



KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ

YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÖK KANAL TEDAVİSİNİN YENİLENMESİ (RETREATMENT)  
SONRASI ARTIK KANAL DOLGU MATERYALLERİNİN  
UZAKLAŞTIRILMASINDA, Er,Cr:YSGG LAZERİN  
ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

MOHAMAD ABDULJALİL

DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç. Dr. ATAKAN KALENDER

2019 – LEFKOŞA





KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ

YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÖK KANAL TEDAVİSİNİN YENİLENMESİ (RETREATMENT)  
SONRASI ARTIK KANAL DOLGU MATERYALLERİNİN  
UZAKLAŞTIRILMASINDA, Er,Cr:YSGG LAZERİN  
ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

MOHAMAD ABDULJALIL

DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç. Dr. ATAKAN KALENDER

2019 – LEFKOŞA

## TEZ ONAYI

YDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Endodonti Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

Prof. Dr. Yaşar Meriç TUNCA  
Yakın Doğu Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Danışman:

Doç. Dr. Atakan KALENDER  
Yakın Doğu Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Üye:

Prof. Dr. Ahmet SERPER  
Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Üye:

Prof. Dr. Ömer Cümhur AYDIN  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Üye:

Doç. Dr. Umut AKSOY  
Yakın Doğu Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

## ONAY:

Bu tez, Yakın Doğu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. K. Hüsnü Can DÄSER  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## **BEYAN**

Bu tez çalışmamın kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün saflarda etik dışı davranışının olmadığını, bu tezdaki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışının olmadığı beyan ederim.

Mohamad Abduljalil



## TEŞEKKÜR

Öğrencilik ve doktora hayatım boyunca, bilgi ve becerisini benden esirgemeyen, öğrencisi olduğum için onur duyduğum sevgili hocam Doç. Dr. Atakan KALENDER'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince önemli katkılarından dolayı değerli hocam anabilim dalı başkanımız Prof. Dr.Yaşar Meriç TUNCA'ya, tezime olan katkıları ve harcadıkları vakit için tez sınav jürisinde bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Ahmet SERPER ve Prof. Dr. Ömer Cumhur AYDIN'a çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim ve tez çalışmam süresince tecrübelerini benimle paylaşan, kendisinden çok şey öğrendiğim manevi abim Doç. Dr. Umut AKSOY'a ve ablam Yrd.Doç. Dr. Fatma KERMEOĞLU'na teşekkür ederim.

Doktora eğitimim süresince beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm çalışma arkadaşlarıma yardımları ve anlayışları için teşekkür ederim.

Hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda destek olup, bana olan inançlarını hiçbir zaman kaybetmeyen ve bugün bu noktada olmamı sağlayan canım aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tüm doktora hayatım boyunca desteğini hiç esirgemeyen, bugün buradaki en büyük yardımcım, kalbimdeki yeri her daim ayrı olan, sevgi ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim, çok kıymetli eşim Burcu GÜNAL ABDULJALİL'e yaşattığı ve yaşatacağı bütün mutluluklar için sonsuz teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

|                                                                   | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| TEZ ONAYI                                                         |       |
| BEYAN                                                             |       |
| TEŞEKKÜR                                                          | i     |
| İÇİNDEKİLER                                                       | ii    |
| TABLolar DİZİNİ                                                   | viii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ                                                   | x     |
| RESİMLER DİZİNİ                                                   | xi    |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ                                    | xiii  |
| ÖZET                                                              | 1     |
| ABSTRACT                                                          | 2     |
| 1. GİRİŞ ve AMAÇ                                                  | 3     |
| 2. GENEL BİLGİLER                                                 | 5     |
| 2.1. Endodontik Tedavide Başarı                                   | 5     |
| 2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi                           | 6     |
| 2.2.1. Kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan aletler   | 7     |
| 2.2.2. Kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan yöntemler | 9     |
| 2.3. ProTaper Universal Döner Sistem                              | 11    |
| 2.3.1. ProTaper Universal şekillendirme eğeleri (SX, S1, S2)      | 12    |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.2. ProTaper Universal bitirme eğeleri (F1, F2, F3, F4, F5)                               | 14 |
| 2.3.3. ProTaper Universal reatreatment eğeleri (D1, D2, D3)                                  | 15 |
| 2.3.4. ProTaper Universal tekniği                                                            | 16 |
| 2.4. Kök Kanallarının Doldurulması                                                           | 17 |
| 2.4.1. Kök kanal dolgusunda kullanılan materyaller                                           | 18 |
| 2.4.1.1. Kök kanal dolgu patları                                                             | 19 |
| 2.4.1.2. Kor materyalleri                                                                    | 21 |
| 2.4.2. Kök kanal dolum teknikleri                                                            | 22 |
| 2.4.2.1. Tek kon dolum tekniği                                                               | 23 |
| 2.4.2.2. Soğuk güta-perkanın lateral kompaksiyonu                                            | 24 |
| 2.4.2.3. Sıcak güta-perkanın vertikal kompaksiyon tekniği (Schilder yöntemi)                 | 25 |
| 2.4.2.4. Devamlı ısı ile dolum tekniği (System B)                                            | 25 |
| 2.4.2.5. Termoplastik enjeksiyon teknikleri<br>(ısıtılmış güta-perkanın enjeksiyonu tekniği) | 26 |
| 2.4.2.6. Taşıyıcı sistemli güta-perka yöntemi                                                | 29 |
| 2.4.2.7. Sıcak güta-perkanın lateral kompaksiyonu (Microseal)                                | 30 |
| 2.4.2.8. Termomekanik kompaksiyon tekniği                                                    | 30 |
| 2.5. Endodontik Tedavide Başarısızlık                                                        | 31 |
| 2.5.1. Mikrobiyal faktörler                                                                  | 32 |



|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.2. Mikrobiyal olmayan faktörler                                                                                                  | 33 |
| 2.5.3 Kök kanal tedavisi sırasında yapılan işlemsel hatalar                                                                          | 34 |
| 2.6. Başarısız Olmuş Kök Kanal Tedavilerinde Tedavi Planlaması                                                                       | 35 |
| 2.7. Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi (Retreatment)                                                                                 | 36 |
| 2.7.1. Retreatment tedavisi endikasyonları                                                                                           | 36 |
| 2.7.2. Retreatment tedavisi öncesi değerlendirme                                                                                     | 39 |
| 2.7.3. Retreatment tedavisi öncesi radyografi ve klinik değerlendirme ile hastadan veya önceki hekimden elde edilen bilgilerin önemi | 42 |
| 2.7.4. Retreatment tedavilerinde koronal restorasyonların uzaklaştırılması                                                           | 43 |
| 2.7.5. Retreatment tedavilerinde kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması                                                        | 44 |
| 2.7.5.1. Kanal dolgu materyalinin tanımlanması                                                                                       | 45 |
| 2.7.5.2. Kanal dolgu simanlarının uzaklaştırılması                                                                                   | 46 |
| 2.7.5.3. Kanal dolgu patlarının uzaklaştırılması                                                                                     | 46 |
| 2.7.5.4. Güta-perkanın uzaklaştırılması                                                                                              | 48 |
| 2.7.5.4.1. Güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılan kanal aletleri                                                               | 50 |
| 2.7.5.4.2. Güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler                                                                    | 51 |
| 2.8. Endodontide Lazer Uygulaması                                                                                                    | 56 |
| 2.8.1. Lazerin tarihçesi                                                                                                             | 56 |
| 2.8.2. Lazer fiziği                                                                                                                  | 58 |

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.8.3. Lazer sistemini oluşturan bileşenler                                                | 59        |
| 2.8.4. Lazer ışınının özellikleri                                                          | 61        |
| 2.8.5. Lazer ışığının dokuya ulaştırılması                                                 | 62        |
| 2.8.6. Lazer ışığının iletim türleri                                                       | 62        |
| 2.8.7. Lazerin dokular üzerindeki etkisi                                                   | 63        |
| 2.8.8. Lazer sistemlerinin sınıflandırılması                                               | 68        |
| 2.8.9. Diş hekimliğinde lazerlerin kullanım alanları ve özellikleri                        | 70        |
| 2.8.10. Endodontik tedavide lazerin kullanım alanları                                      | 78        |
| 2.8.11. Lazerin potansiyel yan etkileri                                                    | 91        |
| 2.9. Mikroskopik Görüntüleme Yöntemleri                                                    | 91        |
| 2.9.1. Taramalı elektron mikroskobu (scanning electron microscope-SEM)<br>inceleme yöntemi | 92        |
| 2.9.2. Stereomikroskop inceleme yöntemi                                                    | 92        |
| <b>3. GEREÇ ve YÖNTEM</b>                                                                  | <b>94</b> |
| 3.1. Çalışmada Kullanılacak Örneklerin Seçimi                                              | 94        |
| 3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Kök Kanal Preparasyonu                                     | 95        |
| 3.3. Kök Kanalının Doldurulması                                                            | 96        |
| 3.4. Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılması                                                 | 99        |
| 3.5. Örnek Kesitlerinin Oluşturulması                                                      | 103       |

|                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6. Örneklerin Steromikroskop Altında İncelenmesi                                                                   | 103        |
| 3.7. Örneklerin SEM Cihazı için Hazırlanması ve İncelenmesi                                                          | 104        |
| 3.8. Örneklerin SEM Görüntülerinin Skorlanması                                                                       | 106        |
| 3.9. İstatistiksel Analiz                                                                                            | 108        |
| <b>4. BULGULAR</b>                                                                                                   | <b>110</b> |
| 4.1. Gruplardaki Karbonizasyon ve Çatlak Alanların Değerlendirilmesi                                                 | 110        |
| 4.2. Gözlemcilerin Kendi İçerisindeki ve Aralarındaki<br>Tekrarlanabilirliğin Değerlendirilmesi                      | 112        |
| 4.3. Gruplardaki Smear Tabakası Uzaklaştırma Etkinliğine Ait Bulgular                                                | 112        |
| 4.3.1. Gruplar arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi                                                           | 112        |
| 4.3.2. Smear tabakası değerleri için tanımlayıcı istatistikler                                                       | 113        |
| 4.3.3. Her incelenen bölge için retreatment prosedürleri arasındaki<br>smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması | 114        |
| 4.3.3.1. Koronal bölgedeki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması                                             | 115        |
| 4.3.3.2. Orta bölgedeki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması                                                | 116        |
| 4.3.3.3. Apikal bölgedeki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması                                              | 118        |
| 4.3.4. Her retreatment prosedürü için incelenen bölgeler arasındaki<br>smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması | 119        |
| 4.3.4.1. Sadece PTUR uygulanan gruplardaki smear tabakası<br>değerlerinin karşılaştırılması                          | 119        |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.4.2. PTUR + 1,5 W lazer uygulanan gruptaki smear tabakası<br>değerlerinin karşılaştırılması | 121        |
| 4.3.4.3. PTUR + 3,0 W lazer uygulanan gruptaki smear tabakası<br>değerlerinin karşılaştırılması | 122        |
| 4.3.5. Retreatment prosedürleri bazında smear tabakası<br>değerlerinin karşılaştırılması        | 124        |
| 4.3.6. İncelenen bölge bazında smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması                    | 125        |
| 4.3.7. Gruplardan alınan tipik örneklerin SEM görüntüleri                                       | 129        |
| <b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ</b>                                                                     | <b>132</b> |
| <b>KAYNAKLAR</b>                                                                                | <b>146</b> |
| <b>EKLER</b>                                                                                    | <b>192</b> |

## TABLolar DİZİNİ

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 1. Klinik açıdan dişlerin değerlendirilmesi                                                                                                                         | 37  |
| Tablo 2. Radyolojik açıdan endodontik tedavili dişlerin değerlendirilmesi                                                                                                 | 38  |
| Tablo 3. Çözücülerin farklı kanal patlarındaki etkinliğinin değerlendirilmesi                                                                                             | 47  |
| Tablo 4. Güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılan enstrümanların etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalar                                                            | 54  |
| Tablo 5. SEM ve stereomikroskop arasındaki farklar                                                                                                                        | 93  |
| Tablo 6. Er,Cr:YSGG lazer parametreleri                                                                                                                                   | 102 |
| Tablo 7. Gruplara uygulanan prosedürler                                                                                                                                   | 102 |
| Tablo 8. Gruplar arası üç yönlü varyans analizi                                                                                                                           | 113 |
| Tablo 9. Smear tabakasının ortalama ve SS değerleri                                                                                                                       | 114 |
| Tablo 10. Koronal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri | 116 |
| Tablo 11. Orta bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri    | 117 |
| Tablo 12. Apikal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri  | 119 |

|                                                                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tablo 13. PTUR uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri                         | 120 |
| Tablo 14. PTUR + 1,5 W lazer uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri           | 122 |
| Tablo 15. PTUR + 3,0 W lazer uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri           | 123 |
| Tablo 16. İncelenen bölgeden bağımsız olarak retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri | 125 |
| Tablo 17. Uygulanan retreatment prosedürlerinden bağımsız olarak incelenen bölgelerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri      | 126 |
| Tablo 18. Tüm gruptaki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testlerinin sonuçları                                                                                    | 128 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 1. Lazer sistemini oluşturan bileşenler                                                                                   | 60  |
| Şekil 2. Koronal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan grupların smear tabakası değerleri arasındaki ilişki         | 115 |
| Şekil 3. Orta bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan grupların smear tabakası değerleri arasındaki ilişki            | 117 |
| Şekil 4. Apikal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan grupların smear tabakası değerleri arasındaki ilişki          | 118 |
| Şekil 5. PTUR uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerleri arasındaki ilişki                    | 120 |
| Şekil 6. PTUR + 1,5 W lazer uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerleri arasındaki ilişki      | 121 |
| Şekil 7. PTUR + 3,0 W lazer uygulaması yapılan örneklerin incelenen bölgelerdeki smear tabakası değerleri arasındaki ilişki     | 123 |
| Şekil 8. İncelenen bölgeden bağımsız olarak retreatment prosedürlerinin smear tabakası değerleri arasındaki ilişki              | 124 |
| Şekil 9. Uygulanan retreatment prosedürlerinden bağımsız olarak incelenen bölgelerin smear tabakası değerleri arasındaki ilişki | 126 |

## **RESİMLER DİZİNİ**

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Resim 1. ProTaper Universal şekillendirme eğeleri                         | 13  |
| Resim 2. ProTaper Universal bitirme eğeleri                               | 15  |
| Resim 3. ProTaper Universal reatreatment eğeleri                          | 16  |
| Resim 4. Soğuk lateral kompaksiyon tekniği                                | 24  |
| Resim 5. Calamus sistemi                                                  | 29  |
| Resim 6. Lazerin doku üzerindeki etkisi                                   | 63  |
| Resim 7. Kronları uzaklaştırılan alt premolar dişler                      | 95  |
| Resim 8. Soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile kök kanalının doldurulması | 97  |
| Resim 9. Termoplastik enjeksiyon tekniği ile kök kanalının doldurulması   | 98  |
| Resim 10. Er,Cr:YSGG lazer (Waterlase MD; Biolase)                        | 100 |
| Resim 11. RFT2 fiber optik lazer ucu                                      | 100 |
| Resim 12. Longitudinal olarak bölünen örnekler                            | 103 |
| Resim 13. Çalışmada kullanılan stereomikroskop cihazı                     | 104 |
| Resim 14. Çalışmada kullanılan altın kaplama cihazı                       | 105 |
| Resim 15. Altın kaplama yapılan diş örnekleri                             | 105 |
| Resim 16. Çalışmada kullanılan SEM cihazı                                 | 106 |
| Resim 17. Hülsmann skor dereceleri için belirlenen örnek SEM görüntüleri  | 108 |
| Resim 18. 1,5 W lazer uygulaması sonrası stereomikroskop görüntüsü        | 110 |



|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Resim 19. 3,0 W lazer uygulaması sonrası stereomikroskop görüntüsü                                | 110 |
| Resim 20. 3,0 W lazer uygulaması sonrası SEM görüntüsü                                            | 111 |
| Resim 21. 1,5 W lazer uygulaması sonrası SEM görüntüsü                                            | 111 |
| Resim 22. Sadece PTUR uygulaması sonrası SEM görüntüsü                                            | 112 |
| Resim 23. Grup 1'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri | 129 |
| Resim 24. Grup 2'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri | 129 |
| Resim 25. Grup 3'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri | 130 |
| Resim 26. Grup 4'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri | 130 |
| Resim 27. Grup 5'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri | 131 |
| Resim 28. Grup 6'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri | 131 |

## KISALTMALAR ve SİMGELER DİZİNİ

|            |                                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha$   | Alfa                                                                             |
| ArF        | Argon Florür                                                                     |
| $\beta$    | Beta                                                                             |
| >          | Büyüktür                                                                         |
| x          | Çarpı                                                                            |
| Dk         | Dakika                                                                           |
| $\lambda$  | Dalga Boyu                                                                       |
| °          | Derece                                                                           |
| °C         | Derece Santigrat                                                                 |
| Er,Cr:YSGG | Erbium, Chromium:Yttrium Scandium Gallium Garnet Lazer                           |
| Er:YAG     | Erbiyum: İtiryum Alüminyum Garnet                                                |
| =          | Eşittir                                                                          |
| EDTA       | Etilen diamintetraasetik asit                                                    |
| FDA        | Food and Drug Administration                                                     |
| PIPS       | Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma, Photon Induced Photoacoustic Streaming |
| Ga-Al-As   | Galyum-Alüminyum-Arsenit                                                         |
| Ga-As      | Galyum-Arsenit                                                                   |

|                 |                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| G               | Gauge                                                   |
| He-Ne           | Helyum-Neon                                             |
| Hz              | Hertz                                                   |
| Ho:YAG          | Holmium: Yttrium Aluminum Garnet                        |
| J               | Joule                                                   |
| CO <sub>2</sub> | Karbondioksit                                           |
| Kg              | Kilogram                                                |
| Km              | Kilometre                                               |
| KrF             | Kripton Florür                                          |
| XeF             | Ksenon Florür                                           |
| XeCl            | Ksenon Klorür                                           |
| <               | Küçüktür                                                |
| LDF             | Lazer Doppler Flowmetry                                 |
| Laser           | Light Amplification of Stimulated Emission of Radiation |
| LLLT            | Low Level Laser Therapy                                 |
| Micro-CT        | mikro bilgisayarlı tomografi                            |
| µm              | Mikrometre                                              |
| µs              | Mikrosaniye                                             |
| mJ              | Milijoule                                               |

|                 |                                                            |
|-----------------|------------------------------------------------------------|
| ml              | Mililitre                                                  |
| mm              | Milimetre                                                  |
| ms              | Milisaniye                                                 |
| nm              | Nanometre                                                  |
| ns              | Nanosaniye                                                 |
| NOL             | Naval Ordinance laboratuvarında                            |
| Nd:YAG          | Neodmium: Yttrium-Aluminium-Garnet                         |
| NiTi            | Nikel Titanyum                                             |
| #               | Numara                                                     |
| ort             | Ortalama                                                   |
| KTP             | Potasyum Titanyum Fosfat lazer                             |
| PTUR            | ProTaper Universal Retreatment                             |
| PPS             | Pulse Per Second                                           |
| RPM             | Revolutions Per Minute, devir/dakika                       |
| sn              | Saniye                                                     |
| cm <sup>2</sup> | Santimetrekare                                             |
| SEM             | Scanning Electron Microscopy, Taramalı Elektron Mikroskobu |
| SAF             | Self- Adjusting File                                       |
| NaOCl           | Sodyum Hipoklorit                                          |

|     |                                        |
|-----|----------------------------------------|
| SLK | Soğuk Lateral Kompaksiyon              |
| SS  | Standart Sapma                         |
| TPE | Termoplastik Enjeksiyon                |
| FDI | Uluslararası Diş Hekimliği Federasyonu |
| ISO | Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu  |
| W   | Watt                                   |
| %   | Yüzde                                  |

# **Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi (Retreatment) Sonrası Artık Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasında, Er,Cr:YSGG Lazerin Etkinliğinin Değerlendirilmesi**

**Öğrencinin Adı:** Mohamad Abduljalil

**Danışmanı:** Doç. Dr. Atakan Kalender

**Anabilim Dalı:** Endodonti Anabilim Dalı

## **ÖZET**

**Amaç:** Bu çalışmada, döner eğeler kullanılarak retreatment uygulamasından sonra Er,Cr:YSGG lazer kullanımının kanal dolgu artıkları ve smear tabakası uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin değerlendirmesi amaçlanmıştır.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmada kullanılan 84 mandibular premolar dişin kök kanalı, el eğeleri ve döner eğeler ile temizlenip şekillendirildikten sonra rastgele 6 farklı gruba ayrılmıştır. Grup 1, 2 ve 3 soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum tekniği ile doldurulurken; grup 4, 5 ve 6 termoplastik enjeksiyon tekniği ile doldurulmuştur. Tüm gruplarda döner ege sistemi kullanılarak retreatment işlemi gerçekleştirildikten sonra, Er,Cr:YSGG lazer grup 2 ile 5 için 1,5 W çıkış gücünde ve grup 3 ile 6 için 3,0 W çıkış gücünde uygulanmıştır. Daha sonra uzunlamasına iki yarıya bölünen örnekler, stereomikroskop ve taramalı elektron mikroskobu altında incelenerek; kök kanallarındaki karbonizasyon ve çatlak alanları ile koronal, orta ve apikal bölgelerdeki smear tabakası ve artık dolgu materyalleri açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, üç yönlü varyans analizi ve Tukey testleri kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

**Bulgular:** Smear tabakasının uzaklaştırılmasında 3,0 W lazer uygulaması, koronal ve orta üçlü bölgelerinde diğer gruplara göre daha etkiliyken ( $p < 0,05$ ); apikal bölgede anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ( $p > 0,05$ ). Bununla birlikte, 3,0 W lazer gruplarındaki bazı örneklerde karbonizasyon alanları gözlenmiştir.

