                                                                                                          | Sayfa |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tablo 1. | Kök kanalındaki artık dolgu hacminin kanal hacmine oranı (%)                                             | XX    |
| Tablo 2. | Kök kanalındaki artık dolgu hacminin ortalama, standart sapma, ortanca ve minimum-maksimum değerleri (%) | XX    |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

| Şekil No |                                                                   | Sayfa |
|----------|-------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1. | 2 numaralı örnek için ImageJ programı ile hesaplanan değerler.    | XX    |
| Şekil 2. | 5 numaralı örnek için ImageJ programı ile hesaplanan değerler.    |       |
| Şekil 3. | Kök kanallarındaki artık dolgu miktarının dağılım yayılım grafiği |       |



## RESİMLER DİZİNİ

| Resim No  | Sayfa                                                                                                                                |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resim 1.  | Dişlerin mesiodistal yönden radyografisi                                                                                             | XX |
| Resim 2.  | ProTaper Next eğe sistemi                                                                                                            | XX |
| Resim 3.  | AH Plus kanal patı                                                                                                                   |    |
| Resim 4.  | X2 güta perka konu                                                                                                                   |    |
| Resim 5.  | Protaper Retreatment eğeleri                                                                                                         |    |
| Resim 6.  | Dişlerin apikalllerinin mum ile kaplanması                                                                                           |    |
| Resim 7.  | Yandan perfore irrigasyon iğnesi ve enjektör                                                                                         |    |
| Resim 8.  | İrriflex iğne                                                                                                                        |    |
| Resim 9.  | Varios U file ultrasonik uç                                                                                                          |    |
| Resim 10. | EDDY sonik aktivasyon ucu ve TA 200 cihazı                                                                                           |    |
| Resim 11. | Dişlerin mum ve alçıya gömülüp CBCT görüntülerinin alınması için hazır hale getirilmesi.                                             |    |
| Resim 12. | CBCT cihazı                                                                                                                          |    |
| Resim 13. | Alınan görüntülerde ImageJ programı kullanılarak a) artık kanal dolgu alanının ve b) kanal hacminin işaretlenmesi (2 numaralı örnek) |    |
| Resim 14. | Alınan görüntülerde ImageJ programı kullanılarak a) artık kanal dolgu alanının ve b) kanal hacminin işaretlenmesi (5 numaralı örnek) |    |

## KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

### Kısaltmalar

|              |                          |
|--------------|--------------------------|
| <b>Ni-Ti</b> | Nikel Titanyum           |
| <b>MTA</b>   | Mineral Trioksit Agregat |
| <b>mm</b>    | Milimetre                |
| <b>mL</b>    | Mililitre                |
| <b>sn</b>    | Saniye                   |
| <b>rpm</b>   | Devir/Dakika             |
| <b>vb.</b>   | Ve Benzeri               |
| <b>ark.</b>  | Arkadaşları              |
| <b>MB</b>    | Mesiobukkal              |
| <b>ML</b>    | Mesiolingual             |

### Simgeler

|    |                  |
|----|------------------|
| >  | Büyük            |
| <  | Küçük            |
| °C | Santigrat derece |
| %  | Yüzde            |

### Formüller

|              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| <b>NaOCl</b> | Sodyum Hipoklorit               |
| <b>EDTA</b>  | Etilen Diamin Tetra Asetik Asit |

## ÖZET

Eğimli kök kanallarından kanal dolgu materyalinin sökümünde farklı irrigasyon yöntemlerinin etkinliklerinin CBCT ile incelenmesi

Bu in vitro çalışmanın amacı; retreatment sırasında son irrigasyonda kullanılan; iğne ile irrigasyon, Irriflex ile irrigasyon, ultrasonik irrigasyon, Eddy ile irrigasyon yöntemlerinin etkinliklerini değerlendirmek için kanal duvarında kalan gütta perka ve pat miktarını karşılaştırmalı olarak incelemektir.

Bu çalışmada eğimleri Scheneider'in yöntemine göre 20<sup>0</sup>-40<sup>0</sup> olan 60 mandibular diş kanalı kullanıldı. Kök kanallarının şekillendirilmesi ProTaper Next X2 (25/06) ile tamamlandıktan sonra gütta-perka ve AH Plus kanal patı kullanılarak lateral kompaksiyon yöntemi ile kanal dolgusu yapıldı. Dişler 37 °C ve nemli ortamda 2 hafta bekletildikten sonra gütta-perka ve kanal patı ProTaper Universal Retreatment D1 (30/09), D2 (25.08), D3 (20.07) ve ProTaper Next X3 (30/07) ile uzaklaştırıldı. Dişler rastgele 4 deneysel (n = 15) gruba ayrıldı ve farklı son irrigasyon yöntemleri uygulandı: grup 1 iğne ile irrigasyon, grup 2 Irriflex ile irrigasyon, grup 3 ultrasonik irrigasyon, grup 4 Eddy ile irrigasyon. Dişler mum ve alçıya gömüldükten sonra CBCT görüntüleri alındı. Kanal hacimleri ve artık kanal dolgusu hacimleri ImageJ programı kullanılarak hesaplandı. Artık kanal dolgu hacmi, kanal hacmine oranlanarak artık kanal dolgu miktarı yüzde olarak hesaplandı. Elde edilen veriler One Sample Kolmogorov Smirnov istatistik testi kullanılarak değerlendirildi ve One-way ANOVA istatistik testleri kullanılarak karşılaştırıldı.

Kök kanalındaki artık kanal dolgu materyali miktarı bakımından karşılaştırıldığında iğne ile irrigasyon, Irriflex ile irrigasyon, ultrasonik ile irrigasyon ve Eddy ile irrigasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0.05).

İrrigasyon yöntemlerinin hiçbiri kök kanal dolgusunu tamamen uzaklaştıramamıştır ve yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Eğimli kanalların retreatmentında, Irriflex ile irrigasyon, ultrasonik ile irrigasyon ve Eddy ile irrigasyon yöntemlerinin etkinliğini karşılaştırmak üzere yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: İrrigasyon solüsyonu aktivasyonu, kök kanal tedavisinin yenilenmesi, artık dolgu materyali, CBCT

## ABSTRACT

Evaluation of the efficacy of different irrigation systems on root canal filling material removal from curved canals using CBCT

The aim of this in vitro study; used in the final irrigation during retreatment; to compare the amount of gutta-percha and root canal sealer remaining on the canal wall to evaluate the effectiveness of needle irrigation, Irriflex irrigation, ultrasonic irrigation, and Eddy irrigation methods.

In this study, 60 mandibular tooth canals is used with curvature of  $20^{\circ}$ - $40^{\circ}$  according to the Scheneider method were used. After the shaping of the root canals was completed with ProTaper Next X2 (25/06), the canal filling was performed with the lateral compaction method using gutta-percha and AH Plus canal sealer. After the teeth were incubated at  $37^{\circ}\text{C}$  and humid area for 2 weeks, gutta-percha and root canal sealer were removed with ProTaper Universal Retreatment D1 (30/09), D2 (25.08), D3 (20.07) and ProTaper Next X3 (30/07). The teeth were randomly divided into 4 experimental ( $n = 15$ ) groups and different final irrigation methods were applied: group 1 needle irrigation, group 2 Irriflex irrigation, group 3 ultrasonic irrigation, group 4 Eddy irrigation. CBCT images were taken after the teeth were embedded in wax and plaster. Canal volumes and residual canal filling volumes were calculated using the ImageJ program. The residual canal filling volume was calculated as a percentage of the residual canal filling volume by proportioning the canal volume. Obtained data were evaluated using One Sample Kolmogorov Smirnov statistical test and compared using One-way ANOVA statistical tests.

There was no statistically significant difference between needle irrigation, Irriflex irrigation, ultrasonic irrigation and Eddy irrigation groups in terms of residual canal filling material amount in the root canal ( $p>0.05$ ).

None of the irrigation methods could completely remove the root canal filling and no statistically significant difference was found between the methods. Studies are needed to compare the effectiveness of Irriflex irrigation, ultrasonic irrigation and Eddy irrigation methods in the retreatment of curved root canals.

Keywords: Irrigant activation, endodontic retreatment, residual filling material, CBCT



## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanalının yeniden tedavisinin öncelikli amacı, kanal içi enfeksiyonun ortadan kaldırılmasıyla perirapikal dokuda iyileşmeye elverişli koşulları oluşturmaktır. Bunun için kök kanalının dezenfekte edilmesi gerekir (1). Yeterli dezenfeksiyonun sağlanıp kanalın tekrar doldurulabilmesi için kanal patının ve güta perkanın kök kanalından tamamen çıkartılması gerekir (2). Ancak kök kanalının yeniden preparasyonunda kullanılan hiçbir teknik veya yöntemin kanal dolgu materyalini tamamen uzaklaştıramadığı bildirilmiştir (3–6). Bu sorunun çözülmesine dair araştırmalar devam etmektedir.

Önceki çalışmalarda, kök kanallarını temizlenmesini geliştirmek için yardımcı araçlar olarak sonik ve ultrasonik aletler, lazerler ve çeşitli endodontik iğne tipleri kullanılmıştır. Geleneksel irrigasyon yönteminde yandan açılan ucu künt iğneler kullanılmaktadır. Ancak preparasyonun ilk aşamalarında en ince irrigasyon iğneleri kullanılsa bile kök kanallarının iğne çapından daha dar olmaları nedeniyle dezenfektanlar kanalın apikal kısmına ulaşamayabilir (7). Kök kanal sisteminin anatomik karmaşıklıkları ve mevcut irrigasyon tekniklerindeki bu sınırlamalar endodontik tedavinin başarı oranını düşürmektedir (8). Bu sebeple endodontik dezenfeksiyonun etkinliğini yükseltebilmek için geleneksel irrigasyon yöntemlerine ilaveten çeşitli yardımcı yöntemler önerilmiştir (7).

Son zamanlarda irrigasyonun etkinliğini artırmak için Produits Dentaires SA tarafından geliştirilen IrriFlex, hafif konik 30-gauge çapında plastik bir iğnedir. Kapalı bir ucu ve iki yan deliği vardır. Böylece ekstrüzyon riski kontrol edilirken etkin bir yan akış sağlanır ve çözeltinin geri akışı kolaylaşır. Eğimli köklerin apikal alanlarına basit ve etkili erişim sağlayabilmesi için esnek olarak tasarlanmıştır (9). Kök kanal temizliğinin arttırılması amacıyla üretilen IrriFlex'in retreatmenttaki etkinliğiyle ilgili ulaşabildiğimiz kadarıyla literatürde henüz bir bilgi bulunmamaktadır.

Pasif ultrasonik irrigasyon, irrigasyon çözeltilerinin kimyasal ve mekanik etkilerini geliştirmek için kullanılır (10). Pasif ultrasonik irrigasyonda, bir ultrasonik cihaz aracılığıyla akustik enerji irrigasyon çözeltisine aktarılır, akustik dalgalanma ve kavitasyon oluşturularak irrigant aktivasyonu sağlanır (11). Böylece geleneksel irrigasyon ile kolayca ulaşılamayan karmaşık kanal sistemlerine ulaşılmasına yardımcı olur (12). Yapılan

Çalışmalarda pasif ultrasonik aktivasyonun, retreatment sonrası kanal duvarlarında kalan dolgu materyalini azalttığı ileri sürölmüştür ancak sonuçlar tutarsızdır (4, 13, 14).

EDDY (VDW, Münih, Almanya), 25/04 boyutunda, irrigasyon solüsyonunun ajitasyonunda kullanılan bir sonik aktivasyon cihazıdır (15). Ultrasonik uçlardan ve geleneksel irrigasyon iğnelerinden farklı olarak esnek poliamid bir materyalden üretilmiştir. Yakın zamanda yapılan bir in vitro retreatment çalışmasında EDDY ile yapılan sonik aktivasyonun kanal dolgu materyalinin çıkarılmasını anlamlı derecede arttırdığı gösterilmiştir (3).

Eğimli kanallarda kök kanal dolgusu sökümünde EDDY ve ultrasonik cihazların etkisinin değerlendirildiği sınırlı sayıda çalışma vardır. İrriflex ile ilgili bu konuda çalışma bulunmamıştır. Bu nedenle bu yeni yöntemin kök kanal retreatment tedavisindeki başarısını artırıp artırmadığının anlaşılması için karşılaştırmalı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu in vitro çalışmada; geleneksel iğneyle irrigasyon, EDDY sonik aktivasyon, İrriflex, pasif ultrasonik irrigasyon yöntemlerinin etkinlikleri kanalda kalan gütä perka ve kanal patı miktarına göre karşılaştırmalı olarak incelenecektir.

Bu in vitro çalışmanın amacı; kök kanal dolgusu sökümü sırasında kullanılan 4 farklı irrigasyon yönteminin etkinliklerini değerlendirmek için kök kanal dolgusunun sökölmesi sonrası kanal duvarında kalan gütä perka ve pat miktarını karşılaştırmalı olarak incelemektir. Güncel literatürde bu yöntemlerle ilgili sınırlı çalışma bulunmaktadır. Yenilenen kök kanal tedavisinin başarısı önceki dolgu materyallerinin tamamen çıkarılmasına ve kök kanalının dezenfeksiyonun sağlanmasıa bağlıdır. Önceki kanal dolgu materyalinin sökümünde bu irrigasyon yöntemlerinin bir katkısının olup olmadığının değerlendirilmesi önemlidir.

Çalışmamızda kullanılan irrigasyon yöntemlerinden herhangi bir faydalı sonuç alınabilirse bunun diğer diş hekimleriyle paylaşılması ile toplum sağlığına katkıda bulunmayı planlanmaktayız. Bu çalışmanın sıfır hipotezi incelenecek olan pasif ultrasonik, sonik ve İrriflex ile irrigasyon yöntemlerinin kanal duvarından kanal dolgu artıklarını uzaklaştırma yeteneklerinin birbirlerinden ve iğne ile irrigasyondan farklı olmadığı yönündedir.

## **2.GENEL BİLGİLER**

### **2.1.Kök Kanal Tedavisinde Başarısızlığa Neden Olan Faktörler**

Kök kanal tedavisinin esas amacı kök kanal enfeksiyonunu gidermek ve böylece dişi uzun süre fonksiyonda tutmaktır. Bu amaç doğrultusunda endodontik tedavi sırasında tüm pulpal dokuları, dentin debrislerini ve canlı mikroorganizmaları kök kanal sisteminden uzaklaştırmak önemlidir. Teşhis veya tedavi aşamalarında meydana gelen hatalar, bu unsurların kök kanalından uzaklaştırılması engel olarak, kök kanal tedavisinde başarısızlığa neden olabilir.

#### **2.1.1.Yanlış Teşhis ve Tedavi**

Yanlış teşhis genellikle bilgi eksikliğine bağlı, klinik veya radyografik durumu yanlış veya eksik yorumlama sonucu ortaya çıkar (16). Ağrının nedenini tespit edememek yanlış teşhise ve yanlış dişin tedavi edilmesine neden olabilir. Klinisyen tanıda bu tür hatalardan kaçınmak için, nonodontojenik etiyolojiyi ekarte etmeli, tüm uygun testleri yapmalı, hastanın bu testlere verdiği yanıtları uygun bir şekilde yorumlamalı ve tedavi seçeneklerine karar vermelidir (7, 17).

#### **2.1.2.Mikrobiyal Faktörler**

Kök kanal tedavisinin esas amacı kök kanal enfeksiyonunu gidermek ve böylece dişi uzun süre fonksiyonda tutmaktır. Bu amaç doğrultusunda endodontik tedavi sırasında tüm pulpal dokuları, dentin debrislerini ve canlı mikroorganizmaları kök kanal sisteminden uzaklaştırmak önemlidir. Bakteriler ve yan ürünleri, pulpal ve periradiküler enfeksiyonun etken faktörleri olduğundan, başarılı endodontik tedavi için bunların uzaklaştırılması hayati öneme sahiptir (18). Endodontik tedavi başarısız olduğunda; apikal periodontitis intraradiküler enfeksiyona karşı oluşan ilk yanıttır. Bazı durumlarda bakteriler periradiküler alana geçerek ekstraradiküler enfeksiyon oluşturabilir.

Genellikle başarısızlığın ana nedeninin kök kanal dolgulu dişlerin apikal kısmındaki mikroorganizmaların hayatta kalması olduğuna inanılmaktadır (19). Primer endodontik enfeksiyonlardan gram negatif anaerobik çubukların baskın olduğu polimikrobiyal flora sorumluyken; sekonder enfeksiyonlarda yer alan mikroorganizmalar bir veya birkaç bakteri türünden oluşur (20). Sekonder enfeksiyonda en sık görülen bakteri türleri Enterococcus

faecalis (E. Faecalis), Streptokok türleri, Pseudoramibacter alactolyticus, Propionibacterium propionicum, Filifactor alocis, Dialister türleri, Actinomyces türleri, Pseudomonas aeruginosa ve Enterik çomaklardır (21). Son zamanlarda yapılan bir çalışmada ise endodontik tedavinin başarısız olduğu dişlerde F. nukleatum (%73.3), T. forsythia (%53.3), P. gingivalis (%16.6), T. denticola (%13.3) ve P. endodontalis varlığı tespit edilmiştir.

Sekonder enfeksiyona sebep olan mikroorganizmalar mekanik ve kimyasal enstrümantasyondan kaçınmalarını sağlayan; biyofilm oluşturma kapasitesi, antimikrobiyal ajanlara direnç, alternatif metabolik yollar kullanarak farklı koşullara adapte olabılme gibi spesifik özelliklere sahip olmalıdır (22).

Başarısız kök kanal tedavilerinde baskın olan bakterilerden birinin E. faecalis olduğu bilinmektedir (23). E. faecalis kök kanal dentini üzerinde biyofilm oluşturdudan sonra dentinin mineral kısmının çözünmesine neden olur. E. faecalis'in biyofilm oluşturma yeteneği, endodontik tedavilerden sonra kanaldan uzaklaştırılmasını zorlaştıran bir faktördür (19).

### **2.1.3.Kanal Tedavisi Sırasında Meydana Gelen Hatalar**

Kanal tedavisi sırasında giriş kavitesi hazırlığı, şekillendirme, irrigasyon veya kanal dolgusu aşamalarında hatalar meydana gelebilir.

Kanal tedavisi sırasında giriş kavitesinin yetersiz hazırlanması bazı kanalların gözden kaçmasına, kanalların yetersiz şekillendirilip temizlenmesine, kanallarda alet kırıkları meydana gelmesine sebep olmaktadır (24, 25). Giriş kavitesinin olması gerekenden büyük hazırlanması ise mine ve dentin dokusunun kaybına bağlı dişin zayıflayıp dişte kırık meydana gelmesine ya da pulpa odasında perforasyonlara neden olabilmektedir.

Perforasyonların prognozunu; perforasyonun konumu, büyüklüğü, mikrobiyal kontaminasyonu ve perforasyona erken müdahale edilmesi faktörleri belirler (26). Kemik kretinin altında olan kökün koronal üçte birlik kısmındaki defektlerin prognozu zayıftır. Defekt kemik kreti seviyesinde veya daha koronalde ise perforasyon tamirinin prognozu iyidir (27).

Zip, basamak, elbow, transportasyon, ledge oluşumu şekillendirme aşamasında meydana gelen hatalardandır. Bu hatalar tek başına endodontik tedavinin başarısını

etkilemese (28) de kök kanal sisteminde dezenfeksiyon için erişilemez alanların oluşumuna sebep olduklarından istenmezler (7). Kanal transportasyonu tüm bu klinik problemlerin kökenini oluşturur. Transportasyon; şekillendirme sırasında, eğelerin orijinal doğrusal şekline geri dönme eğilimi nedeniyle kanalın apikal yarısında kanal duvarının dış eğiminin aşındırılması olarak tanımlanabilir (29).

Yetersiz giriş kavitesi, yetersiz irrigasyon, eğimli bir kanalın eğelerle aşırı derecede şekillendirilmesi ve kanalın apikalinde debris sıkışması sonucu basamak oluşumu görülebilir (27).

Kök kanalı temizleme ve şekillendirme işlemi sırasında tıkanabilir. Tıkanıklık; yoğun debris veya kollajen pulpa artıkları ile dolu bir kök kanal alanını ifade eder. Bununla birlikte kırık eğeler ya da önceden var olan kök kanal dolgu materyalinin artıkları kök kanalının tıkanmasına sebep olabilir. Kök kanalındaki tıkanıklık kök kanalının etkili bir şekilde temizlenmesine ve doldurulmasına engel olur (7).

Genellikle kök kanal tedavisinin başarısının kök dolgusunun teknik kalitesi ile pozitif korelasyonu olduğu kabul edilir. İyi doldurulmuş kök kanallarının bakteri girişine karşı 3 boyutlu bir sızdırmazlık sağlaması beklenir (30, 31). Tronstad ve ark. (32) 1001 endodontik tedavi görmüş diş üzerinde yaptıkları çalışmada kök kanal dolgusu kalitesinin endodontik tedavinin başarısında en önemli faktör olduğunu bildirmişlerdir. Yeterli kök kanal dolgusu - yetersiz koronal restorasyon ve yetersiz kök dolgusu - yeterli koronal restorasyon ile daha kötü klinik sonuçlar beklenebilse de, son zamanlarda yapılan meta analizde bu 2 kombinasyon arasında iyileşme olasılığında anlamlı bir fark bulunamamıştır (20).

#### **2.1.4.Koronal Sızıntı**

Noninvaziv kök kanal tedavisinin başarısı koronal sızıntı nedeniyle tehlikeye girebilir. Endodontik tedavi sırasında veya sonrasında uygun restorasyonun yapılmaması koronal sızıntıya neden olur (33). İdeal koronal dolgu kavite kenarlarına iyi adapte olabilmeli, gözenekli olmamalı ve sıcaklık değişimlerinde boyutsal olarak stabil olmalıdır. Kesitsel çalışmalar, yeterli koronal restorasyonlarla ilişkili yeterli kök kanal dolgusu olan dişlerde en iyi sonucun elde edildiğini gösterdiğinden, kök kanal tedavisini tamamlandıktan sonra mümkün olan en kısa sürede iyi adapte edilmiş bir daimi koronal restorasyon yapılması tavsiye edilir (34, 35).

Koronal sızıntının endodontik tedavi başarısızlığında önemli bir rol oynadığı varsayımının aksine, tedavi sonrası hastalığın çoğunlukla ilk tedaviden sonra kök kanal sisteminde devam eden bakterilerden kaynaklandığına dair kanıtlar da vardır (36).

#### **2.1.5.Dişin Çatlaması veya Kırılması**

Su kaybı dentinin mekanik özelliklerini belirgin şekilde etkiler. Dişteki su kaybı, kök kanal şekillendirmesinden bağımsız olarak dentinde çatlaklara neden olabilir. Kök dentininin kütlesi ve yeni oluşan çatlaklar arasındaki in vitro gözlemlenen korelasyon, su kaybının köklere önemli ölçüde zarar verebilecek streslere neden olduğunu gösterir (37).

Yamaguchi ve ark. (38) endodontik tedavinin başarısız olduğu 108 diş üzerinde yaptıkları çalışmada 13 dişin başarısız olmasının sebebinin kök kırığı olduğunu tespit etmişlerdir. Kök kırığı olan 7 dişin tedavisi çekim ile sonuçlanmıştır.

Çatlak ya da kırık hatları tespit etmek için dişler retreatment öncesi operasyon mikroskobu ya da büyütme sistemleri ile dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Çatlak veya kırık çizgisinin büyüklüğü ve yeri dişin prognozunu doğrudan değiştirebilir (7).

#### **2.1.6.Skar dokusuyla iyileşme**

Skar dokusu kronik periapikal lezyonun formlarından biridir. Bu doku olgun kemik yerine yoğun kollajen oluşumu ile karakterize, lifli bağ dokusu ile vücudun onarıcı yanıtının sonucudur (39). İnflamatuvar hücreler içermez (40). Bu lezyonların prevalansı %6.6 ile %12 arasında değişmektedir (39). İyileşmemiş periapikal radyolusensiler, fibröz doku ile lezyonun iyileşmesine bağlı olabilir ve bu endodontik başarısızlığın işareti olmayabilir (30).

Çalışkan ve ark., cerrahi olmayan endodontik tedavi başarısızlıkları ile ilişkili inatçı periapikal lezyonların histolojisini belirlemek için yaptıkları çalışmada 93 örneği incelemiştir. Kalıcı lezyonların %72'sini periradiküler granülom, %21,5'ini radiküler kistler, %4,3'ünü apseler ve %2,2'sini skar dokusu oluşturmaktadır (40).

#### **2.2.Kanal Tedavisi Yenileme**

Endodontik tedavinin başarısı, kök kanallarının temizlenip şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır. Bu aşamalardan herhangi birinde eksiklik veya yetersizlik söz konusu olduğunda tedavi

genellikle başarısız olur. Kök kanal tedavisi başarısız olduğunda dişin fonksiyonel oklüzyonda tutulabilmesi için kanal tedavisinin yenilenmesi (retreatment) ve başarısızlığa neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması gerekir. Retreatment; daha önce gözden kaçan kanalları bulma, dolgu materyallerini uzaklaştırma, basamakları baypas etme, transportasyonları yönetme, post ve kırık aletleri çıkarma işlemlerini içeren kapsamlı bir tedavidir (41).

Daha önce tedavi edilmiş bir dişte apikal periodontitis varsa genellikle cerrahi olmayan retreatment endikedir (42). Retreatment prosedürü çoğunlukla primer kök kanal tedavisi prosedürüne benzerdir. En büyük fark, retreatment sırasında kök kanal dolgusu materyalinin uzaklaştırılması işlemidir (8). Başarılı bir retreatment, nekrotik dokunun, güta perka ve kanal patı gibi mikroorganizma ile enfekte materyallerin etkili bir şekilde ortadan kaldırılmasını gerektirir (43). Bunlar özellikle kanalın apikalinden uzaklaştırılmazsa, etkilenmemiş bakteriler enflamatuvar süreci ve semptomları sürdürebilir (44). Kanal dolgusu söküldükten sonra kök kanalları gerekirse yeniden şekillendirilebilir ve üç boyutlu olarak temizlenip doldurulabilir.

Kök kanal sisteminin kapsamlı kemomekanik yeniden enstrümantasyonunu ve dezenfeksiyonunu sağlamak için yetersiz şekillendirilmiş ve/veya doldurulmuş kök kanal sisteminden maksimum miktarda kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılması gerekli görünmektedir (45, 46). Bununla birlikte, güta perka ve kanal patı gibi dolgu malzemelerinin, düzensiz kök kanal sistemi içinde hapsolmaları nedeniyle uzaklaştırılması zordur (8). Dolgu malzemesinin getirdiği direnç, özellikle eğimli kanallarda retreatmentı stresli ve zaman alan bir prosedür haline getirebilir (47).

Retreatment prosedürleri için çeşitli teknikler önerilmiştir. Bunlar; paslanmaz çelik el eğeleri, nikel titanyum döner eğeler, çözücüler, ısı, ultrasonik ve lazerlerdir. Döner nikel titanyum sistemleri, güvenlik, verimlilik ve hızları nedeniyle endodontik tedavide yaygın olarak kullanılmaktadır (48–50). Bununla birlikte döner aletler dolgu materyallerini yüksek başarı oranları ile uzaklaştırabilmektedir (51, 52). Kök kanallarının apikal üçte birlik kısmındaki güta perka ve kanal patı artıklarını etkin bir şekilde temizleyebilecek bir aletin seçimi, çoğu aletin genellikle kanal sistemi içindeki çeşitli eğimler tarafından kesintiye uğradığı düşünüldüğünde çok önemlidir (8). Çok sayıda çalışma, özellikle kök kanal sisteminin apikal kısmında ve eğimlerin varlığında önceki dolguların tamamen

ıkarılmasının neredeyse imkansız olduğunu göstermiştir (53–55). Bu nedenle, kanal dolgusunun uzaklaştırılması ve kanal temizliğini geliştirmek için ek yaklaşımlar önerilmiştir (56, 57). Mekanik temizlemeye ek olarak yapılan irrigasyon işleminin özellikle kanalın apikal üçte birlik kısmında bulunan bakterilerin, debrislere, nekrotik dokuların ve kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında tamamlayıcı bir etken olduğu bildirilmiştir (58).

### **2.3.Kök Kanal Tedavisinde Irrigasyonun nemi**

Kanal dolgusunun yapılmasına ve çalışma uzunluğu kaybına neden olacak olan dentin debrisini ve pulpa dokusu artıklarını temizlemek için irrigasyon gereklidir. Kök kanal irrigasyonu sadece şekillendirme ve temizleme sırasında oluşan artıkların ve dentin debrislere uzaklaştırılması için değil, aynı zamanda intraradikler mikrobiyal enfeksiyonun ortadan kaldırılmasında da kritik öneme sahiptir (59). Ek olarak şekillendirmeye yardımcı olarak şekillendirme verimliliğini tehlikeye atacak ve alet kırılma riskini artıracak eğelerin kesici yivlerinin debrisle dolmasını önler (60).

Irrigasyon verimliliği, yıkama solüsyonu dağılımının derinliğinden ve kanal içindeki akışkan dinamiğinden etkilenir (60). Irrigasyon sıklığı, irrigasyon iğnesinin penetrasyon derinliği, şekillendirilen kanalların çapı, kullanılan yıkama solüsyonunun hacmi, konsantrasyonu, sıcaklığı ve tazeliği irrigasyonun etkisini değiştirir (59).

### **2.4.Kök Kanal Yıkama Solüsyonları**

Mekanik şekillendirmeye, kanal içi bakteri popülasyonunu azaltmak için antimikrobiyal özelliklere sahip bir kök kanal yıkama solüsyonu eşlik etmelidir (61). Gl antimikrobiyal aktivite, endotoksini inaktive etme yeteneği, sistemik bir tehlike olmadan kalan pulpa dokularını çözme, mekanik hazırlık sırasında alet sürtünmesini azaltma ve bulunabilirlik ideal bir kök kanal yıkama solüsyonu için temel gereksinimler arasındadır (62, 63). Anafilaktik reaksiyona neden olma potansiyelinin az olması ve şekillendirme sırasında smear tabakasının oluşumunu önlemesi de bir yıkama solüsyonunda bulunması istenen özelliklerdendir (64).

Yıkama solüsyonları; artıkları temizleyerek, dokuyu çözerek ve kök kanal sistemini dezenfekte ederek mekanik debridmanı artırabilir. Kimyasal debridman özellikle şekillendirme ile ulaşılamayan fin ve kanal düzensizlikleri gibi karmaşık i anatomiye sahip

dişler için gereklidir (65). En yaygın kullanılan yıkama solüsyonları, sodyum hipoklorit, etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ve klorheksidindir (66, 67).

#### **2.4.1.Sodyum Hipoklorit**

Sodyum hipoklorit primer kök kanal tedavisinde ve retreatmentta en yaygın kullanılan yıkama solüsyonudur. Sodyum hipoklorit Coolidge tarafından 1919'da tanıtılmıştır ve 1936'da Walker tarafından ilk defa kök kanal yıkama solüsyonu olarak kullanılmıştır (68). Günümüzde %0,5-%6 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılır.

Suya sodyum hipoklorit eklendiğinde hipokloröz asit ( $\text{HOCl}^-$ ) ve sodyum hidroksit oluşur. Sulu çözeltide,  $\text{HOCl}^-$  kısmen anyon hipoklorite ( $\text{OCl}^-$ ) ayrışır (69). Her iki form da son derece reaktif oksitleyici ajanlardır. Bununla birlikte  $\text{HOCl}^-$  hipokloritten daha bakterisittir (70) ve çözeltideki  $\text{HOCl}^-$  ve  $\text{OCl}^-$  konsantrasyonlarının toplamı "mevcut klor" olarak adlandırılır. Klor bakteriyel enzimleri inhibe ederek ve esansiyel bakteriyel enzimlerin sülfidril gruplarının geri dönüşü olmayan oksidasyonuna yol açarak antimikrobiyal etki gösterir (71).  $\text{HOCl}^-$  ve  $\text{OCl}^-$  organik dokuya temas ettiğinde amino asit bozulmasına ve hidrolize yol açar (64). Sodyum hipoklorit, amino asitleri su ve tuza dönüştürerek nötralize eder. Hidroksil iyonlarının çıkması ile pH'da bir azalma olur. Sodyum hipoklorit bu mekanizmalar sayesinde antimikrobiyal aktiviteye ve organik maddeyi çözme yeteneğine sahiptir (62).

Sodyum hipoklorit, bakterilere karşı orta derecede etkilidir. Ancak kök kanal enfeksiyonundaki endotoksinlere karşı daha az etkili olduğu kanıtlanmıştır (72). Sodyum hipokloritin antibakteriyel etkisi, apikal şekillendirme boyutu arttıkça önemli ölçüde yükselmiştir (73). En etkili irrigasyon yönteminin %5,25'lik konsantrasyonda 40 dakikada olduğu bildirilmiştir (61). Paragliola ve ark. (74) yaptıkları çalışmada 45 °C'de %1'lik sodyum hipokloritin insan diş pulpalarını çözme kapasitesinin, 20 °C'de %5.25'lik solüsyonunkine eşit olduğunu bulmuştur. Sıcaklıkta 25 °C'lik bir artış sodyum hipoklorit etkinliğini 100 kat arttırmıştır (75).

Farklı sodyum hipoklorit konsantrasyonlarının klinik antibakteriyel etkilerini değerlendiren çalışmalar, irrigasyondan sonra %40-%60 arasında değişen bir negatif kültür insidansı göstermiştir (76–79). Bu da dezenfeksiyonu iyileştirmek için ek yaklaşımlara ihtiyaç olduğunu göstermektedir (80, 81). Sodyum hipokloritin hem antibakteriyel hem de

doku çözücü etkisini ulaşılması zor alanlarda göstermesi için ultrasonik, sonik veya manuel dinamik aktivasyon gibi yardımcı prosedürler önerilmiştir (82, 83).

Sodyum hipoklorit, EDTA ile beraber smear tabakasını kaldırmak için kullanılabilir (84). Smear tabakasının kaldırılması sırasında sonik ve manuel dinamik aktivasyonun sodyum hipoklorit ve EDTA'nın etkisini artırdığı görülmüştür (85).

Bulunabilirlik ve düşük maliyet dahil olmak üzere birçok istenen özelliği yerine getirmesine rağmen sodyum hipokloritin birkaç dezavantajı vardır (86). Yüksek konsantrasyonlarda yaşamsal dokular üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir ve periadiküler dokular için toksiktir (87). Ek olarak kök dentinindeki kollajeni çözmesi nedeniyle dentin dejenerasyonuna neden olur (88). Adeziv sistemler ve dentin duvarları arasında görülen bağlanma mukavemetinin azalması; kolajen fibrillerin dentin yüzeyinden sodyum hipoklorit tarafından uzaklaştırılması ve tutarlı bir hibrid tabakasının oluşumunun engellenmesinden kaynaklanabilir (89). Bu zararlı etkileri sebebiyle kullanımı ile ilgili bir endişe vardır (87).

#### **2.4.2.EDTA**

Kök kanal tedavisinin kemomekanik hazırlığında sodyum hipoklorit inorganik maddeleri çözemediğinden, smear tabakasını tamamen kaldırmak için şelatörlerin kullanılması gerekir. EDTA, kalsiyum iyonlarını bağlamak ve çözünür kompleksler oluşturmak için en yaygın kullanılan güçlü şelatördür (90). Amerikan Endodonti Derneği ve Avrupa Endodontoloji Derneği, klinisyenlerin son irrigasyonda %17'lik EDTA solüsyon kullanmasını önermektedir (91, 92).

EDTA şelatörleri, kalsiyum ile stabil bir kompleks oluşturur. Dentin içerisindeki kalsiyumu fiziksel olarak uzaklaştırarak dentini demineralize eder ve suda çözünür hale getirir (90) Demineralizasyon, tüm şelatörler kalsiyum ile kompleksler oluşturana kadar devam eder (93). Ortamdaki solüsyon miktarı ve pH'nın bu kendi kendini sınırlayan süreçte önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (90). Kök kanalında, nötr pH'daki EDTA solüsyonu alkali pH'dakinden daha etkilidir (94).

EDTA kalsifiye kanalları açmak ve enfekte smear tabakasını inorganik kısmının uzaklaştırılmak için kullanılır (95). Dentin tübüllerinin açığa çıkarılması ile EDTA'dan sonra kullanılan yıkama solüsyonu, kanal içi ilaç veya kanal patının etkisi artar (63). Ayrıca

bir çalışmada cerrahi olmayan reteratment sırasında, smear tabakasını kaldırmak için kullanılan EDTA ve sodyum hipoklorit solüsyonlarının bazı kök kanal patlarını çözerek kanal dolgusunun uzaklaştırılmasına yardımcı olduğunu göstermektedir (96).

EDTA solüsyonunun antimikrobiyal etkisinin sınırlı olduğu bilinmesine rağmen, şelatör ajanların biyofilmdeki hücre dışı matriks stabilitesi için gerekli olan kalsiyumu uzaklaştırarak, biyofilmleri ortadan kaldırmada rol oynadıkları tespit edilmiştir (97). Bununla birlikte kanalda negatif bakteri kültürünün ancak EDTA ile smear tabakası kaldırıldıktan sonra beklenebileceği sonucuna varılmıştır (98). Ek olarak EDTA ile irrigasyonun dentin matriksinde hapsolmuş büyüme faktörlerini açığa çıkararak hücre farklılaşmasını güçlendirebileceği öne sürülmektedir (99).

Bazı çalışmalar EDTA'nın sodyum hipoklorit ile kullanıldığında temizleme etkisinin artabileceğini bildirmektedir (66, 100) ancak sodyum hipokloritin EDTA'yı takiben son irrigasyonda kullanılması dentin erozyonuna neden olabilir (101, 102). 10 mL EDTA'ya 1 dakika maruz kalma, smear tabakasını kaldırmak için yeterliyken, 10 dakika maruz kalma aşırı peritübüler ve intratübüler erozyona neden olur (94). 2 veya 3 dakika %15'lik EDTA ile irrigasyonun ardından 2 veya 3 dakika %6'lık sodyum hipoklorit ile irrigasyon yapıldığında erozyonun tek başına EDTA ile irrigasyondan daha belirgin olduğu kanıtlanmıştır (101). Bununla birlikte Grawehr ve ark. (103)'nın yaptıkları çalışmada EDTA'nın sodyum hipoklorit varlığında kalsiyumu şelatlama kabiliyetini koruduğu, buna karşılık sodyum hipokloritin doku çözme kabiliyetinin azaldığı gösterilmiştir.

İrrigasyonun etkinliğini arttırmak için kullanılan prosedürlerden biri de ultrasonik uç kullanılarak EDTA'nın aktivasyonudur. Bu prosedür, sıcaklıkta bir artışa ve çözeltinin yüzey geriliminin azalmasına neden olarak, yüksek aktiviteli bir enerji salımına neden olur (104). Bu nedenle, bu mekanizma smear tabakasına etki ederek, bunun kaldırılmasını ve dentin tübüllerinin sızdırmazlığını artırır (105). Ultrasonik ile kombine edilmiş %17'lik EDTA'nın 1 dakikalık uygulaması kök kanalının apikal bölgesinde smear tabakası ve debrisin kaldırılması için etkilidir (104). Bununla birlikte Herrera ve ark. (106) ultrasonikler ile aktive edilen EDTA'nın, potansiyel olarak lipitlerdeki kalsiyuma bağlanması nedeniyle bakteriyel endotoksin lipopolisakkaritlerinde büyük bir azalmaya yol açtığını göstermişlerdir. Klinik bir çalışmada; ultrasonikler ile birlikte % 15'lik EDTA solüsyonu uygulanan 129 vakanın 93'ünde kök kanalında 1 hafta sonra bakteri bulunamamıştır (98).

### 2.4.3.Klorheksidin

Klorheksidin, iki simetrik 4-klorofenil halkası ve merkezi heksametilen zincirleri ile bağlanan iki biguanid grubundan oluşan bir sentetik katyonik bis-guaniddir (107). Geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivitesi (108) ve sodyum hipokloritten önemli ölçüde daha düşük toksisitesi (109) nedeniyle sodyum hipoklorite alternatif bir yıkama solüsyonudur. Klorheksidin jel veya solüsyon formunda kullanılabilir (110). Solüsyon formunda, mikroorganizmaları 30 saniye veya daha kısa sürede öldürür (75). Kanal tedavisi için en yaygın olarak kullanılan konsantrasyonu % 2'dir (111).

Klorheksidin antimikrobiyal aktivitesi pH'a bağlıdır ve optimal aralık 5.5-0.7'dir (112). Vücut yüzeylerinin ve dokularının pH'ı olan 5.5 ila 7.0 arasında pozitif yüklü CH bileşenini serbest bırakarak fizyolojik pH'ta kolayca ayrışır (75, 113).

Klorheksidin, operasyon sahasının dezenfeksiyonu dahil olmak üzere, kök kanal hazırlığının tüm aşamalarında antimikrobiyal ajan olarak klinik olarak uygulanabilir. Tek başına kanal içi bir ilaç olarak veya diğer maddelerle (ör:kalsiyum hidroksit) kombine olarak kullanılabilir (75). Bununla birlikte, endodontik bir yıkama solüsyonu olarak, klorheksidinin doku çözme kapasitesinin olmaması önemli bir dezavantajdır (114, 115).

Sodyum hipokloritin tersine, yüksek konsantrasyonlarda klorheksidin bakterisit etki gösterirken düşük konsantrasyonlar yalnızca bakteriyostatik bir etki sağlar (116). Pozitif yüklü klorheksidin, bakteri hücre duvarındaki negatif yüklü fosfat grubuna bağlanarak hücre duvarının geçirgenliğini artırır (117). Düşük konsantrasyonlarda, düşük moleküler ağırlıklı maddeler, özellikle potasyum ve fosfor dışarı sızarak bakteriyostatik etkiye neden olur. Daha yüksek konsantrasyonlarda, proteinlerin çapraz bağlanmasıyla bakteriyel hücrelerin sitoplazmasının çökmesi ve/veya pıhtılaşması nedeniyle hücre ölümüne sebep olur (118, 119).

Klorheksidin; gram-pozitif, gram-negatif, fakültatif ve zorunlu anaerob bakterilere, mayalara, bazı virüslere (solunum virüsleri, herpes, sitomegalovirüs, human immunodeficiency virus) ve mantarlara(özellikle Candida albicans) karşı etkilidir. Ancak oda sıcaklığında bakteriyel sporlara karşı inaktiftir (75). Klorheksidinin dentin tübüllerinden E. faecalis'in uzaklaştırılmasında biyofilmlerde, planktonik kültürlerle kıyasla daha az etkili olduğu bildirilmiştir (120, 121). %2'lik klorheksidin içeren irrigasyon protokolü, apikal

periodontitisli dişlerin retreatmentında hem pozitif kültürlü kök kanallarının sayısını hem de streptokok ve E. Faecalis'in toplam sayısını sodyum hipokloritle aralarında önemli bir fark olmaksızın etkili bir şekilde azaltmıştır (122, 123). Antimikrobiyal yeterlilik, dentin ile etkileşime girebilecek mevcut klorheksidin moleküllerinin sayısına, mikroorganizmaya, solüsyonun kullanım şekline, konsantrasyonuna ve formuna bağlıdır (86, 124).

İnsan dentini; kolajenaz (MMP-8), jelatinaz (MMP-2 ve MMP-9) ve mineyi yıkan MMP-20 içerir (125). Klorheksidin matriks metalloproteinazlar (MMP) için elzem olan çinko ve kalsiyum gibi metal iyonlarına rekabetçi bir şekilde bağlanabilen ve böylece bu endojen proteazların enzimatik aktivitesini inhibe eden geniş spektrumlu bir MMP inhibitörüdür (126). MMP inhibisyonu hibrid tabakaların korunmasında faydalıdır. Klorheksidin solüsyonu ile endodontik irrigasyon kollajen matrislerin otodegradasyonunu önleyerek (127) kök dentininde rezin-dentin bağı stabilitesini önemli ölçüde artırabilir (128, 129).

Klorheksidin molekülünün pozitif yükleri, dentin yüzeyindeki negatif yüklere bağlanır ve bu da uzun süreli etkileşime neden olur ve 48 (130) saatten 12 (131) haftaya kadar antimikrobiyal aktiviteye yol açar (116, 132) Kök kanal sisteminin karmaşıklığından dolayı %5,25'lik sodyum hipoklorit ile irrigasyonun bile tüm artıkları ve organik dokuları yok edemeyeceği bilindiğinden klorheksidin retansiyon alanlarından yavaşça salınması kök kanal tedavisinin başarısında önemlidir (113). Kalıcı eksüda, iltihaplanma, ağrı veya eğimli kanal bulunan vakalarda dezenfeksiyonu optimize etmek için ek bir adım olarak kullanıldığında önemli ölçüde daha yüksek başarı oranı elde edilmiştir (133).

## **2.5.Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyon Yöntemleri**

Kök kanalının irrigasyonu, hem debrisin ve kanal dolgu materyalinin mekanik olarak yıkanmasını hem de çözeltinin kimyasal etkisini sağlar (134). Bununla birlikte, iğne ile irrigasyon, kök kanalındaki debrisi ve kanal dolgu materyalini uzaklaştırmak için yeterli değildir (11, 134, 135). Bu nedenle yıkama solüsyonlarının sürekli hareketini destekleyerek etkinliğini iyileştirmek için birkaç irrigasyon aktivasyon yöntemi önerilmiştir (136–138). Yıkama solüsyonunun aktivasyonu, bir aletin kanala yerleştirilmesi yoluyla onu bir ileri geri, salınım veya döndürme hareketi ile kanal içinde hareket ettirme işlemidir (59).

Eğeler kök kanal sisteminin karmaşık yapısına tamamen ulaşamadığından ulaşılmayan bölgelerde kompleks biyofimler gelişip büyüyebilir (139). Ek olarak şekillendirme işlemi sırasında oluşan smear tabakası kanal dolgu maddesinin kanal duvarına adaptasyonunu engeller (140). Etkili bir irrigasyon yöntemi biyofilm ve smear tabakasını kaldırıp antimikrobiyal ajanların dentin dokusuna nüfuz etmelerini sağlayabilir (141, 142).

Kök kanalında irrigasyonun etkinliğini arttırmak için farklı irrigasyon yöntemleri ve cihazları geliştirilmiştir. Kullanılan bu yöntemler ve cihazlar el ile yapılan irrigasyon yöntemleri ve cihaz destekli irrigasyon yöntemleri şeklinde sınıflandırılabilir (143). İğneyle irrigasyon ve manuel dinamik aktivasyon el ile yapılan irrigasyon yöntemlerinden sayılırken; ultrasonik irrigasyon, sonik irrigasyon, lazerle irrigasyon, fotodinamik terapi, negatif apikal basınçlı irrigasyon, SAF ile irrigasyon, XP-Endo Finisher ile irrigasyon, ve Gentlewave ise cihaz destekli irrigasyon yöntemlerindendir.

## **2.5.1.El ile Yapılan İrrigasyon Yöntemleri**

### **2.5.1.1.İğne ile İrrigasyon**

Plastik enjektör ile farklı boyutta ve tasarımlardaki iğneler kullanılarak yapılan iğne ile irrigasyon standart bir prosedürdür (144). Bu prosedür genellikle, kök kanalının apikal üçte birinde pozitif basıncın oluşması nedeniyle pozitif basınçlı irrigasyon yöntemi olarak da tanımlanır (145).

Endodontistlerin yaklaşık %40'ının ve genel diş hekimlerinin yaklaşık %80'inin iğne ile irrigasyona ek herhangi bir aktivasyon yöntemi kullanmadığı bildirilmiştir (146). İğne ile irrigasyon; yıkama solüsyonu hacminin ve iğnenin penetresyon derinliğinin kolay kontrolüne olanak sağlaması gibi avantajlarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır (147). Dikkatli kullanıldığında, kök kanallarının temizlenmesinde etkili ve yeterli olabilir (147, 148). Apikal kanala erişim sağlamak için küçük boyutlu 27-gauge veya tercihen 30-gauge iğneler kullanılmalıdır (149). Ayrıca dezenfektanların etkili bir şekilde kanal uzunluğuna ulaşması için irrigasyon iğnesi ile koronoapikal hareketler veya endodontik aletlerle sallama hareketleri yapılarak uygulanması önerilir (74).

Bununla birlikte, iğne ile irrigasyon yönteminin bazı sınırlamaları vardır. İrrigasyon solüsyonunun çalışma uzunluğuna ulaşması çoğu zaman mümkün değildir (150). Çünkü

yıkama solüsyonunun dağılımının etkinliği kök kanalının konikliğine (151), apikal preparasyon boyutuna (152), iğnenin tasarımı, penetrasyon derinliğine ve yıkama solüsyonunun akış hızına bağlıdır (153, 154). Bu yöntemin, yıkama solüsyonunun kök kanalının apikal üçlüsüne ve yan kanal, isthmus (155, 156) gibi zor anatomik bölgelere ulaşmak için yetersiz olduğu bulunmuştur (157). Ek olarak, kök kanal sistemi içinde apikal vapor lock varlığı irrigasyon etkinliğini olumsuz etkileyebilir (158).

İğne ile irrigasyonda, irrigasyon iğnesinin iç çapı, iğnenin kök kanalındaki penetrasyon derinliği (159); şırınga pistonunun hareketi ve solüsyonun verilme hızı için gerekli olan basıncı belirler (160). Çok düşük bir basınç ile irrigasyon yapıldığında yıkama solüsyonu çalışma uzunluğunun tamamına ulaşamaz. Basınç artırıldığında ise apikal açıklık ve anatomik varyasyonla birlikte açık uçlu veya kapalı uçlu bir iğnenin sonunda oluşturulan güçlü pozitif basınç, sodyum hipokloritin intraosseöz kemik sinüzoidleri yoluyla yüz damarlarına çıkmasına neden olarak sodyum hipoklorit kazalarına neden olabilir (87).

Geleneksel metal iğnelerin sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacıyla farklı tasarımlarda iğneler üretilmiştir. Bunlardan biri Produits Dentaires SA tarafından geliştirilen IrriFlex®'tir. Geleneksel metal iğnelerden farklı olarak IrriFlex® polipropilenden üretilmiş hafif konik 30-gauge iğnedir. Esnek polipropilen gövde eğimli köklerin apikal alanlarına erişimi kolaylaştırır ve dentin duvarına zarar vermez (9). Kök kanal şekline uyması ve kök kanal duvarları boyunca kayma gerilimini artırması amacıyla .04 konik olarak tasarlanmıştır. Kapalı ucunun hemen altında arka arkaya düzenlenmiş iki yan deliğe sahiptir. Böylece ekstrüzyon riski kontrol edilirken güçlü yan akış sağlanır ve solüsyonun geri akışı kolaylaşır (9). İğne, tüm standart dental şırıngalarla uyumludur. Kullanımı sırasında ileri geri hareketler yapılarak yıkama solüsyonu aktivasyonu sağlanabilir.

IrriFlex® iğnesi, geleneksel iğne ve şırınga yöntemine göre umut verici bir cihaz gibi görünmektedir ancak kök kanal temizliğinin artırılması amacıyla üretilen IrriFlex®'in retreatmentteki etkinliğiyle ilgili literatürde henüz bir bilgi bulunmamaktadır

#### **2.5.1.2.Manuel Dinamik İrrigasyon Yöntemi**

Manuel dinamik aktivasyon (MDA), şekillendirme işleminden sonra kök kanalının duvarlarını temizlemek için güta perka konunun kullanımına dayanan kolay bir yöntemdir (161, 162). Kök kanalının şekillendirilmesi ve temizlenmesi için kullanılan ana apikal eğe

ile aynı boyuttaki ana konların dakikada 100 defa kısa darbelerle hafifçe yukarı ve aşağı hareket ettirilmesi ile uygulanır. Bu hareketler güta perka ile kanal duvarı arasındaki boşluklarda yanlara ve yukarıya doğru sıvı akışına neden olarak (163) hidrodinamik etki ve girdap akımları üretir böylece yıkama solüsyonu aktive edilir (164). Herhangi bir özel ekipman gerektirmediğinden uygun maliyetlidir (165).

MDA'nın geleneksel iğne ile irrigasyondan daha iyi kök kanal temizliği sağladığı kanıtlanmıştır (8, 69). MDA, Pasif ultrasonik irrigasyon (PUİ) ve sonik irrigasyonun, iğneyle irrigasyon ile karşılaştırıldığında kanalın tüm bölgelerinde sodyum hipokloritin tübüler penetrasyonunu önemli ölçüde iyileştirdiği gösterilmiştir. Ek olarak, sodyum hipoklorit konsantrasyonu veya temas süresi arttığında, bu tekniklerin performansı da artar (166). Varela ve ark. (161); yaptıkları çalışmada MDA'nın, pulpa dokusunu kaldırmak için yuvarlak kanallarda orta düzeyde olumlu bir etki gösterdiğini ancak oval kanallarda önemli miktarda etkili olmadığı tespit etmiştir. Aktivasyon öncesi ve sonrası debris seviyelerini karşılaştıran bir çalışmada ise MDA ana kanallarda, debris seviyesinde anlamlı bir düşüşe neden olmamıştır ancak debris seviyesindeki düşüş isthmus bölgesinde anlamlı bulunmuştur (167).

MDA, ultrasonik aktivasyonda olduğu gibi herhangi bir basamak veya yeni smear tabakası oluşumu riski olmadığından eğimli kanallarda kullanılabilir (85). Neelakantan ve ark. (164)'nın; 2016 yılında yaptıkları çalışmada MDA, PUİ ile karşılaştırıldığında apikal 1 ve 3 mm'de üstün temizleme etkinliği sağlamıştır ancak apikal 5 mm'de PUİ ile arasında anlamlı bir fark yoktur. MDA, Endoactivator ile karşılaştırıldığında ise smear tabakasını uzaklaştırmada Endoactivator kadar etkili değildir (162).

## **2.5.2.Cihaz Destekli İrrigasyon Yöntemleri**

### **2.5.2.1.Ultrasonik İrrigasyon**

Endodontide ultrasonik cihazların ilk kullanımı 1957 yılında Richman ile olmuştur (7) Ultrason ses enerjisidir ve 25-40 kHz'lik frekanslı bir titreşim veya akustik dalgadır. Ultrasonik dalga oluşturmanın 2 yöntemi vardır. Bu yöntemlerden birincisi; elektro manyetik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren manyetostriksiyondur. Manyetostrektirif ünitlerde daha çok eliptik hareket oluşumu gözlemlendiğinden, bu ünitler cerrahi olan ya da olmayan endodontik tedavilerde çok kullanışlı değildir (168). Ürettiği ultrasonik dalganın

frekansı 24 kHz'dir. Ultrasonik dalga üretimi için kullanılan ikinci yöntem ise piezoelektrik prensibe dayanır. Bu yöntemde elektrik şarjı uygulandığında boyut değiştiren kuartz gibi kristalize yapılar kullanılır. Kristal deforme olduğunda; ısı üretmeden mekanik salınım girer ve bu salınım çalışma ucuna aktarılır.

Piezoelektrik ünitelerin ürettiği dalganın saniyedeki dönme hızı 40 kHz olduğundan manyetostriktif ünitelere göre avantajı bulunmaktadır. Piezoelektrik ünitelerin çalışma uçları ileri-geri itme kuvveti oluşturarak çalıştığından bu üniteler endodontik alanda kullanım için idealdir (169).

Ultrasonik aletler güncel endodontide önemli bir araç haline gelmiştir. Kavite hazırlığında, pulpa taşlarının kaldırılmasında, kanal ağzlarının açığa çıkarılmasında, kalsifiye kanalların açılmasında, kırık alet çıkarılmasında, MTA yerleştirilmesinde, gütta perka kondensasyonunda, smear tabakası ve kök dolgu materyallerin uzaklaştırılması için irrigasyon aktivasyonunda ve cerrahi işlemler sırasında retrograd kavite hazırlanmasında kullanılır (135).

Literatürde iki tip ultrasonik irrigasyon tanımlanmıştır: biri ultrasonik enstrümantasyonla aynı anda uygulanan aktif irrigasyon diğeri enstrümantasyon yapılmadan uygulanan pasif ultrasonik irrigasyondur (170, 171). Aktif ultrasonik irrigasyon kök kanal duvarlarının kontrolsüz preperasyonunu neden olabilir (172, 173). Zip veya basamak oluşumu gibi kanalın doğal yapısını bozan sorunlara yol açabildiğinden klinik uygulamadan çıkarılmıştır (174). Pasif ultrasonik irrigasyon (PUİ); kök kanalının ortasına yerleştirilerek, akustik akışı ve/veya kavitasyonu (sıvı kabarcıkların büyümesi ve ardından daralması) indükleyen salınımlı bir alet kullanılarak yapılan irrigasyon aktivasyondur (175). Bu dezenfeksiyon yöntemi smear tabakası ve debrisin kaldırılmasını artırarak kök kanal boşluğunun ulaşılması zor anatomik bölgelerinin temizlenmesini arttırmak için kullanılmıştır (11, 134, 176).

PUİ'nin bazı dezavantajları da vardır. Ultrasonik ucun kök kanal duvarları ile teması, salınan aletin enerjisini azaltır ve hareketini kısıtlar (177). Bu, eğimli kök kanallarında önemli bir sınırlamadır çünkü ultrasonik uç durur ve serbestçe salınamaz (178). Bununla birlikte kesmeyen bir ucu olmasına rağmen uçlar çelikten yapılmıştır ve çelik dentinden daha sert olduğundan kök kanalını deforme edebilir. Bu sebeple sadece son irrigasyonda kullanılması önerilir (179).