**Sonuçlar:** Retreatment prosedürlerinden hiçbirinin kanal dolgu artıklarını kök kanalından tamamen uzaklaştıramamakla birlikte, lazer kullanımı kanalın temizlenme etkinliğini geliştirmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Retreatment, Dolum tekniği, Er,Cr:YSGG lazer, Smear tabakası, SEM

## **Efficacy of Er,Cr:YSGG Laser on Removing Filling Material Residues from the Root Canal after Retreatment**

**Student Name:** Mohamad Abduljalil

**Advisor Name:** Assoc. Prof. Dr. Atakan Kalender

**Department:** Endodontics

### **ABSTRACT**

**Objective:** This study was designed to evaluate the effects of an Er,Cr:YSGG laser on removing the filling residues and smear layer after retreatment using rotary files.

**Materials and Methods:** Eighty-four mandibular premolars were divided into six groups. The root canals of all teeth were cleaned and prepared using hand and rotary files. Groups 1, 2, and 3 were obturated using a cold lateral compaction technique, and groups 4, 5, and 6 were obturated using a thermo-plasticized injectable technique. The retreatment procedures were performed in all of the groups using a rotary system before applying Er,Cr:YSGG laser at 1,5 W for groups 2 and 5, and at 3,0 W for groups 3 and 6. Then, the teeth were split longitudinally into two halves and observed under a stereomicroscope to evaluate the carbonization areas in the root canals. Cracks, smear layer and residual filling materials were evaluated using a scanning electron microscope at the coronal, middle, and apical thirds of the root canal. The data were statistically analyzed using three-way analysis of variance and Tukey tests.

**Results:** The 3,0 W Er,Cr:YSGG laser was significantly more effective in removing smear layer than the other retreatment procedures in the coronal and middle thirds ( $p < 0,05$ ), but there was no significant difference in the apical third ( $p > 0,05$ ). However, carbonization was observed in some of the specimens in the 3,0 W laser groups.

**Conclusions:** None of the retreatment procedures completely removed the filling remnants from the root canal. However, the additional use of lasers improved the canal cleaning after retreatment.

**Keywords:** Retreatment, Obturation technique, Er,Cr:YSGG laser, Smear layer, SEM

## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kök kanal tedavisinin temel amacı, kök kanal sisteminin üç boyutlu olarak temizlenmesi, şekillendirilmesi ve hermetik olarak doldurulması ile enfeksiyonun önlenmesidir (Tang ve ark., 2002). Kök kanalında apikal sızdırmazlık ile birlikte hermetik olarak dolumun gerçekleştirilebilmesi amacıyla; soğuk lateral kompaksiyon, tek kon ve termoplastik enjeksiyon gibi çeşitli kanal dolum teknikleri geliştirilmiştir (Gok ve ark., 2017).

Endodontik tedavide yüksek başarı oranları rapor edilmesine rağmen, tedavi prensiplerine dikkat edilmeden uygulanan tedavilerde enfeksiyon yeniden ortaya çıkarak başarısızlıklarla karşılaşılabilir. Bu tür olgularda, kök kanal sistemindeki önceki kanal dolgu materyalleri tamamen uzaklaştırılarak kanal dezenfekte edilmeli ve endodontik tedavi yeniden (retreatment) gerçekleştirilmelidir. Retreatment tedavisinde başarı; kök kanal sisteminden mümkün olduğu kadar çok miktarda kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması, ilk tedavideki başarısızlık faktörlerinin ortadan kaldırılması, biyomekanik preparasyon ve kanalın hermetik olarak doldurulması gibi birçok faktöre bağlıdır (Haapsalo ve ark., 2008).

Geleneksel olarak retreatment tedavisi el eğeleri ve çözücüler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Konvansiyonel yöntemlere alternatif olarak daha etkin bir şekilde kanal dolgu materyallerinin ve smear tabakasının uzaklaştırılması için, döner Nikel-Titanyum retreatment eğeleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte, döner eğeler kullanılarak retreatment tedavisi gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarda, kök kanal duvarlarında önemli miktarda artık kanal dolgu maddeleri ve smear tabakası kaldığı belirtilmektedir (Marques da Silva ve ark., 2012; Martinho ve ark., 2015; Rödig ve ark., 2012; Rödig ve ark., 2014). Bu nedenle, kök kanal temizliğinin etkinliğini arttırmak amacıyla; ultrasonik sistemler, ısı ileten cihazlar ve lazerler gibi çeşitli ek uygulamalar tanıtılmıştır.

Lazerlerin kök kanallarında termal, elektriksel ve fotokimyasal etkileri görülmektedir. Retreatment uygulamasında lazer kullanımı, temel olarak lazer ışınlarının



termal etkisine dayanmaktadır. Lazer ışınlarının doku tarafından absorbe edilerek lazer enerjisinin ısıya dönüşümüyle termal etki oluşmaktadır. Termal etki sayesinde kanal dolgu artıklarının uzaklaştırılma etkinliği arttırılmaktadır. Literatürdeki çeşitli çalışmalarda; diyet, Erbiyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet (Er:YAG) ve Neodimyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet (Nd:YAG) gibi çeşitli lazer cihazlarının smear tabakası, debris ve artık dolgu materyallerinin kök kanalından uzaklaştırılması üzerindeki etkinlikleri değerlendirilmiştir (Görüs, 2018; Quinto ve ark., 2019; Race ve ark., 2019; Simundic Munitic ve ark., 2019).

Erbiyum, Kromiyum: İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazerin diğer lazer cihazlarına kıyasla; hidroksiapatite ve suya olan yüksek afinitesi nedeniyle daha temiz bir kök kanal yüzeyi oluşturduğu çeşitli araştırmalarda rapor edilmiştir (Altundasar ve ark., 2006; Bolhari ve ark., 2014; Yamazaki ve ark., 2001; Yavari ve ark., 2010). Ayrıca kök kanal sisteminde Er,Cr:YSGG lazer kullanıldığında, çevreleyen dokulara oluşan termal zararın minimum düzeyde olduğu belirtilmektedir (Eldeniz ve ark., 2007; Ishizaki ve ark., 2004; Soares ve ark., 2008; Yamazaki ve ark., 2001). Mevcut literatür incelendiğinde, döner eğeler kullanılarak retreatment uygulaması sonrasında Er,Cr:YSGG lazer kullanımının artık dolgu maddeleri üzerindeki etkisini değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu tez çalışmasında; farklı kök kanalı dolum teknikleriyle dolduran örneklerle döner Nikel-Titanyum eğelerle retreatment uygulaması sonrası, farklı güçlere sahip Er,Cr:YSGG lazer kullanımının, kök kanallarındaki karbonizasyon ve çatlak alanları varlığı ile kanal duvarlarında bulunan artık dolgu maddeleri ve smear tabakası üzerindeki etkinliği stereomikroskopi ve SEM ile değerlendirilerek, klinik uygulamalara ve literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Endodontik Tedavide Başarı

Kök kanal tedavisi, kron ve kök pulpasının tamamen uzaklaştırılmasının ardından ortaya çıkan boşluğun mekanik olarak şekillendirilip, kök kanalının biyolojik iritanlardan temizlenmesi ve dezenfeksiyonu ardından hermetik olarak doldurulması uygulamalarından oluşmaktadır (Peters ve ark., 2016). Rutin kök kanal tedavisi, hem nispeten kolay hem de daha zor olgularda öngörülebilir ve genellikle başarılı bir uygulamadır. İncelenen çalışmalarda, irrversible pulpitis tanısı konulan dişlerin tedavisinde % 95'e varan olumlu sonuçlar bildirilirken (Basmadjian-Charles ve ark., 2002; Friedman, 2002); nekrotik dişler için % 85'e varan olumlu sonuçlar bildirilmiştir (Friedman ve ark., 2003; Peters ve ark., 2004).

Başarılı bir endodontik tedavinin sağlanabilmesi için; preparasyon koronalden apikale doğru konikleşen formda gerçekleştirilmeli, apikal foramenin pozisyonu ve yapısı korunmalı, orjinal kanalın şekli mümkün olduğunca korunmalı, kanal bol irrigasyon yapılarak iyice temizlenip, dezenfekte edilmeli ve hermetik bir şekilde doldurulmalıdır (Ashley ve Harris, 2001; Simon ve Pertot, 2009). Endodontik tedavide başarının sağlanabilmesi için, kök kanal tedavisinin ideal olarak gerçekleştirilmesiyle birlikte koronal restorasyonun da uygun şartları sağlaması gerekmektedir (Torabinejad ve ark., 1990).

Kök kanal tedavisi sonrası önerilen izleme süreleri, 6 ay ile 4 - 5 yıl arasında yer almaktadır. Endodontik tedavide başarı; klinik, radyolojik ve histolojik açıdan değerlendirilmelidir. Klinik olarak başarının sağlanabilmesi için; şişlik, ağrı, mobilite ve fonksiyon kaybı olmaması, fistül yokluğu ve yumuşak doku sağlığının devam ettirilmesi gerekmektedir. Bu önemli kriterleri, radyografik ve histolojik iyileşme de desteklemelidir. Radyografik olarak; periodontal ligamentin sınırları ve genişliğinin normal görünmesi endodontik tedavinin başarılı olduğunu göstermektedir. Kök kanal tedavisi yapılmış bir dişin başarı değerlendirmesinde, histolojik inceleme altın

standarttır. Ancak, kanal tedavisi yapılan dişten cerrahi olarak kesitler alıp mikroskopik olarak incelenmesinin mümkün olmaması nedeniyle, rutin tedavilerde uygulanmamaktadır. Klinik olarak sağlıklı ve semptomsuz görünen bir olgunun histolojik incelemesinde, enflamatuar belirtiler görülebilir. Histolojik olarak bir dişin başarılı olabilmesi için; enfeksiyonun olmaması, apikal foramende yeni sement yığılımı olması, periodontal fibril rejenerasyonlarının mevcudiyeti, sağlıklı odontoblastlar ile yeni kemik yapımı, rezorpsiyon yokluğu veya tedavi öncesi bulunan rezorpsiyon bölgesinde sement yığılımının gerçekleşmesi gerekmektedir (Alaçam, 2012; Friedman, 2002; Loest, 2006).

## **2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi**

Başarılı bir endodontik tedavi için, doğru teşhisin saptanıp uygun tedavi planının belirlenmesinin ardından ilk aşama kök kanallarının şekillendirilmesidir. Kök kanallarının şekillendirilmesi sadece mekanik bir prosedür olmayıp, ayrıca biyolojik ilkeler içermesi nedeniyle "biyomekanik preparasyon" olarak açıklanmaktadır. Çeşitli türdeki eğeler ve teknikler ile uygulanan kök kanal preparasyonunda; kanal içerisindeki enfekte ya da nekrotik pulpa dokusu tamamen uzaklaştırılırken, gerçekleştirilen preparasyon sonunda kök kanalı koronalden apikale doğru daralan konik bir formda şekillendirilmektedir (Alaçam, 2012).

Kök kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesindeki temel amaçlar (Peters ve ark., 2016):

- Enfekte yumuşak ve sert dokuların uzaklaştırılması,
- Dezenfekte edici irrigasyon solüsyonlarının apikal kanal boşluğuna erişiminin sağlanması,
- Kanal içi medikamentlerin ve sonrasında kanal dolgu materyallerinin kanal içerisinde yayılımı için boşluk oluşturulması ve
- Apikal yapıların bütünlüğünün sürdürülmesi olarak belirtilmektedir.

### 2.2.1. Kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan aletler

Trebitsch, 1929 yılında kök kanal aletlerinin ve dolgu materyallerinin standardizasyonunun gerçekleştirilmesini önermiştir. 1958 yılında Ingle ve Levine tarafından, kök kanalı aletleri ile ilişkili oluşan karışıklıkların engellenmesi için bir standardizasyon önerisi öne sürülmüştür (Ingle ve Levine, 1958). Daha sonraki yıllarda ise, Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (ISO) ve Uluslararası Diş Hekimliği Federasyonu (FDI) tarafından, kullanılan kanal aletlerinin adlandırılması gerçekleştirilmiştir.

Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinde kullanılan endodontik aletler 6 grup altında sınıflandırılabilir (Peters ve ark., 2016):

- **Grup I. El aletleri:** K-tipi eğeler, H-tipi eğeler, timerfler.
- **Grup II. Düşük hızda motorlu özel aletlerle çalışan kanal aletleri:** Gates-Glidden, Peeso frezler. Tipik olarak kanalın koronal kısmında kullanılan bu aletler, asla kanalın kurvatür yaptığı yerde kullanılmazlar.
- **Grup III. Motorla çalışan nikel-titanyum döner aletler:** Güvenli bir şekilde kullanılabilen döner bıçak yapısına sahip bu aletler, kavisli kök kanallarında kendini adapte edebilmektedir. Günümüzdeki motorla çalışan aletlerin çoğunluğu bu gruba aittir.
- **Grup IV. Kök kanalının şekline kendilerini üç boyutlu olarak adapte eden motorla çalışan aletler:** SAF. Diğer nikel-titanyum aletleri gibi, kök kanalının şekline uzunlamasına adapte olurlarken, ayrıca kök kanalının enine kesitine de adapte olmaktadır.
- **Grup V. Motorla çalışan resiprokasyon aletleri**
- **Grup VI. Ultrasonik aletler**

Başlangıçta karbon çelik materyalinden üretilen kanal aletleri, neredeyse esneklik özelliği bulunmayan zayıf kesici özellikte yapılmıştır. Daha sonradan geliştirilen aletlerin üretiminde, paslanmaz çelik teknolojisi kullanımına geçilmiştir.

Paslanmaz çelik aletler karbon çelik aletlere göre; kesicilikleri yüksek, elastik, kırılmaya dirençli, ısıya dayanıklı ve daha az korozyona uğrarlar. Paslanmaz çelik aletlerinin de sahip olduğu bazı yetersiz özelliklerin geliştirilebilmesi amacıyla, daha fazla elastikiyete sahip Flex-o File, K-Flex File gibi paslanmaz çelik kanal eğeleri üretilmiştir. Bu el aletlerinin de negatif yönlerini ortadan kaldırabilmek amacıyla yeni alaşımlar araştırılmaya başlanmış ve günümüzde de sıklıkla kullanılan Nikel Titanyum eğeler 1980’li yılların sonunda dental piyasaya tanıtılmıştır (Ingle ve Taintor, 1985).

Buehler ve Cross (1969) tarafından Naval Ordinance laboratuvarında (NOL) geliştirilen nikel titanyumun (NiTi) dünya çapındaki ismi, metal sembolleri ile üretildiği yer birleştirilerek NİTİNOL olmuştur. Titanyum; biyouyumluluğu, korozyona direnci ve hafif olması gibi sahip olduğu özellikler nedeniyle sağlık uygulamalarında geniş kullanım alanı bulmaktadır. Çok düşük düzeyde ısı iletimi özelliğine sahip titanyumun özgül ağırlığı ve elastik modülü düşük olup, alaşımları halinde yapısal olarak sağlamdır. Nitinolün sahip olduğu hafıza özelliği, önemli bir üstünlük oluşturmaktadır. NiTi’den üretilen kök kanal aletleri, paslanmaz çelikten üretilen kanal aletlerine göre daha esnektir. Eğimli kanallarda kanala daha kolay uyum sağlaması, kanalda daha az transportasyon, basamak, apikal zip ve perforasyon oluşturmaları, aletlere ön eğim verilmesinin gerekmemesi, daha hızlı enstrümantasyon ve tıkama sırasında kök kanalı duvarlarında azalan zorlanma; NiTi’den üretilen kanal aletlerinin avantajları arasında sayılabilir. Paslanmaz çelik eğelere göre NiTi eğelerin kesme etkinliği, sterilizasyondan daha fazla olumsuz yönde etkilenmektedir. NiTi eğelerin Vickers sertlik derecesi 300-350 arasında iken; paslanmaz çelik eğelerin 530 olup, ikisi de koronal dentin (70) ve kök kanal dentinin (30-35) sahip olduğu değere göre oldukça yüksektir. NiTi eğelerin paslanmaz çelik eğelerden daha az kesme etkinliği ve daha fazla aşınma göstermeleri nedeniyle; eğelerin daha sık değişimi gerekmektedir (Alaçam, 2012).

1980’lerin başında Otan NiTi kanal aletini; kesici kısmı aletin son 3 mm’inde bulunan “apikal reamer” olarak tanıtmış, ancak yeterli başarı sağlanamamış ve bu aletlerin döner alet sistemleri ile kullanılması fikri gündeme gelmiştir. 1989 yılında Steve Senia ve William Wildey, dizaynı apikal reamer ve gates-gliddenin kombinasyonu

olup, isimlerinin baş harflerinden oluşan “SW” isimli enstrümanı tanıtmıştır. Canal Master, SW ve Canal Master-U sistemleri sırasıyla geliştirilmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak, 1990’lı yılların başında “Lightspeed” isimli NiTi esaslı döner alet sistemi kullanıma girmiştir. 1994 yılında Dr. Ben Johnson tarafından “Profile” sistemi tanıtılırken; 1996 yılında “Quantec” sistemi Dr. MacSpadden tarafından tanıtılmış ve günümüze kadar birçok sistem geliştirilmiştir (Peters ve ark., 2016).

Kullanım kolaylığı nedeniyle geniş kullanım alanı bulunan NiTi sistemler, hızla gelişmeye devam etmektedir. Günümüzde, ısıl işlem görmüş veya başka şekilde farklı NiTi alaşımları ile üretilmiş, hem süper elastik hem de şekil hafızası özelliklerine sahip, rotasyon veya resiprokasyon kinetiği ile merkezsiz veya eksantrik hareket kullanan 160’tan fazla otomatik cihaz sistemi mevcuttur (Gavini ve ark., 2018).

### **2.2.2. Kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan yöntemler**

Önceleri kök kanallarının genişletmesi amacıyla kanal aleti, çalışma boyunda eğileme hareketi ile kullanarak konvansiyonel genişletme uygulanmaktaydı. Ancak bu tekniğin olumsuz taraflarının ortaya çıkmasıyla birlikte, kök kanalının konik olarak genişletilmesi yöntemleri geliştirilmiştir. Kök kanal sisteminin konik şekilli olarak genişletilmesi, ilk kez Seidler tarafından önerilmiştir (Seidler, 1956). Günümüzde ise kök kanallarının genişletilmesi kavramının yerini kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi kavramına bırakması, birçok kök kanalı şekillendirme yönteminin gelişmesine yol açmıştır. Kök kanalı şekillendirme teknikleri 2 başlık altında incelenebilmektedir (Küçükay ve ark., 2004):

- **Apikalden koronale doğru uygulanan şekillendirme teknikleri**
  - **Standardize preparasyon tekniği:** Ingle ve arkadaşları tarafından 1961 yılında tanıtılan ‘geleneksel yöntem’ ya da ‘apikal stop preparasyonu’dur (Ingle ve ark., 2002).
  - **Step-back tekniği:** Weine (1995) tarafından tanıtılmıştır.
  - **Balanced-force tekniği:** Roane ve arkadaşları (1985) tarafından tanıtılmıştır.

- **Korondan apikale doğru uygulanan şekillendirme teknikleri**
  - **Step-down tekniği:** Goerig ve arkadaşları (1982) tarafından tanıtılmıştır.
  - **Double-flared tekniği:** Fava (1983) tarafından tanıtılmıştır.
  - **Crown-down basınçsız teknik:** Morgan ve Montgomery (1984) tarafından tanıtılmıştır.

Günümüzde NiTi döner sistemlerin endodontide kullanımlarının artmasıyla birlikte, koronal genişletmenin öncelikle yapıldığı crown-down ve step-down teknikleri popülerlik kazanmıştır (Küçükay ve ark., 2004).

Crown-down tekniği ile kök kanalları şekillendirildiğinde, koronal bölgede sıkışmaya neden olan servikal dentinin NiTi döner eğe sistemlerinin geniş açılı kısımları ile kaldırılmasıyla, daha küçük eğelerin apikal kısma ulaşması kolaylaşmaktadır ve apikal üçlüde daha ideal bir preparasyon sağlanmaktadır (Alaçam, 2012).