Ultrasonikler, yıkama solüsyonları ile birlikte kullanıldığında, kavitasyon ve akustik akışın fiziksel mekanizmaları yoluyla antimikrobiyal etkisini ortaya koymaktadır (12). Ultrasonik aktivasyon bakteriyel biyofilmin ayrışmasına neden olabilir, böylece bakterileri antimikrobiyal yıkama solüsyonlarına daha duyarlı olan planktonik formda yeniden süspanse eder (180). Ayrıca oluşturulan kavitasyon, hücre zarının geçici olarak zayıflamasını ve böylece antimikrobiyal yıkama solüsyonlarına karşı bakteriyel hücre geçirgenliğinin artırılmasını sağlayacaktır (181, 182). Harrison ark. (183) yaptıkları çalışmada PUI'nin tek seansta düz köklü dişlerde dentin tübüllerinin içine penetre olan *E. faecalis*'e, bir hafta bekletilen kalsiyum hidroksit medikamentine eşdeğer bir dezenfeksiyon etkisi sağladığını belirtmiştir.

PUİ, sadece dezenfeksiyonu geliştirmek için değil, aynı zamanda retreatment sırasında kanal dolgusunun uzaklaştırılma oranını arttırmak için de kullanılabilir (50). Bazı araştırmacılar PUİ'nin eğimli kanallarda dolgu malzemesinin uzaklaştırılmasını arttırmadığını bildirmesine (184) rağmen eğimli kanallarda PUİ kullanımının dolgu materyali artıklarının uzaklaştırılmasını artırdığını bildiren çalışmalar da vardır (185). Silveira ve ark. (13), PUİ'nin yuvarlak şekilli eğimli kanallarda dolgu maddesinin kaldırılmasını önemli ölçüde artırdığını ve kök kanal temizliğini geliştirdiğini göstermiştir.

#### **2.5.2.2.Sonik İrrigasyon Yöntemi**

Sonik sistemlerin, akustik akış mekanizması (186, 187) yoluyla biyofilmlerin kanal duvarlarından kaldırılması (188, 189) için yardımcı bir yöntem olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yüksek genlikli akustik salınımların absorpsiyonuyla sıvının mikro akışını sağlar. Akustik akış, kök kanal bölgesindeki smear tabakası ve biyofilm kaldırılması için önerilen mekanizmalardan biridir (190). Akustik akışın tamamlayıcı mekanizması olan kavitasyon ise sadece ultrasonik aktivasyon cihazları ile oluşabilir (191, 192). Sonik cihazlarla üretilen salınımların şiddetleri ve genlikleri kabarcık patlamasına neden olmayacak kadar küçük olduğundan bu cihazlarla kavitasyon oluşturulması mümkün değildir (193). Ultrasonik sistemlerden daha düşük frekans hızı (1-6 Khz) olan sonik sistemlerin daha az makaslama stresi oluşturduğu da bilinmektedir (190).

Çağdaş sonik irrigasyon cihazları tarafından salınımlı mikrosteraming üretilmesi dikenli metal uçlar (Rispisonic ve Shapersonicfiles, Micro-Mega, Besancon, Cedex, Fransa) (194) kullanılarak elde edilebilir. Geleneksel yandan perfore iğne uçları (örn. Vibringe

[CavexHolland BV, Haarlem, Hollanda] ) (195) veya tek kullanımlık polimer uçlar (örn. EndoActivator [Dentsply Sirona, York, PA, ABD] ) (196) kullanılarak da yıkama solüsyonunun sonik aktivasyonu sağlanabilir.

Bryce ve ark. (197); ex vivo modelde boyanmış kolajende, farklı polimer uçlar ve güç ayarları kullanarak sonik irrigasyon cihazı olan EndoActivator'un etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. 40/08 boyutunda şekillendirilmiş kanallarda EndoActivator kullanılarak yapılan yıkama solüsyonu aktivasyonu, iğneyle irrigasyona göre, ex vivo kök kanal duvarlarından boyanmış kolajeni uzaklaştırmada önemli ölçüde daha etkili olmuştur. EndoActivator sistemi kullanılarak yapılan sonik irrigasyon, yüksek güç ayarında kullanıldığında önemli ölçüde daha etkili olmuştur.

Son zamanlarda, yıkama solüsyonunun sonik aktivasyonu için yeni bir sonik uç olan EDDY (VDW, Münih, Almanya) piyasaya sürülmüştür. Bu uç, diğer sonik cihazlardan daha yüksek frekansta (6000 Hz) çalışır (198). Üretici firma, üretilen yüksek frekanslı titreşimin, malzemenin orijinal nitelikleri sayesinde yüksek genlikte bir salınım yapan poliamid uca aktarıldığını iddia eder. Bu üç boyutlu hareket yalnızca PUİ tarafından tetiklendiği bilinen kavitasyon ve akustik akış üretir (199).

EDDY 28 mm boyda, 25/04 boyutunda, esnek ve dentinden daha yumuşak poliamid uçlara sahiptir. Esnek poliamid uç; sonik aktivasyon sırasında dentinin kesilmesini ve kök kanal morfolojisinin değiştirilmesini önler (200). Ek olarak poliamid ucun çalışma sırasında kırılma riski azdır.

Enfekte dişlerde; %5.25 sodyum hipoklorit kullanılarak yapılan sonik (EDDY), ultrasonik ve lazerle aktive edilen irrigasyonu E. faecalis üzerindeki antibakteriyel etkisini değerlendiren çalışmada tüm aktivasyon teknikleri, enfekte diş modelinden E. faecalis miktarının azaltılmasında etkili bulunmuştur (201).

Eggmann ve ark. (202) EDDY'nin üç güç modunun enfekte olmuş kök kanallarındaki antimikrobiyal etkinliği üzerindeki etkisini değerlendirdikleri kısa süreli enfeksiyon deneyinde; iki yüksek güç modu, canlı mikroorganizmaların azalmasını en düşük güç modundan daha fazla sağlamıştır. Uzun süreli enfeksiyon deneyinde ise bakterilerin yeniden çoğalması en yüksek güç ayarında kullanılan sonik irrigasyon cihazı ile yıkanan kök kanallarında tamamen baskılanmıştır.

2019 yılında yapılan bir çalışmada, kök kanal modellerinde isthmustan biyofilmi taklit eden hidrojelin giderilmesinde EDDY ve lazerle aktive edilen irrigasyon grupları benzer sonuçlar vermiştir ve PUI; EndoActivator ve iğneyle irrigasyondan daha etkindir (203).

Kaloustian ve ark. (204) iki sonik aktivasyon cihazı olan EDDY ve MM1500 (Micro-Mega)'ün oval kanallardan kanal dolgu materyalinin sökümü üzerindeki etkisinin benzer olduğunu göstermiştir. Her iki aktivasyon cihazı da dolgu malzemesinin uzaklaştırılmasını önemli ölçüde arttırmıştır.

Sonik ve ultrasonik cihazların kök kanalının temizliği üzerindeki etkinliğine ilişkin araştırmalar (15, 205–207) oldukça tartışmalı sonuçlar vermiştir. Haupt. ve ark. (208) yaptıkları çalışmada, EDDY ve EndoActivator ile yapılan sonik aktivasyon smear tabakasını kaldırmada iğneyle irrigasyondan önemli ölçüde daha iyi performans göstermiştir. Sonik ve ultrasonik yıkama solüsyonu aktivasyonu arasında ise anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Urban ve ark. (15) da benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Mikro-bilgisayarlı tomografik (mikro-CT) analiz kullanılarak mandibular azı dişlerinin mesial kök kanal sistemlerinde debrislerin giderilmesinde sonik ve ultrasonik olarak aktive edilen irrigasyon etkinliğinin değerlendirildiği çalışmada sonik ve ultrasonik olarak aktive edilen irrigasyon, iğne ile irrigasyonla benzer sonuçlar vermiştir (209).

Kanal preperasyonu tamamlandıktan sonra kanallar EDDY kullanılarak 20 saniye boyunca 1 mL sodyum hipoklorit ile aktive edildiğinde ve son irrigasyon için 5 mL %17 EDTA çözeltisi kullanıldığında; apikal çapı 25'e kadar şekillendirilen kanallar 20'ye kadar şekillendirilenlere kıyasla önemli ölçüde daha temiz kanal duvarları ile sonuçlanmıştır (210). EDDY ile yapılan sonik aktivasyonda, aktivasyon süresinin (20s-40s-60s) kanallardan debrisin temizlenmesi üzerinde bir etkisi yoktur (199).

### **2.5.2.3.Lazerle İrrigasyon Yöntemi**

Kök kanallarının dezenfekte edilmesine yönelik yeni yaklaşımlar arasında yıkama solüsyonunun fototermal, fotoakustik veya fotomekanik aktivasyonunda lazerlerin kullanılması yer almaktadır. Kök kanalının temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi için çeşitli lazer dalga uzunlukları incelenmiştir:

- Erbiyum: itriyum alüminyum granat (Er: YAG), 2940 nm
- Erbiyum, krom: itriyum skandiyum galyum granat (Er, Cr: YSGG), 2780 nm
- Neodimyum: itriyum alüminyum granat (Nd: YAG), 1064 nm
- Diyot, 635 ila 980 nm; potasyum titanil fosfat, 532 nm
- Karbon dioksit (CO<sup>2</sup>), 9600 ve 10 600 nm (211).

Erbiyum lazerlerin (Er: YAG, Er, Cr: YSGG) dalga boyları su, sodyum hipoklorit ve hidroksiapatit tarafından iyi emilir; bu özellik yıkama solüsyonlarının aktivasyonunda önemlidir (212, 213). Lazerlerin etkisi kavitasyona dayalıdır; subablatif ayarlarda lazerin aktivasyonu, suda genişleyen ve patlayan büyük eliptik buhar kabarcıklarının oluşmasına neden olur. Bu buhar kabarcıkları, orijinal hacmin 1.600 katı hacimsel genişlemeye neden olur, bu da basıncı artırır ve sıvıyı kanaldan dışarı çıkarır. Kabarcık 100 ila 200 mikrosaniye sonra patladığında, düşük basınç oluşur ve sıvıyı kanala geri çekerek ikincil kavitasyon etkilerini tetikler (211). İkincil kavitasyon etkisi, çözeltide patlayıcı buhar kabarcığı oluşturarak karmaşık kök kanal sisteminden smear tabakası ve artıkların uzaklaştırılmasını sağlar (214, 215). Ek olarak iğne ile yapılan irrigasyon sırasında apikal bölgede gaz kabarcıkları oluşabilir. Bir Er: YAG lazer kullanıldığında, apikal bölgeden gaz kabarcıklarının geri püskürtülmesiyle yüzey gerilimi bozulur ve bu da yıkama solüsyonunun kanalın apikal üçte birine doğru hareket etmesine izin verir. Böylece yıkama solüsyonunun lazerle aktive edilmesinin kanalın apikalindeki temizlik etkinliğini arttırdığı açıklanabilir (216, 217).

Yakın zamanlarda, subablatif enerji (20 mJ, 15 Hz) ve ultra kısa darbeler (50 µs) ile Er: YAG lazer yeni bir teknik olarak kullanılmıştır. Fotoakustik ve fotomekanik etkilerin bir sonucu olarak kanal içi kavitasyona ve şok dalgalarına yol açan bu fenomene foton kaynaklı fotoakustik akış (PIPS) denir (218). Uçların apekten 5 mm uzakta konumlandırıldığı lazerle aktivasyonun aksine, PIPS'e özgü uçlar kavite içinde kök kanalının girişinde tutularak büyük ege enstrümantasyonuna olan ihtiyacı azaltır (214, 219). Minimal ablatif enerji seviyesinde kullanıldığından dentin duvarındaki termal hasar riskini azaltır (220). Düz kanallarda PIPS ile 20 ile 60 sn arasında aktivasyon yapıldığında, PUİ (aralıklı yıkama tekniği — 3 × 20 sn) kadar iyi miktarda kanal duvarlarından debris uzaklaştırılabilir (221).

Lloyd ve ark.'nın yaptıkları çalışmada döner aletlerle retreatmenttan sonra Er:YAG ve PIPS ile yapılan yıkama solüsyonu aktivasyonu smear tabakasının ve debrislerin

uzaklaştırılmasına katkıda bulunmuştur (222). Ancak düşük enerjili lazerin termal etkileri azaldığından PIPS smear tabakasını kaldırmada Er: YAG lazere göre daha az etkilidir (223).

Gordon ve ark. (224) radyal yayan uçlu Er,Cr: YSGG lazerin *Enterococcus faecalis* ile enfekte edilmiş dentini dezenfekte etme yeteneğini araştırmıştır. Lazerin ışınlama süresi veya gücü arttığında, bakteri miktarının azaldığını bulmuşlardır. 120 saniyelik lazer uygulamasıyla sodyum hipoklorit uygulamasına göre daha yüksek derecede dezenfeksiyon elde edilmiştir.

Smear tabakasını kaldırmak için düşük dalga boylu ve dental sert doku tarafından daha az absorpsiyonlu Nd: YAG lazer de kullanılmıştır (225, 226). Nd: YAG lazerin en önemli sınırlaması, lazerin ucunun kök kanalında düz bir şekilde ilerlemesi ve yanıl ışınlamanın imkânsız olmasıdır. Nd: YAG lazer ucunun kök kanalındaki hareketi ve aktivitesi sınırlıdır (10). Nd: YAG lazer yönteminin, lazerin dentin yüzeyi ile temas halinde olduğu noktalarda smear tabakasını ortadan kaldırdığı bilinmektedir (227). Keleş ve ark. (10) yaptıkları çalışmada Nd: YAG lazer grubunda; kanalın koronal ve orta bölgelerinde, apikal bölgeye göre daha fazla sayıda açık dentin tübülünün olduğunu tespit etmişlerdir. Lazer ucunun kanal duvarına paralel hareket ettiği apikal bölgede smear tabakasını ve debrisı uzaklaştıramadığı görülmüştür. Bunu kullanılan uçların apikal bölgeden koronal bölgeye çekilirken kanal duvarına dairesel bir hareketle neredeyse dik açıyla temas etmesinden kaynaklandığına bağlamışlardır. Bu çalışmada lazer operasyonu sırasında sıcaklık artışına ve SEM görüntülerinde; dentin içinde karbonizasyon, kabarcık oluşumu gibi termal yan etkilerden kaynaklanan morfolojik değişikliklere rastlanmamıştır. Ancak önceki literatür ile karşılaştırıldığında, kullanılan parametrelerin ve sürenin güvenli sınırlar içinde olduğu görülmüştür (227).

Nd: YAP lazer, aktif lazer aracı olarak neodim kristal katkılı itriyum alüminyum perovskit kullanan bir lazerdir. Nd: YAG lazerin dalga boyuna yakın olan 1,34  $\mu\text{m}$ 'de yakın kızılötesinde yayılır. Nd: YAP lazer ayrıca su tarafından Nd: YAG lazere göre 20 kat daha fazla emilir (228). Esnek fiber optiğı, kanal eğiminin kısıtlayıcı etkisi nedeniyle ultrasonik enstrümantasyonun etkisinin sınırlı olduğu eğimli kök kanallarında enerji iletilmesine izin verir (229). Bazı yazarlar Nd: YAP lazerin kök kanallarındaki smear tabakasının kaldırılmasında başarıyla kullanılabileceğini bildirmişlerdir (230). Ancak bu tip lazerin

endodontide kullanılması sıcaklıkta artışa neden olabilir ve periodontal doku hasarına neden olabilir (229).

Fotodinamik terapi (PDT) olarak adlandırılan yüksek güçlü diyet lazerlerin bakterisit etkisi, doza bağlı ısı üretimine dayanır (231). PAD; toksik olmayan bir ışığa duyarlı boyayı etkinleştirmek için lazer enerjisinin kullanıldığı ve bu boyalardan salınan singlet oksijenin mikroorganizmaların membranına ve DNA'sına zarar verdiği bir antimikrobiyal stratejidir (232). Günümüzde kullanılan dezenfeksiyon yöntemlerine alternatif veya tamamlayıcı olarak kanal tedavisinde önerilmiştir (233, 234). Ancak yüksek güçlü lazerlerin; dentin yanması, ankiloz, kök rezorpsiyonu ve periradiküler nekroza neden olma riski vardır (235).

CO<sup>2</sup> lazer dezenfeksiyon amacıyla kullanılan lazer çeşitlerinden biridir. Le Goff ve ark. (236) CO<sup>2</sup> lazerin *Actinomyces odontolyticus* ile enfekte hayvan dişleri üzerindeki bakterisidal etkisini sodyum hipoklorit ile karşılaştırmıştır. Sonuçlar, lazerle tedavi edilen grupta kontrol grubuna kıyasla koloni oluşturan birimlerde ortalama %85'lik bir düşüş olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte; sodyum hipoklorit uygulaması, CO<sup>2</sup> lazer uygulamasından istatistiksel olarak üstün bulunmuştur. Takeda ve ark. (237); şekillendirildikten sonra kök kanal duvarlarındaki smear tabakasının kaldırılmasında CO<sup>2</sup> lazerin yararlı olduğunu ancak Er: YAG lazerin daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Kök kanalının sınırlı geometrisinde, tekli lazer darbeleri, yıkama solüsyonlarında lazer ışınıyla şok dalgalarının yayılmasında yeterli değildir (238). Kapalı rezervuarlarda ikincil salınımlar azdır veya hiç yoktur ve kavitasyonlar fiber ucun 2-3 mm altında gerçekleşir. Bu nedenle, sonraki lazer darbeleri, birincil kabarcıklardan fiziksel olarak ayrı yeni kavitasyon kabarcıklarının oluşmasına neden olur ve rezonans etkisi meydana gelmez (239). Bu sebeple; özellikle temizleme ve dezenfekte etme etkinliğini artırmak için yıkama solüsyonu ile doldurulmuş kaviteye lazer fiber uç yerleştirilen ve solüsyona darbeli bir lazer ışığı yayan şok dalgası ile geliştirilmiş emisyonlu fotoakustik akış (SWEEPS) tekniği geliştirilmiştir (240). Er: YAG lazer modalitesi kullanan SWEEPS prosedüründe basınç dalgalarının amplifikasyonu, standart PIPS irrigasyon prosedüründen daha büyüktür (238). Böylece standart PIPS destekli irrigasyon prosedürlerinin etkinliğini önemli ölçüde artırmayı vaat eder. Sonuç olarak, SWEEPS yıkama solüsyonlarında hassas konsantrasyonda şok dalgaları oluşturularak; doku, debris, biyofilm ve bakterileri uzaklaştırmak için yan kanallara ve mikroskobik tübüllere derinlemesine ulaşır (238).

Son zamanlarda yapılan bir çalışmada SWEEPS ile yıkama solüsyonu aktivasyonunun, yıkama solüsyonunun kanalın apikale doğru penetrasyon derinliğini arttırmada PIPS, EDDY ve PUI kadar etkili olmadığı bulunmuştur. Manuel dinamik irrigasyonla ise benzer sonuçlar göstermiştir (241). Micro-CT kullanılarak yapılan bir çalışmada ise SWEEPS, isthmusu olan mandibular mezial kanallarda PIPS ve PUI'den daha fazla debrisı uzaklaştırmıştır (240).

#### **2.5.2.4.Fotodinamik Terapi**

Fotodinamik terapi (PDT), oksijenin varlığında ışığa duyarlılaştırıcı ajan (PS) adı verilen bir maddeyi etkinleştirmek için ışığı kullanan, 1960'lardan beri çeşitli tıbbi uzmanlık alanlarında hızla gelişen bir tedavi yöntemidir (242). PDT, konak dokulara zarar vermeden mikroorganizmaları spesifik olarak hedefleyebilir.

PDT, periapikal lezyonların klinik tedavisi için tek seansta yapılan primer endodontik tedavide ve retreatmentta, standart antimikrobiyal kanal dezenfeksiyonuna ve şekillendirmeye ek olarak önerilmiştir (243–246). PDT üç unsurdan oluşur: 1) Işık kaynağı 2) PS 3) Doku oksijeni (247).

PDT'de ışık kaynağı olarak diyot (LED) veya lazer kullanılabilir (248). Işık yayan LED'lerin PS'lerin etkinleştirilmesi açısından umut verici olduğu bildirilmiştir (249). LED ışık, optik fiberi hareket ettirmeye gerek kalmadan her yönde kolayca hareket eder. Asnaashari ve ark. (247)'lerinin çalışmasına göre, 630 nm LED ile yapılan PDT, E. faecalis'e karşı 810 nm lazerden daha etkilidir. Bu, LED'in daha geniş ışık spektrumuna bağlı olabilir. LED'in ulaşılamayan alanlara erişim, güvenlik, maliyet-etkinlik, ağrısız olması ve yüksek güçlü lazerlere göre çok daha kolay kullanılması gibi faydalarından bahsedilebilir (248). Ayrıca LED ampuller daha az ısı üretir, dokulara daha az zarar verir ve LED ile çalışırken koruyucu gözlük takmaya gerek yoktur (247). Ancak endodontik PDT'de LED ışığı kullanıldığında kök kanal boyunca ışığın dokuya olan mesafesi arttıkça gücünün azaldığına dair endişeler vardır (250).

Kullanılan başlıca PS'ler, 600-660 nm dalga boyunda absorpsiyona sahip toluidin mavisi ve metilen mavisidir (251). PDT tedavileri, görünür kırmızı ışığın dalga boylarını metilen mavisi veya toluidin mavisi gibi PS'lerin mavi rengiyle birleştirir (250). PS belirli bir dalga boyuna maruz kaldığında, düşük güçlü lazer ışığı uyarılır ve yüksek reaktif ve

sitotoksik olan oksijen iyonlarının ve serbest radikallerin salınmasına neden olur (252). Bu maddeler, lipitleri, proteinleri ve nükleik asitleri etkileyerek PS'ler ile boyanan bakteri hücre duvarının metabolizmasını değiştirir ve böylelikle apoptoz yoluyla bu bakteri hücrelerinin ölümüne yol açar (234, 253–255).

Farklı dalga boylarında ışık kaynaklarının kullanıldığı eritrosin (256), bengal-rose (257) ve kurkumin (258) gibi yeni PS'ler de kullanılmaktadır. Bu kırmızı boyalar mavi ışıkla aktive edildiğinden kliniklerde yaygın olarak bulunan mavi LED polimerizasyon ışığı ile kullanılabilir (250) Mavi LED ışığı ile fotoaktif edilmiş kurkumin kullanan fotodinamik terapi, standart PDT ile elde edilene benzer bir dezenfeksiyon seviyesine sahiptir (250).

Endodontik tedavide PDT'nin kullanımına olan ilgi; kanıtlanmış antimikrobiyal etkisi, bu yöntemin mikrobiyal direnci artırmaması, kolay ve ağrısız uygulanmasından kaynaklanır (259). Uygulanan PS'ler, memeli hücrelerine çok daha az afiniteye sahiptir; bu nedenle toksikolojik testlerle tedavide olumsuz yan etki bildirilmemiştir (260).

PDT uygulamasının önemli avantajları olmasına rağmen potansiyel yan etkiler bildirilmiştir. Dişte lekelenme ve renk değişikliği, PS olarak metilen mavisi kullanıldığında kök kanal tedavisinde PDT'nin kullanılmasının ardından ortaya çıkan olumsuz bir etki olabilir (261). Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında kullanılan %2,5'lik sodyum hipokloritin PDT sırasında metilen mavisi uygulamasına bağlı diş lekelerini önlemede etkili olduğu kanıtlanmıştır (262). Ayrıca uzun bir çalışma süresi gerektirdiğinden (1-4dk) PDT'nin çok köklü dişlerin tedavisinde günlük klinik prosedürlerde uygulanması zor görünmektedir (242).

PDT'nin diğer bir dezavantajı, PS'nin, kök kanal duvarlarında dentin tübülleri tarafından emilerek kimyasal bir smear tabakası oluşturan viskoz bir madde olmasıdır (599). Bu kimyasal smear tabakası mikrosızıntıya neden olur ve kanal dolgu materyalinin kök kanal dentinine adezyonuna engel olur (263). PDT'den sonra PS'yi uzaklaştırmak için son yıkamada; Edta veya Qmix solüsyonları kullanılabilir (264, 265). Ek olarak son irrigasyonda PUI kullanımı bu kimyasal smear tabakasını kaldırma oranını artırır (266).

Retreatmentta kemomekanik tedaviden sonra PDT yöntemi veya 810 nm diyot lazer ile kanal dezenfeksiyonu, CFU/ml'yi önemli ölçüde düşürmüştür. Bu iki teknik arasında

istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığından daha düşük yan etkiler nedeniyle PDT tercih edilebilir (267).

Prada ve ark. (268) PDT ve PIPS'in kanaldaki bakteri sayısında önemli bir düşüşe neden olduğu ve bu aktivasyon yöntemlerinin pratik olarak iğne ile irrigasyon ile karşılaştırılabilir olduğu sonucuna varmışlardır. PDT'nin biyofilm üzerinde kalsiyum hidroksitten daha etkili olmasına (248) karşın farklı PDT protokollerinin sodyum hipoklorit gibi geleneksel irrigasyon solüsyonları uygulanmadan biyofilm üzerinde etkili olamayacağı kanıtlanmıştır (269, 270).

Souza ve ark. (271) yaptıkları çalışmada, irrigasyonda %17 EDTA ve QMix solüsyonlarıyla birlikte PDT uygulamasının epoksi rezin bazlı AH Plus endodontik kanal patının kök dentinine bağlanma gücünü arttırdığı sonucuna varılmıştır. PDT tek başına geleneksel endodontik tedaviye kıyasla 6 aylık takipte daha iyi iyileşme ile sonuçlanmıştır. Ancak kanal tedavilerinde PDT'nin klinik ve mikrobiyolojik etkilerini ölçmek için daha uzun takip süreli çalışmaları yapılması zorunludur (272).

#### **2.5.2.5.Negatif Apikal Basıncılı İrrigasyon**

Negatif apikal basınçlı irrigasyon; yıkama solüsyonunun iğne yoluyla iletilmesi sırasında aynı anda aspirasyon yapan bir sistemdir (157). Bu sistem EndoVac® (SybronEndo, Orange, CA, USA) adı altında piyasaya sürülmüştür (268). Bu irrigasyon sisteminin üç bileşeni vardır: ana dağıtım ucu, makrokanül ve yıkama solüsyonlarının kök kanalının apikaline iletilmesi için mikrokanül (273).

EndoVac ile yapılan irrigasyonda enfekte kök kanallarında optimum mikrobiyal kontrol için %5,25'lik sodyum hipokloritin en az 60 saniye uygulanması gerekir (274). Bu yöntemde pulpa odasına yerleştirilen makrokanülle yıkama solüsyonu uygulanırken kanala yerleştirilen mikrokanülün bağlı olduğu aspirasyon sistem ile oluşturulan negatif basınç sayesinde pulpa odasındaki yıkama solüsyonu apikale doğru yer değiştirir ve aspirasyon deliklerinden yıkama solüsyonu tahliye edilir (268, 275). Bu sistemin amacı, periradiküler dokulara ekstrüzyon riskini azaltarak apikal üçte birlik kısımda daha güvenli bir yıkama solüsyonu akışı sağlamaktır (276, 277). Periapikal dokulara ekstrüzyon riskini azaltan herhangi bir kök kanal irrigasyon sistemi, postoperatif rahatsızlıkları azaltabileceği için hastalara ve klinisyenlere yardımcı olur. 2018 yılında yapılan bir randomize klinik

çalışmada; Endovac ile yapılan irrigasyonda, iğne ile irrigasyona göre ilk 48 saatte postoperatif ağrı daha azdır (144).

Negatif apikal basınçlı irrigasyon, yıkama solüsyonunun isthmuslar, finler ve düzensiz kök kanalları gibi erişilemeyen kısımlara nüfuz edebilmesi için etkili ve güvenli bir yol olarak kabul edilebilir (7, 278). Ek olarak oluşturulan vakumla kanalın apikalinde vapor-lock etkisinin oluşmasını engeller (279, 280). Pozitif basınçlı irrigasyon sistemine kıyasla kök kanalına daha büyük hacimde yıkama solüsyonu iletilmesini sağlar (157). Böylece smear tabakasını kaldırma etkinliği artar (275, 279, 281). Bununla birlikte Suman ve ark. (282) EndoVac'ın apikal üçlüde smear tabakasını kaldırma etkinliğinin EndoActivator ve Er: YAG lazer tekniklerden daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Apikal şekillendirmenin büyüklüğü, negatif apikal basınçlı irrigasyon sırasında yıkama solüsyonunun maksimum akış hızını ve penetrasyonunu dolayısıyla kök kanalının temizleme ve dezenfeksiyonunu etkiler (69, 283, 284).

Apikal periodontitisli immatür dişlerde, EndoVac sistemini ile yapılan negatif apikal basınçlı irrigasyon yöntemi, üçlü antibiyotik patıyla birlikte uygulanan pozitif apikal basınçlı irrigasyon ile benzer bakteriyel azalma sağlamıştır (285). Bu sonuç kanal içi antibiyotik kullanımının gerekli olmayabileceğini göstermiştir. Yapılan bir in vivo çalışmada ise immatür dişlerde negatif basınçlı irrigasyonun iğne ile irrigasyondan daha iyi biyolojik sonuçlar ortaya koyduğu kanıtlanmıştır (286).

Yakın zamanda negatif apikal basınçlı irrigasyon sistemleri ile ultrasonik irrigasyon sistemlerinin özelliklerini birleştiren bir cihaz olan CANUI (Continuous Apical Negative-Pressure Ultrasonic Irrigation) tanıtılmıştır (287). Sürekli ultrasonik irrigasyon ile kök kanal sistemindeki düzensizlikleri etkin bir şekilde temizleyip dezenfekte ederken negatif apikal basınç ile yıkama solüsyonunun ekstrüzyonunu engellediği öne sürülmektedir. CANUI cihazı şekillendirme sırasında, kanalın koronal ve orta kısımlarına yerleştirilir. Şekillendirme tamamlandıktan sonra CANUI mikrokannülü çalışma uzunluğundan 0,5 mm daha kısa olacak şekilde yerleştirilir ve aktive edilir. Ni-Ti mikrokannülü eğimli kanallarda yıkama solüsyonunun etkili aktivasyonuna izin verir (287).

#### 2.5.2.6. Self Adjustable File ile İrrigasyon Yöntemi

Self Adjustable File (SAF) (ReDent Nova, Ra'anana, İsrail), çeşitli anatomiye sahip kök kanallarının temizlenmesini ve şekillendirilmesini geliştirmek için kanal duvarlarına uyum sağlamak üzere tasarlanmış çekirdeksiz, topografya ve morfolojiye göre sıkıştırılabilir bir nikel titanyum alettir (288, 289). 1.5 mm ve 2 mm çapında iki boyutu mevcuttur. SAF'ın hareketi, dikey ekseninde ileri ve geri kayma hareketlerine dayanır (290). SAF'ın kanalın enine kesitine uyum sağlaması ve kanal duvarlarında aşındırma etkisi yapması beklenir (291–294).

Eğer bir VATEA (ReDent Nova, Ra'anana, İsrail) başlıkla çalıştırılır. Hızı 3.000–5.000 rpm'de 1–10 mL/dk aralığında ayarlanarak şekillendirme sırasında yıkama solüsyonunu kök kanalının tüm uzunluğu boyunca iletir (295). Kanalın mekanik hazırlığı boyunca eş zamanlı ve sürekli irrigasyona izin verir (296). Cihazın haznesinin sodyum hipoklorit veya EDTA solüsyonu ile doldurulması önerilir (290, 291, 295). Sodyum hipoklorit ve EDTA'nın smear tabakasını ve debris SAF kullanılarak uzaklaştırmasındaki etkinliği kanıtlanmıştır ve bu etki kanalın apikal üçlüsünde bile yıkama solüsyonunun konsantrasyonuna bağlı değildir (297). SAF eğimli kanallarda kullanıldığında ise kanalın orta üçlüsünde PIPS ile benzer oranda açık dentin tübülleri elde edilmiştir (10).

SAF son irrigasyonda yıkama solüsyonu aktivasyonunda kullanılabilir. 9-florenolü oksitlemek için yıkama solüsyonu kapasitesi deneylerinden elde edilen karşılaştırmalı <sup>1</sup>H NMR verileri, SAF'ın sodyum hipokloritin kimyasal aktivasyonunu sağladığını göstermiştir. Niceliksel olarak, SAF aktivasyonu ultrasonik aktivasyonun yarısı kadar etkili bulunmuştur (290). Ek olarak Kfir ve ark. (298); 4 dakika SAF uygulamasının, kalsiyum hidroksit patını iğne ile irrigasyona göre önemli ölçüde daha fazla uzaklaştırdığını ancak PUI kadar etkili olmadığını bildirmişlerdir.

SAF retreatmentta şekillendirme yapıldıktan sonra kanal duvarlarında kalan dolgu materyalinin uzaklaştırılması amacıyla kullanılabilir (288, 294). Solomonov ve ark. (293) yaptıkları çalışmada ProTaper retreatment eğelerinin ardından ProTaper F2 'ye kadar şekillendirilen kanallarla karşılaştırıldığında; 25/06 boyutundaki ProFile retreatment protokolünün ardından 2.0 mm SAF kullanımında, kanallarda daha az artık kök kanal dolgu materyali tespit etmiştir. Ek olarak bu yaklaşım daha az zaman gerektirmiştir. Başka bir çalışmada ise SAF, R-Endo eğeleriyle retreatment yapılan oval şekilli kanallardan uzaklaştırılan dolgu materyali miktarını da arttırmıştır (299). Eğimli kök kanallarında ise tek

başına Protaper retreatment eğelerinin kullanılmasına kıyasla kanaldan uzaklaştırılan gütaperkanın miktarını arttırmıştır (300).

#### **2.5.2.7.XP-Endo Finisher ve XP-endo Finisher R ile İrrigasyon Yöntemi**

Son zamanlarda, kök kanal hazırlığının ve dezenfeksiyonun iyileştirilmesi için son adım olarak kullanılmak üzere XP-endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-deFonds, İsviçre) ticari ismiyle yeni bir eğe tanıtılmıştır. Apikal boyutu 25 olan, nikel titanyum MaxWire alaşımından yapılmış bu eğe 30 °C'nin altında elde edilen martensitik fazda düzdür; ancak kanala vücut sıcaklığında yerleştirildiğinde, aletin son 10 mm'de yaklaşık 1.5 mm derinlikte kaşık şeklini aldığı östenitik faza geçiş yapar (57). Üreticiye göre, alet rotasyon modunda kanalın içine yerleştirildiğinde, östenitik fazdaki şekli, eğenin dentine zarar vermeden veya kanalın anatomisini değiştirmeden diğer aletlerin ulaşamayacağı alanlara erişmesine ve temizlemesine izin verir (59).

XP-Endo Finisher eğe son irrigasyonda yıkama solüsyonunu aktive etmek için de kullanılabilir. Kök kanal duvarlarıyla temas ederken yıkama solüsyonu içinde türbülans yaratır (152). XP-Endo Finisher'ın yıkama solüsyonu aktivasyon yöntemi olarak kullanılması, temizleme verimliliğini artırır (301). XP-Endo Finisher eğe ile yapılan yıkama solüsyonu aktivasyonu kök kanal patlarının çözünürlüğünü artırabilir (60). Yapılan çalışmalarda XP-Endo Finisher kullanımı dolgu malzemelerinin kök kanallarından uzaklaştırılmasını iyileştirmiştir (57, 60).

XP-endo Finisher R cihazı (FKG Dentaire), daha büyük bir çekirdek çapına (30/00 boyutunda) sahip ve retreatment için üretilmiş XP-endo Finisher çeşididir (302). XP-endo Finisher'dan farklı olarak yarı aktif uca sahiptir. Bu özellikler XP-endo Finisher R'ı dolgu materyallerini uzaklaştırmak için potansiyel olarak daha agresif hale getirir (59). Ayrıca cihaz, yıkama solüsyonunun sürekli aktivasyonunu sağlar.

Yakın zamanlarda yapılan çalışmalar XP-endo Finisher R eğenin, kalan kök dolgu malzemesinin kanal boşluğundan uzaklaştırılmasında etkili olduğunu bildirmiştir (58, 302). Bununla birlikte, Silva ve ark. (59) XP-endo Finisher ve XP-endo Finisher R eğelerin, düz oval şekilli kanallardan artık kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında eşit derecede etkili olduğunu bulmuştur.

Mevcut sonuçlar, XP-endo Finisher R eğenin mekanik hareketinin kanal duvarlarını aşındırarak ve dokunarak mevcut kanal dolgu materyalinin yerini değiştirmede yıkama solüsyonu aktivasyonundan daha etkili olduğunu göstermektedir (58).

#### **2.5.2.8.GentleWave**

GentleWave Sistemi (Sonendo, Inc., Laguna Hills, CA), minimum mekanik temizlik ve şekillendirmeden sonra kök kanal sistemini temizlemek ve dezenfekte etmek için gelişmiş akışkan dinamiği, akustik enerji ve doku çözme kimyasını kullanan multisonik dezenfeksiyon teknolojisidir (303).

Tedavi sırasında, aletin ucu, dişin pulpa odası içinde tutulur ve güçlü bir kesme kuvveti ile sıvı akışı oluşturulur. Bu sıvı akışı kavitasyon bulutu şeklinde hidrodinamik havalanmaya neden olur (304). Binlerce mikro kabarcığın patlamasıyla akustik enerji kök kanal sistemindeki sıvı boyunca ana kanallardan anastomozlara kadar çeşitli anatomik alanlara yayılır (305). Bu sistem yıkama solüsyonu içinde geniş ses dalgaları yelpazesi oluşturarak yumuşak doku ve bakterileri kök kanallarından uzaklaştırmak için tasarlanmıştır (306).

GentleWave uygulamadan önce kanalların apikal uçtan 1.0 mm kısa, ISO 20/06 ana apikal eğe boyutuna kadar şekillendirilmesi önerilmektedir. Üretici firma, ek kanamayı ve hasta rahatsızlığını önlemek için kökün apeksinin ötesinde herhangi bir şekillendirme yapılmamasını önerir. Sonendo, Inc., doğal olarak daha büyük boyuta sahip kanallarda bile yalnızca ISO 20/06 boyuta kadar şekillendirme yapılmasını önerir (307).

Molina ve ark. (304) yaptıkları histolojik çalışmada minimal şekillendirme yaptıkları kanallarda Gentlewave sistemi ve geleneksel enstrümantasyonun kök kanallarını temizleme etkinliğini karşılaştırmışlardır. GentleWave Sistemi, mandibular molarların MB ve ML kanallarının apikal ve orta bölgelerinin ve maksiller molarların MB kanallarının sırasıyla %97.2 ve %98.1'inde doku artıklarını temizleyebilmiştir. Bununla birlikte, geleneksel enstrümantasyon, mandibular molarların MB ve ML kanallarının apikal ve orta bölgelerinin ve maksiller molarların MB kanallarının sırasıyla %67.8 ve %87.3'ünü temizleyebilmiştir. GentleWave sisteminin mandibular molarların MB ve ML kök kanallarında ve maksiller molarların MB kanallarında önemli ölçüde daha az debris bıraktığı gösterilmiştir.

Oval şekilli kanallarda retreatment sırasında PUI (% 18) ve GentleWave (% 10) ile uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P=5.02$ ) ancak bu farklılıklar klinik olarak bir anlam ifade etmeyebilir (308). Wright ve ark. (303) mandibular molar dişlerin mesial kanallarında yaptıkları çalışmada ise GentleWave sistemi, EndoVac ve yandan perfore iğnelerin kullanımına kıyasla kalan dolgu materyalini daha fazla uzaklaştırmasına rağmen fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

GentleWave Sistemi apikal iyileşmenin değerlendirilmesi için klinik olarak test edilmiş ve 12 ayda %97.7 başarı oranı göstermiştir (305). Ancak yapılan çalışmada örneklem boyutu sınırlıydı, takip süresi kısaydı ve sonucu karşılaştırmak için başka bir irrigant aktivasyon yönteminin kontrol grubu yoktu. Bu teknolojinin yeni olduğu göz önüne alındığında, genel etkinliğini araştırmak için yalnızca birkaç çalışma yapılmıştır (63). Bu nedenle, gelecekte daha kapsamlı araştırmalar yapılarak endodontik tedavideki yerinin belirlenmesi gerekir.

## **2.6.Retreatmentta İrrigasyon Yöntemlerinin Etkinliğini İncelemek İçin Kullanılan Görüntüleme Teknikleri**

Endodontik retreatment sonrası artık kök kanal dolgu materyallerinin varlığı, apikal enfeksiyondan sorumlu debris ve mikroorganizmalar üzerinde aletlerin ve irrigasyon solüsyonlarının etkili bir şekilde çalışmasını engelleyerek retreatment başarısızlığı ile ilişkili bir prognostik faktör olarak tanımlanmıştır (133, 309). Kalan kök dolgu materyali miktarını in vitro olarak değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılmıştır.

Kalan dolgu materyali alanını belirlemek için periapikal radyografiden yararlanılabilir (115). Kanal duvarlarını değerlendirmek amacıyla, stereomikroskop, operasyon mikroskobu ve SEM görüntüleme yöntemleri kullanılabilir. CLSM dentin tübüllerindeki kanal patını tespit etme olanağı sağlar (310). Kalan dolgu materyali hacmini belirlemek amacıyla ise Micro-CT ve CBCT kullanılabilir.

Retreatmenttan sonra hangi değerlendirme yönteminin dolgu malzemesinin tamamen kaldırıldığını gösterdiği belirsizliğini korumaktadır (311). İki boyutlu değerlendirmelere dayanan ve kanalın sadece seçilen bölümlerini değerlendiren çalışmalar dikkatle yorumlanmalıdır çünkü sonuçlar farklı gözlemciler arasında değişkenlik gösterebilir (312, 313). Hiçbir yöntem, artık kanal dolgu materyali miktarını belirlemek için kesin sonuçlar

vermez. Açıktır ki kalan kök kanal dolgu materyalini tespit etmek için daha ikna edici yöntemler gereklidir (311).

### **2.6.1.Periapikal Radyografi**

Radyografi, kök kanallarındaki artık kanal dolgu materyalini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (314). Bununla birlikte, radyografik değerlendirme, üç boyutlu bir yapının iki boyutlu temsilini belirtir. Bu sebeple radyografik incelemenin, retreatment prosedürlerinden sonra artık malzeme varlığını tespit etmede sınırlı uygulaması vardır (315).

Çevre yapılardan gelen anatomik gürültü, süperpozisyon ve projeksiyon geometrisi sorunları da periapikal radyografi ile artık dolgu materyallerinin değerlendirilmesini zorlaştırabilir (316). Çalışmalarda kök kanalında radyografi ile tespit edilemeyen kanal dolgu materyali artıkları SEM altında tespit edilmiştir (315, 317, 318).

Klinik uygulamada, operasyon mikroskobu retreatment prosedürlerini takiben kanalların temizliğini değerlendirmek için çok yardımcı olmasına rağmen, diş hekimi çoğunlukla radyografik analize başvurur (315).

### **2.6.2.Stereomikroskop ile Görüntüleme**

Stereomikroskoplar 3 boyutlu görüntü elde etmeyi sağlayan bir mikroskop türüdür. Stereomikroskop ile görüntüleme kök kanal duvarlarının değerlendirilmesi için basit ve etkili bir yöntem olarak kabul edilir (319). Artık dolgu materyalinin net bir görüntüsünü elde etmek için x16 büyütme altında stereomikroskop ile görüntüleme yöntemi kullanılabilir (320).

Bu yöntemde köklere kanal duvarına yakın olacak ancak kanal duvarını kesmeyecek şekilde elmas separe ile bukkolingual yönde uzunlamasına oluk açılır. Bir keski ve çekiç kullanılarak kök ikiye bölünür (314). Daha sonra örnekler stereomikroskop altında görüntülenir ve fotoğrafları çekilerek çekilerek skorlanır (321, 322). Bölme işlemi invaziv bir yöntemdir (323). Bölme sırasında oluşabilecek dolgu materyalinin yer değiştirmesi veya kaybı skorlamanın doğruluğunu etkileyebilir (324).

Streomikroskobun, dolgu materyali artıklarının incelenmesinde taramalı elektron mikroskobu ile birlikte kullanıldığında, radyografik tekniklere kıyasla daha etkili olduğu gösterilmiştir (325).

### **2.6.3. Operasyon Mikroskobu ile Görüntüleme**

Dental operasyon mikroskobu, gelişmiş görünürlük ve aydınlatma nedeniyle in vivo rutin endodontik prosedürler için giderek daha fazla kullanılmaktadır (326). Geleneksel endodonti için operasyon mikroskobu kullanmanın bildirilen avantajları, operatörün kök kanal sistemini incelemesini ve onu daha verimli bir şekilde temizlemesini ve şekillendirmesini sağlayan kök kanal anatomisinin daha iyi görüntülenmesini içerir (327). Bu nedenle, retreatmenttan sonra kalan küçük dolgu malzemesi artıklarının mikroskop kullanılarak tespit edilebileceği tartışılabilir (328).

Operasyon mikroskobu; kanal dolgu materyalinin tespiti için in vitro çalışmalarda da kullanılmıştır (47, 329). Bu çalışmalarda örnekler retreatment yapıldıktan sonra uzun eksenleri boyunca bölünür ve 5X büyütmeli bir operasyon mikroskobu kullanılarak fotoğrafları çekilir. Kalan dolgu materyali miktarı çeşitli yazılımlar ile değerlendirilir (330).

### **2.6.4. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Görüntüleme**

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) açık veya kapalı dentin tübüllerinin son derece kapsamlı gözlemine izin veren bir yöntemdir (331). Horvath ve ark. (318)'nın yaptıkları çalışmada, dentin tübüllerindeki debris SEM analizi ile fotografik analize göre daha yüksek oranda tespit edilmiştir. SEM çalışmalarının, diş tübüllerinin dolgu malzemelerinin varlığı açısından incelenmesine izin verdiği de kanıtlanmıştır (332).

Micro-CT, ortaya çıkan smear tabakasını ve dentin tübüllerinde tutulan debris analize edemediğinden SEM bu parametreleri değerlendirmek için kullanılabilir (333, 334).

Son zamanlarda artık dolgu materyalinin değerlendirilmesinde çevresel taramalı elektron mikroskobu da kullanılmıştır (6). Çevresel taramalı elektron mikroskobu tahribatsız bir yöntemdir çünkü geleneksel SEM ile görüntülemenin aksine örnekleri metalle kaplama işlemi gerekli olmadığından örneklerin yeniden kullanılmasına ve değerlendirilmesine izin verir (138, 335). Ek olarak operasyon öncesi ve sonrası görüntü alınabildiği için gruplar

arasında dolgu materyali miktarını karşılaştırmak için herhangi bir kontrol grubuna ihtiyaç duyulmaz (6).

#### **2.6.5.Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu**

Konfokal lazer tarama mikroskobu (CLSM), dentin tübüllerinde bulunan kanal patlarını net bir şekilde tespit etme olanağı sağlayan ve az sayıda artefakt ile uygun bir analize izin veren bir görüntüleme aracıdır (310). Bu görüntüleme yöntemi farklı çalışmalarda retreatment tekniklerini analiz etmek için kullanılmıştır (336, 337).

Retreatmentta kullanılan kanal patı ile ilk tedavide kullanılan kanal patını ayırt etmek için, primer endodontik tedavi sırasında Rodamin (kırmızı) ve retreatmentta Floresan (yeşil) boya kullanılması gereklidir (337). Bu tür flüoresan boyalar, CLSM tarafından dentin tübüllerinde kanal patı dağılımını göstermek için yüksek kontrastlı noktaların oluşumuna izin verir (338, 339). Kırmızı boya, dentin tübülleri içindeki artık kanal patı yüzdesinin ölçülmesine olanak tanırken; yeşil boya, yeni kanal patının dentin tübüllerinin içine nüfuz ettiği alanları gösterir (340).

CLSM, SEM ile karşılaştırıldığında, örneklerin daha basit hazırlanması, artefaktlara neden olabilecek numune hazırlama tekniklerini gerektirmemesi (341) ve tek bir örnek kullanılarak primer tedavi ve retreatment analizi yapılabilmesi gibi belirli avantajlar sunar (337). Ek olarak, CLSM ile elde edilen görüntüler, SEM analizinde yaygın olarak kullanılan puanlarla değerlendirmenin aksine, niceliksel bir analiz kullanılarak değerlendirilebilir (342).

#### **2.6.6.Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme**

Mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-CT) ile görüntüleme, doğru 3 boyutlu modellerin geliştirilmesine ve nicel verilerin elde edilmesine olanak tanıyan yüksek çözünürlüklü bir araştırma teknolojisidir (343). İnvaziv olmayan bu teknik, kök kanalında bulunan dolgu materyali miktarını (344, 345), başlangıç şekillendirmesi sırasında uzaklaştırılan dentin hacmini (323, 346) ve retreatmenttan sonra geriye kalan dolgu materyalini değerlendirmek için başarıyla kullanılmıştır (49, 347). Hacimsel ölçümler için altın standart olarak kabul edilir (316).

Micro-CT görüntülemesinde örnekler korunarak yeniden kullanılabilmesi için bu yöntem deneyin farklı aşamalarında örneklerin analizine izin verir (4). Örneklerin ardışık analizi dişlerin bölündüğü tekniklerde yapılamaz ve aynı görüntü kalitesi yaygın olarak kullanılan diğer görüntüleme teknolojileri ile elde edilemez (343, 348).

Bu tekniğin bazı sınırlamaları, yeterli eğitim ve donanım / yazılım yeteneklerine bağımlılık gibi metodolojik konularla ilgilidir (349). Teknik olarak insan organizmasıyla uyumsuz olan yüksek radyasyon dozu gerektirmesine (316) karşın deneysel endodontik değerlendirmede sıklıkla kullanılır (350).

#### **2.6.7. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme**

Son yıllarda endodontide konik-ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) kullanımı yaygınlaşmış ve apikal periodontitis tanısında, kök kanal sisteminin değerlendirilmesinde, rezorptif lezyonlarda ve tedavi planlamasında rutin radyografik tekniklere göre daha iyi etkinlik göstermiştir (351, 352). CBCT ile ilgili radyasyon endişeleri sistemin bir sınırlamasıdır ve reçete edilirken CBCT'nin potansiyel faydaları zararlarından daha ağır basmalıdır (316).

Diş hekimliğinde CBCT, retreatment prosedürlerinin kalitatif ve kantitatif değerlendirmesi için uygun bir alternatif olabilir (352). Kalan dolgu malzemesinin hacim ölçümünün yüzey alanı ölçümüne göre daha doğru olduğu göz önüne alındığında, CBCT retreatmentın değerlendirilmesi için tercih edilen bir yöntemdir (348). Bu yöntem basittir, kanal duvarlarındaki küçük artık dolgu materyali hacmini belirleyecek kadar hassastır (323) ve non-invazivdir (353). Tekrarlanabilir veriler sunar ve retreatment prosedürlerinden önce ve sonra kök kanallarının içindeki dolgu materyali miktarını karşılaştırarak endodontik retreatmentın üç boyutlu değerlendirilmesine izin verir (354).

CBCT birimleri, birden çok inceleme alanı (FOV) ve voksel sunar. Voksel, 3 boyutlu bir görüntünün en küçük ayırt edilebilir küp şekilli parçasını tanımlar. CBCT görüntülemesinde, vokseller genellikle izotropiktir ve 0,4 mm'den 0,075 mm'ye kadar değişir (355). Voksel boyutu, CBCT görüntülerinin görüntü kalitesi, tarama ve yeniden yapılandırma süreleri açısından büyük önem taşımaktadır (316). Endodontik amaçlar için 0.1 mm ile 0.2 mm arasındaki voksel boyutları optimal olarak kabul edilmiştir (5).

CBCT görüntülemenin önemli bir sınırlaması, metal ve amalgam restorasyonlarla birlikte daha az ölçüde kök kanal dolgu materyali ve implantların neden olduğu metalik artefaktların varlığıdır (356, 357). Ancak artefaktlar, uygun cihaz ayarları ve CBCT parametreleri ile göz ardı edilebilir (348). Daha küçük voksel boyutları ve FOV taramaları, artefaktların varlığını en aza indirmek için tercih edilir (358). Ayrıca daha küçük FOV taramaları, azalan radyasyon dozu ve tarama süresi nedeniyle endodontik uygulamalarda önerilmektedir (359, 360).

CBCT artefaktları materyallerin etrafındaki saçılmaların dışında görüntünün genel kalitesini etkileyen koyu alanları içerir ve bu alanlar elde edilen görüntü ile taranan nesne arasında tutarsızlıklara neden olabilir (316). CBCT üreticileri görüntü rekonstrüksiyonu sırasında kullanılacak artefakt azaltıcı algoritmaları aktif olarak geliştirmektedir (356, 357).

Son zamanlarda, retreatmenttan sonra artık dolgu materyali miktarının belirlenmesi amacı ile mikro-CT analizi kullanılmaktadır (49, 361). İdeal olarak mikro-CT, CBCT'ye kıyasla daha iyi çözünürlüğe sahiptir ve hacim tahmini ile ilgili daha doğru sonuçlar gösterir (348). Bununla birlikte, yakın zamanlarda yapılan bir çalışma; retreatment prosedürleri için faydalı olabilecek artık kök kanal dolgu materyalinin hacimsel ölçümü için kullanılmak üzere güçlü bir potansiyele sahip olduğunu gösteren mikro-CT ve CBCT arasında yüksek korelasyon göstermiştir (316). Ayrıca CBCT'ye mikro-CT'den daha fazla araştırmacı kolaylıkla erişebilir (362). Klinik fizibilite düşünüldüğünde, CBCT'nin mikro-CT ile karşılaştırıldığında daha uygun olduğu açıktır (363).

### **3.GEREÇ VE YÖNTEM**

#### **3.1. Gereçler**

WH TE-95 BC aeratör

018 numaralı elmas yeşil bantlı rond frez

ProTaper Next eğeleri (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, İsviçre)

Yandan perfore iğne (Diadent Steri Irrigation Tips)

%2.5 NaOCl solüsyon(Chloraxid: Ceramed, Stalowa Wola, Polonya)

%17 EDTA solüsyon (Endosolution; Ceramed, Stalowa Wola, Polonya)

Paper point (Diadent, Hollanda)

X2 güta perka konu (Dentsply Maillefer)

AH Plus kanal patı (DeTrey Dentsply, Konstanz, Almanya)

E-Temp (Diadent, Avrupa) geçici dolgu maddesi

Protaper Retreatment eğeleri (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)

IrriFlex®

Ultrasonik uç (Varios U file; Nakanishi, Inc. Tochigi, Japonya)

EDDY uçları (VDW)

Sonik cihaz (MİCRON TA 200 Airscaler, Ikegami, Otaku, Tokyo, Japonya)

#### **3.2. Yöntem**

Bu tez çalışması ‘Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti ve Ağız Diş Çene Radyolojisi Anabilim Dallarında gerçekleştirildi. Yapılan çalışma TDH-2020-8972 proje koduyla BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) tarafından desteklenmiştir.

### 3.2.1. Etik Kurul Onayı

Bu araştırmanın çalışma protokolü Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve onaylanmıştır (Protokol no: 2020/269).

### 3.2.2. Örneklerin Belirlenme Kriterleri

Bu in vitro çalışmada kanal eğrilikleri Schneider'in yöntemine (364) göre  $20^0$ - $40^0$  olan çekilmiş 60 insan mandibular molar diş kullanıldı. Çalışmamızda olabildiğince benzer kök kanal morfolojisine sahip dişler seçildi. Dişlerin istenilen anatomik yapıya sahip olup olmadıklarını anlamak için mesiodistal ve bukkolingual yönlerden dijital radyografileri alındı (Resim 1). Yumuşak doku ve diş taşları kök yüzeylerinden mekanik olarak uzaklaştırıldı. Dişler çekimden sonra deney aşamasına kadar %0.1 timol solüsyonunda saklandı. Açık apeksli, S şekilli, çürük, çatlak, rezorpsiyon veya pulpa kalsifikasyonu olan ve daha önce endodontik tedavi gören dişler çalışma dışı bırakıldı.



**Resim 1.** Dişlerin mesiodistal yönden radyografisi. Örnek numaraları yeşil, kanal eğimleri beyaz renkte belirtilmiştir.

Çalışmaya dahil edilecek dişler belirlendikten sonra herhangi bir grup ayrımı yapılmadan kök kanal tedavisi yapılması aşamasına geçildi.