Crown-down şekillendirme tekniğinin klinik ve biyolojik yararları arasında (Regan ve Gutmann, 2004):

- Pulpa taşının kolaylıkla uzaklaştırılması,
- Koronaldeki fazla dentin dokusunun kaldırılmasıyla aletlerin temasının artması,
- Aletlerin kanal içerisinde apikale hareketinin artması,
- Koronal bölgede minimal diş temasına bağlı olarak çalışma boyu tespitinin kolaylaşması,
- İrrigasyon solüsyonlarının penetrasyonu için boşluğun arttırılması ve böylece debrisin korondan daha rahat uzaklaşması,
- Koronal üçlüdeki pulpa dokusunun kolay kaldırılması,
- Kök eğimlerine ve kanal bileşimlerine düz girişin sağlanması,
- Kök kanal duvarına olan temasın azaltılmasıyla alet bozulmalarının ve kırılmalarının önlenmesi,

- Kanal engellerinin azaltılması,
- Kontamine ve enfekte dokunun kanal sisteminden hızla uzaklaştırılması,
- Debris hareketinin koronal yönde gerçekleşmesiyle, debrislerin apikal yönde itilmesinin en aza indirgenmesi,
- Debrisin apikalden çıkmasıyla oluşan postoperatif ağrının azalması ve
- İrrigasyon solüsyonlarının penetrasyonunun artması sayesinde daha iyi doku çözünmesi gibi özellikler yer almaktadır.

### 2.3. ProTaper Universal Döner Sistem

Dentsply Maillefer tarafından 2001 yılında geliştirilen ProTaper NiTi eğeler, yeni nesil aletlerden birini oluşturmaktadır. Özgün bir konsepte dayanan ProTaper sistemi, crown-down yöntemi için üç şekillendirme eğesi (SX, S1, S2) ile kanal preparasyonunda düz bir geçişi sağlamak ve apikal şekillendirme için üç bitim eğesi (F1, F2, F3) olmak üzere altı egeden oluşmaktadır. Günümüzde bu set (ProTaper Universal), daha büyük iki adet bitirme eğesi (F4, F5) ve kanal tedavisinin yenilenme prosedürleri için tasarlanmış bir set (D1, D2, D3) ile tamamlanmaktadır (Gavini ve ark., 2018; Ruddle, 2005).

Dr. Cliff Ruddle, John West ve Dr. Pierre Machtou tarafından tasarlanan kanal aletleri, kesici kenarlarının üzerlerindeki uzun akslarında değişen taper değerleri göstermektedirler. Kanal eğelerinin çapraz kesitleri, keskin kesici kenarları olan ve radyal alanı bulunmayan modifiye bir K-tipi eğe şekli göstermektedir. Bu durum daha küçük eğeler için sabit bir gövde ve yeterli esneklik sağlamaktadır. Kanal eğelerinin uzun eksenleri boyunca taperleri değişmektedir. Üç şekillendirme eğesinin, koronal yönde artan taperi bulunurken; beş bitirme eğesinde durum ters yöndedir (Alaçam, 2012; Peters ve ark., 2016; Ruddle, 2005).

ProTaper kanal eğelerinin dışbükey üçgen kesiti; eğenin keskin ucu ve dentin arasındaki rotasyonel temas alanlarını azaltmakta, kesme etkililiğini ve güvenliğini arttırmaktadır. Herhangi bir eğenin D0 apikal çapı ve taper değeri arttıkça rijitliği de



artış göstermektedir. F2 ve F3 eğelerindeki esnekliğin arttırılması amacıyla; üçgen kesitteki her üç dışbükey alan arasına küçük içbükeylikler işlenmesi sonucu kor miktarları azaltılarak üretilmişlerdir (Berutti ve ark., 2003; Peters ve ark., 2016).

ProTaper kanal eğelerinin kesici olmayan değişen helikal açıları bulunmaktadır. Aktif bıçak uçları boyunca yiv ve helikal açıların değişmesi, kesme etkinliğini arttırarak debrisin kanal içerisinden daha etkili bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Değişen taper tasarımı ile beraber helikal açı ve yivlerin de değişken olması, kök kanalı içerisinde eğenin yanlışlıkla vidalanmasını önlemektedir (Alaçam, 2012; Ruddle, 2005).

ProTaper kanal eğelerinin sahip olduğu modifiye rehber uç özelliği; eğenin en uç kısmının  $\frac{1}{4}$ 'ünün yuvarlatılarak kesme etkinliği olmayan ve parabolik uç şeklinde işlenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Her eğenin bir önceki eğenin geçtiği pürüzsüz yolu izlemesini sağlayan modifiye rehber uç özelliği, kanal içerisinde bulunan debris ve yumuşak dokunun yivler arasında tutulma yeteneğini arttırarak etkin bir şekilde uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır (Blum ve ark., 2003; Peters ve ark., 2016).

ProTaper eğelerin sap kısımları renkli çizgilerle kodlanmıştır. ProTaper kanal eğeleri, üretici firmanın önerileri doğrultusunda, 250 - 300 rpm arasında redüksiyonlu tork ayarlı elektrik motorları ile kullanılabilir (Alaçam, 2012; Peters ve ark., 2016; Ruddle, 2005).

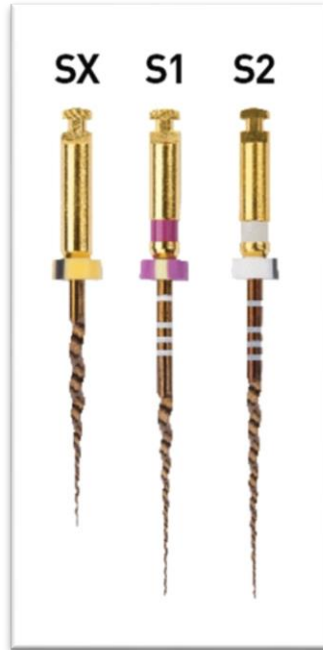
### **2.3.1. ProTaper Universal şekillendirme eğeleri (SX, S1, S2)**

SX olarak adlandırılan yardımcı şekillendirme eğesi, 19 mm uzunluğu ile diğer eğelerden daha kısa boya sahiptir ve altın renkli sap kısmında ayırt edilmesini sağlayan renk halkası içermemektedir (Resim 1). Koronal şekillendirme için kullanılan SX eğesinin D0 çapı 0,19 mm ve D14 çapı 1,20 mm'dir. Diğer ProTaper şekillendirme eğelerine kıyasla SX eğesi; D1 ve D9 arasında daha fazla artan taper açısına sahip olduğundan, öncelikli olarak koronal olarak parçalanmış veya anatomik olarak daha kısa dişlerde kanalları optimal olarak şekillendirmek için kullanılmaktadır. ProTaper

Universal sistemindeki SX eğesinin ProTaper sistemindeki eğeden farkı; kısmi aktif uç yerine yuvarlatılmış güvenli uç eklenmesidir (Ruddle, 2005).

Altın renkli sap kısmında mor renkte ayırt edici halkaya sahip S1 eğesi, kök kanalının koronal üçlü bölümünün şekillendirilmesinde kullanılmaktadır (Resim 1). 16 mm uzunluğunda kesici bıçaklara sahip S1 eğesinin; D0 çapı 0,17 mm iken, D16 maksimum yiv çapı ise 1,20 mm'dir. ProTaper Universal sistemindeki S1 eğesinin ProTaper sistemindeki eğeden farkı; kısmi aktif uç yerine yuvarlatılmış güvenli uç eklenmesidir (Berutti ve ark., 2004; Ruddle, 2005).

Altın renkli sap kısmında beyaz renkte ayırt edici halkaya sahip S2 eğesi, kök kanalının orta üçlü bölümünün şekillendirilmesinde kullanılmaktadır (Resim 1). D0 çapı 0,20 mm, D16 maksimum yivinde çapı 1,20 mm'dir. ProTaper Universal sistemindeki S2 eğesinin ProTaper sistemindeki eğeden farkı; kısmi aktif uç yerine yuvarlatılmış güvenli uç eklenmesidir (Berutti ve ark., 2004; Ruddle, 2005).



Resim 1. ProTaper Universal şekillendirme eğeleri

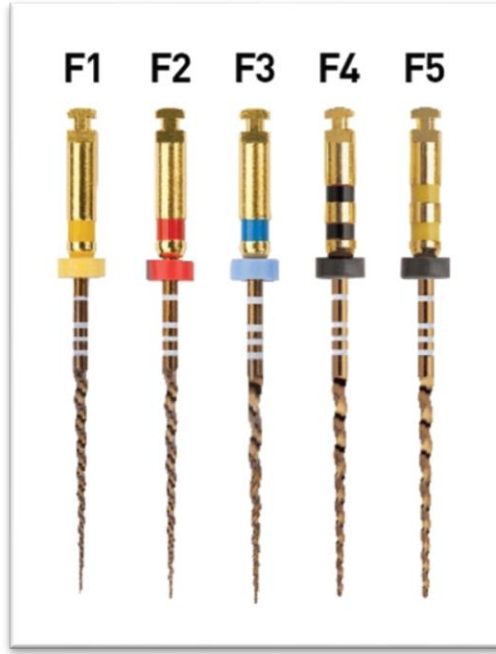
ProTaper eğelerden farklı olarak, ProTaper Universal şekillendirici eğelerin uç kısmının açısı 66°'den 39°'ye düşürülmüştür. Diğer sistemlerin eğelerinden farklı olarak ProTaper şekillendirici eğeler, çoklu artan oranlarda taper açısına sahiptir ve bu tasarım; kesme etkinliğini, fleksibilitayı ve güvenliğini büyük oranda geliştirirken, aynı zamanda özellikle dar çaplı ya da eğri kanallarda çalışma boyunca ulaşmak için gereken rekapitülasyon sayısını indirmektedir (Berutti ve ark., 2003).

SX, S1 ve S2 şekillendirme eğelerinin değişken taper dizayn özelliği, her eğenin kendi crown-down uygulamasını gerçekleştirmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca bu dizayn özelliği ile her eğenin küçük bir alanda dentinle çalışması sonucu alet yorgunluğu, kırılma olasılığı ve torsiyonel yükler azaltılmaktadır (Berutti ve ark., 2004).

### **2.3.2. ProTaper Universal bitirme eğeleri (F1, F2, F3, F4, F5)**

Altın renkli sap kısmında sarı renkte ayırt edici halkaya sahip F1 eğesinin, D0 apikal uç çapı 0,20 mm'dir ve D0 ile D3 arasında %7 apikal tapere sahiptir. Altın renkli sap kısmında kırmızı renkte halkaya sahip F2 eğesinin ise, D0 apikal uç çapı 0,25 mm olup D0 ile D3 arasında %8 apikal tapere sahiptir. Altın renkli sap kısmında mavi renk halka bulunduran F3 eğesinin, D0 apikal uç çapı 0,30 mm'dir ve D0 ile D3 arasında %9 apikal tapere sahiptir (Resim 2). ProTaper Universal F3 eğesinin enine kesitinde ProTaper sistemindeki F3 eğeden farklı olarak, bıçaklarda yapılan hafif modifikasyonlarla fleksibilitesi arttırılmıştır. ProTaper Universal F3 eğe, U şekilli oluklar içeren triangular konkav kesite sahiptir (Peters ve ark., 2016).

Altın renkli sap kısmında iki adet siyah renkli halka bulunduran F4 eğesinin, D0 apikal uç çapı 0,40 mm'dir ve D0 ile D3 arasında %5 apikal tapere sahiptir. Sap kısmında iki adet sarı renkli halka bulunduran son bitirme eğesi olan F5'in ise, D0 apikal uç çapı 0,50 mm'dir ve D0 ile D3 arasında %4 apikal tapere sahiptir (Resim 2) (Peters ve ark., 2016).



Resim 2. ProTaper Universal bitirme eğeleri

Yuvarlatılmış güvenli uç dizaynına sahip bitirme eğelerinin şekillendirici eğelerden farkı; D4 ile D14 arasında azalan taper değerlerine sahip olmalarıdır. Bu tasarım sayesinde fleksibilite özelliği arttırılmaktadır ve kök kanal sisteminin koronal üçte ikisinin gereksiz yere genişletilmesi önlenmektedir. ProTaper eğelerden farklı olarak, ProTaper Universal şekillendirici eğelerin uç kısmının açısı 66°'den 95°'ye yükseltilmiştir (Ruddle, 2005).

### 2.3.3. ProTaper Universal retreatment eğeleri (D1, D2, D3)

Kanal dolgu materyallerini uzaklaştırmak için tasarlanan ProTaper Universal retreatment eğeleri; D1, D2 ve D3 olmak üzere farklı uzunluk, taper ve apikal uç çapına sahip üç eğeden oluşmaktadır (Resim 3). Kök kanal sisteminin koronal üçlüsündeki dolgu materyallerini uzaklaştırmak için tasarlanan D1 eğesi, aktif ucu sayesinde kanal dolgu materyali içerisine penetrasyon sağlayabilmektedir. 16 mm uzunluğa sahip D1 eğesinin apikal uç çapı 0,30 mm'dir ve %9 taper açısına sahiptir. Kök kanal sisteminin orta üçlüsündeki dolgu materyallerini uzaklaştırmak için tasarlanan, 18 mm uzunluğundaki D2 eğesinin apikal uç çapı ise 0,25 mm'dir ve %8 taper değerine sahiptir.

22 mm uzunluğundaki D3 eğesi ise, apikal bölgedeki dolgu materyalinin uzaklaştırılması için tasarlanmış olup, apikal uç çapı 0,20 mm'dir ve %7 taper açısına sahiptir (Huang ve ark., 2007; Giuliani ve ark., 2008; Gu ve ark., 2008).



Resim 3. ProTaper Universal reatment eğeleri

#### 2.3.4. ProTaper Universal tekniği

Kök kanal sisteminin koronal ve orta bölümlerinin apikal kısmından önce şekillendirilmesi; kök kanallarının doğru formlarında şekillendirilmesini ve iyice temizlenmesini sağlamaktadır (Himmel ve ark., 2006). ProTaper sisteminde şekillendirme işlemlerine geçmeden önce, pulpa odasına Sodyum Hipoklorit (NaOCl) solüsyonu yerleştirilmelidir. S1 ve S2 eğeleri ile kanalın koronal bölümü şekillendirilmelidir. Şekillendirme eğeleri basınç uygulamadan, tek veya birkaç kere kanal içerisinde pasif olarak hareket ettirilmelidir. Şekillendirici eğeler, güvenliğin ve etkinliğin sağlanabilmesi için fırça tarzında kullanılmaktadır. Fırçalama hareketi, lateral boşluk oluşturarak eğelerin kanalın apikaline doğru daha güvenli bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır. Her eğeden sonra irrigasyon uygulanmalı ve kanal içerisindeki debris, #10 eğe kullanılarak rekapitülasyon ile temizlenmeli ve irrigasyon gerçekleştirilmelidir.

S1 ve S2 eğeleri ile #15 eğenin kanal içerisinde ilerlediği boya ulaşana kadar uygulama sürdürülmelidir (Ruddle, 2005).

Kök kanalının koronal ve orta üçlüsü şekillendirildikten sonra, apikal üçlü kısmının en az #15 el eğesi ile genişletilmesinin ardından el eğeleri ya da döner eğelerden hangisi kullanılarak tamamlanacağına karar verilmelidir. Apikal kısımda düzensizlikler bulunuyorsa, el eğeleriyle tamamlanması avantaj sağlayacaktır. İlk olarak pulpa odasına NaOCl yerleştirilmeli ve S1 arkasından da S2 eğesi ile çalışma boyuna ulaşılmalıdır. Her eğeden sonra irrigasyon ve #10 eğeyle rekapitülasyon gerçekleştirilmelidir. Daha sonra kanalın çalışma boyuna ulaşana kadar F1 eğesi pasif olarak ilerletilmelidir. F1 eğesinin uygulanmasından sonra #20 bir el eğesi ile çalışma boyuna ulaşıp ulaşılmadığı kontrol edilmelidir. Çalışma boyu tam olarak sağlandıysa kök kanalında dolum işlemine geçilebilir. Eğer çalışma boyundan daha fazla ilerleniyorsa, #25 el eğesi ile tekrar kontrol edilmelidir. Çalışma boyundaysa kanal dolumu yapılabilir. Çalışma boyundan geride kalıyorsa F2 eğesi ile tekrar şekillendirme işlemi gerçekleştirilmeli ve aynı işlemler tekrar edilerek gerekliyse F3 eğesi ile de şekillendirme gerçekleştirilmelidir (Ruddle, 2005).

#### **2.4. Kök Kanallarının Doldurulması**

Kök kanal tedavisinin son aşaması, temizlenen ve şekillendirilen kanalların üç boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulmasıdır. Kök kanallarının tamamen doldurulma nedenleri arasında (Wesselink, 2010):

- Bakteri, bakteri toksinleri ve gıdaların oral kaviteden kök kanalı içerisine sızıntısının önlenmesi,
- Dentin tübüllerinde ve kök kanal boşluğu içerisinde kalan bakterilerin gelişmesinin önlenmesi,
- Bakteriyel artıkların kök kanalından periapikal dokulara sızıntısının önlenmesi ve

- Beslenme ürünlerinin periapikal dokudan kanal boşluğuna geçişinin önlenmesi gibi faktörler bulunmaktadır.

Kök kanal tedavisindeki başarısızlıkların ortalama %60'ı, eksik kanal dolumundan kaynaklanmaktadır. Bu durum, kök kanal dolum tekniklerine ek olarak kullanılan kanal dolgu maddelerinin de önemini göstermektedir (Almeida ve ark., 2007; Chailertvanitkul ve ark., 1997; Davalou ve ark., 1999).

#### **2.4.1. Kök kanal dolgusunda kullanılan materyaller**

Bu amaçla kök kanal dolgusu olarak, çeşitli kor materyalleri ve/veya kök kanal patları birlikte kullanılmaktadır. Kullanılan materyaller; biyouyumlu, sızdırmaz ve yeniden enfeksiyon oluşumunu önleyici özelliklere sahip olmalıdır. Günümüzde en yaygın kabul gören kök kanal dolgusu, pat ve merkezi kor materyalinin birlikte kullanıldığı tekniklerdir. Kök kanal patlarının, kanal dolgu maddeleri ile birlikte kullanılmasının esas olarak 4 amacı bulunmaktadır (Leonardo ve ark., 2000):

- Kanal dolgu patları, katı kor materyal ile radiküler dentin duvarları arasındaki boşluğu doldurarak kanalın tamamen doldurulmasını ve apikal tıkanmayı sağlamaktadır. Böylelikle, yan ve aksesuar kanalların da tıkanması sağlanacaktır.
- Kanal dolgu patları kanala yerleştirildikten sonra, sertleşip dentin duvarları ile kor materyali arasında bağlantı sağlamaktadır.
- Kayganlaştırıcı etkisi sayesinde, kor materyalinin kök kanalına kolayca uygulanmasını sağlamaktadır.
- İçerisinde bulunan antibakteriyel ajanlar, kanala yerleştirilmesinden sonra antibakteriyel etki göstermesini sağlamaktadır.

Kök kanallarının doldurulmasında kullanılan materyallerin aşağıda belirtilen belirli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip olması gerekmektedir (Alaçam, 2012; Çalışkan, 2006; Grossman, 1988; Ingle ve ark., 2002):

- Hasarlı dokuların rejenerasyonunu desteklemeli ve hızlandırmalı,

- Adeziv olmalı ve kanal duvarına kolay adapte olabilmeli,
- Kanalı lateral ve apikal olarak tıkayabilmeli,
- Radyoopasitesi iyi olmalı,
- Akışkanlık özelliği yeterli olmalı,
- Kullanımı kolay olmalı,
- Kanala yerleştirildikten sonra büzülmemeli,
- Boyutsal stabiliteye sahip olmalı,
- Zamanla rezorbe olmamalı,
- Dişleri renklendirmemeli,
- Hekime yeterli çalışma zamanı sağlamalı,
- Doku sıvılarına karşı sızdırmaz olmalı,
- Gerektiğinde uzaklaştırılması kolay olmalı,
- Steril olmalı veya kolay steril edilebilmeli,
- Bakteriostatik özelliğe sahip olmalı,
- Lokal ya da sistemik olarak toksik olmamalı,
- Periradiküler dokularda immün yanıtı neden olmamalı ve
- Mutajenik ya da karsinojenik özellikte olmamalıdır.

#### **2.4.1.1. Kök kanal dolgu patları**

Kök kanal dolgu patları; kök kanalı içerisindeki boşlukları, lateral ve/veya aksesuar kanalları ve konlar arasında oluşabilecek boşlukları doldurmaktadır. Kor materyali ile kullanımı sırasında antibakteriyel özellik göstermeleri, kanal duvarları ile kor materyali arasında bağlanmayı sağlaması, akıcı özellikleri ile boşlukları yapıları doldurmaları gibi nedenlerden dolayı tercih edilmektedirler. Günümüzde çok fazla sayıda kök kanal patı bulunmaktadır (Alaçam, 2012). Farklı araştırmacılar kök kanal patlarını farklı şekillerde sınıflandırmışlardır.