### 3.2.3. Örneklerin Hazırlanması

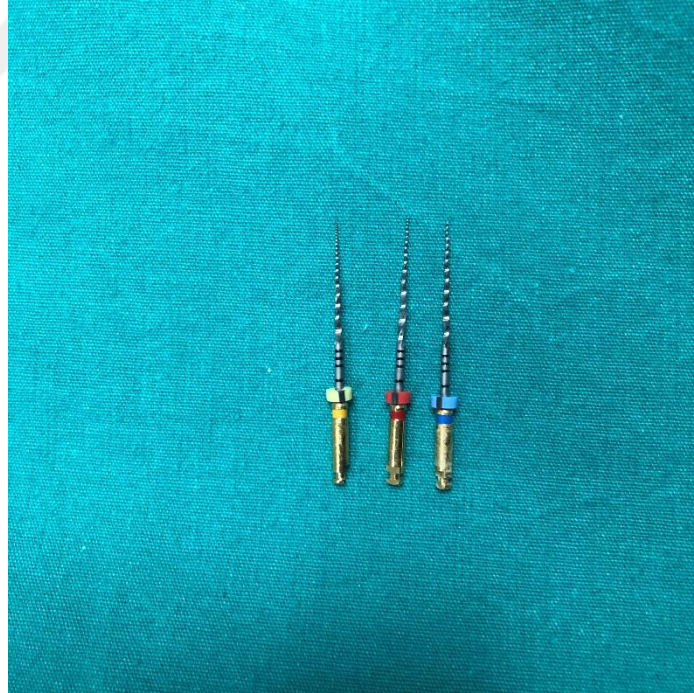
Bütün dişlere kavite prensiplerine uygun olacak şekilde soğuk su altında çalışan aeratör (WH TE-95 BC, Avusturya) ile 018 numaralı elmas yeşil bantlı rond frez

kullanılarak kavite hazırlıkları yapıldı. Kavitelerin kök kanalına doğrudan düz bir şekilde ulaşım sağlanmasına izin verecek şekilde hazırlanmasına dikkat edildi.

Kök kanal şekillendirilmesi ve irrigasyon prosedürlerinin benzer şartlarda uygulanmasını sağlamak için dişlerin kanal boyları 18 mm olacak şekilde ayarlandı. Bu işlem standart bir uzunluk elde etmek amacıyla su soğutması altında elmas fissür frezler ile gerçekleştirildi. Yıkama solüsyonlarına rezervuar oluşturması için dişin kuron yapısı korundu.

#### 5.2.4. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Kavitesi açılan dişlerde 10 numaralı K tipi eğe görsel olarak apikal uçta görülene kadar ilerlenerek ve tam uçta görülen boyundan 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi. Kök kanal preparasyonları ProTaper Next eğe (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, İsviçre) (Resim 2) sistemi ile üretici firmanın talimatları doğrultusunda gerçekleştirildi. X1 ve X2 eğeler 300 rpm hız ve 2 N/m tork ayarında endomotor ile kullanıldı.



**Resim 2.** ProTaper Next eğe sistemi. Soldan sağa sırasıyla X1, X2 ve X3 eğeler

Dişler gruplara ayrılmadan rastgele kök kanal şekillendirmeleri yapıldı

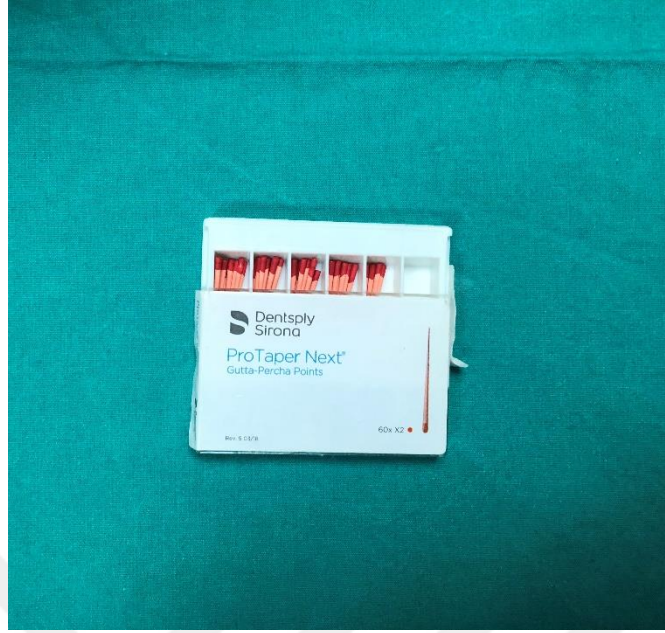
Şekillendirme kısmında üretici firmanın önerisine göre çalışma boyuna 15 ve 20 numaralı K tipi eğeler ile gidilip kanalda rehber yol oluşturuldu. Protaper Next kanal eğeleri sırasıyla kanala yerleştirildi ve endomotor çalıştırıldı. Üç gagalama hareketinden sonra eğe kanaldan çıkarılıp üzerindeki debrisler temizlendi ve kanal, 31-gauge uç çapına sahip yandan perfore iğne (Diadent Steri Irrigation Tips) yardımı ile 2.5 mL %2.5 NaOCl (Chloraxid: Cercamed, Stalowa Wola, Polonya) ile yıkandı. Aynı prosedür eğe çalışma boyuna ulaşana kadar tekrarlandı. Bir eğe 4 kanalda kullanıldı. Kanal preparasyonu X2 eğesi ile tamamlandıktan sonra kanalların son irrigasyonu 5 mL %2.5 NaOCl, 5 mL %17 EDTA (Endosolution; Cercamed, Stalowa Wola, Polonya) ve 5 mL distile su kullanılarak gerçekleştirildi. Kanallar paper pointler (Diadent, Hollanda) ile kurutularak kanal dolgusu işlemine hazır hale getirildi.

### 3.2.5. Kök Kanal Dolgularının Yapılması

Çalışmada kök kanallarının doldurulması için lateral kondensasyon yöntemi, AH Plus kanal patı (DeTrey Dentsply, Konstanz, Almanya) (Resim 3) ve X2 güta perka konu (Dentsply Maillefer) (Resim 4) ile uygulandı.



**Resim 3.** AH Plus kanal patı



**Resim 4.** X2 güta perka konu

X2 güta perka kon ile üretici talimatlarına göre 1:1 oranında karıştırılan AH Plus kanal patı kanal duvarına saat yönünün tersinde uygulandı. Daha sonra ana kon çalışma boyunda tug back alınacak şekilde kanala yerleştirildi. Yardımcı guta perka konlar kök kanalının koronal 1/3nde kalana kadar 25 ve 30 numaralı spreader yardımı ile yerleştirildi.

Kanalların dolgusu tamamlandıktan sonra güta perkalar ısı ile uzaklaştırılarak kanal ağızları seviyesinde plugger yardımı ile sıkıştırıldı ve lateral kompaksiyon tamamlandı.

Endodontik giriş kaviteleri geçici dolgu maddesi E-Temp (Diadent, Avrupa) ile kapatıldı. Kök kanallarının dolum kalitesini kontrol etmek için periapikal radyografi alındı. Kök kanal tedavileri tamamlanan dişler, kanal patının sertleşmesi için 37 °C ve %100 nemli ortamda 14 gün boyunca bekletildi.

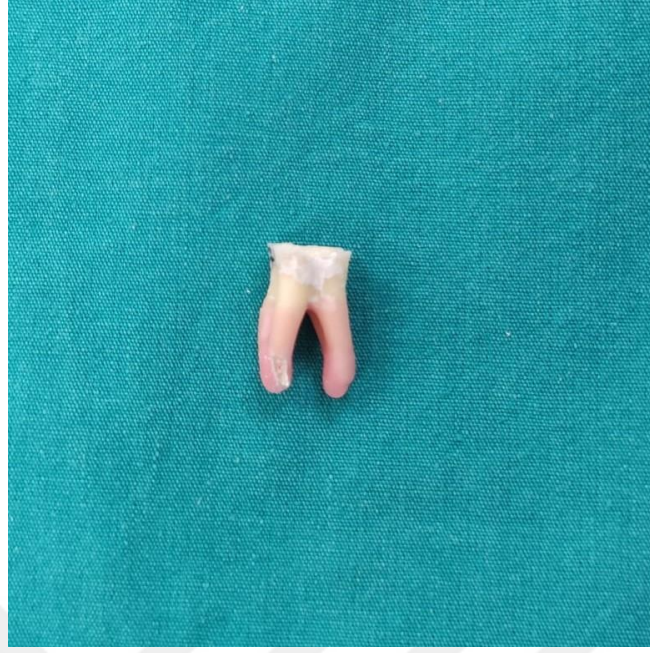
### **3.2.6. Kök Kanal Dolgularının Sklmesi**

Geçici dolgu materyali uzaklaştırıldıktan sonra dişlere retreatment yapılması için standart protokol uygulandı. Bu protokol, Protaper Retreatment eēe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) (Resim 5) kullanıldıēından üretici firmanın talimatlarına uygun olarak belirlendi.



**Resim 5.** Protaper Retreatment eğeleri. Soldan sağa sırasıyla D1, D2 ve D3 eğeler

D1 (30/09) eğe 3 N/m torkla 180 rpm hızda koronalden orta üçlüye kadar ilerletildi. D2 (25/08) eğe çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde Eğenin bıçakları arasında gütta perka görülmeyinceye kadar 3 N/m torkla 150 rpm hızda kullanıldı. D3 (20/07) eğe çalışma boyunda 3 N/m torkla 150 rpm hızda kullanıldı. Kanallar daha sonra X3 Protaper Next eğesi ile şekillendirildi. Protaper Next eğeleri üretici firmanın önerdiği 300 rpm hız ve 2 N/m tork değerlerinde çalışma boyunda kullanıldı. Tüm eğeler kök kanalında nazikçe ilerletildi. Çalışılan boya gelindiğinde eğe kök kanalından çıkarıldı, kesici yivleri arasında kalan kök kanal dolgu materyali nemli bir pamuk ile temizlendi. Kök kanalı her eğe arasında 2 mL %2.5 NaOCl ile yıkandı. Şekillendirme işlemi X3 eğesinin çalışma boyuna ulaşması, eğede herhangi bir dolgu materyalinin kalmaması ve son irrigasyonda debris gözükmemesiyle tamamlandı. Tüm gruplardaki dişlerin apikal üçlü bölümü kapalı kanal sistemi oluşturmak için mum ile kaplandı (Resim 6).



**Resim 6.** Dişlerin kökünün mum ile kaplanması

Son irrigasyon aşamasına geçmeden önce 60 diş örneği rastgele gruplara ayrıldı (n=15):

Grup 1: İğne ile irrigasyon

Grup 2: İrriflex ile İrrigasyon

Grup 3: Ultrasonik ile İrrigasyon

Grup 4: Eddy ile İrrigasyon

Her grupta son irrigasyonda aynı yıkama solüsyonları kullanıldı.

Grup 1: 0.3 mm çapında 30-gauge yandan perforate irrigasyon iğnesi (Resim 7) kanalda çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirildi. Kanala 1 dk boyunca 5 ml %2.5 NaOCl uygulandı sonrasında 2 ml distile su ile kanal yıkandı. Ardından 2 ml %17 EDTA kanala 1 dk boyunca uygulandı ve son irrigasyon 2 ml distile su uygulanarak tamamlandı. Aktif irrigasyon süresi boyunca şırınga iğnesi ile aşağı-yukarı yönde hareketler yapıldı. Tüm örnekler, son irrigasyon işleminin ardından paper pointlerle kurutuldu.



**Resim 7.** Yandan perforé irrigasyon iğnesi ve enjektör

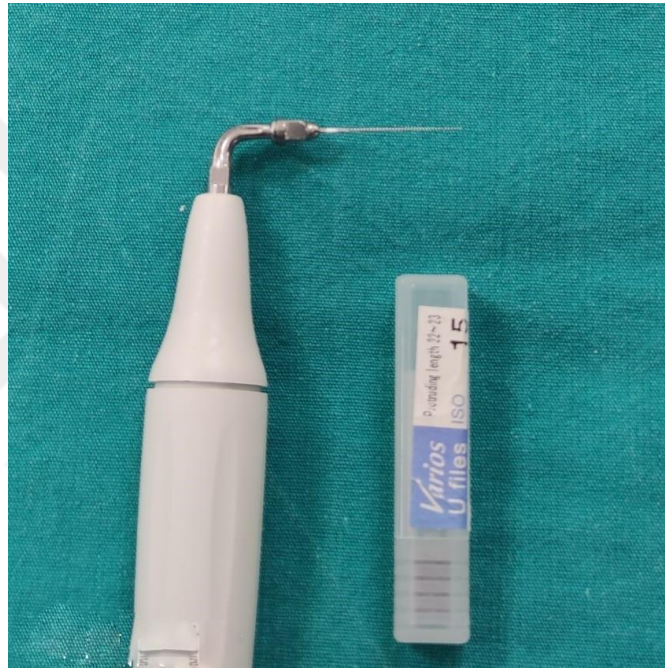
Grup 2: 0.04 konik 30-gauge polipropilenden üretilen IrriFlex® (Resim 8) çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirildi. Kanala 1 dk boyunca 5 ml %2.5 NaOCl uygulandı sonrasında 2 ml distile su ile kanal yıkandı. Ardından 2 ml %17 EDTA kanala 1 dk boyunca uygulandı ve son irrigasyon 2 ml distile su uygulanarak tamamlandı. Tüm örnekler, son irrigasyon işleminin ardından paper pointlerle kurutuldu.



**Resim 8.** İrriflex iğne

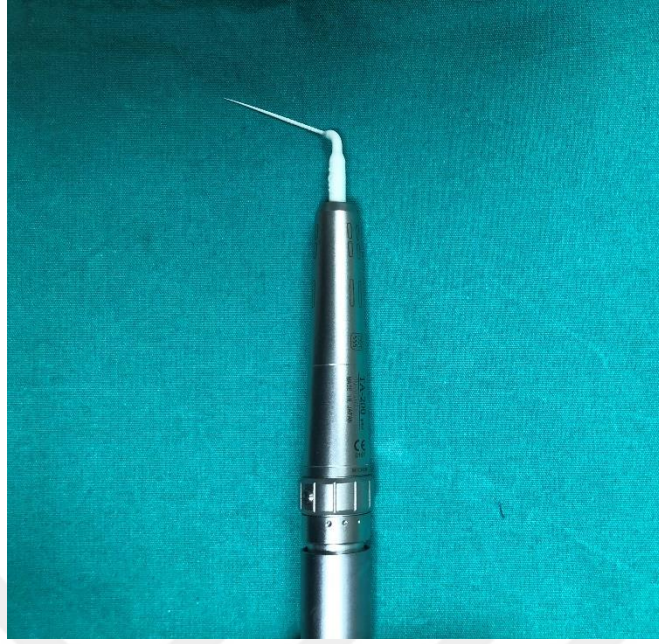
Grup 3: Kanal içi %2.5 NaOCl ile dolduruldu. 15/02 boyutunda ultrasonik uç (Varios U file; Nakanishi, Inc. Tochigi, Japonya) (Resim 9) çalışma boyundan 2 mm kısa olacak

şekilde kanala yerleştirildi. 5 ml %2.5 NaOCl kanala uygulanarak 20 sn'lik 3 set şeklinde uygulanarak ultrasonik uç ile aktive edildi. Aktivasyon sırasında ultrasonik uç kanal duvarlarına temas ettirilmeden ileri geri hareket ettirildi. Sonrasında 2 ml distile su ile kanal yıkandı. 2 ml %17 EDTA kanala uygulanırken ultrasonik uç ile aynı şekilde 20 sn aktivasyon yapıldı. Kanal içerisinde yıkama solüsyonunun azaldığı durumlarda solüsyon eklendi. Son irrigasyon 2 ml distile su uygulanarak tamamlandı. Tüm örnekler, son irrigasyon işleminin ardından paper pointlerle kurutuldu.



**Resim 9.** Varios U file ultrasonik uç

Grup 4: EDDY (VDW) (Resim 10) sisteminin poliamid yapıdaki uçları sonik bir cihaza (MİCRON TA 200 Airscaler, Ikegami, Otaku, Tokyo, Japonya) (Resim 9) sabitlenerek kullanıldı. Üretici firma EDDY'nin kullanılabilmesi için kanalın en az 25/06'ya kadar şekillendirilmiş olmasını önermektedir ve çalışmamızdaki şekillendirme bu öneriye uygun olarak yapıldı.



**Resim 10.** EDDY sonik aktivasyon ucu ve TA 200 cihazı

Üretici firma son irrigasyonda etkin temizlik için en az 20-30 saniye aktivasyon önermiştir. Çalışmamızda 5 ml %2.5 NaOCl ile 60 saniye ve 2 ml %17 EDTA ile 20 saniye aktivasyon yapıldı. Solüsyonlar arasında 2 ml distile su ile kanal yıkandı. Son irrigasyon 2 ml distile su uygulanarak tamamlandı. Tüm örnekler, son irrigasyon işleminin ardından paper pointlerle kurutuldu.

### **3.2.7. CBCT Görüntülerinin Alınması ve Değerlendirilmesi**

Çalışmaya dahil edilen çekilmiş 60 insan birinci molar dişin retreatment işlemi tamamlandıktan sonra dişler mum ve alçıya gömülüp yeniden numaralandırıldı (Resim 11) ve fakültemiz Ağız Diş Çene Radyolojisi AD'nda bulunan CBCT ile tarandı. Tarama işlemi;  $0,09 \times 0,09 \times 0,09$  mm voksel boyutu,  $360^\circ$  dönüş, 80 kV tüp voltajı, 5 mA tüp akımı, 19,96 saniye tarama süresi ve  $50 * 50$ mm görüş alanı (FOV) koşulları altında gerçekleştirildi. Elde edilen taramalardan 500 mikron aralığında ve 90 mikron kalınlığında kesitler alındı.

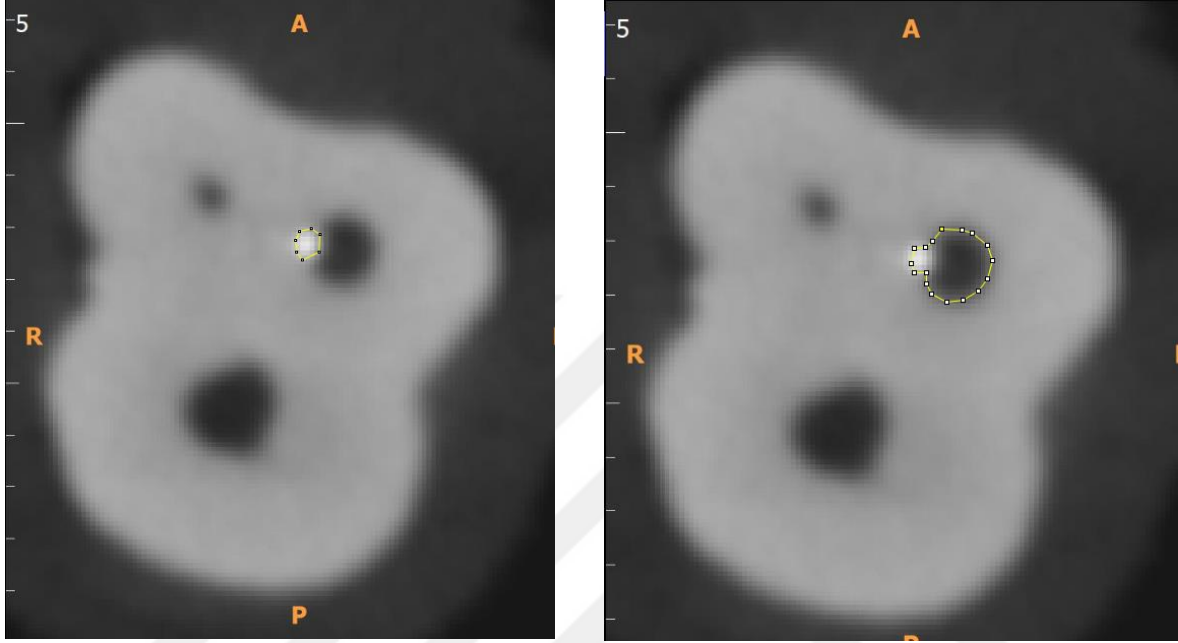


**Resim 11.** Dişlerin mum ve alçıya gömülüp CBCT görüntülerinin alınması için hazır hale getirilmesi.



**Resim 12.** CBCT cihazı CS 9300

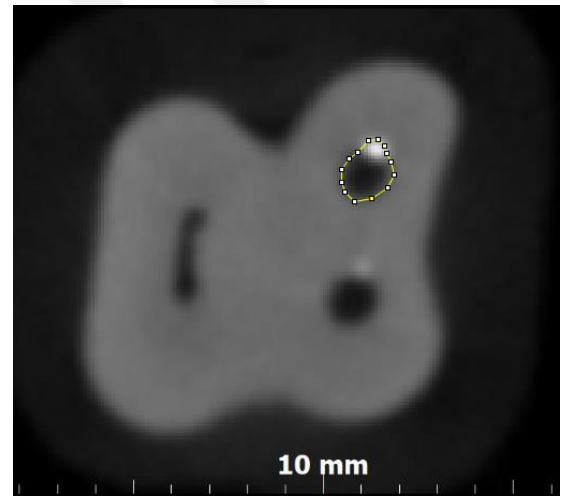
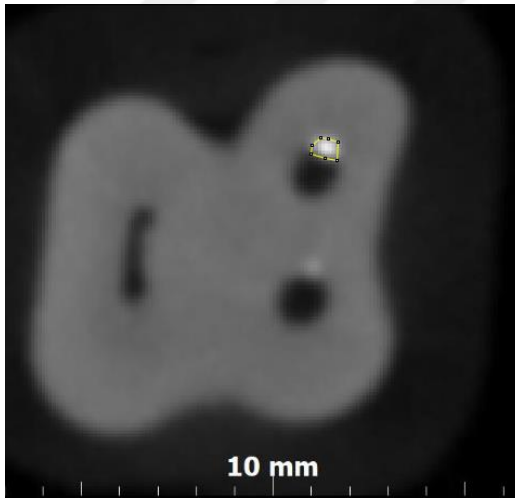
Elde edilen kesitlerdeki görüntülerin her birindeki kalan güta perka ve pat alanlarını ölçmek için ImageJ yazılım programı kullanıldı. Artık kanal dolgu alanı ve toplam kanal alanı işaretlenerek (Resim 12 ve 13) ImageJ programı ile alan hesabı yapıldı (şekil 1 ve 2). Elde edilen alan değerleri ile artık kanal dolgu hacmi ve toplam kanal hacmi hesaplandı.



**Resim 13.** ImageJ programı kullanılarak a) artık kanal dolgu alanının ve b) kanal hacminin işaretlenmesi (2 numaralı rnek)

| Results |       |         |         |     |  |
|---------|-------|---------|---------|-----|--|
| File    | Edit  | Font    | Results |     |  |
|         | Area  | Mean    | Min     | Max |  |
| 1       | 0.014 | 90.682  | 47      | 232 |  |
| 2       | 0.002 | 195.533 | 122     | 232 |  |

**Şekil 1.** 2 numaralı örnek için ImageJ programı ile hesaplanan değerler. Sarı ile işaretli değer kanal alanını ve yeşil ile işaretli değer artık kanal dolgu alanını belirtmektedir.



**Resim 14.** ImageJ programı kullanılarak a) artık kanal dolgu alanının ve b) kanal hacminin işaretlenmesi (5 numaralı örnek)

|   | Area  | Mean    | Min | Max |
|---|-------|---------|-----|-----|
| 1 | 0.010 | 75.244  | 23  | 239 |
| 2 | 0.002 | 170.155 | 64  | 239 |

**Şekil 2.** 5 numaralı örnek için ImageJ programı ile hesaplanan değerler. Sarı ile işaretli değer kanal alanını ve yeşil ile işaretli değer artık kanal dolgu alanını belirtmektedir.

Herbir örnek için kanal duvarlarındaki geriye kalan dolgu materyali yüzde olarak, aşağıdaki formülle hesaplandı ve elde edilen değerler kaydedildi.

$$\text{Artık dolgu materyalinin yüzdesi} = \frac{\text{Artık Kanal Dolgu Materyali Hacmi} \times 100}{\text{Toplam Kanal Hacmi}}$$

### 3.2.8. İstatistiksel Yöntem

Retreatment aşamasında kullanılan farklı irrigasyon sistemleri uygulandıktan sonra kök kanalındaki artık kanal dolgu materyalinin hacimsel olarak karşılaştırmalı değerlendirmesi yapıp her gruba ait maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandı. Tüm parametrelere ait verilerin normal dağılıma uyduğu SPSS for Windows 17.0 yardımıyla One Sample Kolmogorov Smirnov istatistik testi kullanılarak belirlendi. Bu gruplara ait ortalama değerler One-way ANOVA istatistik testi kullanılarak karşılaştırıldı. İstatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın göstergesi olarak  $p < 0.05$  değeri kabul edildi.

#### 4. BULGULAR

Her bir örnekteki artık dolgu materyali hacminin kanal hacmine oranı Tablo 1’de, bu oranların ortalama, standart sapma ve minimum-maksimum değerleri ise Tablo 2’de ve Şekil 3’te gösterilmiştir. Kök kanalındaki artık kanal dolgu materyali miktarı bakımından karşılaştırıldığında iğne ile irrigasyon, Irriflex ile irrigasyon, ultrasonik ile irrigasyon ve Eddy ile irrigasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

**Tablo 1.** Kök kanalındaki artık dolgu hacminin kanal hacmine oranı (%)

| Örnek No | İğne ile<br>İrrigasyon | Irriflex ile<br>İrrigasyon | Ultrasonik ile<br>İrrigasyon | Eddy ile İrrigasyon |
|----------|------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1        | 23,13                  | 11,27                      | 5,56                         | 19,46               |
| 2        | 17,45                  | 6,29                       | 20,97                        | 10,69               |
| 3        | 14,97                  | 27,54                      | 39,13                        | 9,77                |
| 4        | 8,87                   | 27,1                       | 21,11                        | 20,52               |
| 5        | 15,32                  | 12,41                      | 20,66                        | 8,46                |
| 6        | 17,65                  | 12,84                      | 16,19                        | 9,16                |
| 7        | 24,55                  | 6,45                       | 8,77                         | 8,06                |
| 8        | 25,71                  | 11,46                      | 20,73                        | 2,83                |
| 9        | 1,52                   | 29,81                      | 13,68                        | 3,45                |
| 10       | 31,25                  | 44,44                      | 1,47                         | 3,33                |
| 11       | 28,4                   | 7,02                       | 4,05                         | 7,5                 |
| 12       | 6,06                   | 12,73                      | 4,35                         | 21,43               |
| 13       | 1,71                   | 17,91                      | 9,9                          | 22,58               |
| 14       | 13,21                  | 5                          | 2,82                         | 12,96               |
| 15       | 19,67                  | 6,82                       | 2,94                         | 0                   |

**Tablo 2.** Kök kanalındaki artık dolgu hacminin ortalama, standart sapma ve minimum-maksimum değerleri (%)

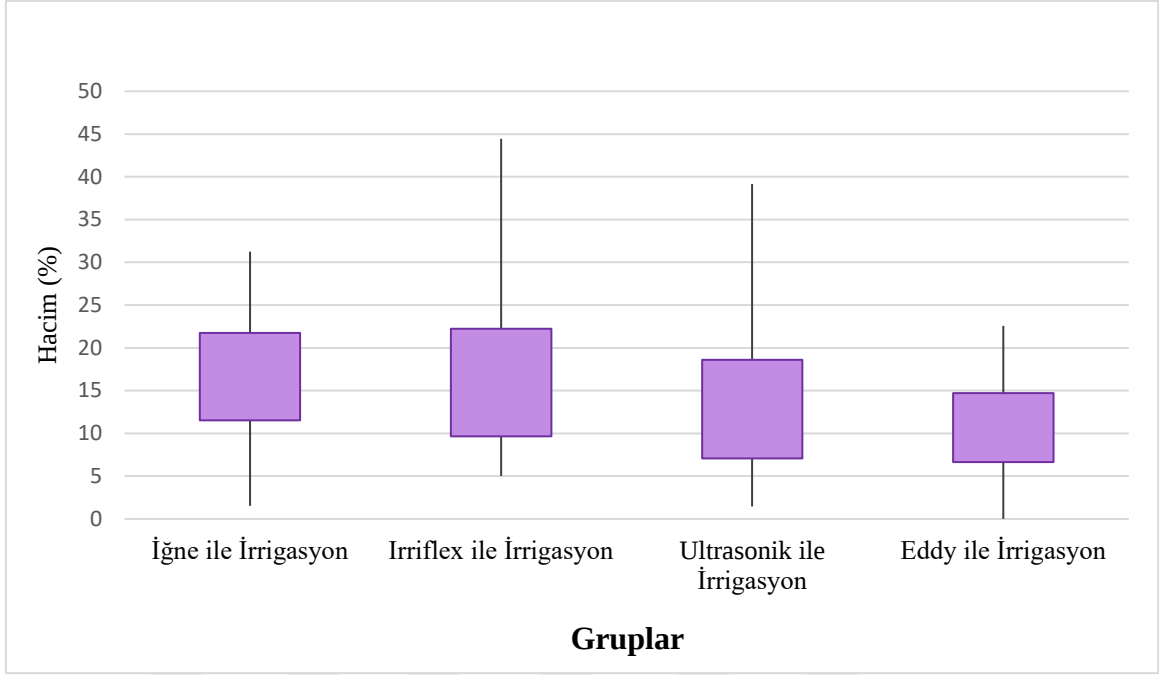
|                           | n  | Ortalama | Standart sapma | Minimum-Maksimum |
|---------------------------|----|----------|----------------|------------------|
| İğne ile İrrigasyon       | 15 | 16,6313  | $\pm 9,21832$  | 1,52-31,25       |
| Irriflex ile İrrigasyon   | 15 | 15,9393  | $\pm 11,36245$ | 5,00-44,44       |
| Ultrasonik ile İrrigasyon | 15 | 12,8220  | $\pm 10,40680$ | 1,47-39,13       |
| Eddy ile İrrigasyon       | 15 | 10,6800  | $\pm 7,28653$  | ,00-22,58        |

İğne ile irrigasyon grubu olarak belirtilen 1. Grupta artık kanal dolgu maddesi ortalama  $\%16,63 \pm \%9,22$ 'dir.

Irriflex ile irrigasyon grubu olarak belirtilen 2. Grupta artık kanal dolgu maddesi ortalama  $\%15,94 \pm \%11,36$ 'dır.

Ultrasonik ile irrigasyon grubu olarak belirtilen 3. Grupta artık kanal dolgu maddesi ortalama  $\%12,82 \pm \%10,41$ 'dir.

Eddy ile irrigasyon grubu olarak belirtilen 4. Grupta artık kanal dolgu maddesi ortalama  $\%10,68 \pm \%7,29$ 'dur.



**Şekil 3.** Kök kanallarındaki artık dolgu miktarının dağılım yayılım grafiği

## 5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin başarısı, kök kanallarının temizlenip şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır. Bu aşamalardan herhangi birinde eksiklik veya yetersizlik söz konusu olduğunda tedavi genellikle başarısız olur. Kök kanal tedavisi başarısız olduğunda dişin fonksiyonel oklüzyonda tutulabilmesi için retreatment yapılması ve başarısızlığa neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması gerekir.

Retreatment sırasında karşılaşılan en büyük zorluklardan birisi eski dolgu materyalinin kök kanallarından tamamıyla uzaklaştırılmasıdır. Enfekte kök kanal dolgu materyallerinin kalıntıları, mekanik ve kimyasal yöntemlerle uygulanan temizleme ve dezenfeksiyon işlemlerinin etkisini tehlikeye atabilir. Bu nedenle dentin duvarları ve dentin tübülleri mümkün olduğunca artık materyalden temizlenmelidir. Yapılan çalışmalar hiçbir tedavi prosedürünün kanal içinde kalan artıkları tek başına etkili bir şekilde uzaklaştıramadığını göstermiştir (2, 49, 50, 57). Mandibular molar dişler gibi isthmusların sıkça bulunduğu, kanal morfolojisi yassı ya da eğimli olan dişlerde mekanik preparasyonun etkinliği azalmakta ve irrigasyonun etkinliği önem kazanmaktadır (367). Bu nedenle yaptığımız çalışmada retreatmentta; iğneyle irrigasyon, EDDY sonik aktivasyon, İrriflex, ultrasonik irrigasyon yöntemlerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırmadaki etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Ulaşabildiğimiz kadarıyla literatürde çalışmamızda kullandığımız yöntemlerin etkinliğini CBCT ile karşılaştıran ve/veya IrriFlex'in retreatmenttaki etkinliğini değerlendiren çalışma bulunmadığından bu çalışmayı tasarladık.

Çoğu aletin genellikle kanal sistemi içindeki çeşitli eğimler nedeniyle kesintiye uğradığı kanallarda önceki dolguların tamamen uzaklaştırılmasının neredeyse imkansız olduğu gösterilmiştir (8, 53–55). Bu sebeplerle özellikle eğimli kanallarda retreatment stresli ve zaman alan bir prosedür haline gelebilir. Bu klinik zorlukları yansıtabilmek için çalışmamızda kanal eğimleri Schneiderian yöntemine (364) göre  $20^0$ - $40^0$  olan insan mandibular molar dişler tercih edilmiştir. Yıkama solüsyonlarına rezervuar oluşturması için dişin kuron yapısı korunarak, dişlerin kanal boyları kök kanal şekillendirilmesi ve irrigasyon prosedürlerinin benzer şartlarda uygulanmasını sağlamak için 18 mm olacak şekilde ayarlanmıştır (368).

Elnaghy ve ark. (369)'nın yaptıkları çalışmada eğimli kök kanallarında Protaper Next sistemi ile kök kanal hazırlığı, TRUShape sistemine göre daha az transportasyon ile daha iyi performans ortaya koymuştur. Bununla birlikte Park ve ark. (370)'nın yaptıkları çalışmada Protaper Next sistemi, Protaper Universal sisteminden daha az transportasyona sebep olmuştur ve kanal hacminde benzer düzeyde değişiklik görülmüştür. Yapılan başka bir çalışmada BioRace, Protaper Next ve Genius nikel titanyum ege sistemlerinin şekillendirme etkinliği benzer bulunmuştur. Ek olarak tüm enstrümantasyon sistemleri, üç boyutlu parametrelerde istenmeyen değişiklikler veya önemli şekillendirme hataları olmadan eğimli kök kanal sistemleri hazırladığından çalışmamızda Protaper Next sistemi tercih edilmiştir (371).

Son zamanlarda farklı materyaller kullanıma sunulmuş olsa da, kanal patı ile kombine olarak kullanılan güta perka, hala en sık kullanılan kanal dolgu materyalleridir. Kök kanal tedavisinde kanal dolgusu sırasında kullanılan AH Plus kök kanal patı, dünyada tüm klinisyenlerin en yaygın olarak kullandıkları kanal dolgu patlarından biridir. Flores ve ark. (372)'nin ve Versiani ve ark. (373)'nin, yaptıkları çalışmalarda; AH Plus'ın diğer patlara göre daha uygun bir stabilitesi olduğu, büzülme ve şekil değişikliğinin önemli olmayan boyutlarda olduğunu gösterip, çalışmaların bu pat ile yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Üretici firma AH Plus kanal patının sertleşme süresini 8 saat olarak belirtmiştir. AH Plus kanal patının kullanıldığı retreatmentlar ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında kanal patının sertleşmesi için 1 haftadan 3 aya kadar beklenen çalışmalar bulunmaktadır (10, 50, 52). Çalışmamızda kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra retreatment işlemi için 2 hafta beklenmiştir.

ProTaper Universal Retreatment eğelerinin spesifik oluk tasarımı ve dönme hareketi güta perkayı oluklar aracılığıyla kanal ağzına doğru çeker ve dönme hareketleri ile güta perkayı plastikleştirilecek belirli bir sürtünme ısısı üretir. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada Protaper Next ve Protaper Retreatment grupları, manuel gruba göre daha az artık güta perka ve kanal patı göstermiştir. Güta perka ve kanal patının uzaklaştırılması için gereken süre nikel titanyum döner sistemlerinde, manuel gruptan önemli ölçüde daha azdır (374). Madani ve ark. (368) 'nın yaptıkları çalışmada ProTaper Universal Retreatment ve D-RaCe grupları arasında artık kanal dolgu materyali ve prosedür hataları ile ilgili önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Başka bir çalışmada ise Protaper Retreatment ve Mtwo Retreatment sistemlerinin kullanıldığı gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark

bulunamamıştır (55). Çalışmamızda bu çalışmalar göz önünde bulundurularak retreatmentta kanal dolgu sökümünde Protaper Retreatment sistemi tercih edilmiştir.

Horvath ve ark. (318) 2009 yılında yaptıkları çalışmada kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılması sırasında ekstra bir solvent kullanımının kök kanalı duvarlarında residüel olarak kalıp dentin tübüllerinin içine nüfuz ettiklerini bildirdiklerinden bu çalışmada kanal içinde herhangi bir solvent kullanılmamıştır.

Son zamanlarda, retreatmenttan sonra artık dolgu materyali miktarının belirlenmesi amacı ile mikro-CT veya CBCT analizleri kullanılmaktadır. Mikro-CT'nin, CBCT'ye kıyasla daha iyi çözünürlüğe sahip olması ve hacim tahmini ile ilgili daha doğru sonuçlar göstermesine karşın (348) yakın zamanlarda yapılan bir çalışma; retreatment prosedürleri için faydalı olabilecek artık kök kanal dolgu materyalinin hacimsel ölçümü için kullanılan mikro-CT ve CBCT arasında yüksek korelasyon göstermiştir (316). CBCT'nin erişebilirliği ve etkinlik-maliyet oranı göz önünde bulundurularak çalışmamızda artık dolgu materyali hacmini belirlemek için CBCT kullanılmıştır. CBCT görüntüleme sistemi dışın kök kanalının bütünlüğü bozulmadan üç boyutlu bir şekilde görüntülenmesini sağlamaktadır.

Sodyum hipokloritin hem antibakteriyel hem de doku çözücü etkisini ulaşılması zor alanlarda etkisini arttırmak için iğne ile irrigasyona ek çeşitli irrigasyon yöntemleri önerilmiştir (82, 83). Ultrasonik ile kombine edilmiş %17'lik EDTA'nın 1 dakikalık uygulaması kök kanalının apikal bölgesinde smear tabakası ve debrisin kaldırılmasında etkilidir (104). Çalışmamızda retreatmentta artık dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında daha etkili olacağını düşündüğümüz için son irrigasyonda hem EDTA hem de NaOCl ile yıkama solüsyonu aktivasyonu yapıldı.

Yaptığımız tez çalışmasında retreatmentta kök kanal dolgusu ve kanal patınının eğimli kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılması amacıyla farklı irrigasyon yöntemlerinin kullanılmasının tedavinin başarısını klinik açıdan artıracığı düşüncesiyle hareket edilmiştir.

Produits Dentaires SA tarafından geliştirilen IrriFlex® geleneksel metal iğnelerin sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacıyla üretilmiştir. Kapalı ucunun hemen altında arka arkaya düzenlenmiş iki yan deliği ile yıkama solüsyonunun ekstrüzyon riski kontrol edilirken güçlü yan akış sağlanır ve solüsyonun geri akışı kolaylaşır (9). Literatürde,

retreatment işleminde Irriflex'in etkisini değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre Irriflex; retreatmentta son irrigasyonda EDDY ile irrigasyon ve PUI ile benzer derecede etkili bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda PUI'nin eğimli kök kanallarında kanal dolgu materyalini uzaklaştırmadaki etkinliği tartışmalıdır. Da Rosa ve ark. (184) 2015 yılında yaptıkları çalışmada PUI'nin eğimli kanallardaki etkinliğini micro-CT analizi kullanarak incelemişlerdir. Eğimleri 22°'den fazla olan üst molarların mezio-bukkal ve distobukkal kanallarını dahil ettikleri çalışmada, tek başına döner aletler ve döner aletlere ek PUI kullanımının kanal dolgusunun uzaklaştırması arasında fark olmadığı sonucuna varmışlardır. Bu sonuç bizim çalışmamızda elde ettiğimiz verilerle uyumludur.

Retreatmentta PUI'nin kanal dolgu materyalini etkili bir şekilde uzaklaştıramamasının; AH Plus'ın kök dentinine bağlanma kuvvetinin yüksek olması (375) ve adezyonunun PUI'nin meydana getirdiği akustik mikro akış ve kavitasyon tarafından oluşturulan kuvvetlerden daha yüksek olması sebepleriyle meydana geldiği düşünülmektedir. Ancak eğimli kanallarda PUI kullanımının dolgu materyali artıklarının uzaklaştırılmasını artırdığını bildiren çalışmalar da vardır. Cavanago ve ark. (185)'nin 2014 yılında ve Silveira ve ark. (13) 2018 yılında yaptıkları çalışmalarda PUI'nin eğimli kanallarda dolgu maddesinin kaldırılmasını önemli ölçüde arttırdığını ve kök kanal temizliğini geliştirdiğini göstermiştir. Cavenago ve ark. (185) çalışmamızda kullandığımızdan daha az eğimli kanalları (10°-30°) kullandıkları ve kanal tedavisinde kanal dolgusunu devamlı vertikal kompaksiyon yöntemi ile yaptıklarından çalışmamızdakinden farklı bir sonuç elde etmiş olabilirler. Ayrıca Silveria ve ark. kanal eğimleri 16°–20° arasında değişen kanalları HyFlex NT (HF; Coltene, New York, NY) ve Mani GPR (MN; Mani Inc, Tokyo, Japonya) eğeleri ile 40/04 boyutuna kadar şekillendirdikten sonra PUI uygulamışlardır. Daha az eğimli ve daha geniş kanallarda ultrasonik ucun kanalda ilerlemesi daha kolay olduğundan PUI'nun kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında etkili olduğu sonucuna varmış olabilirler.

EDDY son zamanlarda, yıkama solüsyonunun sonik aktivasyonu için piyasaya sürülen yeni bir sonik uçtur. Diğer sonik cihazlardan farklı olarak 6000 Hz frekansta çalışır (198). Plotino ve ark. (199) EDDY ile yapılan sonik aktivasyonda, aktivasyon süresinin (20s-40s-60s) kanallardan debrisin temizlenmesi üzerine bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda EDDY kullanılarak, NaOCl ile 60 saniye ve EDTA ile 20 saniye aktivasyon yapılmıştır.

Kaloustian ve ark. (3) iki sonik aktivasyon cihazı olan EDDY ve MM1500 (Micro-Mega)'ün oval kanallardan kanal dolgu materyalinin sökümü üzerindeki etkisinin benzer olduğunu göstermiştir. Her iki aktivasyon cihazı da dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasını önemli ölçüde arttırmıştır. Çalışmalarında mandibular molarların oval distal kanallarını kullanmışlar ve apikal boyutu 40 olacak şekilde preperasyonu tamamladıktan sonra EDDY'i son irrigasyonda kullanmışlardır. Bu çalışmadan farklı olarak çalışmamızda EDDY'nin iğne ile irrigasyonla karşılaştırıldığında ilave bir etkisinin olmamasının sebebi çalışmamızda eğimli kanalların kullanılması ve apikal boyutu 30 olacak şekilde daha az şekillendirme yapılması olabilir. Ek olarak Kaloustian ve ark. çalışmalarında micro-CT kullanırken çalışmamızda değerlendirme CBCT kullanılarak yapıldı.

## 6. SONUÇLAR

Çalışmamızda mandibular molarların eğimli mesial kök kanallarında uygulanan retreatment işleminin son irrigasyon aşamasında; iğne ile irrigasyon, Irriflex ile irrigasyon, ultrasonik ile irrigasyon ve Eddy ile irrigasyon yöntemlerinin artık kök kanal dolgusunu uzaklaştırma üzerindeki etkinliği CBCT ile incelendi. Bu çalışmanın sınırları dahilinde elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

1. İrrigasyon yöntemlerinin hiçbiri kök kanal dolgusunu tamamen uzaklaştıramamıştır.
2. Retreatment sonrası kanal duvarlarındaki artık kalan dolgu materyali miktarı bakımından; iğne ile irrigasyon, Irriflex ile irrigasyon, ultrasonik ile irrigasyon ve Eddy ile irrigasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ).
3. Eğimli kanallara retreatment yapılırken, Irriflex ile irrigasyon, ve Eddy ile irrigasyon yöntemlerinin etkinliğini karşılaştırmak üzere yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.
4. Eğimli kanallarda kök kanal dolgu materyali uzaklaştırılırken döner sistem ile şekillendirmeye ek olarak yeni irrigasyon yöntemlerine ve ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

## 7.KAYNAKLAR

1. Pedullà E, Abiad RS, Conte G, Khan K, Lazaridis K, Rapisarda E, Neelakantan P (2019). Retreatability of two hydraulic calcium silicate-based root canal sealers using rotary instrumentation with supplementary irrigant agitation protocols: a laboratory-based micro-computed tomographic analysis. *International Endodontic Journal* 52: 1377–1387.
2. Co N (2010). Non-surgical retreatment : experimental studies on the removal of root filling materials. *Review Literature And Arts Of The Americas* 4.
3. Kaloustian MK, Nehme W, Hachem C El, Zogheib C, Ghosn N, Michetti J, Naaman A, Diemer F (2019). Evaluation of two shaping systems and two ultrasonic irrigation devices in removing root canal filling material from mesial roots of mandibular molars: A micro CT study. *Dentistry Journal* 7.
4. Martins MP, Duarte MAH, Cavenago BC, Kato AS, da Silveira Bueno CE (2017). Effectiveness of the ProTaper Next and Reciproc Systems in Removing Root Canal Filling Material with Sonic or Ultrasonic Irrigation: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics* 43: 467–471.
5. Yılmaz F, Koç C, Kamburoğlu K, Ocak M, Geneci F, Uzuner MB, Çelik HH (2018). Evaluation of 3 Different Retreatment Techniques in Maxillary Molar Teeth by Using Micro-computed Tomography. *Journal of Endodontics* 44.
6. Rodrigues CT, Duarte MAH, Guimarães BM, Vivan RR, Bernardineli N (2017). Comparison of two methods of irrigant agitation in the removal of residual filling material in retreatment. *Brazilian oral research* 31: e113.
7. Hargreaves LBK (2016). *Cohen's pathways of the pulp, 11th edition*. *British Dental Journal* (Vol. 210).
8. Nguyen TA, Kim Y, Kim E, Shin S-J, Kim S (2019). Comparison of the Efficacy of Different Techniques for the Removal of Root Canal Filling Material in Artificial Teeth: A Micro-Computed Tomography Study. *Journal of Clinical Medicine* 8: 984.
9. Diemer DF, Diemer M, Beaugendre A, Blasco-baqué V, Mallet J (n.d.). Irrigation in

endodontics — new needle for better results.

10. Keles A, Kamalak A, Keskin C, Akçay M, Uzun İ (2016). The efficacy of laser, ultrasound and self-adjustable file in removing smear layer debris from oval root canals following retreatment: A scanning electron microscopy study. *Australian Endodontic Journal* 42: 104–111.
11. Van Der Sluis LWM, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *International Endodontic Journal* 40.
12. Evans M (2020). Book Review: Ingle's Endodontics 7. *Dental Traumatology* 36.
13. Silveira SB, Alves FRF, Marceliano-Alves MF, Sousa JCN, Vieira VTL, Siqueira JF, Lopes HP, Provenzano JC (2018). Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Mani GPR or HyFlex NT Followed by Passive Ultrasonic Irrigation. *Journal of Endodontics* 44: 299-303.e1.
14. George R (2019). Evaluation of the evidence of effectiveness of ultrasonic activated irrigation for root canal treatment. *Evidence-Based Dentistry* 20.
15. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S (2017). Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigations* 21.
16. Daokar DS (2013). Endodontic Failures-A Review. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences* 4: 5–10.
17. Alrahabi M, Zafar MS, Adanir N (2019). Aspects of Clinical Malpractice in Endodontics. *European Journal of Dentistry* 13.
18. Alghamdi F, Shakir M (2020). The Influence of Enterococcus faecalis as a Dental Root Canal Pathogen on Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus*. doi:10.7759/cureus.7257.
19. Evans M, Davies JK, Sundqvist G, Figdor D (2002). Mechanisms involved in the resistance of Enterococcus faecalis to calcium hydroxide. *International Endodontic*

*Journal* 35.

20. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, Pashley DH, Tay FR (2011). Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics* 37.
21. Siqueira JF, Rôças IN (2009). Diversity of Endodontic Microbiota Revisited. *Journal of Dental Research* 88.
22. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A (2019). Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal* 24.
23. Hancock HH, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J (2001). Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 91.
24. BERGENHOLTZ G, LEKHOLM U, MILTHON R, HEDEN G, ÖDESJÖ B, ENGSTRÖM B (1979). Retreatment of endodontic fillings. *European Journal of Oral Sciences* 87.
25. Stabholz A, Friedman S (1988). Endodontic retreatment-Case selection and technique. Part 2: Treatment planning for retreatment. *Journal of Endodontics* 14.
26. Pontius V, Pontius O, Braun A, Frankenberger R, Roggendorf MJ (2013). Retrospective evaluation of perforation repairs in 6 private practices. *Journal of Endodontics* 39.
27. Torabinejad M, Weir WR (2011). Endodonti Temel İlkeler ve Uygulamalar. *Nobel*.
28. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J (2005). Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *Journal of the American Dental Association* 136.
29. AAE special committee of full-time educators (2015). Glossary of Endodontic Terms 2016. *Glossary of Endodontic Terms* 9: 43.
30. Nair PNR (2006). On the causes of persistent apical periodontitis: A review.

31. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal* 30.
32. Tronstad L, Asbjørnsen K, Døving L, Pedersen I, Eriksen HM (2000). Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Dental Traumatology* 16.
33. Libonati A, Taranto VDI, D'Agostini C, Santoro MM, Carlo DDI, Ombres D, Gallusi G, Favalli C, Marzo G, Campanella V (2018). Comparison of coronal leakage of different root canal filling techniques: An ex vivo study. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents* 32.
34. Moreno JO, Alves FRF, Gonçalves LS, Martinez AM, Rôças IN, Siqueira JF (2013). Periradicular status and quality of root canal fillings and coronal restorations in an urban colombian population. *Journal of Endodontics* 39.
35. Siqueira JF, Rôças IN, Alves FRF, Campos LC (2005). Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a Brazilian population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 100.
36. Siqueira JF, Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M (2014). Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *British Dental Journal* 216.
37. Shemesh H, Lindtner T, Portoles CA, Zaslansky P (2018). Dehydration Induces Cracking in Root Dentin Irrespective of Instrumentation: A Two-dimensional and Three-dimensional Study. *Journal of Endodontics* 44.
38. Yamaguchi M, Noiri Y, Itoh Y, Komichi S, Yagi K, Uemura R, Naruse H, Matsui S, Kuriki N, Hayashi M, *et al.* (2018). Factors that cause endodontic failures in general practices in Japan. *BMC Oral Health* 18.
39. García CC, Sempere FV, Diago MP, Bowen EM (2007). The post-endodontic periapical lesion: histologic and etiopathogenic aspects. *Medicina oral, patología oral*

y cirugía bucal 12.

40. Çalışkan MK, Kaval ME, Tekin U, Ünal T (2016). Radiographic and histological evaluation of persistent periapical lesions associated with endodontic failures after apical microsurgery. *International Endodontic Journal* 49.
41. Ruddle CJ (2004). Nonsurgical retreatment. *Journal of Endodontics* 30: 827–845.
42. Kang M, In Jung H, Song M, Kim SY, Kim HC, Kim E (2015). Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis. *Clinical Oral Investigations* 19: 569–582.
43. Simsek N, Keles A, Ahmetoglu F, Ocak MS, Yologlu S (2014). Comparison of different retreatment techniques and root canal sealers: a scanning electron microscopic study. *Brazilian oral research* 28: 1–7.
44. Ricucci D, Siqueira JF, Bate AL, Pitt Ford TR (2009). Histologic Investigation of Root Canal-treated Teeth with Apical Periodontitis: A Retrospective Study from Twenty-four Patients. *Journal of Endodontics* 35.
45. Nešković J, Živković S, Medojević M, Maksimović M (2016). Outcome of orthograde endodontic retreatment – A two-year follow-up. *Srpski Arhiv za Celokupno Lekarstvo* 144.
46. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S (2009). Outcomes of Nonsurgical Retreatment and Endodontic Surgery: A Systematic Review. *Journal of Endodontics* 35.
47. Schirrmeister JF, Meyer KM, Hermanns P, Altenburger MJ, Wrbas KT (2006). Effectiveness of hand and rotary instrumentation for removing a new synthetic polymer-based root canal obturation material (Epiphany) during retreatment. *International Endodontic Journal* 39.
48. Zuolo AS, Mello JE, Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CES (2013). Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *International Endodontic Journal* 46.

49. Rödiger T, Reicherts P, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M (2014). Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *International Endodontic Journal* 47.
50. Bernardes RA, Duarte MAH, Vivan RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, Bramante CM (2016). Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal* 49: 890–897.
51. Marques da Silva B, Baratto-Filho F, Leonardi DP, Henrique Borges A, Volpato L, Branco Barletta F (2012). Effectiveness of ProTaper, D-RaCe, and Mtwo retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material. *International Endodontic Journal* 45.
52. Fruchi LDC, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Hungaro Duarte MA, Da Silveira Bueno CE, De Martin AS (2014). Efficacy of reciprocating instruments for removing filling material in curved canals obturated with a single-cone technique: A micro-computed tomographic analysis. *Journal of Endodontics* 40.
53. Marfisi K, Mercadé M, Plotino G, Clavel T, Duran-Sindreu F, Roig M (2015). Efficacy of Reciproc® and Profile® Instruments in the Removal of Gutta-Percha from Straight and Curved Root Canals ex Vivo. *Journal of Oral and Maxillofacial Research* 6.
54. Crozeta BM, Silva-Sousa YTC, Leoni GB, Mazzi-Chaves JF, Fantinato T, Baratto-Filho F, Sousa-Neto MD (2016). Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems. *Journal of Endodontics* 42.
55. Alves FRF, Ribeiro TO, Moreno JO, Lopes HP (2014). Comparison of the efficacy of nickel-titanium rotary systems with or without the retreatment instruments in the removal of gutta-percha in the apical third. *BMC Oral Health* 14.
56. B MV (2012). Removal of filling material in the apical root canal by three retreatment approaches 6.

57. Alves RF, Provenzano C (2016). Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher 42.
58. Belladonna FG, Zuolo AS, Cavalcante DM, Carvalho JCA, Sim M, Jca C (2019). XP-endo Finisher R instrument optimizes the removal of root filling remnants in oval-shaped canals 899–907. doi:10.1111/iej.13077.
59. Silva EJNL, Belladonna FG (2018). Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study 86–91. doi:10.1111/iej.12788.
60. Aksel H, Serper A, Ocak M, Aksel H (2019). Micro-CT evaluation of the removal of root fillings using the ProTaper Universal Retreatment system supplemented by the XP-Endo Finisher file 2: 1070–1076.
61. Siqueira JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics* 26.
62. Zehnder M (2006). Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics* 32: 389–398.
63. Bukhari S, Babaeer A (2019). Irrigation in Endodontics: a Review. *Current Oral Health Reports* 6: 367–376.
64. Kandaswamy D, Venkateshbabu N (2010). Root canal irrigants. *Journal of Conservative Dentistry* 13.
65. Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S (1975). Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *Journal of Endodontics* 1.
66. Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S (2009). Comparison of the Efficacy of Maleic Acid and Ethylenediaminetetraacetic Acid in Smear Layer Removal from Instrumented Human Root Canal: A Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Endodontics* 35.

67. Prado M, Gusman H, Gomes BPFA, Simão RA (2011). Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *Journal of Endodontics* 37.
68. Sassone LM, Fidel RAS, Murad CF, Fidel SR, Hirata R (2008). Antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine by two different tests. *Australian Endodontic Journal* 34.
69. Huang TY, Gulabivala K, Ng YL (2008). A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *International Endodontic Journal* 41.
70. Bloomfield Sf, Miles Ga (1979). The Antibacterial Properties of Sodium Dichloroisocyanurate and Sodium Hypochlorite Formulations. *Journal of Applied Bacteriology* 46.
71. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal* 13.
72. Martinho FC, Gomes BPFA (2008). Quantification of Endotoxins and Cultivable Bacteria in Root Canal Infection before and after Chemomechanical Preparation with 2.5% Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics* 34.
73. Rodrigues RCV, Zandi H, Kristoffersen AK, Enersen M, Mdala I, Ørstavik D, Rôças IN, Siqueira JF (2017). Influence of the Apical Preparation Size and the Irrigant Type on Bacterial Reduction in Root Canal-treated Teeth with Apical Periodontitis. *Journal of Endodontics* 43: 1058–1063.
74. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, Breschi L, Grandini S (2010). Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *Journal of Endodontics* 36.
75. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M (2005). The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics* 31.
76. Siqueira JF, Rôças IN, Paiva SSM, Guimarães-Pinto T, Magalhães KM, Lima KC

- (2007). Bacteriologic investigation of the effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine during the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 104.
77. Kvist T, Molander A, Dahlén G, Reit C (2004). Microbiological evaluation of one- and two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: A randomized, clinical trial. *Journal of Endodontics* 30.
  78. Siqueira JF, Magalhães KM, Rôças IN (2007). Bacterial Reduction in Infected Root Canals Treated With 2.5% NaOCl as an Irrigant and Calcium Hydroxide/Camphorated Paramonochlorophenol Paste as an Intracanal Dressing. *Journal of Endodontics* 33.
  79. Siqueira JF, Guimarães-Pinto T, Rôças IN (2007). Effects of Chemomechanical Preparation With 2.5% Sodium Hypochlorite and Intracanal Medication With Calcium Hydroxide on Cultivable Bacteria in Infected Root Canals. *Journal of Endodontics* 33.
  80. Rôças IN, Provenzano JC, Neves MAS, Siqueira JF (2016). Disinfecting Effects of Rotary Instrumentation with Either 2.5% Sodium Hypochlorite or 2% Chlorhexidine as the Main Irrigant: A Randomized Clinical Study. *Journal of Endodontics* 42.
  81. Huffaker SK, Safavi K, Spangberg LSW, Kaufman B (2010). Influence of a passive sonic irrigation system on the elimination of bacteria from root canal systems: A clinical study. *Journal of Endodontics* 36.
  82. Basrani B, Malkhassian G (2015). Update of Endodontic Irrigating Solutions. *Endodontic Irrigation*. doi:10.1007/978-3-319-16456-4\_5.
  83. Siqueira JF, Rôças IN (2011). Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: A quest for predictability. *Australian Endodontic Journal* 37.
  84. Moon YM, Shon WJ, Baek SH, Bae KS, Kum KY, Lee WC (2010). Effect of Final Irrigation Regimen on Sealer Penetration in Curved Root Canals. *Journal of Endodontics* 36.