Grossman (1958), kanal dolgu patlarını; fiziksel özelliklerine, sertleşme sürelerine, kompozisyonlarına, rezorbe olabilme özelliklerine göre sınıflandırırken,



Johnson (2008) kök kanal dolgu patlarını kimyasal içeriklerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

- Çinko oksit ojenol içerikli patlar (Tubliseal, Grossman patı, Roth811 ve Pulp Canal Sealer)
- Kalsiyum hidroksit içerikli patlar (Sealapex, Biocalex, CRCS (Calcibiotic Root Canal Sealer), Apexit ve Apexit Plus )
- Rezin içerikli patlar (Diaket, AH 26, AH plus)
- Cam iyonomer içerikli patlar (Ketac-Endo, Endion, Vitrabond, Fuji Ionomer, Chembond ve ActiV GP Sealer)
- Silikon içerikli patlar (RoekoSeal-Automix (RSA), Lee Endo-Fill, GuttaFlow)
- Solvent içerikli patlar
- Üretan metakrilat içerikli patlar (Epiphany)

Epoksi rezin içerikli kök kanal patları, sahip olduğu adezyon ve mekanik özellikleri nedeniyle, endodonti pratiğinde oldukça fazla tercih edilen materyallerdir (Eldeniz ve ark., 2005; Lee ve ark., 2002; Saleh ve ark., 2002). Diaket, piyasaya sunulan ilk rezin içerikli kök kanal patı olup, poliketon taşıyıcıda polivinil reçine içermektedir (Lloyd ve ark., 1997). 1957 yılında Schröder tarafından geliştirilen AH26 kök kanal patı; likitinde bisfenol-A-diglisidileter, tozunda ise hekzametilen tetramin, bizmut oksit, gümüş, titanyum dioksit içermektedir. Reaktif epoksit halkası ile karakterizedir. Halkada meydana gelen parçalanma ile polimerizasyon başlar ve formaldehit açığa çıkarak patın antiseptik özelliği daha uzun süreli olur. Salınan formaldehit, başta oldukça toksik olup, 24 saatin sonunda seviyesi azalmaktadır (Mamootil ve Messer, 2007). AH26 kanal patının avantajları arasında; yüksek radyoopasitesi, düşük çözünürlüğe sahip olması, düşük büzülme özelliğinin olması, biyouyumlu olması, adezyon özelliğinin iyi olması yer almaktadır. Dezavantajları ise; formaldehit salınımı yapması, gümüş içeriğinden dolayı dişlerde renklenmeye sebep olması şeklindedir (Christensen, 1998; Orstavik ve ark., 2001).

AH26'nın sergilediği dezavantajları elimine edebilmek için AH Plus (DeTrey Dentsply, Konstanz, Almanya) geliştirilmiştir. 2 pat şeklinde olan AH Plus, bisfenol-A-diglisideter, kalsiyum tungstat, demir oksit, zirkonyum dioksit, adamantan amin, diaminler ve silikon yağı içermektedir (Orstavik ve ark., 2001). Sertleşme zamanı oldukça uzun olup, çözünürlüğünün AH26'nın yarısı kadar olduğu belirtilmiştir (McMichen ve ark., 2003).

#### **2.4.1.2. Kor materyalleri**

Kök kanal dolgusu olarak kullanılan kor materyalleri arasında; güta-perka, resilon ve gümüş konlar bulunmaktadır (Alaçam, 2012).

##### **Güta-perka**

Jose D'Almeida tarafından 1843 yılında tanıtılan güta-perka, günümüzde kök kanallarının doldurulmasında en yaygın olarak kullanılan kor materyalidir. "Sapotaceae" ailesine ait ağaçlardan üretilen "palaquium gutta" özütünden imal edilen güta-perka, trans-1,4-poliisopren polimeri olan bir organik moleküldür. Güta-perka'nın kompozisyonu; %59-76 çinko oksit ojenol, %18-22 güta-perka, %1-18 metal sülfat, %1-4 mum/rezin ve pigmentlerden oluşmaktadır. Ana bileşeni oluşturan çinko-oksit, doldurucu kısmı oluşturmaktadır. Güta-perka bileşeni matriks kısmını oluşturmaktayken, mum/rezin kısmı materyale plastik özellik sağlamaktadır ve metal sülfatlar ise radyoopasite özelliği kazandırmaktadır (Alaçam, 2012; Johnson ve ark., 2016).

Güta-perka;  $\alpha$ ,  $\beta$  ve amorf faz olmak üzere üç farklı formda bulunmaktadır. Güta-perka temel olarak  $\alpha$  fazındadır ve termoplastik kök kanal dolgusu yöntemlerinde kullanılmaktadır. Geleneksel güta-perka konları ise  $\beta$  fazındadır ve 42 – 49 °C arası ısılarda  $\alpha$  fazına dönüşebilir. Isı daha da artarsa amorf yapıya geçerler. Faz değişimleri, hacimsel değişimlere neden olmaktadır. Isıtılan güta-perkanın soğuması sırasında büzülme göstererek boşluk alanlar bırakması sorun oluşturmaktadır. Güta-perka organik sıvılarda erirken, su ve sulu maddelerde erimemektedir (Alaçam, 2012; Çalışkan, 2006; Goodman ve ark., 1974).

Kolayca kompakte edilebilir bir yapıya sahip olan güta-perka, lateral ve vertikal kompaksiyonda kanal konfigürasyonuna ve eğri kanallara uyum göstermektedir (Bousetta ve ark., 2003). Güta-perka konları, genelde steril üretilmemektedir ancak kullanım öncesinde mutlaka steril edilmelidir. Kullanılabilecek dezenfektanlar, materyalin mekanik yapısında değişimlere neden olabilir. Sterilizasyonda en iyi sonucun, %5.25 NaOCl solüsyonunda 1 dk boyunca bekletilip daha sonra %70 etil alkol ile yıkanmayla sağlandığı belirtilmiştir (Senia ve ark., 1977).

Güta-perkanın avantajları arasında; boyutsal stabilitesinin olması, biyouyumlu olması, toksisitesinin düşük olması, antibakteriyel olması, radyoopasitesinin iyi olması, termoplastik özelliğe sahip olması ve dişleri renklendirmemesi bulunmaktadır. Ancak rijit olmaması ve kolay deforme olabilmesi, adeviz özelliğinde olmaması ve kanal duvarlarına bağlanabilmesi için yarı katı bir materyale ihtiyaç duyması, stabil yapıda olmayıp oksidasyon, ısı ve ışık maruziyeti sonucu kırılğan yapıya kavuşması ve basınç altında apikalden taşabilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bunun için kanal preparasyonu esnasında apikal stop noktasına dikkat edilmelidir (Alaçam, 2012; Johnson, 2008).

#### **2.4.2. Kök kanal dolum teknikleri**

Kanal tedavisinde daha etkili, hermetik bir dolum yapılabilmesi amacıyla teknolojiye ilerlemelerle birlikte birçok farklı teknik geliştirilmiştir. Çeşitli preparasyon ve dolgu teknikleri olmasına rağmen, klinik başarı yönünden üstünlükleri henüz pek belirgin değildir. Bununla birlikte zayıf apikal tıkama ile prognoz daha kötü olduğu iyi bilinmektedir. Uzun dönemde ve standart koşullarda klinik olarak ispatlanmadıkça, bir tekniğin diğerine göre üstünlüğü tartışmalıdır. Günümüze kadar pek çok farklı kanal dolgu tekniklerinin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

Alaçam (2012), kök kanal dolum tekniklerini aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

- Tek kon dolum tekniği
- Soğuk güta-perkanın lateral kompaksiyonu

- Soğuk güta-perkanın kimyasal ile yumuşatılması
- Devamlı ısı ile dolum tekniği
- Sıcak güta-perkanın lateral/vertikal kompaksiyonu
- Güta-perkanın termomekanik kompaksiyonu
- Termoplastik enjeksiyon teknikleri
- Taşıyıcı esaslı güta-perka sistemleri

#### **2.4.2.1. Tek kon dolum tekniği**

Kök kanal sisteminin genişletilip ve şekillendirilmesinden sonra, tek bir konun bir miktar kanal patı ile uygulandığı bu teknik; oldukça kolay ve hızlıdır (Özkurt-Kayahan ve ark., 2019).

Tek kon dolum tekniğinin:

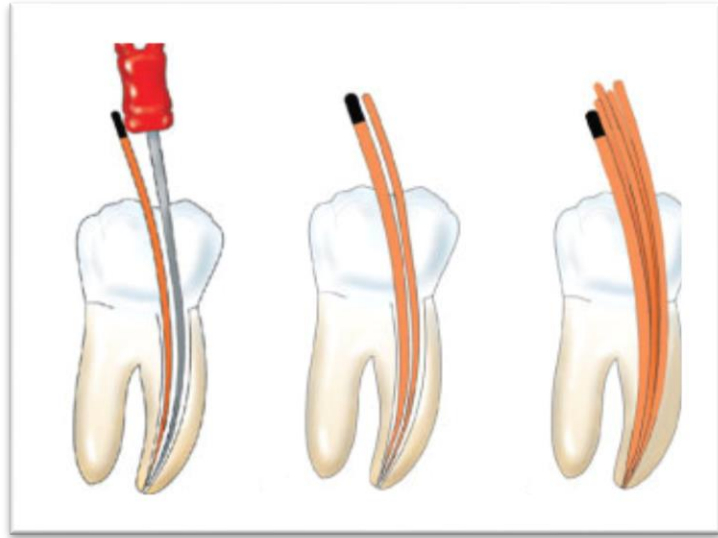
- Kök kanal duvarları paralel olduğunda,
- Kanal çok geniş ve piyasadaki güta-perka konları kanala tam uyum gösteremiyorsa,
- Döner aletlerle genişletilen kanallara son kullanılan aletin boyutuna uygun ve özel olarak tasarlanan güta-perka konlar ile,
- Cam iyonomer içerikli kanal patı kullanılacaksa ve bu patın çalışma zamanı oldukça kısa olduğundan bu tekniğin kullanımı önerilmektedir (Alaçam, 2012).

Inan ve arkadaşları (2009), tek kon, soğuk lateral kompaksiyon ve Thermafil kök kanal dolum teknikleri ile doldurulan düz kanallı dişlerdeki mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmiştir.

Mokhtari ve arkadaşları (2015), lateral kompaksiyon tekniğine göre tek kon tekniği ile doldurulan kök kanallarındaki dolgu maddelerinin, dentine bağlanma değerlerinin oldukça düşük olduğunu ve bu tekniğin popüler olmasına rağmen adezyonunun çok iyi olmadığını belirtmiştir.

#### 2.4.2.2. Soğuk güta-perkanın lateral kompaksiyonu

Soğuk güta-perkanın lateral kompaksiyonu, diğer tekniklerle karşılaştırıldığında; standart olarak kabul edilen ve diş hekimliği fakültelerinde öğrencilere ilk öğretilen teknik olarak bilinmektedir. Kanallar çok eğri ve düzensiz olmadığı sürece, tüm dişlere kolaylıkla uygulanabilir. Bu teknik; kanal patının radiküler dentine uygulanmasından sonra, uygun bir ana konun fizyolojik apikal forameni tıkayacak şekilde yerleştirilmesi sonrasında spreader yardımı ile lateral yönde kompaksiyon yaparak oluşturulan boşluklara aksesuar konların yerleştirilmesi şeklinde uygulanır (Resim 4) (Alaçam, 2012).



Resim 4. Soğuk lateral kompaksiyon tekniği

Güta-perkanın kontrollü bir şekilde uygulanması ve ekonomik bir teknik olması avantajlarını oluştururken; uygulama zamanının uzun olması ve kanal dolgusunun homojen yapıda olmaması ise dezavantajlarını oluşturmaktadır. Ayrıca spreadera uygulanacak fazla kuvvet, dişte vertikal kök kırıkları gibi istenmeyen durumlara yol açabilmektedir (Al-Afifi ve ark., 2016; Celikten ve ark., 2015). Vertikal kök kırıklarının oluşmaması için, spreader'a uygulanacak kuvvetin ortalama 1-3 kg olması gerektiği belirtilmiştir (Harvey ve ark., 1981).

#### **2.4.2.3. Sıcak güta-perkanın vertikal kompaksiyon tekniği (Schilder yöntemi)**

Sıcak vertikal kompaksiyon tekniği, 1967 yılında Schilder tarafından kök kanal boşluğunun üç boyutlu olarak doldurulması için tanıtılmıştır. Bu yöntemin çalışma prensibi, kanal dolum patının radiküler dentine uygulanması ardından, ana kon ile kanalın apikal bölgesini tıkamak ve bu ana konu ısıtılmış bir plugger ile dikey yönde kompakte etmektir (Schilder, 1974).

Isıtılmış termoplastik tekniklerin avantajı, kanal düzensizliklerini ve aksesuar kanalları lateral kondenzasyon tekniğine oranla daha iyi doldurmasıdır. Vertikal kompaksiyon yönteminde daha homojen kanal dolgusunun görüldüğü belirtilmişse de; ısı taşıyıcı enstrüman uygulanabilmesi için kök kanallarının fazla genişletilmesi gerekliliği, kurvatürlü kanallarda pluggerların kullanım zorluğunun bulunması, kondenzasyon kuvvetine bağlı olarak vertikal kök kırığı riski olması, uzunluk kontrolünün zor olması ve kanal dolgusunun periradiküler dokulara taşırılma riski gibi dezavantajlara sahiptir. Bu tekniğin başarısının, vertikal sıkışma sağlayacak aletin kanala direkt ulaşabilmesine ve apikal bölgeye rahatça gidebilmesine bağlı olduğu belirtilmektedir (Budd ve ark., 1991; Wu ve Wesselink, 2001; Venturi ve ark., 2005).

#### **2.4.2.4. Devamlı ısı ile dolum tekniği**

Buchanan tarafından ortaya atılan devamlı ısıyla kompaksiyon tekniği, sıcak vertikal kompaksiyon tekniğinin modifikasyonudur. Bu teknikle, elektrikle ısıtılan pluggerlar yardımıyla kök kanal içerisinde güta-perkanın yumuşatılması sonrası, vertikal kompaksiyon ile homojen bir dolgunun yapılması amaçlanmıştır (Buchanan, 1994). Isı kaynağı olarak ucundaki plugger'a istenildiğinde ısı verebilen System B elektrikli ısı cihazı (SybronEndo, Orange, CA, Amerika), istenen ısı miktarını istenilen süre ile uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Isı ayarı ortalama  $200 \pm 10^{\circ}\text{C}$  olarak ayarlanmaktadır. Pluggerlar standart boyutlarda olabileceği gibi, konvansiyonel güta-perka konlarla uyumlu standart olmayan (fine, fine-medium, medium, medium-large) boyutlarda da olabilmektedir.

Kök kanal preparasyonuna uygun ve kanala yerleştirildiğinde çalışma boyundan 0,5 - 1 mm mesafede sıkışan bir non-standardize güta-perka ana kon seçildikten sonra, System B ısı kaynağı ile kullanılmak üzere uygun plugger seçilir. Bu teknik ile uygulanacak patın çok çabuk sertleşmemesi gerekmektedir. Bir tabaka pat uygulanan kanal içerisine yerleştirilen ana kon, pluggerın ucuyla kanal ağzından kesilir. Erişim noktası çalışma boyu uzunluğundan 5-7 mm geride olan plugger, ısı aktivasyonu sağlanarak kök kanalı içerisinde ilerletilir. Isıtılmış plugger dışarı çıkarılmadan, kök kanalında vertikal hareketler uygulanarak apikale doğru ilerleme sağlanır. Yaklaşık 8 sn sonra yumuşayan güta-perka, ısı aktivasyonu kapandıktan sonra 5-10 saniye süreyle vertikal yönde kondense edilir. Kısa süreli (2 saniye) ısı uygulanarak alet kanaldan çıkarılır. Pluggerlar ile uygulanan kompaksiyon işlemi, güta-perka soğumadan sağlanmalıdır. ‘Down-packing’ işlemi tamamlandıktan sonra geriye kalan kanal bölümü ise incremental backfill tekniği ile doldurulmaktadır (Alaçam, 2012; Johnson ve ark., 2016).

Bu tekniğin avantajları olarak; ısıtılan güta-perkanın düzensiz kök kanal anatomisine daha derin ve etkili bir biçimde kondanse olabilmesi, deneyim kazanıldığında 12 saniyeden daha kısa bir sürede kanal dolumunun tamamlanabilmesi, rezorpsiyon olgularında başarılı sonuçların elde edilebilmesi ve mikrosızıntıyı büyük ölçüde azaltması gibi özellikler bildirilmiştir (Goldberg ve ark., 2001; Jacobson ve ark., 2002; Perry ve ark., 2013). Ancak, kontrol gücü ve buna bağlı fazla ısı açığa çıkışıyla periodonsiyumun zarar görmesi, taşkın kanal dolgusu yapılabilmesi ve dar kanallarda kullanım zorluğu gibi dezavantajlara sahip olduğu bildirilmiştir (Alaçam, 2012; Çalışkan, 2006; Eriksson ve Albrektsson, 1983).

#### **2.4.2.5. Termoplastik enjeksiyon teknikleri (ısıtılmış güta-perkanın enjeksiyonu tekniği)**

1977 yılında Yee ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu enjeksiyon tekniğinde güta-perka termoplastik olarak şekillendirilmektedir ve kök kanalı içerisine basınç altında enjekte edilmektedir (Yee ve ark., 1977). Bu tekniği kullanan sistemlere örnek

olarak; Obtura II/III, Calamus, Ultrafil 3D, Elements ve HotShot verilebilir (Alaçam, 2012; Johnson ve ark., 2016).

## **Obtura II**

Bu sistem, güta-perka parçalarının yerleştirildiği bir oda ve bu odayı çevreleyen ısıtıcı bir hazneden oluşmaktadır. Güta-perka yaklaşık 160°C’de ısıtılmaktadır ve gümüş kanüller aracılığı ile (20, 23 ve 25 gauge kalınlıklara sahip) kanala gönderilmektedir (Lacombe ve ark., 1988). Cihaz tabancası ısıya dayanıklı plastikten üretilmiştir. Akıcılığın ve temizlenmenin daha kolay olabilmesi için, aletin haznesi çok iyi parlatılmıştır (Alaçam, 2012). Uygulama pat yerleştirildikten sonra yapılır. Bu sistemde hızlı sertleşen pat kullanımı önerilmemektedir. Gümüş enjektör, kanal içerisinde çalışma boyundan 3-5 mm geriye yerleştirilmelidir ve materyal enjekte edilirken yavaşça kanalın koronaline doğru geri çekilmelidir. Enjektör kanal içerisinde sıkışmamalı ve kolayca hareket edebilmelidir. Kanal dolgusu tamamlandıktan sonra, koronalde plugger ile kompaksiyon yapılmalıdır (Johnson ve ark., 2016).

Sistemin avantajı; yan ve aksesuar kanalların ve düzensiz anatomik yapıya sahip kök kanal sisteminin daha homojen bir şekilde doldurulabilmesidir (Weller ve ark., 1997). Ancak, yüksek ısılarda diş destek dokularına zarar verebilmesi, aşırı dar kanallarda kanüllerin apikal bölgeye istenilen miktarda yerleştirilememesi ve apikal sonlanım tam olarak elde edilmediğinde materyalin apikalden ekstrüzyonu gibi olumsuz yönleri de mevcuttur (Budd ve ark., 1991).

## **Ultrafil**

Düşük ısıli termoplastik güta-perka enjeksiyon tekniği olup, 1984 yılında Michanowics ve Czonstkowsky tarafından geliştirilmiştir (Michanowics ve Czonstkowsky, 1984). Bu sistemde ısı ayarı 70 °C olup, kanül apikal sonlanmadan 6 mm uzaklıkta olacak şekilde kanala yerleştirilir. Kanal dolgusu sırasında hekim kanülü geri çekmemeli, basınç hissettikçe kanülün kendisini itmesine izin vermelidir. Bu sistemde düşük ısı kullanıldığından, güta-perka hızlı soğuyabilir ve dolayısıyla kompaksiyon



zayıf olabilmektedir (Budd ve ark., 1991; Gutmann ve Rakusin, 1987). Bu yöntemde de güta-perkanın apekten ekstrüzyonu ya da apekse kadar ulaşamaması gibi dezavantajları bulunsa da, kısa zamanda yoğun bir kanal dolgusu elde edilmesi, yöntemin tüm olgularda olduğu gibi, rezorptif defektlerin tamirinde, apikali geniş dişlerde ve endodontik cerrahide retrograd dolguların yapımında da kullanılması gibi avantajları bulunmaktadır (Alaçam, 2012).

### **Calamus Sistemi**

Calamus Flow Obturation System (Dentsply Tulsa Dental Specialties), ısıtılmış güta-perka enjeksiyon tekniğini kullanan bir sistem olup, ısı ayarını ve güta-perka akış hızını ayarlayan bir hazneye ve 2 ayrı uygulama koluna sahiptir (Resim 5). Kollardan birine her hasta için ayrı olarak hazırlanmış güta-perka kartuşları yerleştirilir. Bu kartuşlar, 20- ve 23- gauge kalınlıklarında olan kanllerden ısıtılarak down-pack yöntemi ile kanal içerisine uygulanırlar. Diğer kola ise ISO standartlarında geliştirilen 3 ayrı renk ve kalınlıktaki plugger'lar (siyah 40/03, sarı 50/05 ve mavi 60/06) yerleştirilir (Johnson ve ark., 2016).



Resim 5. Calamus sistemi

Thermafil, soğuk lateral kompaksiyon ve Calamus kanal dolum tekniklerinin kalitesinin değerlendirildiği bir araştırmada, en yüksek homojenitenin Calamus ile doldurulan grupta olduğu ve soğuk lateral kompaksiyon ile doldurulan gruptaki örneklerde boşluklar gözlemlendiği belirtilmiştir (Gupta ve ark., 2015).