85. Caron G, Nham K, Bronnec F, MacHtou P (2010). Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *Journal of Endodontics* 36.
86. Luddin N, Aly Ahmed HM (2013). The antibacterial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against *Enterococcus faecalis*: A review on agar diffusion and direct contact methods. *Journal of Conservative Dentistry* 16.
87. Hülsmann M, Hahn W (2000). Complications during root canal irrigation - Literature review and case reports. *International Endodontic Journal* 33.
88. Ishizuka T, Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Iwasaki N, Takahashi H, Nishimura F (2001). Effect of NaClO Treatment on Bonding to Root Canal Dentin Using a New Evaluation Method. *Dental Materials Journal* 20: 24–33.
89. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J (1999). Bond strengths to endodontically-treated teeth. *American Journal of Dentistry* 12.
90. Orhan EO, Bahadır D, Akgün C, Aktaş S (2020). Scanning electron microscopic evaluation of the efficacy of 5% ethylenediaminetetraacetic acid for smear layer removal. *Microscopy Research and Technique* 1–8. doi:10.1002/jemt.23582.
91. Consent I, Appointment F, American Association of Endodontists (2018). Clinical Considerations for a Regenerative Procedure. *AAE*.
92. Galler KM, Krastl G, Simon S, Van Gorp G, Meschi N, Vahedi B, Lambrechts P (2016). European Society of Endodontology position statement: Revitalization procedures. *International Endodontic Journal* 49.
93. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á (2003). Chelating agents in root canal treatment: Mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal* 36: 810–830.
94. Serper A, Çalt S (2002). The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of Endodontics* 28.
95. Anderson DN, Joyce AP, Roberts S, Runner R (2006). A comparative photoelastic

- stress analysis of internal root stresses between RC Prep and saline when applied to the Profile/GT rotary instrumentation system. *Journal of Endodontics* 32.
96. Kelaş A, Köseoğlu M (2009). Dissolution of root canal sealers in EDTA and NaOCl solutions. *Journal of the American Dental Association* 140: 74–79.
  97. De Almeida J, Hoogenkamp M, Felipe WT, Crielaard W, Van Der Waal S V. (2016). Effectiveness of EDTA and Modified Salt Solution to Detach and Kill Cells from *Enterococcus faecalis* Biofilm. *Journal of Endodontics* 42.
  98. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I (1995). Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics* 21.
  99. Galler KM, Buchalla W, Hiller KA, Federlin M, Eidt A, Schiefersteiner M, Schmalz G (2015). Influence of root canal disinfectants on growth factor release from dentin. *Journal of Endodontics* 41.
  100. Mancini M, Armellini E, Casaglia A, Cerroni L, Cianconi L (2009). A Comparative Study of Smear Layer Removal and Erosion in Apical Intraradicular Dentine With Three Irrigating Solutions: A Scanning Electron Microscopy Evaluation. *Journal of Endodontics* 35.
  101. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H (2002). A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal* 35.
  102. Wang Z, Maezono H, Shen Y, Haapasalo M (2016). Evaluation of Root Canal Dentin Erosion after Different Irrigation Methods Using Energy-dispersive X-ray Spectroscopy. *Journal of Endodontics* 42.
  103. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M (2003). Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal* 36: 411–415.
  104. Kuah HG, Lui JN, Tseng PSK, Chen NN (2009). The Effect of EDTA with and without Ultrasonics on Removal of the Smear Layer. *Journal of Endodontics* 35.

105. Boutsoukios C, Lambrianidis T, Kastrinakis E (2009). Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: A Computational Fluid Dynamics study. *International Endodontic Journal* 42.
106. Herrera DR, Martinho FC, de-Jesus-Soares A, Zaia AA, Ferraz CCR, Almeida JFA, Gomes BPFA (2017). Clinical efficacy of EDTA ultrasonic activation in the reduction of endotoxins and cultivable bacteria. *International Endodontic Journal* 50.
107. Greenstein G, Berman C, Jaffin R (1986). Chlorhexidine: An Adjunct to Periodontal Therapy. *Journal of Periodontology* 57.
108. Jeansonne MJ (1994). A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *Journal of Endodontics* 20.
109. Tatuall FM, Leigh IM, Gibson JR (1990). Comparative study of antiseptic toxicity on basal keratinocytes, transformed human keratinocytes and fibroblasts. *Skin Pharmacology and Physiology* 3.
110. Gomes BPFA, Ferraz CCR, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal* 34.
111. Ruksakiet K, Hanák L, Farkas N, Hegyi P, Sadaeng W, Czumbel LM, Sang-ngoen T, Garami A, Mikó A, Varga G, *et al.* (2020). Antimicrobial Efficacy of Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite in Root Canal Disinfection: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of Endodontics* 46: 1032-1041.e7.
112. Siqueira JF, Paiva SSM, Rôças IN (2007). Reduction in the Cultivable Bacterial Populations in Infected Root Canals by a Chlorhexidine-based Antimicrobial Protocol. *Journal of Endodontics* 33.
113. Denton G.W (1991). Chlorhexidine. In: Disinfection, Sterilization and preservation. *Disinfection, Sterilization and preservation*.

114. Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JAP (2004). Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *International Endodontic Journal* 37.
115. Naenni N, Thoma K, Zehnder M (2004). Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *Journal of Endodontics* 30.
116. Gomes BPFA, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CCR (2013). Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian Dental Journal* 24: 89–102.
117. Yang SY, Liu Y, Mao J, Wu YB, Deng YL, Qi SC, Zhou YC, Gong SQ (2020). The antibiofilm and collagen-stabilizing effects of proanthocyanidin as an auxiliary endodontic irrigant. *International Endodontic Journal* 53: 824–833.
118. Greenstein G, Jaffin RA, Hilsen KL, Berman CL (1985). Repair of Anterior Gingival Deformity with Durapatite. *Journal of Periodontology* 56.
119. Fardal O, Turnbull RS (1986). A review of the literature on use of chlorhexidine in dentistry. *Journal of the American Dental Association* (1939) 112.
120. Krithikadatta J, Indira R, Dorothykalyani AL (2007). Disinfection of Dentinal Tubules with 2% Chlorhexidine, 2% Metronidazole, Bioactive Glass when Compared with Calcium Hydroxide as Intracanal Medicaments. *Journal of Endodontics* 33.
121. Abdullah M, Ng YL, Gulabivala K, Moles DR, Spratt DA (2005). Susceptibilities of two *Enterococcus faecalis* phenotypes to root canal medications. *Journal of Endodontics* 31.
122. Zandi H, Rodrigues RCV, Kristoffersen AK, Enersen M, Mdala I, Ørstavik D, Rôças IN, Siqueira JF (2016). Antibacterial Effectiveness of 2 Root Canal Irrigants in Root-filled Teeth with Infection: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics* 42: 1307–1313.
123. Zandi H, Petronijevic N, Mdala I, Kristoffersen AK, Enersen M, Rôças IN, Siqueira JF, Ørstavik D (2019). Outcome of Endodontic Retreatment Using 2 Root Canal Irrigants and Influence of Infection on Healing as Determined by a Molecular Method: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics* 45: 1089-1098.e5.

124. Mohammadi Z, Abbott P V. (2009). The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal* 42.
125. Sulkala M, Tervahartiala T, Sorsa T, Larmas M, Salo T, Tjäderhane L (2007). Matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) is the major collagenase in human dentin. *Archives of Oral Biology* 52.
126. De Munck J, Van Den Steen PE, Mine A, Van Landuyt KL, Poitevin A, Opdenakker G, Van Meerbeek B (2009). Inhibition of enzymatic degradation of adhesive-dentin interfaces. *Journal of Dental Research* 88.
127. Carrilho MRO, Geraldeli S, Tay F, De Goes MF, Carvalho RM, Tjäderhane L, Reis AF, Hebling J, Mazzoni A, Breschi L, *et al.* (2007). In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *Journal of Dental Research* 86.
128. Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR (2005). Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. *Journal of Dental Research* 84.
129. Erdemir A, Ari H, Güngüneş H, Belli S (2004). Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *Journal of Endodontics* 30.
130. Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LAB, Nelson Filho P, Bonifácio KC, Ito IY (1999). In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *Journal of Endodontics* 25.
131. Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K (2004). Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 98: 488–492.
132. Carrilho MR, Carvalho RM, Sousa EN, Nicolau J, Breschi L, Mazzoni A, Tjäderhane L, Tay FR, Agee K, Pashley DH (2010). Substantivity of chlorhexidine to human dentin. *Dental Materials* 26.
133. Ng YL, Mann V, Gulabivala K (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: Part 1: Periapical health. *International Endodontic Journal* 44.

134. van der Sluis LWM, Vogels MPJM, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR (2010). Study on the Influence of Refreshment/Activation Cycles and Irrigants on Mechanical Cleaning Efficiency During Ultrasonic Activation of the Irrigant. *Journal of Endodontics* 36.
135. Plotino G, Pameijer CH, Maria Grande N, Somma F (2007). Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics* 33.
136. Grischke J, Müller-Heine A, Hülsmann M (2014). The effect of four different irrigation systems in the removal of a root canal sealer. *Clinical oral investigations* 18: 1845–1851.
137. Topçuoğlu HS, Düzgün S, Ceyhanlı KT, Akti A, Pala K, Kesim B (2015). Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *International Endodontic Journal* 48: 309–316.
138. Kato AS, Cunha RS, Da Silveira Bueno CE, Pelegri RA, Fontana CE, De Martin AS (2016). Investigation of the efficacy of passive ultrasonic irrigation versus irrigation with reciprocating activation: An environmental scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics* 42.
139. Byström A, Sundqvist G (1981). Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences* 89.
140. Darcey J, Jawad S, Taylor C, Roudsari RV, Hunter M (2016). Modern endodontic principles part 4: Irrigation. *Dental Update* 43.
141. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J (2002). Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *Journal of Endodontics* 28.
142. Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR (2000). Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 89.

143. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR (2009). Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *Journal of Endodontics* 35.
144. Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Arslan H (2018). The Effect of Apical Positive and Negative Pressure Irrigation Methods on Postoperative Pain in Mandibular Molar Teeth with Symptomatic Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics* 44: 1210–1215.
145. Boutsoukis C, Psimma Z, Van der Sluis LWM (2013). Factors affecting irrigant extrusion during root canal irrigation: A systematic review. *International Endodontic Journal* 46.
146. De Gregorio C, Arias A, Navarrete N, Cisneros R, Cohenca N (2015). Differences in disinfection protocols for root canal treatments between general dentists and endodontists: A Web-based survey. *Journal of the American Dental Association* 146.
147. Van Der Sluis LWM, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR (2006). 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. *International Endodontic Journal* 39.
148. Gliksberg J (1995). An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *Journal of Endodontics* 21.
149. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y (2014). Irrigation in endodontics. *Nature Publishing Group* 299–303. doi:10.1038/sj.bdj.2014.204.
150. Mitchell RP, Yang SE, Baumgartner JC (2010). Comparison of Apical Extrusion of NaOCl Using the EndoVac or Needle Irrigation of Root Canals. *Journal of Endodontics* 36.
151. Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LWM (2010). The effect of root canal taper on the irrigant flow: Evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *International Endodontic Journal* 43.

152. Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, van der Sluis LWM (2010). The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *International Endodontic Journal* 43.
153. Psimma Z, Boutsoukis C, Kastrinakis E, Vasiliadis L (2013). Effect of needle insertion depth and root canal curvature on irrigant extrusion ex vivo. *Journal of Endodontics* 39.
154. Park E, Shen Y, Khakpour M, Haapasalo M (2013). Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. *Journal of Endodontics* 39.
155. Adcock JM, Sidow SJ, Looney SW, Liu Y, McNally K, Lindsey K, Tay FR (2011). Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. *Journal of Endodontics* 37.
156. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N (2009). Effect of EDTA, Sonic, and Ultrasonic Activation on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics* 35.
157. Widjiastuti I, Rudyanto D, Yuanita T, Bramantoro T, Widodo WA (2018). Cleaning efficacy of root canal irrigation with positive and negative pressure system. *Iranian Endodontic Journal* 13: 398–402.
158. Tay FR, Gu L sha, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun SN, Kim J, Looney SW, Pashley DH (2010). Effect of Vapor Lock on Root Canal Debridement by Using a Side-vented Needle for Positive-pressure Irrigant Delivery. *Journal of Endodontics* 36.
159. Zaldivar JR, Arias A (2020). Positive and negative pressure irrigation in oval root canals with apical ramifications : a computational fluid dynamics evaluation in micro-CT scanned real teeth 671–679. doi:10.1111/iej.13260.
160. Ögr Y, Güzide Ü, Sezgin P, Üyesi Ö, Gündoğar M (n.d.). Endodontik tedavinin gizli silahı : İrrigasyon 26–33.

161. Varela P, Souza E, de Deus G, Duran-Sindreu F, Mercadé M (2019). Effectiveness of complementary irrigation routines in debriding pulp tissue from root canals instrumented with a single reciprocating file. *International Endodontic Journal* 52: 475–483.
162. Jasrotia A, Bhagat K, Bhagat N, Bhagat RK (2019). Comparison of Five Different Irrigation Techniques on Smear Layer Removal in Apical Thirds of Root Canals of Mandibular First Premolar: A Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry* 9.
163. Gulabivala K, Ng YL, Gilbertson M, Eames I (2010). The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiological Measurement* 31.
164. Neelakantan P, Devaraj S, Jagannathan N (2016). Histologic Assessment of Debridement of the Root Canal Isthmus of Mandibular Molars by Irrigant Activation Techniques Ex Vivo. *Journal of Endodontics* 42: 1268–1272.
165. Khaord P, Amin A, Shah M, Uthappa R, Raj N, Kachalia T, Kharod H (2015). 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. *Journal of Conservative Dentistry* 18.
166. Virdee SS, Farnell DJJ, Silva MA, Camilleri J, Cooper PR, Tomson PL (2020). The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an ex vivo experiment. *International Endodontic Journal* 53: 986–997.
167. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA (2018). Debris Removal from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars with Laser-activated Irrigation. *Journal of Endodontics* 44: 1697–1701.
168. Stock CJ (1991). Current status of the use of ultrasound in endodontics. *International dental journal* 41.
169. Lea SC, Walmsley AD, Lumley PJ, Landini G (2004). A new insight into the oscillation characteristics of endosonic files used dentistry. *Physics in Medicine and*

*Biology* 49.

170. Weller RN, Brady JM, Bernier WE (1980). Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of Endodontics* 6.
171. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA (1987). Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic streaming and its possible role. *Journal of Endodontics* 13.
172. Ove A. Peters, PD Dr med dent MF (2004). Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *Journal of Endodontics* 30.
173. Wu MK, Van Der Sluis LWM, Wesselink PR (2003). The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *International Endodontic Journal* 36.
174. Munley PJ, Goodell GG (2007). Comparison of Passive Ultrasonic Debridement Between Fluted and Nonfluted Instruments in Root Canals. *Journal of Endodontics* 33.
175. Rodrigues CT, Duarte MAH, Guimarães BM, Vivan RR, Bernardineli N (2017). Comparison of two methods of irrigant agitation in the removal of residual filling material in retreatment. *Brazilian oral research* 31.
176. Munoz HR, Camacho-Cuadra K (2012). In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *Journal of Endodontics* 38.
177. Walmsley AD, Williams AR (1989). Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *Journal of Endodontics* 15.
178. Lumley PJ, Walmsley AD, Walton RE, Rippin JW (1992). Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *Journal of Endodontics* 18.
179. Boutsoukis C, Verhaagen B, Walmsley AD, Versluis M, Van Der Sluis LWM (2013). Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. *International Endodontic Journal* 46.

180. Neelakantan P, Romero M, Vera J, Daoood U, Khan AU, Yan A, Cheung GSP (2017). Biofilms in Endodontics—Current status and future directions. *International Journal of Molecular Sciences* 18.
181. Chen JE, Nurbakhsh B, Layton G, Bussmann M, Kishen A (2014). Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: A computational fluid dynamics analysis. *Australian Endodontic Journal* 40.
182. Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, de Faria-Júnior NB, Watanabe E, Tanomaru-Filho M (2015). Effect of passive ultrasonic irrigation on *Enterococcus faecalis* from root canals: An ex vivo study. *Brazilian Dental Journal* 26.
183. Harrison AJ, Chivatxaranukul P, Parashos P, Messer HH (2010). The effect of ultrasonically activated irrigation on reduction of *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. *International Endodontic Journal* 43.
184. da Rosa RA, Santini MF, Cavenago BC, Pereira JR, Duarte MAH, Só MVR (2015). Micro-CT evaluation of root filling removal after three stages of retreatment procedure. *Brazilian Dental Journal* 26: 612–618.
185. Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, Duarte MAH, del Carpio-Perochena AE, Villas-Bôas MH, Marciano MA, Bramante CM, Moraes IG (2014). Efficacy of xylene and passive ultrasonic irrigation on remaining root filling material during retreatment of anatomically complex teeth. *International Endodontic Journal* 47: 1078–1083.
186. Macedo RG, Verhaagen B, Rivas DF, Versluis M, Wesselink P, Van Der Sluis L (2014). Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *Journal of Endodontics* 40.
187. Parini MR, Pitt WG (2006). Dynamic removal of oral biofilms by bubbles. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 52.
188. Dumani A, Guvenmez HK, Yilmaz S, Yoldas O, Kurklu ZGB (2016). Antibacterial Efficacy of Calcium Hypochlorite with Vibringe Sonic Irrigation System on *Enterococcus faecalis*: An in Vitro Study. *BioMed Research International* 2016.

189. Halford A, Ohl CD, Azarpazhooh A, Basrani B, Friedman S, Kishen A (2012). Synergistic effect of microbubble emulsion and sonic or ultrasonic agitation on endodontic biofilm in vitro. *Journal of Endodontics* 38.
190. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA (1987). Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics* 13.
191. Macedo RG, Verhaagen B, Fernandez Rivas D, Gardeniers JGE, Van Der Sluis LWM, Wesselink PR, Versluis M (2014). Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. *Ultrasonics Sonochemistry* 21.
192. Robinson JP, Macedo RG, Verhaagen B, Versluis M, Cooper PR, van der Sluis LWM, Walmsley AD (2018). Cleaning lateral morphological features of the root canal: the role of streaming and cavitation. *International Endodontic Journal* 51.
193. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LWM (2010). Evaluation of a Sonic Device Designed to Activate Irrigant in the Root Canal. *Journal of Endodontics* 36.
194. DUMMER PMH, ALODEH MHA, DOLLER R (1989). Shaping of simulated root canals in resin blocks using files activated by a sonic handpiece. *International Endodontic Journal* 22.
195. Johnson M, Sidow SJ, Looney SW, Lindsey K, Niu LN, Tay FR (2012). Canal and isthmus debridement efficacy using a sonic irrigation technique in a closed-canal system. *Journal of Endodontics* 38.
196. Niu LN, Luo XJ, Li GH, Bortoluzzi EA, Mao J, Chen JH, Gutmann JL, Pashley DH, Tay FR (2014). Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. *Journal of Dentistry* 42.
197. Bryce G, MacBeth N, Gulabivala K, Ng YL (2018). The efficacy of supplementary sonic irrigation using the EndoActivator® system determined by removal of a collagen film from an ex vivo model. *International Endodontic Journal* 51.
198. Eneide C, Castagnola R, Martini C, Grande NM, Bugli F, Patini R, Cordaro M,

- Sanguinetti M, Olivi G, Isola G, *et al.* (2019). Antibiofilm activity of three different irrigation techniques: An in vitro study. *Antibiotics* 8.
199. Plotino G, Grande NM, Mercade M, Cortese T, Staffoli S, Gambarini G, Testarelli L (2019). Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *Journal of Applied Oral Science* 27.
  200. Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, Niu L, Ma J (2018). Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *Journal of Dentistry* 75.
  201. Hage W, De Moor RJG, Hajj D, Sfeir G, Sarkis DK, Zogheib C (2019). Impact of different irrigant agitation methods on bacterial elimination from infected root canals. *Dentistry Journal* 7.
  202. Eggmann F, Vokac Y, Eick S, Neuhaus KW (2020). Sonic irrigant activation for root canal disinfection: Power modes matter! *BMC Oral Health* 20.
  203. Swimberghe RCD, De Clercq A, De Moor RJG, Meire MA (2019). Efficacy of sonically, ultrasonically and laser-activated irrigation in removing a biofilm-mimicking hydrogel from an isthmus model. *International Endodontic Journal* 52.
  204. Kaloustian MK, Nehme W, El Hachem C, Zogheib C, Ghosn N, Mallet JP, Diemer F, Naaman A (2019). Evaluation of two shaping systems and two sonic irrigation devices in removing root canal filling material from distal roots of mandibular molars assessed by micro CT. *International Endodontic Journal* 52: 1635–1644.
  205. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A (2016). Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. *Journal of Endodontics* 42.
  206. Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo, Rossi-Fedele G, Cisneros R (2017). Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *International Endodontic Journal* 50.
  207. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M (2005). In vivo debridement efficacy of

- ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of Endodontics* 31.
208. Haupt F, Meinel M, Gunawardana A, Hülsmann M (2020). Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Australian Endodontic Journal* 46.
  209. Rödiger T, Koberg C, Baxter S, Konietschke F, Wiegand A, Rizk M (2019). Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. *International Endodontic Journal* 52: 1173–1181.
  210. Plotino G, Özyürek T, Grande NM, Gündoğar M (2019). Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: a scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal* 52.
  211. Do QL, Gaudin A (2020). The efficiency of the ER: YAG laser and photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) as an activation method in endodontic irrigation: A literature review. *Journal of Lasers in Medical Sciences* 11: 316–331.
  212. De Moor RJG, Delmé KIM (2009). Laser-assisted cavity preparation and adhesion to erbium-lased tooth structure: part 1. Laser-assisted cavity preparation. *The journal of adhesive dentistry* 11.
  213. Diaci J, Gaspirc B (2012). Comparison of Er:YAG and Er, Cr:YSGG lasers used in dentistry. *Journal of the Laser and Health Accademy* 2012.
  214. DiVito E, Peters OA, Olivi G (2012). Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers in Medical Science* 27.
  215. De Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, Van Der Sluis LWM (2009). Laser-activated irrigation within root canals: Cleaning efficacy and flow visualization. *International Endodontic Journal* 42.
  216. Blanken J, De Moor RJG, Meire M, Verdaasdonk R (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: A

visualization study. *Lasers in Surgery and Medicine* 41.

217. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M (2006). Surface Tension Comparison of Four Common Root Canal Irrigants and Two New Irrigants Containing Antibiotic. *Journal of Endodontics* 32.
218. Olivi G, Divito E (2012). REVIEW Photoacoustic Endodontics using PIPS™: experimental background and clinical protocol. *Journal of the Laser and Health Academy* 2012.
219. DiVito E, Colonna M, Olivi G (2011). The Photoacoustic Efficacy of an Er:YAG Laser with Radial and Stripped Tips on Root Canal Dentin Walls: An SEM Evaluation. *Journal of Laser Dentistry* 19.
220. Divito E (2012). ER:YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: Use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dentistry Today* 31.
221. Kurzmann C, Meire MA, Lettner S, Farmakis ETR, Moritz A, De Moor RJG (2020). The efficacy of ultrasonic and PIPS (photon-induced acoustic streaming) irrigation to remove artificially placed dentine debris plugs out of an artificial and natural root model. *Lasers in Medical Science* 35: 719–728.
222. Lloyd A, Uhles JP, Clement DJ, Garcia-Godoy F (2014). Elimination of intracanal tissue and debris through a novel laser-activated system assessed using high-resolution micro-computed tomography: A pilot study. *Journal of Endodontics* 40.
223. Deleu E, Meire MA, De Moor RJG (2015). Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers in Medical Science* 30.
224. Gordon W, Atabakhsh VA, Meza F, Doms A, Nissan R, Rizioi I, Stevens RH (2007). The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium:yttrium-scandium- gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with *Enterococcus faecalis*. *Journal of the American Dental Association* 138.
225. Barbakow F, Peters O, Havranek L (1999). Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: A light and scanning electron microscopic study. *Quintessence international*

(Berlin, Germany : 1985) 30.

226. Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K (2000). Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *International Endodontic Journal* 33.
227. Santos C, Sousa-Neto MD, Alfredo E, Guerisoli DMZ, Pecora JD, Lia RFC (2005). Morphologic evaluation of the radicular dentine irradiated with Nd:YAG laser under different parameters and angles of incidence. *Photomedicine and Laser Surgery* 23.
228. Gutknecht N (2016). Proceedings of the 1st International Workshop of Evidence Based Dentistry on Lasers in Dentistry.
229. Namour A, Geerts S, Zeinoun T, De Moor R, Nammour S (2016). Safety irradiation parameters of Nd:YAP laser beam for endodontic treatments: An in vitro study. *BioMed Research International* 2016.
230. Moshonov J, Peretz B, Brown T, Rotstein I (2004). Cleaning of the root canal using Nd:YAP laser and its effect on the mineral content of the dentin. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* 22.
231. Bago I, Plečko V, Gabrić Pandurić D, Schauperl Z, Baraba A, Anić I (2013). Antimicrobial efficacy of a high-power diode laser, photo-activated disinfection, conventional and sonic activated irrigation during root canal treatment. *International Endodontic Journal* 46.
232. Demidova TN, Hamblin MR (2004). Photodynamic therapy targeted to pathogens. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology* 17.
233. Lee MT, Bird PS, Walsh LJ (2004). Photo-activated disinfection of the root canal: A new role for lasers in endodontics. *Australian Endodontic Journal* 30.
234. Rios A, He J, Glickman GN, Spears R, Schneiderman ED, Honeyman AL (2011). Evaluation of photodynamic therapy using a light-emitting diode lamp against enterococcus faecalis in extracted human teeth. *Journal of Endodontics* 37.
235. Bahcall J, Howard P, Miserendino L, Walia H (1992). Preliminary investigation of

- the histological effects of laser endodontic treatment on the periradicular tissues in dogs. *Journal of Endodontics* 18.
236. Le Goff A, Dautel-Morazin A, Guigand M, Vulcain JM, Bonnaure-Mallet M (1999). An evaluation of the CO2 laser for endodontic disinfection. *Journal of Endodontics* 25.
  237. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K (1998). Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery* 16.
  238. Lukac N, Muc BT, Jezersek M, Lukac M (2017). Photoacoustic Endodontics Using the Novel SWEEPS Er:YAG Laser modality. *Journal of the Laser and Health Accademy* 2017: 1–7.
  239. Lukač N, Jezeršek M (2018). Amplification of pressure waves in laser-assisted endodontics with synchronized delivery of Er:YAG laser pulses. *Lasers in Medical Science* 33: 823–833.
  240. Yang Q, Liu MW, Zhu LX, Peng B (2020). 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* 53: 529–538.
  241. Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, Wölflick M, Hiller KA, Buchalla W (2019). Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *International Endodontic Journal* 52: 1210–1217.
  242. Muhammad OH, Rocca JP, Fornaini C, Medioni E (2015). Evolution of the role of phototherapy during endodontic decontamination. *Laser Therapy* 24: 291–302.
  243. Nagayoshi M, Nishihara T, Nakashima K, Iwaki S, Chen K-K, Terashita M, Kitamura C (2011). Bactericidal Effects of Diode Laser Irradiation on *Enterococcus faecalis* Using Periapical Lesion Defect Model . *ISRN Dentistry* 2011.
  244. Garcez AS, Arantes-Neto JG, Sellera DP, Fregnani ER (2015). Effects of

- antimicrobial photodynamic therapy and surgical endodontic treatment on the bacterial load reduction and periapical lesion healing. Three years follow up. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 12.
245. Pourhajibagher M, Ghorbanzadeh R, Parker S, Chiniforush N, Bahador A (2017). The evaluation of cultivable microbiota profile in patients with secondary endodontic infection before and after photo-activated disinfection. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 18.
  246. Rabello DGD, Corazza BJM, Ferreira LL, Santamaria MP, Gomes APM, Martinho FC (2017). Does supplemental photodynamic therapy optimize the disinfection of bacteria and endotoxins in one-visit and two-visit root canal therapy? A randomized clinical trial. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 19.
  247. Asnaashari M, Mojahedi SM, Asadi Z, Azari-Marhabi S, Maleki A (2016). A comparison of the antibacterial activity of the two methods of photodynamic therapy (using diode laser 810 nm and LED lamp 630 nm) against *Enterococcus faecalis* in extracted human anterior teeth. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 13.
  248. Moradi Eslami L, Vatanpour M, Aminzadeh N, Mehrvarzfar P, Taheri S (2019). The comparison of intracanal medicaments, diode laser and photodynamic therapy on removing the biofilm of *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* in the root canal system (ex-vivo study). *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 26: 157–161.
  249. Schlafer S, Vaeth M, Hørsted-Bindslev P, Frandsen EVG (2010). Endodontic photoactivated disinfection using a conventional light source: an in vitro and ex vivo study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 109.
  250. Oda DF, Duarte MAH, Andrade FB, Moriyama LT, Bagnato VS, de Moraes IG (2019). Antimicrobial action of photodynamic therapy in root canals using LED curing light, curcumin and carbopol gel. *International Endodontic Journal* 52: 1010–1019.
  251. Calzavara-Pinton P, Rossi MT, Sala R, Venturini M (2012). Photodynamic antifungal chemotherapy. *Photochemistry and Photobiology* 88.