#### **2.4.2.6. Kor taşıyıcı sistemli güta-perka yöntemi**

Etrafı güta-perka ile kaplı bir taşıyıcının ısıtılıp yumuşatılmasından sonra, kanal patı uygulanan kök kanalına yerleştirilmesi şeklinde uygulanan bir sistemdir. Paslanmaz çelik, plastik ve titanyum gibi farklı taşıyıcı çeşitleri vardır. Güta-perkanın ısıtılmadan önce mutlaka çalışma uzunluğu kanal içerisinde denenmelidir. Bu tekniğin sunduğu avantajlar arasında; kök kanalına yerleştirme kolaylığı, plastik kıvama gelmiş güta-perkanın boşluklara iyi yayılması ve adaptasyonun sağlanması gibi özellikler yer almaktadır (Alaçam, 2012; Johnson ve ark., 2016). Termoplastik güta-perka taşıyıcı kor tekniğinin apikal sızdırmazlıkta ve yan kanalların doldurulmasında, soğuk lateral kompaksiyon tekniğine göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir (Marciano ve ark., 2011).

Bunlarla birlikte; apikalden kök kanal dolgusunun taşma durumları, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması zorluğu, rotasyon yapılarak aletin yerleştirilmesi sonucu basamak oluşumu ve güta-perkanın taşıyıcıdan ayrılması gibi problemlere sahiptir (Alaçam, 2012).

Kor taşıyıcılı sistemlere örnek olarak; Thermafil, Softcore, System GT, Simplifil, GuttaCore ve Quickfil verilebilir. Thermafil, kor taşıyıcılı sistemler arasında en çok tercih edilendir (Alaçam, 2012).

#### **2.4.2.7. Sıcak güta-perkanın lateral kompaksiyonu**

Soğuk lateral kompaksiyon tekniğine benzeyen bu tekniğin tek farkı, ısıtılmış bir spreaderın öncelikle kanal içerisindeki güta-perkaya uygulanmasıdır. Daha sonra soğuk bir spreader uygulanarak açılan boşluk aksesuar konularla doldurulmaktadır. Bu işlem kök kanalı tamamen doldurulana kadar sürdürülmektedir. Spreaderların birkaç saniyede ısıtıldığı elektrikli aletler mevcuttur (Wesselink, 2010).

#### **2.4.2.8. Termomekanik kompaksiyon tekniği**

1979 yılında McSpadden tarafından geliştirilen sistemde, Hedström eğeye benzeyen ‘McSpadden Kompaktörü’ kullanılarak, sürtünme ısı ile güta-perkanın ısıtılması ve kök kanalının doldurulması amaçlanmıştır. Enstrümanın kanal içerisinde minimum 8000 rpm hızında kullanılması sonucu yumuşatılan güta-perka ile kök kanallarının dolması sağlanmaktadır (Carneiro ve ark., 2012; Leonardo ve ark., 2009; Michelotto ve ark., 2010). Soğuk lateral kompaksiyon ile meydana gelebilecek olası boşlukları kompanse edebilmek için geliştiren Microseal sisteminde (Analytic, Glendora, CA, Amerika); ana kon kanal patına bulanarak önceden pat yerleştirilmiş kanal içerisine yerleştirilip, spreader ile lateral yönde kompakte edilmektedir. Açılan boşluğa, sisteme ait kartuşlardaki güta-perka ısıtılarak enjekte edilerek kanal dolumu tamamlanmaktadır (Marciano ve ark., 2010).

Tekniğin avantajları arasında; kanal dolumunun daha kısa sürede bitmesi, uygulama kolaylığı, ekonomik olması, rezorpsiyon vakalarında etkili olması, kanal düzensizliklerini doldurabilmesi ve eksik doldurulmuş kanallara ilave yapılabilmesi yer almaktadır. Ancak uygulanırken kompaktör ucunun kanal içerisinde kırılabilmesi, dikkatsiz kullanımda kompaktörün kanal duvarlarını fazla tahrip etmesi sonucu perforasyon oluşumu görülmesi, taşkın kök kanal dolgusuna neden olabilmesi ve sürtünme ile oluşan ısıнын vital periodontal dokulara zarar verebilmesi gibi sorunlar görülebilmektedir (Alaçam, 2012; Çalışkan, 2006; Leonardo ve ark., 2009).

## **2.5. Endodontik Tedavide Başarısızlık**

Endodontik tedavideki başarısızlığın değerlendirilmesi, çeşitli hekimler tarafından; operasyon sonrası ağrı varlığı, kök kanal enfeksiyonun ortadan kaldırılamaması ve dişin kaybedilmesi gibi farklı şekillerde gerçekleştirilirken, bilimsel olarak başarısızlık tanısının saptanması tekrarlanabilir ve değişmez ölçütlerle olması gerekmektedir. Endodontide başarısızlığa neden olan faktörlerin tanımlanması, hastalık oluşumunun daha iyi anlaşılabilmesini ve tedavi protokolünün daha iyi uygulanmasını sağlamaktadır (Alaçam, 2012).

Endodontik tedavinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilen faktörler aşağıda belirtilmektedir (Alaçam, 2012; Roda ve Gettleman, 2016; Simon ve Pertot, 2009; Siqueira, 2001):

- Mikrobiyal faktörler
  - İntraradiküler enfeksiyonlar
  - Ekstraradiküler enfeksiyonlar
- Mikrobiyal olmayan faktörler
  - İçsel mikrobiyal olmayan faktörler
  - Dışsal mikrobiyal olmayan faktörler
- Kök kanal tedavisi sırasında yapılan işlemsel hatalar

### **2.5.1. Mikrobiyal faktörler**

Endodontik başarısızlıklardaki en büyük nedenin kanaldaki bakteri ve toksinleri ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bu iritanlar çeşitli yollarla periodontal dokulara geçmektedir (Siqueira, 2001). Endodontik tedavinin başarısız olduğu durumlarda, kanalda %57.4 oranında fakültatif anaerop ve %83.3 gram pozitif mikroorganizmalar izole edilmiş ve en sıklıkla izlenen mikroorganizmanın enterococcus faecalis olduğu belirtilmiştir (Pinheiro ve ark., 2003). Retreatmentin esas amacı, birincil endodontik tedavide olduğu gibi bakterileri elimine etmek ve iyi bir kanal dolumu ile birlikte koronal tıkama yaparak bakteri girişini önlemektir (Kaya ve Kececi, 2006). Başarısızlığa neden olan mikroorganizmaların genellikle kemomekanik preparasyondan sonra dokunulmadan kalan kök kanal sisteminin apikal bölgesinde bulunduğu bildirilmiştir (Kakehashi ve ark., 1965; Ricucci ve Siqueira, 2010; Siqueira ve Rocas, 2008).

### **İntraradiküler enfeksiyon**

Endodontik tedavili dişlerde görülen apikal periodontitis, sıklıkla mikrobiyal kaynaklıdır. Kök kanal tedavisi iyi görünen dişlerde dahi mikroorganizmalar varlığını devam ettirerek enfeksiyona neden olabilmektedir. İntraradiküler enfeksiyon, mikroorganizmaların kök kanal sistemine girme zamanına göre; dirençli veya sekonder olabilmektedir. İlk tedavinin gerçekleştirildiği sırada bulunan dirençli enfeksiyon, başarıyla uzaklaştırılamayan ya da kontrol edilemeyen bakterilerden kaynaklanmaktadır. Dirençli radiküler enfeksiyona neden olan bakteriler, genellikle kök kanal aletleri ve irrigasyon solüsyonlarının ulaşamadığı; lateral kanallar, istmuslar, dentin tübülleri ve apikal ramifikasyonlar gibi erişilmesi zor alanlarda bulunmaktadır (Ricucci ve Siqueira, 2010). Sekonder enfeksiyon ise tedavi öncesi kök kanalında bulunmayan, ancak tedavi esnasında aseptik çalışılmaması veya hermetik olarak yapılmayan kök kanal dolgusunun sızıntısı nedeniyle, kök kanalına giren bakteriler tarafından oluşturulmaktadır. Patolojik etkinlik sergileyebilecekleri kritik sayıya ulaşan bakteriler, periradiküler dokuya ulaşarak periradiküler enfeksiyona neden olmaktadır (Siqueira, 2001; Stamos ve ark., 1988).

## **Ekstraradiküler enfeksiyon**

İntraradiküler enfeksiyona bağılı oluşan ekstraradiküler enfeksiyon, intraradiküler enfeksiyon sonrasında bakterilerin periradiküler dokuları istilası sonucu görülmektedir. Endodontik dezenfeksiyon işlemlerinin yetersiz yapılması ve başarılı hermetik kanal dolgusunun sağlanamaması sonucu, mikroorganizmaların kök kanal sisteminden periapikal dokulara ulaşarak sayıca artışları, kök kanal tedavisinin başarısızlığına neden olmaktadır. Mikroorganizmaların biyofilm oluşturmasıyla kendilerini doku savunmasından korumaları, oluşan periradiküler enfeksiyonun devamının nedeni olarak gösterilmektedir (Siqueira, 2001).

### **2.5.2. Mikrobiyal olmayan faktörler**

#### **İçsel mikrobiyal olmayan faktörler**

Mikroorganizmaların olmadığı kök kanal tedavisindeki başarısızlık, periradiküler dokularda oluşan yabancı cisim reaksiyonuna bağlanmaktadır. Tedaviye direnç gösteren lezyon çıkartılarak incelendiğinde periradiküler kist olduğu ve başarısızlık nedeninin kolesterol kristallerine karşı oluşan yabancı doku reaksiyonu olduğu belirtilmiştir. Çok çekirdekli hücrelerin bu kristalleri uzaklaştırmasında yetersiz kalması, kristallerin artmasına ve lezyonun büyümesine neden olmaktadır. Endodontik tedavide başarısızlık nedeni olarak periradiküler kistlerin varlığı tartışmalı bir konudur. Her ne kadar bunlar bilinse de, periradiküler kistlerin çoğu geleneksel kök kanal tedavisi sonrası iyileşmektedir. Gerçek kistler ise bu geleneksel tedavi ile iyileşemezler (Roda ve Gettleman, 2016; Siqueira, 2001).

#### **Dışsal Mikrobiyal Olmayan Faktörler**

Kök kanal tedavisi esnasında çözünürlük özelliği olmayan kanal dolgu patlarının periradiküler dokulara taşması, yabancı cisim reaksiyonu oluşturmaktadır. Kullanılan kağıt konlarda bulunan selüloz komponentler, bitkisel kökenli bazı gıda artıkları ve pamuk lifler gibi maddeler, periradiküler dokularda lezyon oluşmasına neden

olabilmektedir. Mikrobiyal olmayan faktörlerin tedavi başarısızlığında tek başına rol oynadığı kanıtlanmamıştır. Bu olguların çoğunda, hastalığın sebebi olarak eşlik eden enfeksiyon varlığı bulunmaktadır. Ortograd olarak kök kanal tedavisinin yenilenmesi sonrasında cerrahi işlem gerekebilmektedir (Koppang ve ark., 1989; Ricucci ve ark., 2009; Siqueira, 2001).

### **2.5.3 Kök kanal tedavisi sırasında yapılan işlemsel hatalar**

Kök kanal tedavisin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilen tedavi sırasındaki yapılan işlemsel hatalar aşağıdaki gibi belirtilmektedir (Ashley ve Harris, 2001; Ruddle, 2004; Siqueira, 2001; Tabassum ve Khan, 2016):

- Yetersiz giriş kavitesi
  - Aksesuar kanalların tespit edilememesi
  - İdeal kanal preparasyonu yapılamaması
  - Pulpa tabanında oluşan perforasyonlar
- Yetersiz irrigasyon
- Hatalı preparasyon ve dezenfeksiyon
- Hatalı alet kullanımı (yanlış enstrümantasyon)
  - Kanal şekli değişerek tıkanmaya ve perforasyonlara neden olabilmesi
  - Tıkanma nedeniyle, çalışma boyunun kaybolması
  - Apikal foramenin genişlemesi sonucu kanal dolgusunun sağlanamaması
- Apeks bölgesindeki yetersiz preparasyon sonucu, güta-perka'nın yanlış konumlanması gibi nedenler yer almaktadır

Endodontik tedavi doğru uygulandığında başarı oranı oldukça yüksektir. Retreatment için aynı başarı oranı geçerli değildir, çünkü kanallara ulaşmak ve prepare etmek çok daha zor, hatta komplikasyonlu olabilmektedir (Çalışkan, 2006).

Kanallara ulaşmayı engelleyen nedenler arasında:

- Kanal içerisindeki postlar ve koronal restorasyonlar
- Çeşitli kanal dolgu materyalleri
- Kalsifikasyonlar
- Basamaklar, tıkanmalar, perforasyonlar ve alet kırılması gibi iatrojenik nedenler, bulunmaktadır (Simon ve Pertot, 2009).

## **2.6. Başarısız Olmuş Kök Kanal Tedavilerinde Tedavi Planlaması**

Başarısızlığa uğrayan kök kanal tedavili dişlerde;

- ilgili dişin yeniden incelenmesi ve takibi,
- kök kanal tedavisinin yenilenmesi,
- endodontik cerrahi (periradiküler küretaj, hemiseksiyon, apikal kök rezeksiyonu, kök amputasyonu, dişin çekilip tekrar replante edilmesi) uygulaması ve
- ilgili dişin çekimi olmak üzere, dört farklı tedavi seçeneği bulunmaktadır

(Roda ve Gettleman, 2016).

Kesin tanı konulamadığında; hasta bilgilendirilmeli ve kontrollere çağrılarak diş takip etmek faydalıdır. Dişin tedavi edilmesine karar verildiğinde ise, etken dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Eğer etken yabancı cisim reaksiyonu, gerçek kist ya da ekstraradiküler enfeksiyon ise endodontik cerrahi gerekmektedir. Cerrahinin endike olduğu durumlarda, ilk olarak konvansiyonel retreatment yapılarak kanal dekontamine edilir. Apeksden materyal çıkması, tek başına cerrahi endikasyonu olmamakla birlikte apikal foramenin genişlemesi söz konusu ise endikedir. Post ve kor uzaklaştırılırken kökte perforasyon ya da kırık oluşması da cerrahi yaklaşımın gerekli olduğu durumlar arasında yer almaktadır (Roda ve Gettleman, 2016; Simon ve Pertot, 2009; Tabassum ve Khan, 2016).



## **2.7. Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi (Retreatment)**

### **2.7.1. Retreatment tedavisi endikasyonları**

Retreatmentin yapılıp yapılmayacağı konusunda, hekimler arasındaki görüş birliği oldukça azdır (Aryanpour ve ark., 2000). Karar sıklıkla evrensel olarak kabul edilen objektif kriterler yerine subjektif kriterlere bağlı olarak yapılmaktadır (Kvist ve Reit, 2002; Pagonis ve ark., 2000). Endodontik retreatment yapılması konusunda evrensel prensipleri tanımlamak oldukça zor olmasına rağmen, retreatment gerektiren belli durumlar hakkında görüş birliği bulunmaktadır (Friedman, 2002). Dikkatli bir klinik inceleme ile çatlak ya da kırık, okluzal travma, sinüzit, trigeminal nevralji gibi başarısızlığa neden olabilen endodontik orjinli olmayan olasılıkların elimine edilmesinden sonra, retreatment aşağıdaki durumlara dikkat edilerek yapılmalıdır (Simon ve Pertot, 2009):

#### **Klinik semptomlar**

İlk tedaviden sonra spontan ağrı, şişme, apse ya da fistül gibi semptomların olduğu durumlarda retreatment yapılmaktadır. Ancak tedaviden hemen sonra ağrı var ise:

- Oklüzyon kaynaklı, ağrı olabilir.
- Isı bağlı olarak ağrı şikayeti ile gelen hastalarda komşu ya da diğer dişler incelenmelidir.
- Çiğneme sırasında oluşan ağrı, çatlak diş ya da kök kırıklarından kaynaklanabilir.

Bu tür durumlarda endodontik retreatmente gerek olup olmadığını saptamak için, önce detaylı bir anamnez alınmalı, diş periodontal açıdan değerlendirilmeli, oklüzyon kontrol edilmeli ve radyografi alınmalıdır (Lin ve ark., 1991 ; Simon ve Pertot, 2009).

Kök kanal tedavili dişlerin başarısının klinik açıdan değerlendirilmesi Tablo 1’de belirtilmektedir (Simon ve Pertot, 2009).

Tablo 1. Klinik açıdan dişlerin değerlendirilmesi (Simon ve Pertot, 2009).

| Başarılı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Şüpheli                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Başarısız                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perküsyon ve palpasyon hassasiyetinin olmaması</li> <li>• Normal mobilitenin olması</li> <li>• Fistül ağzının olmaması</li> <li>• Periodontal hastalığın olmaması</li> <li>• Dişin fonksiyonel olması</li> <li>• Enfeksiyon ve şişliğin olmaması</li> <li>• Subjektif rahatsızlık belirtilerinin olmaması</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sık sık tekrarlayan belli belirsiz semptomların olması</li> <li>• Dolgunluk hissinin olması</li> <li>• Perküsyon, palpasyon ve çiğnemedede hafif derecede rahatsızlık</li> <li>• Dil basıncı ile hassasiyet oluşması</li> <li>• Tedavi edilen dişin üzerine süperpoze olan sinüzit</li> <li>• Analjezik ihtiyacı duyulan minimal rahatsızlıklar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• İnatçı subjektif belirtilerin olması</li> <li>• Tekrarlayan fistüller veya şişlik</li> <li>• Perküsyon ve palpasyonda duyulan şiddetli rahatsızlık</li> <li>• Tamir edilemeyen kök ve kron fraktürlerinin mevcudiyeti</li> <li>• Aşırı diş mobilitesi ve ilerlemiş periodontal yıkım</li> <li>• İlgili dişin fonksiyon görememesi</li> </ul> |

### Radyografik bulgular

Endodontik tedaviden ortalama üç ay sonra periapikal lezyonun büyüklüğü artmış ya da azalmamış ise, endodontik başarısızlıktan söz edilebilir ve bu durum retreatment tedavisini gerektirir. Bakteriyel enfeksiyon sonucu oluşan periapikal lezyon tedavi edilmelidir. Özellikle kanal dolgusu ve koronal restorasyon iyi olduğu durumlarda, hekim ilk olarak tedaviden sonra ne kadar zaman geçtiğini tanımlamalı, mümkünse önceki radyografileri iyileşmeyi kontrol etmek için karşılaştırmalıdır (Akbar, 2015; Hulsmann, 1994).

İyileşme radyografik olarak kemik trabekülasyonu nedeni ile üç ay sonra görülmeye başlanır, büyük lezyonlarda tamamen iyileşme birkaç yıl alabilir (Çalışkan, 2006). Kök kanal tedavili dişlerin başarısının radyolojik açıdan değerlendirilmesi Tablo 2’de gösterilmektedir (Simon ve Pertot, 2009).

Tablo 2. Radyolojik açıdan endodontik tedavili dişlerin değerlendirilmesi (Simon ve Pertot, 2009).

| Başarılı                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Şüpheli                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Başarısız                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Hafifçe kalınlaşmış periodontal ligament aralığı (&lt; 1mm)</li> <li>Önceki radyolusensinin elimine edilmesi</li> <li>Komşu dişlerle lamina duranın aynı olması</li> <li>Rezorpsiyon görülmemesi</li> <li>Görünen kanal boşluğunu sement-dentin birleşimine kadar yoğun olarak doldurmuş bir kanal dolgusu</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Periodontal aralığın genişlemesi (&gt; 1-2 mm)</li> <li>Radyolusensinin aynı boyutta olması ya da çok az bir şekilde tamiri</li> <li>Bitişik dişlere göre lamina duranın irregüler şekil göstermesi</li> <li>Hafif gelişme gösteren rezorpsiyon belirtisi</li> <li>Özellikle apikal üçlü bölgesindeki dolguda boşlukların olması</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Periodontal aralığın aşırı genişlemesi (&gt; 2 mm)</li> <li>Periradiküler radyolusenside beklenen kemiksel tamirin oluşmaması veya radyolusensi boyutunda artış</li> <li>Yeni lamina dura oluşumunda eksiklik</li> <li>Periradiküler sahalarda önceden bulunmayan lateral ve apikal radyolusensiler</li> </ul> |

### Yeni koronal restorasyon planlandığında

Yeni bir koronal restorasyon planlandığında daha önce yapılan kanal tedavisini değerlendirmek için, radyografik inceleme gereklidir. Eğer kanal tedavisi iyi değilse, ileride problem olmaması için endodontik tedavi yeniden yapılmalıdır. Yeterli kanal dolumunun sağlanamadığı dişlerde, periapikal lezyon olmasa bile kanalda bakteri bulunmaktadır. Bu dişler, savunma sistemi ve bakteri arasındaki denge devam ettikçe asemptomatik kalmaktadır. Enstrümantasyon ve kron preparasyonu (ölçü ve post yuvası preparasyonu), denge bozarak lezyon gelişimine neden olabilmektedir (Simon ve Pertot, 2009).

## **Koronal tıkanmanın yetersiz olduğu durumlarda**

Giriş kavitesi yetersiz tıkanmış dişler oral çevreye açılabilirler. Koronal tıkama yetersizse, bakteriler infiltrate olabilir hatta kanal iyi doldurulsa bile, apikale ilerleyebilmektedir. Bu durumda retreatment tedavisi endikedir (Tronstad ve ark., 2000).

### **2.7.2. Retreatment tedavisi öncesi değerlendirme**

Retreatment uygulanması gerekli ise; hastanın hikayesi, radyografik inceleme, dişin stratejik önemi ve alternatifleri, periodontal değerlendirme, kök kırıkları, dişin restore edilebilirliği, cerrahi gerekliliği ve kar-zarar oranı, hasta isteği, hekimin tecrübesi ve yeteneği gibi birçok faktör tedaviden önce değerlendirilmelidir (Simon ve Petrot, 2009).