252. Yildirim C, Karaarslan ES, Ozsevik S, Zer Y, Sari T, Usumez A (2013). Antimicrobial efficiency of photodynamic therapy with different irradiation durations. *European Journal of Dentistry* 7.
253. de Sant'Anna G (2014). Photodynamic therapy for the endodontic treatment of a traumatic primary tooth in a diabetic pediatric patient. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects* 8.
254. Gondim JO, Avaca-Crusca JS, Valentini SR, Zanelli CF, Spolidorio DMP, Giro EMA (2012). Effect of a calcium hydroxide/chlorhexidine paste as intracanal dressing in human primary teeth with necrotic pulp against *Porphyromonas gingivalis* and *Enterococcus faecalis*. *International Journal of Paediatric Dentistry* 22.
255. Tennert C, Feldmann K, Haamann E, Al-Ahmad A, Follo M, Wrbas KT, Hellwig E, Altenburger MJ (2014). Effect of photodynamic therapy (PDT) on *Enterococcus faecalis* biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections. *BMC Oral Health* 14.
256. Costa ACBP, De Campos Rasteiro VM, Pereira CA, Da Silva Hashimoto ESH, Beltrame M, Junqueira JC, Jorge AOC (2011). Susceptibility of *Candida albicans* and *Candida dubliniensis* to erythrosine- and LED-mediated photodynamic therapy. *Archives of Oral Biology* 56.
257. Chui C, Aoki A, Takeuchi Y, Sasaki Y, Hiratsuka K, Abiko Y, Izumi Y (2013). Antimicrobial effect of photodynamic therapy using high-power blue light-emitting diode and red-dye agent on *Porphyromonas gingivalis*. *Journal of Periodontal Research* 48.
258. Paschoal MA, Tonon CC, Spolidório DMP, Bagnato VS, Giusti JSM, Santos-Pinto L (2013). Photodynamic potential of curcumin and blue LED against *Streptococcus mutans* in a planktonic culture. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 10.
259. Chan EKM, Desmeules M, Cielecki M, Dabbagh B, Ferraz dos Santos B (2017). Longitudinal Cohort Study of Regenerative Endodontic Treatment for Immature Necrotic Permanent Teeth. *Journal of Endodontics* 43.

260. Kömerik N, Curnow A, MacRobert AJ, Hopper C, Speight PM, Wilson M (2002). Fluorescence biodistribution and photosensitising activity of toluidine blue O on rat buccal mucosa. *Lasers in Medical Science* 17.
261. Plotino G, Grande NM, Mercade M (2019). Photodynamic therapy in endodontics. *International Endodontic Journal* 52: 760–774.
262. Carvalho EDS, Mello I, Albergaria SJ, Habitante SM, Lage-Marques JL, Raldi DP (2011). Effect of chemical substances in removing methylene blue after photodynamic therapy in root canal treatment. *Photomedicine and Laser Surgery* 29.
263. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F (2007). Effect of Smear Layer on Sealing Ability of Canal Obturation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics* 33.
264. Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Martín-Peinado FJ, González-López S (2008). Decalcifying effect of 15% EDTA, 15% citric acid, 5% phosphoric acid and 2.5% sodium hypochlorite on root canal dentine. *International Endodontic Journal* 41.
265. Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M (2012). Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International Endodontic Journal* 45.
266. Souza MA, Hoffmann IP, Menchik VHS, Zandoná J, Dias CT, Palhano HS, Bertol CD, Rossato-Grando LG (2019). Influence of ultrasonic activation using different final irrigants on antimicrobial activity, smear layer removal and bond strength of filling material. *Australian Endodontic Journal* 45.
267. Asnaashari M, Godiny M, Azari-Marhabi S, Tabatabaei FS, Barati M (2016). Comparison of the antibacterial effect of 810 nm diode laser and photodynamic therapy in reducing the microbial flora of root canal in endodontic retreatment in patients with periradicular lesions. *Journal of Lasers in Medical Sciences* 7: 99–104.
268. Prada I, Micó-Muñoz P, Giner-Lluesma T, Micó-Martínez P, Muwaquet-Rodríguez S, Albero-Monteagudo A (2019). Update of the therapeutic planning of irrigation and intracanal medication in root canal treatment. A literature review. *Journal of Clinical*

and *Experimental Dentistry* 11: e185–e193.

269. Souza LC, Brito PRR, Machado de Oliveira JC, Alves FRF, Moreira EJJ, Sampaio-Filho HR, Rôças IN, Siqueira JF (2010). Photodynamic Therapy with Two Different Photosensitizers as a Supplement to Instrumentation/Irrigation Procedures in Promoting Intracanal Reduction of *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics* 36.
270. Muhammad OH, Chevalier M, Rocca JP, Brulat-Bouchard N, Medioni E (2014). Photodynamic therapy versus ultrasonic irrigation: Interaction with endodontic microbial biofilm, an ex vivo study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 11.
271. Souza MA, Padilha Rauber MG, Zuchi N, Bonacina LV, Ricci R, Dias CT, Bischoff KF, Engelmann JL, Palhano HS (2019). Influence of final irrigation protocols and endodontic sealer on bond strength of root filling material with root dentin previously treated with photodynamic therapy. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* 26: 137–141.
272. de Miranda RG, Colombo APV (2018). Clinical and microbiological effectiveness of photodynamic therapy on primary endodontic infections: a 6-month randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations* 22: 1751–1761.
273. Loroño G, Zaldivar JR, Arias A, Cisneros R, Dorado S, Jimenez-Octavio JR (2020). Positive and negative pressure irrigation in oval root canals with apical ramifications: a computational fluid dynamics evaluation in micro-CT scanned real teeth. *International Endodontic Journal* 53: 671–679.
274. Zeng C, Meghil MM, Miller M, Gou Y, Cutler CW, Bergeron BE, Niu L, Ma J, Tay FR (2018). Antimicrobial efficacy of an apical negative pressure root canal irrigation system against intracanal microorganisms. *Journal of Dentistry* 72: 71–75.
275. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, Gambarini G (2016). New technologies to improve root canal disinfection. *Brazilian Dental Journal* 27: 3–8.
276. Barbosa-Ribeiro M, Arruda-Vasconcelos R, Fabretti FL, Silva EJJ, De-Deus G, Gomes BPFA (2018). Evaluation of apically extruded debris using positive and

- negative pressure irrigation systems in association with different irrigants. *Brazilian Dental Journal* 29: 184–188.
277. Desai P, Himel V (2009). Comparative Safety of Various Intracanal Irrigation Systems. *Journal of Endodontics* 35.
  278. Palazzi F, Giardino L, Mohammadi Z, Rengo S, Riccitiello F (2012). Debridement effectiveness of two different techniques using negative pressure irrigation system. *Giornale Italiano di Endodonzia* 26.
  279. Tooley M, Dingle L, Tooley M, Dingle L (2020). Introduction to fluid mechanics. *Engineering Science*. doi:10.1201/9781003002246-18.
  280. Miller TA, Baumgartner JC (2010). Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Irrigation Using the EndoVac to Endodontic Needle Delivery. *Journal of Endodontics* 36.
  281. Mendonça DH enriqu. da S, Colucci V, Rached-Junior FJ aco. A, Miranda CE duard. S, Silva-Sousa YT eresinh. C, Silva SR och. C da (2015). Effects of various irrigation/aspiration protocols on cleaning of flattened root canals. *Brazilian oral research* 29.
  282. Suman S, Verma P, Prakash-Tikku A, Bains R, Kumar-Shakya V (2017). A comparative evaluation of smear layer removal using apical negative pressure (EndoVac), sonic irrigation (EndoActivator) and Er: YAG laser -An in vitro SEM study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 9: e981–e987.
  283. Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N (2010). Effect of Apical Preparation Size and Preparation Taper on Irrigant Volume Delivered by Using Negative Pressure Irrigation System. *Journal of Endodontics* 36.
  284. Aminoshariae A, Kulild J (2015). Master apical file size - smaller or larger: A systematic review of microbial reduction. *International Endodontic Journal* 48.
  285. Cohenca N, Heilborn C, Johnson JD, Flores DSH, Ito IY, da Silva LAB (2010). Apical negative pressure irrigation versus conventional irrigation plus triantibiotic intracanal dressing on root canal disinfection in dog teeth. *Oral Surgery, Oral*

*Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 109: e42–e46.

286. Pucinelli CM, Da Silva LAB, Cohenca N, Romualdo PC, Da Silva RAB, Consolaro A, De Queiroz AM, Nelson-Filho P (2017). Apical negative pressure irrigation presents tissue compatibility in immature teeth. *Journal of Applied Oral Science* 25: 612–619.
287. Castelo-Baz P, Varela-Patiño P, Ruíz-Piñón M, Abella F, Miguéns-Vila R, Martín-Biedma B (2017). Continuous Apical Negative-Pressure Ultrasonic Irrigation (CANUI): A new concept for activating irrigants. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 9: e789–e793.
288. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R (2010). The Self-adjusting File (SAF). Part 1: Respecting the Root Canal Anatomy-A New Concept of Endodontic Files and Its Implementation. *Journal of Endodontics* 36.
289. Peters OA, Paqué F (2011). Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: A micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics* 37.
290. Gołabek H, Borys KM, Kohli MR, Brus-Sawczuk K, Struzycka I (2019). Chemical aspect of sodium hypochlorite activation in obtaining favorable outcomes of endodontic treatment: An in-vitro study. *Advances in Clinical and Experimental Medicine* 28: 1311–1319.
291. De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, Kfir A (2011). The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics* 37.
292. Melo Ribeiro MV De, Silva-Sousa YT, Versiani MA, Lamira A, Steier L, Pécora JD, Sousa-Neto MD De (2013). Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *Journal of Endodontics* 39.
293. Solomonov M, Paqué F, Kaya S, Adgüzel Ö, Kfir A, Yigit-Özer S (2012). Self-adjusting files in retreatment: A high-resolution micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics* 38: 1283–1287.

294. Abramovitz I, Relles-Bonar S, Baransi B, Kfir A (2012). The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files. *International Endodontic Journal* 45: 386–392.
295. Kaya S, Yiğit-Özer S, Adigüzel Ö (2011). Evaluation of radicular dentin erosion and smear layer removal capacity of Self-Adjusting File using different concentrations of sodium hypochlorite as an initial irrigant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 112.
296. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2017). Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *International Endodontic Journal* 50: 398–406.
297. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M (2010). The Self-adjusting File (SAF). Part 3: Removal of Debris and Smear Layer-A Scanning Electron Microscope Study. *Journal of Endodontics* 36.
298. Kfir A, Blau-Venezia N, Goldberger T, Abramovitz I, Wigler R (2018). Efficacy of self-adjusting file, XP-endo finisher and passive ultrasonic irrigation on the removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove. *Australian Endodontic Journal* 44: 26–31.
299. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA (2014). Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: A micro-computed tomography study. *Clinical Oral Investigations* 18: 1147–1153.
300. Voet KC, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H (2012). Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file. *Journal of Endodontics* 38: 1004–1006.
301. Carvalho MC, Zuolo ML, Arruda-Vasconcelos R, Marinho ACS, Louzada LM, Francisco PA, Pecorari VGA, de Almeida Gomes BPF de A (2019). Effectiveness of XP-Endo Finisher in the reduction of bacterial load in oval-shaped root canals. *Brazilian Oral Research* 33.
302. Machado AG, Guilherme BPS, Provenzano JC, Mf M (2019). Effects of preparation

- with the Self-Adjusting File , TRUShape and XP-endo Shaper systems , and a supplementary step with XP-endo Finisher R on filling material removal during retreatment of mandibular molar canals 709–715. doi:10.1111/iej.13039.
303. Wright CR, Glickman GN, Jalali P, Umorin M (2019). Effectiveness of Gutta-percha/Sealer Removal during Retreatment of Extracted Human Molars Using the GentleWave System. *Journal of Endodontics* 45: 808–812.
  304. Molina B, Glickman G, Vandrangi P, Khakpour M (2015). Evaluation of root canal debridement of human molars using the GentleWave System. *Journal of Endodontics* 41: 1701–1705.
  305. Sigurdsson A, Garland RW, Le KT, Rassoulia SA (2018). Healing of Periapical Lesions after Endodontic Treatment with the GentleWave Procedure: A Prospective Multicenter Clinical Study. *Journal of Endodontics* 44: 510–517.
  306. Ma J, Shen Y, Yang Y, Gao Y, Wan P, Gan Y, Patel P, Curtis A, Khakpour M, Haapasalo M (2015). In vitro study of calcium hydroxide removal from mandibular molar root canals. *Journal of Endodontics* 41: 553–558.
  307. Sonendo I (2018). The GentleWave Procedure Guide.
  308. Crozeta BM, Chaves de Souza L, Correa Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD, Jaramillo DE, Silva RM (2020). Evaluation of Passive Ultrasonic Irrigation and GentleWave System as Adjuvants in Endodontic Retreatment. *Journal of Endodontics* 46: 1279–1285.
  309. Rödiger T, Kupis J, Konietschke F, Dullin C, Drebenstedt S, Hülsmann M (2014). Comparison of hand and rotary instrumentation for removing gutta-percha from previously treated curved root canals: A microcomputed tomography study. *International Endodontic Journal* 47.
  310. Bitter K, Paris S, Pfuertner C, Neumann K, Kielbassa AM (2009). Morphological and bond strength evaluation of different resin cements to root dentin. *European Journal of Oral Sciences* 117.
  311. Chauhan R, Tikku A, Chandra A (2012). Detection of residual obturation material

- after root canal retreatment with three different techniques using a dental operating microscope and a stereomicroscope: An in vitro comparative evaluation. *Journal of Conservative Dentistry* 15.
312. Khalilak Z, Vatanpour M, Dadresanfar B, Moshkelgosha P, Nourbakhsh H (2013). In vitro comparison of gutta-percha removal with h-file and protaper with or without chloroform. *Iranian Endodontic Journal* 8.
  313. Zaslansky P, Fratzl P, Rack A, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H (2011). Identification of root filling interfaces by microscopy and tomography methods. *International Endodontic Journal* 44.
  314. Das S, De Ida A, Das S, Nair V, Saha N, Chattopadhyay S (2017). Comparative evaluation of three different rotary instrumentation systems for removal of gutta-percha from root canal during endodontic retreatment: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry* 20.
  315. Cunha RS, De Martin AS, Barros PP, da Silva FM, de Castilho Jacinto R, da Silveira Bueno CE (2007). In Vitro Evaluation of the Cleansing Working Time and Analysis of the Amount of Gutta-Percha or Resilon Remnants in the Root Canal Walls after Instrumentation for Endodontic Retreatment. *Journal of Endodontics* 33: 1426–1428.
  316. F Yılmaz, G Sönmez, K Kamburoğlu, C Koç, M Ocak HÇ (2019). Accuracy of Root Canal Filling Material : Effect of Voxel Size. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 22: 1091–1098.
  317. Article O (2012). Efficacy of Two Rotary NiTi Instruments in Removal of Resilon / Epiphany Obturants 7: 183–188.
  318. Horvath SD, Altenburger MJ, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister JF (2009). Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents : a scanning electron microscopic study 1032–1038. doi:10.1111/j.1365-2591.2009.01616.x.
  319. Sadat Shojaee N, Vakilinezhad E, Shokouhi MM (2019). In Vitro Comparison of Efficacy of Neolix and ProTaper Universal Retreatment Rotary Systems in Removal

- of Gutta-Percha Combined with Two Different Sealers. *Journal of dentistry (Shiraz, Iran)* 20: 285–291.
320. Schirrmeister JF, Wrbas KT, Meyer KM, Altenburger MJ, Hellwig E (2006). Efficacy of Different Rotary Instruments for Gutta-Percha Removal in Root Canal Retreatment. *Journal of Endodontics* 32.
  321. Sae-Lim V, Indulekha D, Lim BK, Lee HL (2000). Effectiveness of ProFile .04 Taper rotary instruments in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics* 26.
  322. Kosti E, Lambrianidis T, Economides N, Neofitou C (2006). Ex vivo study of the efficacy of H-files and rotary Ni-Ti instruments to remove gutta-percha and four types of sealer. *International Endodontic Journal* 39.
  323. Khedmat S, Azari A, Shamshiri AR, Fadae M, Bashizadeh Fakhar H (2016). Efficacy of protaper and Mtwo retreatment files in removal of gutta-percha and guttaflow from root canals. *Iranian Endodontic Journal* 11: 184–187.
  324. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E (2015). Retreatability of root canals obturated using gutta-percha with bioceramic, MTA and resin-based sealers. *Iranian Endodontic Journal* 10.
  325. De Carvalho Maciel AC, Zaccaro Scelza MF (2006). Efficacy of automated versus hand instrumentation during root canal retreatment: An ex vivo study. *International Endodontic Journal* 39.
  326. Carr GB, Murgel CAF (2010). The Use of the Operating Microscope in Endodontics. *Dental Clinics of North America* 54.
  327. Saunders WP, Saunders EM (1997). Conventional endodontics and the operating microscope. *Dental clinics of North America* 41.
  328. Schirrmeister JF, Hermanns P, Meyer KM, Goetz F, Hellwig E (2006). Detectability of residual Epiphany and gutta-percha after root canal retreatment using a dental operating microscope and radiographs - An ex vivo study. *International Endodontic Journal* 39: 558–565.

329. de Mello JE, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Zuolo ML (2009). Retreatment efficacy of gutta-percha removal using a clinical microscope and ultrasonic instruments: Part I-an ex vivo study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 108.
330. Colombo AP, Fontana CE, Godoy A, De Martin AS, Kato AS, Rocha DG, Pelegri RA, Bueno CE (2016). Effectiveness of the waveone and ProTaper D systems for removing gutta-percha with or without a solvent. *Acta odontologica latinoamericana : AOL* 29.
331. Xu LL, Zhang L, Zhou XD, Wang R, Deng YH, Huang DM (2012). Residual filling material in dentinal tubules after gutta-percha removal observed with scanning electron microscopy. *Journal of Endodontics* 38.
332. Ezzie E, Fleury A, Solomon E, Spears R, He J (2006). Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. *Journal of Endodontics* 32.
333. Hülsmann M, Bluhm V (2004). Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *International Endodontic Journal* 37.
334. Somma F, Cammarota G, Plotino G, Grande NM, Pameijer CH (2008). The Effectiveness of Manual and Mechanical Instrumentation for the Retreatment of Three Different Root Canal Filling Materials. *Journal of Endodontics* 34.
335. Simezo AP, da Silveira Bueno CE, Cunha RS, Pelegri RA, Rocha DGP, de Martin AS, Kato AS (2017). Comparative Analysis of Dentinal Erosion after Passive Ultrasonic Irrigation versus Irrigation with Reciprocating Activation: An Environmental Scanning Electron Study. *Journal of Endodontics* 43.
336. Rached-Júnior FA, Sousa-Neto MD, Bruniera JFB, Duarte MAH, Silva-Sousa YTC (2014). Confocal microscopy assessment of filling material remaining on root canal walls after retreatment. *International Endodontic Journal* 47.
337. Kok D, Da Rosa RA, Barreto MS, Busanello FH, Santini MF, Pereira JR, Só MVR (2014). Penetrability of AH plus and MTA fillapex after endodontic treatment and

- retreatment: A confocal laser scanning microscopy study. *Microscopy Research and Technique* 77: 467–471.
338. Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG (2007). A Confocal Laser Scanning Microscope Investigation of the Epiphany Obturation System. *Journal of Endodontics* 33.
  339. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, de Moraes IG (2009). Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 108.
  340. Canali LCF, Duque JA, Vivan RR, Bramante CM, Só MVR, Duarte MAH (2019). Comparison of efficiency of the retreatment procedure between Wave One Gold and Wave One systems by Micro-CT and confocal microscopy: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations* 23: 337–343.
  341. Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G (2000). Microscopy investigations. Techniques, results, limitations. *American Journal of Dentistry* 13.
  342. Castro RF de, Melo J do SS, Dias LC de L, Silva EJNL, Brandão JM da S (2018). Evaluation of the efficacy of filling material removal and re-filling after different retreatment procedures. *Brazilian oral research* 32: e94.
  343. Versiani MA, Ordinola-Zapata R, Keleş A, Alcin H, Bramante CM, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2016). Middle mesial canals in mandibular first molars: A micro-CT study in different populations. *Archives of Oral Biology* 61.
  344. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA (2014). Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *International Endodontic Journal* 47.
  345. Jung M, Lommel D, Klimek J (2005). The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International Endodontic Journal* 38.

346. HÜLSMANN M, DREBENSTEDT S, HOLSCHER C (2008). Shaping and filling root canals during root canal re-treatment. *Endodontic Topics* 19.
347. Keleş A, Arslan H, Kamalak A, Akçay M, Sousa-Neto MD, Versiani MA (2015). Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: A micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics* 41.
348. Akbulut MB, Akman M, Terlemez A, Magat G, Sener S, Shetty H (2016). Efficacy of twisted file adaptive, reciproc and protaper universal retreatment instruments for root-canal-filling removal: A cone-beam computed tomography study. *Dental Materials Journal* 35: 126–131.
349. Alberto Rubino G, de Miranda Candeiro GT, Gonzales Freire L, Faga Iglecias E, de Melo Lemos É, Luiz Caldeira C, Gavini G (2018). Micro-CT evaluation of gutta-percha removal by two retreatment systems. *Iranian Endodontic Journal* 13: 221–227.
350. Rossi-Fedele G, Ahmed HMA (2017). Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *Journal of Endodontics* 43: 520–526.
351. Kim S (2012). Endodontic application of cone-beam computed tomography in South Korea. *Journal of Endodontics* 38.
352. Yadav P, Bharath MJ, Sahadev CK, Praveen Kumar MR, Rao Y, Ali A, Mohamed S (2013). An in vitro CT comparison of gutta-percha removal with two rotary systems and hedstrom files. *Iranian Endodontic Journal* 8.
353. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P (2001). A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *International Endodontic Journal* 34.
354. Dall'Agnol C, Hartmann MSM, Barletta FB (2008). Computed tomography assessment of the efficiency of different techniques for removal of root canal filling material. *Brazilian Dental Journal* 19.
355. Bornstein MM, Horner K, Jacobs R (2017). Use of cone beam computed tomography

in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontology* 2000 73.

356. Kamburoğlu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yüksel S, Paksoy CS (2013). Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofacial Radiology* 42.
357. Schulze R, Heil U, Groß D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Schoemer E (2011). Artefacts in CBCT: A review. *Dentomaxillofacial Radiology* 40.
358. Brito-Júnior M, Santos LAN, Faria-e-Silva AL, Pereira RD, Sousa-Neto MD (2014). Ex vivo evaluation of artifacts mimicking fracture lines on cone-beam computed tomography produced by different root canal sealers. *International Endodontic Journal* 47.
359. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T (2009). New dimensions in endodontic imaging: Part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *International Endodontic Journal* 42.
360. American T, Association D, Affairs S (2014). The use of cone-beam computed tomography in dentistry. *The Journal of the American Dental Association* 143.
361. Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, Duarte MAH, del Carpio-Perochena AE, Villas-Bôas MH, Marciano MA, Bramante CM, Moraes IG (2014). Efficacy of xylene and passive ultrasonic irrigation on remaining root filling material during retreatment of anatomically complex teeth. *International Endodontic Journal* 47.
362. Pawar A, Thakur B, Metzger Z, Kfir A, Pawar M (2016). The efficacy of the Self-Adjusting File versus WaveOne in removal of root filling residue that remains in oval canals after the use of ProTaper retreatment files: A cone-beam computed tomography study. *Journal of Conservative Dentistry* 19.
363. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S (2013). Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: A cone-beam computed tomography analysis. *Journal of Endodontics* 39.

364. Schneider SW (1971). A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology* 32: 271–275.
365. Article O (2011). Efficacy of Two Rotary Systems in Removing Gutta- Percha and Sealer from the Root Canal Walls 6: 69–73.
366. Bago I, Plotino G, Katić M, Ročan M, Batinić M, Anić I (2020). Evaluation of filling material remnants after basic preparation, apical enlargement and final irrigation in retreatment of severely curved root canals in extracted teeth. *International Endodontic Journal* 53: 962–973.
367. Rodrigues CT, EzEldeen M, Jacobs R, Lambrechts P, Alcalde MP, Hungaro Duarte MA (2021). Cleaning efficacy and uncontrolled removal of dentin of two methods of irrigant activation in curved canals connected by an isthmus. *Australian endodontic journal: the journal of the Australian Society of Endodontology Inc.* doi:10.1111/aej.12534.
368. Madani ZS, Simdar N, Moudi E, Bijani A (2015). CBCT evaluation of the root canal filling removal using D-RaCe, protaper retreatment kit and hand files in curved canals. *Iranian Endodontic Journal* 10: 69–74.
369. Elnaghy AM, Al-Dharrab AA, Abbas HM, Elsaka SE (2017). Evaluation of root canal transportation, centering ratio, and remaining dentin thickness of TRUShape and ProTaper Next systems in curved root canals using micro-computed tomography. *Quintessence International* 48.
370. Park H-J, Seo M-S, Moon Y-M (2018). Root canal volume change and transportation by Vortex Blue, ProTaper Next, and ProTaper Universal in curved root canals. *Restorative Dentistry & Endodontics* 43.
371. Drukteinis S, Peciuliene V, Dummer PMH, Hupp J (2019). Shaping ability of BioRace, ProTaper NEXT and Genius nickel-titanium instruments in curved canals of mandibular molars: a MicroCT study. *International Endodontic Journal* 52.
372. Flores DSH, Rached FJAJ, Versiani MA, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Pécora JD (2011). Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers.

- International endodontic journal* 44: 126–135.
373. Versiani MA, Pécora JD, Sousa-Neto MD (2013). Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. *International endodontic journal* 46: 800–807.
374. Özyürek T, Özsezer Demiryürek E (2017). Efficacy Of Protaper Next And Protaper Universal Retreatment Systems In Removing Gutta-Percha In Curved Root Canals During Root Canal Retreatment. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry* 51.
375. Vilanova W V, Carvalho-Junior JR, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YTC (2012). Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *International endodontic journal* 45: 42–48.

## EKLER

### EK-1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>T.C.</b><br><b>KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ</b><br><b>KTÜ TIP FAKÜLTESİ</b><br><b>BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL</b><br><b>BAŞKANLIĞI</b> |
| <b>Sayı :</b> 24237859- 636                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>19.10.2020</b>                                                                                                                                          |
| <b>Konu:</b> Etik Kurul onay belgesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |
| <br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |
| Sayın; Doç. Dr. Davut ÇELİK<br>Endodonti ABD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                            |
| <p>"Eğimli Kök Kanallarından Kanal Dolgu Materyalinin Sökümünde Farklı Irrigasyon Yöntemlerinin Etkinliklerinin CBCT ile İncelenmesi" başlıklı etik kurul 2020/269 protokol numaralı çalışma önerisi raportör ve etik kurul görüşleri doğrultusunda; tıbbi etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.</p> <p>Bilginizi ve gereğini rica ederim.</p> |                                                                                                                                                            |
| <p>Prof. Dr. Fıruk AYDIN'<br/>Etik kurul Başkanı</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |
| Ek: 1 adet onay belgesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                            |
| <br>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                            |
| <hr/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                            |
| 81080 – Trabzon / TÜRKİYE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ayrıntılı bilgi için irtibat                                                                                                                               |
| Tel : +90 (462) 377 5403                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Şerafettin YILMAZ                                                                                                                                          |
| Faks: +90 (462) 325 2270                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | e posta:                                                                                                                                                   |
| Elektronik Adı: www.ktu.edu.tr                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | serafettinyilmaz@ktu.edu.tr                                                                                                                                |