#### **Hastanın hikayesi**

Hastanın hikayesinin alınması ile, klinik işaret ve semptomlar (ağrı, ödem, şişlik, drenaj) ve önceki tedavi hakkında bilgi alınmış olunur (Simon ve Petrot, 2009).

#### **Radyografik inceleme**

Hekim retreatment tedavisine başlamadan önce, hastadan periapikal film ve açılı görüntü almalıdır. Açılı film sayesinde, tedavi edilmemiş kanallar tanımlanabilir ya da kırık alet lokalize edilebilir. Operasyon öncesi radyografi alınımı ile:

- Kök anatomisi değerlendirilir, başarısızlığın nedeni incelenir.
- Periapikal doku; radyolusensi, yabancı madde (güta-perka, kırık alet) ve rezorpsiyon yönünden değerlendirilir.
- Koronal restorasyon değerlendirilir.
- Kanal preparasyonu, dolumu ve bazen kanal dolgu materyalinin kalitesi değerlendirilir.
- Kırık alet tanımlanır (Akbar, 2015; Siqueira, 2001).

## **Kök kırıkları**

Tekrarlayan endodontik tedavi öncesinde dişler, operasyon mikroskobu veya büyütme sistemleri ile dikkatli bir şekilde değerlendirilerek, varsa çatlak veya kırık hatları saptanmalıdır. Periodontal dokulara veya ağız içersine açılan çatlak ve kırık hatlarında, bakteriyel kontaminasyon görülebilmektedir ve endodontik tedavi tekrarlanırsa bile yeniden enfekte olma olasılığı bulunmaktadır (Sousa ve ark., 2017).

Hatalı endodontik prosedürler ve post uygulamaları, çatlak veya vertikal kırıklara sebep olabilmektedir. Kökün koronal kısmından apeksine kadar uzanan vertikal kök kırığı, endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerde en yaygın çekim nedenlerinden biridir. Kesin tanı koyulması güçtür ve çoğu zaman başarısız kök kanal tedavileri ya da periodontal hastalıklarla karışabilmektedir. Çatlak dişlerde endodontik tedavi sonrası kron restorasyonu uygulanabilirken; vertikal kırıklı dişlerde ise fragmanların ağız dışında yapıştırılması ardından dişin reimplantasyonu denenmiştir (Arıkan ve ark., 2008; Nizam ve ark., 2016). Ancak bu dişlerin uzun dönem prognozu tartışmalıdır ve ankilozla sonuçlanabilir. Posterior dişlerde oklüzal stresler nedeniyle başarı şansının anterior dişlerden daha düşük olduğu belirtilmektedir (Özer ve ark., 2011).

## **Dişin stratejik önemi ve alternatifleri**

Retreatmente karar verilmeden önce; dişin stratejik önemi, periodontal durumu, oklüzyonu, ilişkili patolojileri (perforasyon, rezorpsiyon) ve restorasyonun uzun dönem başarı olasılığı değerlendirilmelidir (Çalışkan, 2006).

## **Periodontal değerlendirme**

Dişler periodontal sondla değerlendirilmeli, diş mobilitesi, kron-kök ilişkisi ve kemik rezorpsiyonu incelenmelidir. Özellikle furkasyon lezyonlarında, periodontal sondlama epitelyal ataçman kalitesini değerlendirmek için önemlidir. Lezyon fistüle sahip değilse, boyutu büyük olsa bile prognoz iyidir. Eğer lezyon fistüle sahip ise epitel ataçman yıkılır ve prognozun iyi olması oldukça zordur (Simon ve Petrot, 2009).

## **Dişin restore edilebilirliği**

Endodontik tedavi, dişin ark içindeki fonksiyonunu sürdürmesini mümkün kılmaktadır. Diş büyük çürüğe sahip ya da kırık ve fonksiyon niteliği az ise, hemen endodontik tedavi yapılmamalıdır. Çürük ya da kırık nedeniyle koronal madde kaybı fazla olan dişlerde, retreatment tedavisinden önce biyolojik genişlik incelenerek kron boyu uzatılmalıdır. Bu sayede:

- Rubber dam yerleştirmek daha kolaylaşır.
- Tedavi öncesi restorasyon sağlanır.
- Dört duvarlı giriş kavitesi (irrigasyon solüsyonu için rezarvuar) elde edilir.
- Stabil geçici restorasyon sağlanır.
- Bakteriyal sızıntı önlenir.
- Final restorasyonu yapmak kolaylaşır, uzun süreli periodontal sağlığa ve iyi koronal tıkamaya yardımcı olur (Aryanpour ve ark., 2000).

## **Cerrahi gerekliliği ve kar-zarar oranı**

Retreatmentte, tedavi uzun sürebilmekte ve sonuç ilk tedaviden daha az oranda tahmin edilebilmektedir. Hekimler, retreatmentin teknik zorluklarından dolayı sıklıkla dişin çekimini tercih edebilmektedir ve dişi tutmak yerine implant ya da köprü uygulamaktadır (Simon ve Petrot, 2009).

## **Hasta isteği**

Retreatmentin başarı oranının ilk tedaviden daha düşük olması ve zaman alıcı bir tedavi olabilmesi nedeniyle, hasta kooperasyonu önemlidir. Hastaya bütün prosedür anlatılmalıdır. Ek cerrahi işleme ihtiyaç duyulabileceği, başarısızlık riski ve çekim olasılığı hakkında bilgi verilmelidir (Simon ve Petrot, 2009).

## **Hekimin tecrübe ve yeteneği**

Hastalar, vakalardaki tecrübeleri, bilgileri, uzmanlıkları ve ekipmanları nedeniyle endodontistlere yönlendirilmelidir (Ashley ve Harris, 2001).

### **2.7.3. Retreatment tedavisi öncesi radyografi ve klinik değerlendirme ile hastadan veya önceki hekimden elde edilen bilgilerin önemi**

Endodontik tedavide önemli bir aşama olan kök kanal ağzlarına ulaşılabilmesi, aşağıda belirtilen çeşitli faktörler nedeniyle retreatmentta zor olabilmektedir (Çalışkan, 2006):

- Direkt yada indirekt koronal restorasyon varlığı
- Pulpa odasının kaybolması
- İlk tedavide komplikasyonlar oluşması
- Kron ya da köprü varlığı
- Post varlığı

Tedavi öncesi radyografiler ve klinik değerlendirme, hekime bilgi sağlaması nedeniyle oldukça önemlidir. Hastadan ve mümkünse ilk tedaviyi yapan hekimden alınan bilgiler, tedavinin başarısı açısından yarar sağlamaktadır (Simon ve Petrot, 2009).

- **Radyografik incelemede elde edilen bilgiler**
  - Dişin uzun aksı
  - Kron-kök ilişkisi
  - Post varlığı ve tipi
  - Giriş kavitesinin şekli, açılanması, büyüklüğü
  - Kanal dolgu materyalinin tipi
  - Pulpa tabanının kalınlığı
  - Perforasyon varlığı
  - Doldurulan kanal sayısı

- **Klinik incelemede elde edilen bilgiler**
  - Periodontal durum
  - Furkasyon ilişkisi
  - Koronal restorasyon tipi
  - Komşu diş ile ilişkisi
- **Hastadan ya da önceki hekimden elde edilen bilgiler**
  - Post ve kronun ilişkisi (tek parça ya da iki parça)
  - Yapıştırma simanının tipi
  - Kullanılan postun tipi
  - Metal olmayan postun tanımlanması

#### **2.7.4. Retreatment tedavilerinde koronal restorasyonların uzaklaştırılması**

Kanala ulaşmayı zorlaştıracığı ve hatalara neden olabileceği için amalgam, kompozit, kron ve köprü gibi mevcut koronal restorasyonların uzaklaştırılması gerekmektedir. Marjinal adaptasyonu zayıf, altında çürük bulunduran restorasyonlar retreatment tedavisi sırasında mikrobiyal kontaminasyon oluşturabilir, koronal sızıntıya bağlı olarak enfeksiyonu devam ettirebilir. Bu nedenle şüpheli restorasyonların tamamen uzaklaştırılarak yenilenmesi gerekmektedir (Hoen ve Pink, 2002).

Fonksiyonel olarak tasarlanmış, iyi marjinal uyuma sahip mevcut estetik restorasyonların tümüyle uzaklaştırması gerekmemektedir. Bu olgularda, kanala girişin restorasyon üzerinden yapılması ile estetik ve fonksiyonun sürdürülmesi sağlanmaktadır. Kronun korunması, izolasyon ve rubber dam uygulamalarını kolaylaştırmaktadır. Ancak restorasyon üzerinden girişlerde, restorasyonların dışın iç ve dış morfolojisini tam yansıtmayabilmesi nedeniyle görüş azalarak perforasyonlar, küçük kanal girişleri ile çatlak ve kırıklar hekimin gözünden kaçabilmektedir. Dolayısıyla hekimin iatrojenik hata yapma riski artmaktadır (Wong, 2004).



## **Direkt restorasyonlar**

Direkt restorasyonları uzaklaştırmak kolaydır. İrrigasyon ve izolasyon önemlidir. Ayrıca rubber dam kullanılmalıdır (Simon ve Petrot, 2009).

## **Kronlar**

Kronların uzaklaştırılması için kron sökücüler ya da keserek ayırma işlemi kullanılmaktadır. Konvansiyonel kron sökücülerde kuvvet dişin tek yüzüne uygulanması nedeniyle alttaki diş dokusunda kırık riski oluşabilmektedir. Eğer dişte post varsa kökte kırığa neden olabilir. Konvansiyonel kron sökücülere ek olarak, elektirikli kron sökücü, metalift kron sökücü, VAMkey gibi kron sökücüler de kullanılabilir (Addy ve ark., 2007).

## **Köprüler**

Köprünün uzaklaştırılması daha komplike olmaktadır. Üç ya da dört üyeli kısa köprüler daha güvenli ve sağlam uzaklaştırılabilir. Uzaklaştırma teknikleri arasında; paraşüt teknik ile kron sökücü kullanılması, VAMkey kullanılması ve uzun köprülerde ilgili kronun kesilerek ayrılması yer almaktadır (Simon ve Petrot, 2009).

## **Postların Uzaklaştırılması**

Klinik inceleme ile değerlendirilemeyen postların tipi ve şekli hakkında sadece radyografiler ile bilgi alınabilmektedir. Postların uzaklaştırılmasında; ultrasonik cihazlar, özel post aşındırma frezleri ve özel post uzaklaştırma sistemleri kullanılabilir. Uzaklaştırılma sırasında; postun kırılması, dişin kırılması, dişin restore edilemeyecek hale gelmesi, perforasyon ve döner sistemlerin ısı oluşturmaya bağlı periodonsiyumda hasar oluşabilmektedir (Alaçam, 2012; Simon ve Petrot, 2009).

### **2.7.5. Retreatment tedavilerinde kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması**

Kron ve post materyali uzaklaştırıldıktan sonra; var olan çürükler ya da desteksiz mine dokusu kaldırılmalı, giriş kavitesi ve pulpa odasındaki debrisler temizlenmeli,

koronal duvarlar oluşturulmalı, gerekli ise giriş kavitesi genişletilmeli, varsa başka kanallar aranmalı ve tıkalı kanal içerisindeki materyaller uzaklaştırılmalıdır (Simon ve Pertot, 2009). İlk endodontik tedavinin başarısızlığı genellikle; diş anatomisi ve morfolojisi hakkındaki bilgi eksikliği, pulpa odasının üç boyutlu görüntüsünün radyografide alınamaması, görüş alanı darlığı, posterior dişlerin kök-kanal anatomisinin kompleks olması ve kötü giriş kavitesi gibi nedenlerden dolayı oluşmaktadır (Tabassum ve Khan, 2016).

Giriş kavitesinin modifiye edilmesinin ardından;

- Hekim, kanala 1-2 mm ulaştıktan sonra preparasyon açısını yeniden gözden geçirmeli ve düz girişi sağlamak ve aletleri kontrol edebilmek için gerekli modifikasyonu yapmalıdır. İlk olarak gates glidden frez ile giriş preparasyonu tamamlanmalıdır.
- Kanal dolgu materyali, aletler ile aynı seviyede ilerleyerek uzaklaştırılmalıdır.
- Bütün eğeler ve aletler düzenli kullanılmalı ve temizlenerek kontrol edilmelidir.
- Kanalda direnç oluşup ilerlenemiyorsa, zorlanmamalı ve radyografi ile bu durum açıklanmalıdır. Direnç oluşmasının 2 nedeni olabilmektedir:
  - Kullanılan aletin çapının büyük olması ve
  - Basamak ya da kalsifikasyonun olması (Çalışkan, 2006).

Kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında; el eğeleri, döner eğeler, ultrasonik aletler, ısı, çözücüler ve lazer kullanılabilir (Hulsmann ve Stolz, 1997).

#### **2.7.5.1. Kanal dolgu materyalinin tanımlanması**

Kanal dolgu materyali, kanal ağzı seviyesinde gözlenebilmesine rağmen post destekli restorasyonlarda gözlenememektedir. Materyal kanal ağzında görülemiyorsa; postun uzaklaştırılmasından sonra, zeminde kalan siman artıkları giriş kavitesine ulaşmayı engeller ve çözücülerin etkisini ortadan kaldırır. Siman artıklarını ortadan

kaldırmanın en etkili yolu, ultrasonik aletlerin kullanımıdır. Ultrasonik uç kanalda siman bölgesinin üstüne yerleştirilir, birkaç saniye çalıştırılır. Materyal kanal ağzından görülebiliyorsa, kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılma kolaylığı; dolgu materyalinin türüne, ilk tedavide yapılan preparasyon miktarına, kanalın kurvatürüne ve kanal dolgusunun boyuna bağlı olarak değişebilmektedir (Şahinkesen, 2006).

#### **2.7.5.2. Kanal dolgu simanlarının uzaklaştırılması**

Kanal dolgu simanlarının sahip olduğu zayıf adezyon, sızıntıya sebep olma ve toksik kimyasal içerme gibi özellikleri nedeniyle günümüzde kullanımları önerilmemektedir. Yumuşak yapıdaki kanal dolgu simanlarının uzaklaştırılması; kanal aletleri kullanılarak ve irrigasyon yapılarak özel işlemlere ihtiyaç duyulmadan gerçekleştirilebilmektedir. Doğu Avrupa orjinli ve renginden dolayı ‘Rus kırmızısı’ olarak bilinen resorsinol-formalin içeren sert yapıdaki kanal dolgu simanları, rezin içeriğe sahiptir ve sertleşme reaksiyonları sonucunda dentin tübülleri ile rezin tag oluşturmaktadırlar. Sert yapıdaki kanal dolgu simanlarını uzaklaştırması oldukça zor ve zaman alıcıdır. Resinin çözülmesini sağlayan kloroform çözücü ile bekletilmeleri, drill ve ultrasonik cihazların kullanımı gerekebilmektedir (Duncan ve Chong, 2008; Schwandt ve Gound, 2003).

#### **2.7.5.3. Kanal dolgu patlarının uzaklaştırılması**

Yumuşak yapılı kök kanal dolgu patları, genellikle mekanik preparasyon ve irrigasyon yardımı ile rahatlıkla kök kanallarından uzaklaştırılabilmektedir. Yumuşak patın etkili bir şekilde uzaklaştırılmasında, eğeler ya da NiTi döner aletler kullanılabilir (Roda ve Gettleman, 2016).

Çözülebilme özelliği bulunan sert yapılı kanal dolgu patlarının kök kanalından uzaklaştırılabilmesi için çözücüler kullanılabilir. Eğer kanal dolgu patı yumuşatılabilirse, yumuşak kanal patı gibi eğeleyerek kanaldan uzaklaştırılabilir. Kanal dolgu materyali çözünmez ve çözücüler inaktif ise, materyali uzaklaştırmak için endodontik uçlar ve ultrasonik eğeler kombine olarak kullanılmalıdır. İlk olarak

endodontik uçlar ile pat birkaç mm uzaklaştırıldıktan sonra, ultrasonik eğeler kullanılmaktadır (Calışkan, 2006; Simon ve Petrot, 2009).

Çinko oksit öjenol ve kalsiyum hidroksit içerikli kanal dolgu patları, kök kanalından mekanik enstrümantasyon ve irrigasyon solüsyonları ile uzaklaştırılabilirken; cam iyonomer veya rezin içerikli kanal dolgu patlarının, kök kanal duvarlarına adezyon özelliği göstermesi nedeniyle uzaklaştırılmalarının daha zor olduğu belirtilmektedir (Lee ve ark., 2002). Friedman ve arkadaşları (1992), cam iyonomer, epoksi rezin ve çinko oksit öjenol içerikli kanal patlarının kök kanalından uzaklaştırılma etkinliklerini değerlendirmesi sonucunda, uzaklaştırılma süresinin ve kanal içerisinde kalan pat miktarının en fazla cam iyonomer içerikli pat grubunda olduğunu vurgulamıştır. Kosti ve arkadaşları (2006), epoksi rezin içerikli patların en zor uzaklaştırılan pat grubu olduğunu belirtmiştir.

Kanal dolgu patlarının uzaklaştırılmasında, kullanılacak olan çözücünün miktarı; kanal dolgu materyalinin türüne ve sertliğine bağlıdır (Simon ve Petrot, 2009). Tablo 3'te farklı çözücülerin farklı kanal patlarının uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini inceleyen çalışmalar gösterilmektedir.

Tablo 3. Çözücülerin farklı kanal patlarındaki etkinliğinin değerlendirilmesi.

| Araştırmacılar                    | Kullanılan Çözücü | Kullanılan Pat | Sonuç                                          |
|-----------------------------------|-------------------|----------------|------------------------------------------------|
| <b>Karatas ve ark.,<br/>2015</b>  | Ökalyptus yağı    | AH Plus        | *Kloroform önemli derecede daha etkili         |
|                                   | Portakal yağı     |                |                                                |
|                                   | Kloroform         |                |                                                |
| <b>Bayram ve Bilici,<br/>2012</b> | Ökalyptus yağı    | Epiphany       | *Halotan resin patlar için etkili bir çözücü,  |
|                                   | Portakal yağı     | MM-Seal        | *Portakal yağı ökalyptus yağından daha etkili, |
|                                   | Halotan           | AH Plus        | *En fazla çözünen AH patı                      |

|                                   |                |               |                                        |
|-----------------------------------|----------------|---------------|----------------------------------------|
| <b>Martos ve ark.,<br/>2011</b>   | Portakal yağı  | RoekoSeal     | *Ksilen en etkili                      |
|                                   | Ökalyptus yağı | Sealer 26     | * Kloroform, ökalyptus ve              |
|                                   | Ksilen         | Epiphany      | portakal yağından daha etkili          |
|                                   | Kloroform      | Endomethasone | * Portakal ve ökalyptus yağı           |
|                                   |                | EZ-Fill       | arasında anlamlı bir fark yok          |
| <b>Bodrumlu ve ark.,<br/>2008</b> | Ökalyptus yağı | AH Plus       | *Epiphany patının                      |
|                                   | Kloroform      | Epiphany      | çözünürlüğü AH Plus' dan<br>daha fazla |
| <b>Martos ve ark.,<br/>2006</b>   | Ksilol         | Sealer 26     | *Ksilol ve portakal yağının            |
|                                   | Portakal yağı  | Roeko Seal    | etkileri benzer,                       |
|                                   | Ökalyptol      | Endofill      | *Portakal yağı, ökalyptolden           |
|                                   |                | Intrafill     | daha fazla çözücü etkiye<br>sahip      |

Kanal olması gereken uzunlukta doldurulmuşsa, kanal dolgu materyalini uzaklaştırmak kısmen daha kolaydır. Eğer kanal apeksten kısa doldurulmuşsa:

- Apikalde tıkanma yoksa daha küçük eğeler kullanılarak ilerlenebilir.
- İlk tedavide basamak oluşturulmuş ve sonra apikal kısım kalsifiye olmuş olabilir. Bu durumlarda döner alet kullanılmamalıdır (Mandel ve Friedman, 1992 ; Simon ve Pertot, 2009).

#### 2.7.5.4. Güta-perkanın uzaklaştırılması

Güta-perka, kök kanal patı veya simanı ile birlikte uygulanan ve en çok kullanılan kök kanal dolgu maddesi tipidir. Tekrarlayan endodontik tedavilerde en sık karşılaşılan kanal dolgu materyali olan güta-perkanın pembe rengi ve radyoopasite özelliği, klinik ve radyografik olarak tespitinin nispeten kolay olmasını sağlamaktadır (Duncan ve Chong, 2008).

Tekrarlayan kök kanal tedavisi planlanırken, radyografik olarak güta-perkanın kompaksiyon şekli ve kanal dolgusunun seviyesi incelenir. Tek bir standart 0.02

konisitede kon veya kötü kondanse edilmiş güta-perkadan oluşan bir kanal dolgusunda, dolgu ile kanal duvarı arasında boşluklar oluşacaktır. Bu kanallarda, güta-perka kanal içinde serbest kalması nedeniyle kolaylıkla uzaklaştırılabilir. H-tipi bir eğe, güta-perkanın yanından ilerletilip, duvar ile dolgu maddesi arasına sıkışınca dışarı çekilebilir, NiTi döner eğeler kullanılabilir ya da ultrasonik eğeleme yapılabilir. Taşkın doldurulmuş tek kon ya da zayıf kondanse edilmiş güta-perka varlığında, el eğeleri ile uzaklaştırma daha başarılı olabilmektedir (Dixit ve ark., 2013).

İyi kondanse edilmiş güta-perka ile yapılan kök kanal dolgularında, güta-perka ve kök kanal duvarı arasında eğelerin ilerletilebileceği boşluk bulunmaz. Bu nedenle öncelikle çözücü ya da ısı ile güta-perkanın yumuşatılması gerekebilmektedir. Bu uygulama ile güta-perka içerisinde eğenin yerleştirilebileceği boşluk oluşturularak aşama aşama çıkarılması sağlanmaktadır. İyi kondanse edilmiş güta-perkanın tümünün tek seferde uzaklaştırılması genellikle mümkün olmamaktadır. Güta-perka kırılabilirliğinin zamanla artması nedeniyle, kök kanal dolgusu üzerinden uzun yıllar geçmiş retreatment tedavilerinde güta-perkanın tek parça halinde çıkması zorlaşmaktadır (Duncan ve Chong, 2008).

Bazı araştırmacılar, güta-perkanın uzaklaştırılmasında; çözücü olmadan, 700-1200 rpm hızında, NiTi döner aletlerin kullanılmasını önermektedir. Bu aletler sayesinde güta-perka ısı etkisiyle yumuşatılmakta ve uzaklaştırılması kolaylaşmaktadır. Bu teknik düz kanallarda kullanılmalıdır (Ozyurek ve Demiryurek, 2016; Reddy ve ark., 2013).

Hangi teknik kullanılırsa kullanılsın, aletler apikale doğru ilerlemediğinde kuvvet uygulanmamalıdır. Kuvvet uygulanması sonucunda; aletin kırılma riski, basamak hatta perforasyon oluşturma riski bulunmaktadır. Enstrüman ilerleyemediği zaman, ilk olarak kanalda kanal dolgu materyalinin varlığı kontrol edilmelidir. Daha sonra, çözücü uygulanmalı ve küçük çaplı enstrüman ile apikale doğru ilerlenmelidir (Nayir, 2011).

#### 2.7.5.4.1. Güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılan kanal aletleri

##### • Paslanmaz çelik el aletleri

**K-tipi eğeler:** Kanal içerisinde yarım tur rotasyon ardından çekme hareketi ile kullanılan K-tipi eğelerin uçları kesici değildir. H-tipi eğelere göre daha esnek ve mekanik dayanıklılığı daha fazladır. Spiralleri arasında biriken debris temizlenmezse, kök kanalı tıkanabilir ve apikalden debris itilebilmektedir. Bu nedenle eğe sık sık temizlenmeli ve kök kanalı irrige edilmelidir (Peters ve ark., 2016).

**Heldström eğeler (H-tipi eğeler):** Yalnızca çekme hareketi ile kullanılan H-tipi eğelerin pozitif kesme açıları, K-tipi eğelerden daha fazladır. Bu özellik H-tipi eğelere, K-tipi eğelere göre daha fazla kesme etkinliği sağlamaktadır. Oval ve eliptik şekilli kanallarda çevresel eğeleme için kullanılan H-tipi eğeler, güta-perkanın kök kanalından uzaklaştırılmasında paslanmaz çelik el aletleri içerisinde en etkili olanıdır (Peters ve ark., 2016; Simon ve Petrot, 2009).

Ayrıca flexofile, flexicut, flexfile gibi modifiye enstrümanlar da kanal dolgusu uzaklaştırmada kullanılmaktadır (Betti ve Bramante, 2001; Ferreira ve ark., 2001).

##### • Paslanmaz çelik döner aletler

**Gates glidden:** Alev şekilli kesici olan kafa kısmı ve ince kesici olmayan gövdesi bulunan gates gliddenin ucu, kesici özelliğe sahip değildir. Gövde ile sap kısmı, alet kırıldığında kolay uzaklaştırılabilmesi için zayıflatılmıştır. 6 adet eğeye sahip gates gliddenlerin kalınlığı 1'den 6'ya doğru 0.20 mm artmaktadır. #1 eğenin çapı 0,50 mm, #6 eğenin çapı 1,5 mm'dir. Düşük hızda ve pasif olarak kullanılan gates gliddenler, koronal üçlünün şekillendirilmesinde kullanılmaktadır. Retreatment tedavilerinde, koronal üçlüdeki güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılabilirler. Agresif özellikleri nedeniyle, eğimli kanalların kurvatür kısmında kullanılmamalıdır. Perforasyon riski yüksektir (Alaçam, 2012; Peters ve ark., 2016; Roda ve Gettleman, 2016).

**Peaso reamer:** Post boşluğu hazırlamada kullanılan peaso reamerların uca doğru gittikçe incelen uzun, dar bir kafa kısmı ve ince gövdesi bulunmaktadır. Gates gliddenler gibi kesmeyen ucu, lateral kısmı kesme yapan hafif spiralli kafa kısımları bulunmaktadır. Kurvatürsüz dişlerde, koronal kısımdaki güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılabilmektedir (Peters ve ark., 2016; Roda ve Gettleman, 2016).

- **NiTi döner aletler**

NiTi alaşımlar, süper elastik özellikleri sayesinde endodontide popülerlik kazanmışlardır. Kesme etkinliği paslanmaz çelikten azdır ancak kırılma direnci fazladır. Özellikle eğri kanallarda paslanmaz çelik eğelere göre daha yüksek esneklikleri sayesinde, kullanılmaları daha uygundur. Bu alaşım elastikiyeti sayesinde eğelere, kanal transportasyonu ve basamak oluşturma riskinde azalma avantajlarını sağlar (Alaçam, 2012).

#### **2.7.5.4.2. Güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler**

Güta-perkanın kök kanallarından uzaklaştırılması için; mekanik, termomekanik ve kimyasal olarak çeşitli teknikler önerilmiştir.

- **El eğeleri ile güta-perkanın uzaklaştırılması**

İyi kondanse olmamış güta-perka varlığında, bu yöntem kullanılmaktadır. K-tipi eğe, güta-perka ve kanal duvarı arasında ilerletilerek yol açılır. H-tipi eğe açılan boşluğa ilerletilir, güta-perka sıkıştırılır ve çekilir. Taşkın dolgularda ve düz kanallı dişlerde kullanılabilir. H-tipi eğeler ısıtılarak, güta-perkaya penetrasyonu arttırılabilir. Isıtılmış H-tipi eğe, güta-perka dolgunun içine yerleştirilir ve dışarı doğru çekilir. Isı etkisiyle yumuşamış olan dolgu soğudunda, eğenin yivleri arasında donar ve eğe dolguya vidalanmış olur. Bu sayede güta-perkanın kanaldan tek parça halinde çıkarılması kolaylaşır. El eğelerinin ısıtılarak kullanılması, özellikle çözücü kullanımının sakıncalı olduğu taşkın kök kanal dolgularında başarılı olmaktadır (Roda ve Gettleman, 2016).



- **Döner eğelerle güta-perkanın uzaklaştırılması**

Boyterlok, reamer, gates glidden ve peaso frezleri ile güta-perka kök kanalından uzaklaştırılabilmektedir. Bu aletler, güta-perka iyi kondanase edildiği durumlarda çözücü kullanımı kontrendike ise kullanılabilir. Uygulama sırasında perforasyon oluşabilmesi veya kırılabilmesi gibi nedenlerden dolayı, dar ve eğri kanallarda kullanılmaları önerilmemektedir. 0,04 ve 0,06 tapera sahip NiTi döner aletler, güta-perkanın kök kanalından uzaklaştırılmasında etkili ve hızlı aletlerdir. Aletlerin kök kanalı içerisinde sıkışmadan dönebilmesi için, kanal genişliğinin yeterli olması gerekir. Ortalama 350-1000 devir/dakika (rpm) hızda kullanılırlar. Bu dönme hızında sürtünmenin etkisiyle güta-perka yumuşamakta ve kök kanalından uzaklaştırılmaktadır (Roda ve Gettleman, 2016).

Güta-perkanın kök kanalından uzaklaştırılması için farklı firmalar tarafından özel NiTi döner eğe sistemleri geliştirilmiştir:

**ProTaper Universal Retreatment (Dentsply):** D1, D2, D3 olmak üzere 3 eğeden oluşur. D1 30/9, D2 25/8, D3 ise 20/7 ebat ve tapera sahiptir. Güta-perka ve thermafil doldurucular için 500 rpm, çinkooksit ojenol esaslı doldurucularda ise 250-300 rpm hızda kullanılırlar.

**Mtwo Retreatment (WDW):** 2 adet eğeden oluşur. Her ikisi de çalışma boyunda kullanılır. R1 25/0,5, R2 ise 15/0,5 uç genişliği ve açığı sahiptir. Her iki eğe de 21 mm'dir. Uçları kesicidir. Dar kanallarda R2, diğer kanallarda R1 kullanılır.

**R-endo (MicroMega):** 6 adet eğeden oluşur. Rm (25/0,4) 17 mm'dir, kanal ağızlarındaki dolgu ve engelleri kaldırmada kullanılır. Re (25/0,12) 15 mm'dir, 1-3 mm derinlikte kullanılır. R1 (25/0,08) 15 mm'dir, koronalden orta üçlüye kadar kullanılır. R2 (25/0,06) 19 mm'dir, orta üçlüde kullanılır. R3 (25/0,04) 23 mm'dir, apikal üçlüde çalışma boyunda kullanılır.

**D-Race (FKG):** 2 eğeden oluşur. İlk kullanılan eğe olan DR1 (30/0,1) dolgu maddesine ilk penetrasyonu kolaylaştırmak için kesici uca sahiptir ve koronal bölgeyi temizler. 1000 rpm hızda kullanılır. DR2 (25/0,04) kesici olmayan uca sahiptir, çalışma boyuna kadar ilerletilir. 600 rpm hızda kullanılır (Alaçam, 2012; Roda ve Gettleman, 2016).

Döner eğelerin azalan taperi sayesinde, vida etkisi ve potansiyel koronal blokaj önlenir (Gordon, 2005). Hangi sistem kullanılırsa kullanılsın, ilk olarak kanalın koronal bölümündeki kanal dolgu materyalini uzaklaştırmak için; büyük çaplı ve açılı aletler kullanılmalıdır. Daha sonra küçük çaplı ve açılı aletler kullanılarak apikale doğru ilerlenmelidir. Kanalda tıkanma olduğu zaman, radyografi alınmalıdır. Döner enstrümanlar çözücü ile materyal yumuşatıldıktan sonra kullanılmalıdır. Basamağın bypass edilmesinde ya da tıkalı apikalde kullanılmamalıdır (Dall’Agnol ve ark., 2008).

Tablo 4’te güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılan enstrümanların etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalar gösterilmektedir.

Tablo 4. Güta-perkanın uzaklaştırılmasında kullanılan enstrümanların etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalar

| Araştırmacılar                     | Kullanılan Enstrümanlar                                                                                                 | Sonuç                                                                                                |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Chandrasekar ve ark., 2014</b>  | Protaper retreatment sistem<br>Race döner eğeler<br>K3 döner eğeler<br>H-tipi eğeler                                    | Protaper sistem daha etkili                                                                          |
| <b>Mittal ve Jain, 2014</b>        | Protaper retreatment sistem +<br>çözücü var /yok<br>H-tipi eğeler + çözücü var /yok                                     | Protaper + çözücü en etkili                                                                          |
| <b>Unal ve ark., 2009</b>          | K-tipi eğeler<br>H-tipi eğeler<br>Profile döner eğeler<br>R-Endo<br>Protaper retreatment sistem<br>(Çözücü = ökaliptöl) | El eğeleri ve Profile<br>enstrümanlar daha etkili                                                    |
| <b>Taşdemir ve ark., 2008</b>      | ProTaper<br>R-Endo<br>Mtwo<br>H-tipi eğeler                                                                             | Protaper sistem daha etkili                                                                          |
| <b>Hammad ve ark., 2008</b>        | ProTaper retreatment eğeleri<br>K-tipi eğeler                                                                           | K-tipi el eğeleri daha etkili                                                                        |
| <b>Somma ve ark., 2008</b>         | ProTaper retreatment eğeleri<br>Mtwo R<br>H-tipi eğeler                                                                 | Üç sistemde de kanalda<br>dolgu materyali artıkları<br>olduğu belirtilmiş                            |
| <b>Bueno ve ark., 2006</b>         | K3 döner eğeler<br>K-tipi ve H-tipi eğeler<br>(Çözücü = kloroform)                                                      | El eğelerinde döner aletlere<br>oranla kanalda daha az dolgu<br>materyali artığı saptanmış           |
| <b>Schirrmeister ve ark., 2006</b> | FlexMaster<br>ProTaper<br>RaCe döner eğeler<br>H-tipi eğeler                                                            | ProTaper ve RaCe<br>enstrümanların kanal<br>dolgusunu daha kısa sürede<br>uzaklaştırdığı belirtilmiş |

- **Ultrasonik eğeleme**

Ultrasonik egedeki enerji, güta-perkanın ısı ile yumuşamasına neden olur ve güta-perkanın koronale doğru yükselerek uzaklaşmasını sağlar. Bu amaçla özel olarak dizayn edilmiş ultrasonik enstrümanlar mevcuttur. Özellikle sert simanların kök kanalından uzaklaştırılmasında, ultrasonik enstrümanların kullanımı önerilmektedir (Roda ve Gettleman, 2016).

- **Güta-perka çözücüler**

Güta-perka; kloroform, karbon disülfid, halotan, benzen, turpentin, okaliptol, ksilen, portakal yağı gibi esansiyel yağlar içerisinde çözünmektedir. Çözücüler; perforasyon riski taşımamaları, orijinal kanal şeklini değişikliğe uğratmamaları, kanal aletlerinin kırılma riskini azaltmaları, işlemleri hızlandırmaları ve eğimli kök kanallarında da kullanılabilmeleri nedeniyle retreatment tedavisini kolaylaştırabilmektedir (Ferreira ve ark., 2001; Hulsmann ve Stotz, 1997; Hwang ve ark., 2015). Çözücü kullanımı, apikalden debris ve irrigantların çıkmasını azaltabilmektedir (Çanakçı ve ark., 2015; Keskin ve ark., 2017).

Çözücülerin tek başına güta-perkayı uzaklaştıramaması nedeniyle, endodontik aletlerle birlikte uygulanmaktadır (Roda ve Gettleman, 2016). Çözücülerin bir miktar toksik olmaları nedeniyle periapikal dokulara taşırılmaması gerekmektedir (Barbosa ve ark., 1994). Apikalden taşırıldıklarında postoperatif ağrıya neden olabilmektedirler (Vajrabhaya ve ark., 2004). Çözücülerin dentinin yapısını değiştirerek, rezin dolguların bağlanmasını azaltabildiği belirtilmiştir (Demirbuga ve ark., 2017).

- **Isı ile güta-perkanın uzaklaştırılması**

Kanal sondu ya da özel ısı taşıyıcı enstrümanlar yardımıyla, güta-perka parçalar halinde kök kanalından uzaklaştırılabilmektedir. Bu sistemlerde ısıyı taşıyan ucun, yeterince genişletilmemiş kök kanallarında ya da kurvatürün bulunduğu seviyede, apikale ilerleyemeyecek kadar kalın olması nedeniyle, geniş ve düz kanallarda

kullanılmaktadır. Enstrüman ısıtılarak güta-perkanın koronaline yerleştirilir ve soğuyana kadar beklenir. Güta-perka soğurken taşıyıcı alete yapışır ve kanaldan çıkarılır. Taşıyıcı uç temizlenir ve işlemler güta-perka gözlenmeyene kadar tekrarlanır (Roda ve Gettleman, 2016).

## **2.8. Endodontide Lazer Uygulaması**

Son yıllarda farklı özelliklere sahip lazer cihazlarının geliştirilmesi ile diş hekimliğinde lazerlerin uygulama alanları giderek büyümektedir. Diğer konvansiyonel yöntemlere göre lazer uygulaması, lazer ışınının kolaylıkla yönlendirilebilmesi ve yüksek ölçüdeki enerjinin küçük noktalara yoğunlaşabilmesi nedeniyle, oldukça ilgi çeken ve popülaritesi giderek artan alternatif bir tedavi yöntemidir. Lazer teknolojisinin hızla ilerlemesi ve lazer uygulamaları için esnek fiber uçların geliştirilmesi ile birlikte lazerin biyolojik dokular üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılması sonucu, farklı özelliklere sahip lazer tipleri, endodontik tedavinin farklı alanlarında uygulanmasını mümkün hale getirmiştir (Gutknecht, 2008; Jawad ve ark., 2011; Swetha ve ark., 2016).

Literatürde, son yıllarda endodontide lazer kullanımı ile ilgili uygulama ve araştırmaların önemli derecede arttığı dikkat çekmektedir (Bolhari ve ark., 2014; Görüs, 2018; Keles ve ark., 2015; Keles ve ark., 2016; Özer ve Basaran, 2013; Race ve ark., 2019).

### **2.8.1. Lazerin tarihçesi**

Einstein 1960 yılında, ışığı oluşturan en küçük birim olan uygun boyutlu bir fotonun, uyarılmış halde bulunan bir moleküle çarpması durumunda, bu molekülün aynı boyutlara sahip bir foton yayacağı fikrini öngörmüştür. Bu durumun moleküllerin daha alçak bir seviyeye düşmesi ya da daha yüksek oranla daha yüksek bir seviyeye çıkmasıyla sonuçlanacağını belirtmiştir. Bununla birlikte, moleküle çarpan ve molekülden yayılan fotonların başka iki moleküle çarparak iki foton yayacağı ve böylelikle tüm fotonların aynı doğrultuda hareket eden bir reaksiyon gerçekleşeceği düşüncesini geliştirmiştir. Sonrasında mikrodalga ışınları kullanılarak bir gaz odasının

uyarılması sonucunda, Einstein'ın öne sürdüğü foton salınımının gerçekleştirilmesi sonucu MASER (Microwave amplification by stimulated emission of radiation) ilkesi gündeme gelmiştir. Schawlow ve Townes, MASER ilkesinin ışık da dahil olmak üzere herhangi bir dalga boyundaki tüm elektromanyetik dalgalara uygulanabileceğini öngörerek "light amplification by stimulated emission of radiation" (LASER) kavramını ileri sürmüşlerdir (Gordon ve ark., 1954; Midda ve Renton-Harper, 1991; Myers, 1991; Swetha ve ark., 2016). Uyarılmış radyasyon yayılımı ile ışığın güçlendirilmesi anlamına karşılık gelen LASER, "light amplification by stimulated emission of radiation" kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır ve Türkçe kullanıma "lazer" olarak girmiştir (Görüş ve ark., 2018; Güler ve Uysal, 2012; Özcan ve Sevimay, 2016).

Pratikte geliştirilen ilk lazer olan 694 nm dalga boyundaki "ruby lazeri", 1960 yılında Theodore Harold Maiman tarafından, Hughes Araştırma Laboratuvarı ortamında yakut kristalinden geliştirilmiştir (Maiman, 1960). 1961 yılında Javan ve arkadaşları, helyum ve neon kullanarak ilk sürekli çalışan lazeri geliştirmiştir (Javan ve ark., 1961). Diş hekimliği alanındaki ilk lazer araştırmalarına, Goldman ve arkadaşları (1964) ile Stern ve Sognaes (1965) öncülük etmişlerdir. Endodontide lazer uygulaması, ilk defa 1971 yılında Weichman ve Johnson tarafından, yüksek güçlü kızılötesi CO<sub>2</sub> lazerle apikal foramenin tıkanması amacıyla kullanılmıştır (Weichman ve Johnson, 1971). Bu araştırma ile arzulanan sonuçlara ulaşılamaması, yeni araştırmaların gerçekleştirilmesine teşvik etmesi yönünden önemlidir. Nd:YAG ve Ho:YAG lazerler kullanılarak gerçekleştirilen ilk in vitro çalışmalarda, başarılı sonuçlar alınamamıştır. Daha sonrasında uygulama rahatlığı sağlayan esnek fiber optik uçların tanıtılması sonucu daha başarılı araştırmalar gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Kimura ve ark., 2000a; Midda ve Renton-Harper, 1991). Daha sonraki yıllarda, diş hekimliğinde lazer uygulaması ile ilgili pek çok çalışma yapılmış olup araştırmalara devam ediliği görülmektedir (Altundasar ve ark., 2006; Eldeniz ve ark., 2007; Eversole ve ark., 1997; Quinto ve ark., 2019; Simundic Munitic ve ark., 2019; Yamazaki ve ark., 2001; Yavari ve ark., 2010).

### 2.8.2. Lazer fiziği

Dalga boyu nanometre cinsinden ölçülen ve sabit hızla hareket eden elektromanyetik enerji olarak tanımlanan ışığın en temel birimi, "foton" olarak isimlendirilmektedir. Gaz lambaları, floresan lambaları ve televizyon ekranı gibi ışık üreten bir araç, bu prosedürü yörünge değiştiren ve foton salan elektronlar yardımıyla gerçekleştirmektedir. Lazer ışığının oluşumu Quantum Teorisi ve Uyarılmış Işıma teorileri ile tanımlanmaktadır: Quantum Teorisi'nde, maddenin en küçük yapıtaşı olan atoma ait parçacıkların daha yüksek enerji seviyelerine çıkarılabileceği belirtilmektedir. Uyarılmış Işıma Teorisi ise, elektronların daha yüksek enerji seviyesine çıkarak bir enerji gelişmesi ve gelişen fotonların faz, yön ve renk açısından senkronize olmasıdır (Akgün, 2004; Coluzzi, 2000).

Atomun yapısı en temel şekliyle ortada yer alan çekirdek ve çevresinde belirli yörüngeleri takip eden elektron bulutları hali olarak düşünülürse; uyarılan atomun düşük enerji yörüngelerinde bulunan elektronlar, gelen enerjiyle çekirdekten uzakta yer alan yüksek enerji yörüngelerine geçerler. Uyarılmış olan bu elektronlar, kararlılık hali olan düşük enerji yörüngelerine dönmek isterler ve kendiliğinden kararlılık durumuna geçerken, önceden absorbe ettikleri fazla enerjiyi foton şeklinde dışarıya iletirler. İletilen bu foton ikinci bir fotonu oluşturabilecek başka elektronu uyarak, fotonların kendiliğinden olduğu bir reaksiyon gerçekleşir (Coluzzi, 2000).

Foton dalgalarından oluşmakta olan ışığın; dalga hızı, dalga yüksekliği ve dalga boyu olmak üzere üç önemli özelliği bulunmaktadır. Işığın belli bir zamanda aldığı yol miktarı olan "hız değeri", diğer ışıklarda olduğu gibi lazer ışığında da boşlukta saniyede 300.000 km'dir. Işık dalgasındaki enerji ile doğru orantılı olan "dalga yüksekliği" ise, dalganın başladığı en düşük nokta ile yükseldiği en son nokta arasındaki uzunluktur. Amplitut ya da genlik olarak isimlendirilmektedir. Genlik genişliği, enerji miktarının fazlalığını göstermektedir. Lazer cihazlarında enerji birimi olarak joule (J) kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılmakta olan lazer cihazlarının çoğunluğunda atım başına 1 J'den daha az enerji oluşması nedeniyle, enerji birimi olarak milijoule

(mJ) kullanılmaktadır (1J=1000mJ). Birbirini takip eden iki dalga'nın en yüksek noktaları arasındaki yatay mesafe olarak tanımlanan "dalga boyu" ise metre birimi ile ölçülmektedir. Diş hekimliğinde ise daha küçük birimler olan mikron ( $\mu\text{m}$ ) ( $10^{-6}$  m) ya da nanometre (nm) ( $10^{-9}$  m) kullanılmaktadır. Günümüzde lazer cihazlarının dalga boyu 0.1 - 10  $\mu\text{m}$  arasında yer almaktadır. Elektromanyetik enerji spektrumundaki ışığın; ultraviyole, morötesi, mikrodalga, görünür ışık ya da kızıl ötesi gibi sınıflandırılması dalga boyuna göre yapılmaktadır. Dalga boyu, dalga hızının frekansa bölünmesi ile ölçülmektedir (Coluzzi, 2004; Coluzzi, 2008).

$$(\text{dalga boyu}) \lambda = c (\text{hız}) / f (\text{frekans})$$

Dalga'nın bir sn'de yaptığı salınım sayısı "frekans" olarak adlandırılmaktadır. Dalga boyu ile ters orantı gösteren frekansın birimi, Hertz (Hz) ya da pulse per second (pps) olarak ifade edilmektedir. Atış frekansı ya da atış tekrarlama oranı, her 1 sn'deki atış sayısını belirtmektedir. Birim zamanda yapılan iş olarak tanımlanan "güç" için Watt (W) birimi kullanılmaktadır ve enerji ile frekansın çarpımı ile hesaplanmaktadır (Coluzzi, 2004).

$$(\text{güç}) W = J (\text{enerji}) \times f (\text{frekans})$$

Atım süresi ise bir atımın emisyonu için geçen zamandır. Atım süresi ve lazer gücü arasında ters orantı bulunmaktadır (Coluzzi, 2004).

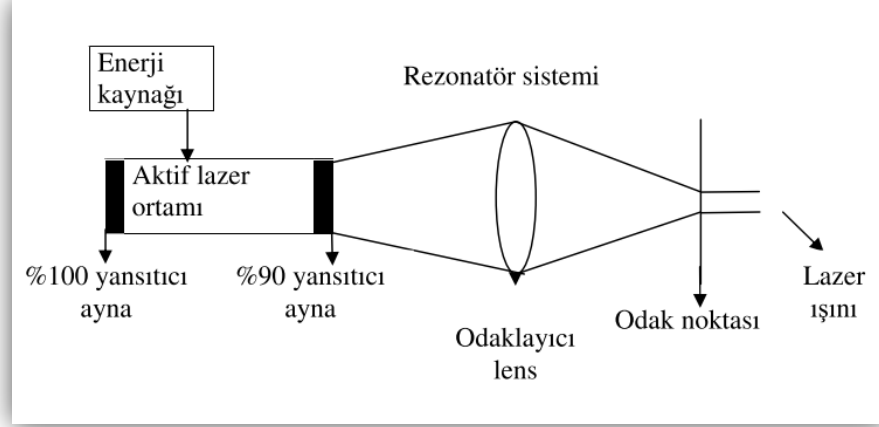
### **2.8.3. Lazer sistemini oluşturan bileşenler**

Başka bir kaynak tarafından iletilen enerjiyi, sahip olduğu atomlar ya da moleküller yoluyla absorbe edip, daha sonra bu enerjiyi ışık fotonları olarak salınımını sağlayan lazer sistemi oluşturan yapılar arasında:

- Lazer ortamı (katı, sıvı, gaz)
- Tamamen yansıtıcı ayna (%100)
- Kısmi yansıtıcı ayna (%90-99)
- Güç kaynağı ( flash ışığı, elektriksel akım)



- Rezonans odası (iki ayna arasındaki optik kavite)
- Lens ve
- İletici öğeler yer almaktadır (Şekil 1) (Baxter, 1994; Midda ve Renton-Harper, 1991).



Şekil 1. Lazer sistemini oluşturan bileşenler

Lazer sisteminin ortasında yer alan optik kavite (rezonans odası) içerisinde, lazer ışınına adını veren katı, sıvı veya gaz formda bulunabilen kimyasal aktif maddeler (Argon, CO<sub>2</sub>, He-Ne gibi) yer almaktadır. Lazer cihazının merkezi yapısını oluşturan optik kavitenin çevresinde bulunan mekanik bir düzenek, elektrik veya ışık enerjisini kullanarak, optik kavite içerisindeki aktif madde atomlarının etrafındaki elektronların uyarılmasını sağlar. Aktif maddenin uyarılması sonucu yayılan fotonlar, optik kavite içerisinde yer alan tam yansıtıcı aynadan yansıyarak, kavite içerisindeki diğer atomları etkilerler ve yeni bir uyarım oluştururlar. Güçlenmiş ışın kısmi yansıtıcı aynadan paralel halde "ışık enerjisi" olarak geçmektedir ve lensler aracılığıyla odaklanıp iletilici öğe ile arzulanan dokuya iletilmektedir (Akgün, 2004; Baxter, 1994; Midda ve Renton-Harper, 1991; Özcan ve Sevimay, 2016).

#### 2.8.4. Lazer ışınının özellikleri

Lazer ışığı üç önemli özelliğe sahiptir:

- **Tek renklilik (Monokromatisite):** Tek dalga boyundaki ışık dalgalarından ve dolayısıyla tek renge sahip olan lazer ışını, "monokromatik" özellik göstermektedir. Aynı aktif madde içerisindeki elektronlar, aynı enerji düzeyinde uyarılarak üst seviyeye çıkmaktadır ve bunun sonucunda aynı enerji düzeyine sahip eş fotonlar meydana gelmektedir.
- **Eş fazlı hareket (Kohorentlik):** Bütün fotonlar aynı zamanlı hareket ederler yani genlikleri eş zamanda gerçekleşmektedir. Bu sayede, belli bir dalga boyuna sahip ışık dalgaları, uzayda aynı tempo ve hızda ilerlemektedir. Sadece lazer ışığına özgü bu eş fazlı hareket özelliği sonucu, istenen nokta üzerindeki etkiler daha güçlü ve kesin gerçekleşmektedir.
- **Paralellik, doğrusalılık:** Lazer yapısında bulunan rezonans odasındaki paralel aynalar sayesinde, aynı yönde hareket eden fotonlar kontrollü geçerek enerji hüzmesi oluşmaktadır. Oluşan ışık enerjisi, dağılmadan yol alarak çok ufak noktalara odaklanabilmektedir ve gerekli olduğunda odak çapı düzenlenebilmektedir. Diğer ışık çeşitlerinin aksine lazer ışığı, yüksek derecede paralellik sergilemektedir. Ticari olarak üretilen lazer cihazı ışınlarının paralellik derecesinden ziyade, dağılım miktarı önem göstermektedir. Lazer ışığının dağılıma açıları, 3 - 10° arasında değişim sergilemektedir. Yüksek derecede paralellik gösteren lazer ışığı, küçük çapa ve yüksek verime sahiptir. Dağılım miktarı yüksek lazer ışınlarında ise, hedef çapında artış olması nedeniyle daha az etkiye sahip olmaktadır ve genellikle düşük yoğunluklu lazer tedavisinde uygulanmaktadır (Akgün, 2004; Bass ve Treat, 1995; Özcan ve Sevimay, 2016).

### 2.8.5. Lazer ışığının dokuya ulaştırılması

Farklı aktif maddelerden üretilen, farklı dalga boyu ve penetrasyon özelliklerine sahip lazer ışığının; kaynağından uygulamanın gerçekleştirileceği alana ulaştırılması gerekmektedir. Diş hekimliğindeki lazer cihazlarında, ışık enerjisi iki şekilde ulaştırılmaktadır. İlk sistem içerisinde, yansıtıcı özellikte boş tüpler bulunmaktadır ve dönüşler aynalar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu taşıyıcı sisteme sahip lazer uygulamalarında, lazer ucu dokulara dokunmadan gerçekleşmektedir. Diğer sistemde ise, lazer ışığı fiber optik kablo aracılığıyla ulaştırılmaktadır. Tüp taşıyıcı sisteme kıyasla; daha hafif, daha esnek ve daha fazla hareket kabiliyetine sahiptir. Fiber optik uçların çapları, 200 - 600 µm arasında değişmektedir. Fiber optik kablolu sistemlerde lazer ışığı, bölgeye hem temaslı "contact" hem de temassız "non-contact" yöntemlerle uygulanabilmektedir (Akgün, 2004).

### 2.8.6. Lazer ışığının iletim türleri

Lazer cihazında oluşturularak çalışma alanına ulaştırılan ışık, dokulara üç farklı yolla iletilmektedir:

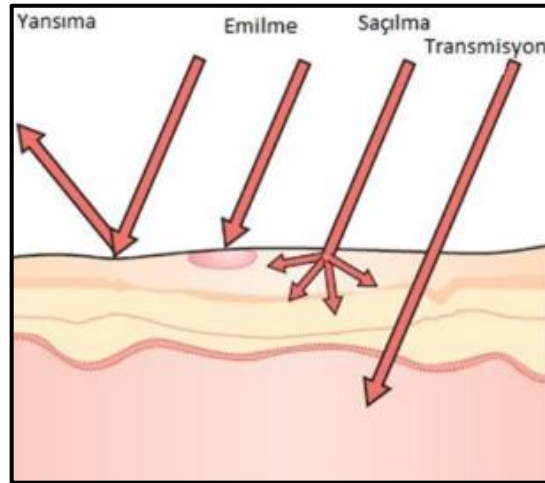
- Sürekli iletim (continious mode) olarak adlandırılan ışık iletim tipinde; pedala basıldığı süre boyunca ışık kesintisiz, sürekli olarak gönderilmektedir.
- Mekanik atımlı iletim (gated-pulse mode) tipinde; lazer ışığında periyodik şekilde göz kırpar tarzda kesintiler gerçekleşmektedir. Mekanik bir engel, kesintisiz devam eden ışığın önünü keserek pulsatif akım sağlanmaktadır. Akım ve kesinti zamanları, gözle farkedilemeyecek kadar kısa bir süre olan birkaç ms içerisinde gerçekleşmektedir. Mekanik pulsatif iletim şekli, sürekli iletim şeklinin alt grubu olarak da sayılabilmektedir.
- Serbest atımlı (free-running pulsed mode) iletim tipinde ise; kesintiler sürekli ışık akımının perdelenmesi yerine, lazer cihazının aktif hale geldikten sonra tekrar pasif duruma geçmesiyle oluşmaktadır. Bu iletim

şeklinde, çok yüksek enerjiye sahip lazer ışığı,  $\mu\text{s}$ 'ler seviyesindeki süre aralıklarıyla gönderilmektedir. Serbest pulsatif iletim tipine sahip lazer cihazlarında, süre ayarlamaları bilgisayar tarafından yapılmaktadır ve uyarı aralıklarında aktif durumda bulunmamaktadır.

Lazer ışıklarının iletim türlerindeki önemli nokta, ışık enerjisinin dokuda belirli bir süre boyunca uygulanması sonucunda oluşan ısı etkisidir. Mekanik ya da serbest atımlı iletime sahip lazer sistemlerinde, enerji dokulara tekrar uygulanmadan önce soğuma için zaman bulunabilmektedir. Enerjinin sürekli olarak uygulandığı lazer cihazlarında ise, gereken soğuma süresi operatör aracılığıyla sağlanmalıdır (Akgün, 2004; Dederich, 1993; Özcan ve Sevimay, 2016).

#### 2.8.7. Lazerin dokular üzerindeki etkisi

Lazer ışığı herhangi bir dokuya uygulandığında; doku tarafından emilebilir (absorbsiyon), dokudan yansıtılabilir (yansıma), doku içerisindeki alana dağılabilir (saçılma) veya doku içerisinde daha derin seviyelere iletilebilir (transmisyon) (Resim 6).



Resim 6. Lazerin doku üzerindeki etkisi

Lazer ışığının en çok arzulanan etkisi olan "emilme ya da absorbsiyon" derecesi; hedef doku ve lazer ışınının özelliklerinden etkilenmektedir. Doku yüzeyi üzerine

uygulanan lazer enerjisi, dokuda genellikle termal enerjiye dönüşüp buharlaşma (vaporizasyon) ve doku etrafında hasara neden olmaktadır. Bu sebeple, dokuların ışık kaynağına yakın olan bölgelerinde, daha fazla etkilenmenin oluştuğu ve etkinin doku derinliği arttıkça azaldığı belirtilmiştir. Lazer ışığının etkisinin azalıp, biyolojik olarak etki göstermediği nokta, "emilim derinliği" olarak tanımlanmıştır (Kutsch, 1993; Özcan ve Sevimay, 2016; Pick, 1993).

Doku yüzeyine lazer uygulandığında ortaya çıkan diğer bir etki, doku yüzeyinden enerjinin geri “yansıma”sıdır. Yansıyan ışın çevre dokulara zarar verebilir. Lazer ışığının doku yüzeyine çarparak başka doğrultuya yönleneceği ve hedeflenen dokuda etki oluşturmayarak doku yüzeyinden enerjinin geri yansıması; istenmeyen çevre dokularda etki göstermektedir ve bu durum lazer güvenliği için önemlidir. Sert ve parlak yüzey alanlarına çarpan ışık enerjisinin daha fazla yansıması sonucu, çevre dokulara zarar verebileceği belirtilmektedir (Kutsch, 1993; Özcan ve Sevimay, 2016; Pick, 1993).

Işık enerjisinin tamamen absorbe edilmekten ziyade yayılıp dokulara daha az geçişini tanımlayan "saçılma", enerjinin doku içerisinde zayıflamasına neden olmaktadır. "Penetrasyon derinliği ya da transmisyon" ise, lazer enerjisinin dokunun derin tabakalarına ilerlediği uzaklığı belirtmektedir. Lazer ışınlarının dalga boyu ile direkt ilişkili olan bu etkide; uzun dalga boyuna sahip ışınlar doku tarafından absorbe edilirken, kısa dalga boyuna sahip ışınlar yüksek oranda daha derine penetre olabilmektedir (Kutsch, 1993; Özcan ve Sevimay, 2016; Pick, 1993).

Lazer ışık enerjisinin doku üzerindeki etkisini belirleyen faktörler arasında:

- Hedef dokunun biyolojik özellikleri
  - Dokunun absorpsiyon gücü
  - Yoğunluğu
  - Kan dolaşımı
  - Su ve mineral oranları
- Lazer ışığının özellikleri

- Dalga boyu
- Işınlama süresi
- Atımlı ya da devamlı iletim türünde kullanımı
- Enerji yoğunluğu
- Maksimum atım enerjisi
- Temassız ya da temasla uygulanması
- Atım tekrar ortalaması gibi faktörler yer almaktadır (Convissar, 2004; Dederich, 1993; Miserandino ve ark., 1995a; Vogel ve Venugopalan, 2003).

Farklı türdeki lazer cihazları, aynı doku üzerinde farklı etkiler oluşturabilmekle birlikte; aynı lazer cihazı, uygulandığı dokuya göre de farklı etkiler sergileyebilmektedir. Bu sebeple, lazer cihazlarının aynı uygulama veya aynı dokuda benzer etkileri sağlayamayacağı konusuna dikkat edilmelidir (Coluzzi, 2004; Coluzzi, 2005).

Lazer ışık enerjisinin dokular tarafından emilimi sırasında, fotonların sahip olduğu özelliklere (dalga boyu, enerji) bağlı olarak, termal veya termal olmayan doku cevabı/etkileşim oluşmaktadır. Fotovaporizasyon ve fotokoagülasyon, termal reaksiyon (fototermal) olarak belirtilirken; fotomekanik ve fotokimyasal, termal olmayan reaksiyonlar olarak sınıflandırılmaktadır (Coluzzi, 2004; Özcan ve Sevimay, 2016).

- **Fototermal etki:** Lazer ışının dokular tarafından emilimi sonucu, ışık enerjisi ısı enerjisine dönüşerek, dokularda sıcaklık artışı oluşmaktadır. Oluşan sıcaklık artışı; dokunun termal özellikleri ile lazer ışının uygulanma süresine, tekniğine, termal iletkenlik katsayısına ve dalga boyuna göre farklılık göstermektedir. Dokularda meydana gelen sıcaklık artışı; 40°C üstüne ulaştığında protein denatürasyonu, 60°C üstüne ulaştığında protein koagülasyonu, 250°C'nin üzerine çıktığında karbonizasyon ve 300°C üzerinde ise doku buharlaşmasının olduğu belirtilmektedir. Lazer ışınının dokularda oluşturduğu sıcaklık artışı; mikroorganizmaların parçalanmasını sağlayarak, yüzey sterilizasyonuna etki etmektedir. Lazer uygulaması sonucu doku sıcaklığının 100 °C'nin üstüne ulaşmasıyla "vaporizasyon" oluşmaktadır ve hücresel proteinler yıkılırken, hücre

içerisindeki su açığa çıkarak buharlaşmaktadır. Ani buharlaşma sonucu hücre içerisinde küçük patlamalar oluşarak, dokuların ablasyonuna neden olmaktadır ve bu etki ile, mine ve dentin yapılarındaki dokular etkin bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir (Coluzzi 2004; Coluzzi ve Goldstein 2004; Coluzzi 2008; Özcan ve Sevimay, 2016).

Elektromanyetik enerji spektrumunun kızılötesi ışınlarının sahip olduğu dalga boylarında yer alan lazer enerjisinin (örneğin CO2 lazer, 10600 nm), neredeyse tamamen absorbe olarak dokularda karbonizasyon ve buharlaşma oluşturduğu belirtilirken; kızılötesi bölge yakınında yer alan lazer enerjisinin (örneğin Nd:YAG lazer, 1060 nm), daha az absorbsiyon ile daha fazla penetrasyon gösterdiği ve derin dokularda koagülasyonun gözlemlendiği bildirilmiştir (Floratos ve de la Rosette, 1999).

Fototermal doku etkileşiminin, özellikle lazer cerrahisi uygulamalarında yararlı etkiler gösterdiği belirtilirken; sert dokularda istenmeyen bir etki olduğu belirtilmektedir. Fototermal etkileşime örnek olarak; buharlaşma ile dokuların uzaklaştırılması, yüzey sıcaklığının artması ile yara dezenfeksiyonu ve kanama kontrolünün sağlanması gösterilebilir (Convissar, 2004; Dederich, 1993; Miserandino ve ark., 1995a; Vogel ve Venugopalan, 2003).

- **Fotokimyasal etki:** Spesifik dalga boylarındaki lazer ışınının, uygulandıkları doku içerisinde yer alan fotosensitif moleküller ve maddeler tarafından absorbe olması sonucu; herhangi bir termal etki olmaksızın yüzeyde ve hedef dokuda oluşturduğu değişikliklerdir. Molekül bağlarının yüksek foton enerjisinin etkisiyle çözülmesi veya kimyasal reaksiyonların başlatılması gerçekleşebilmektedir. Işığa duyarlı maddelerin kullanılması ile sağlanan ve "fotodinamik tedavi" olarak da isimlendirilen bu doku etkileşiminden, tümör gibi patolojik dokuların tedavilerinde faydalanılmaktadır. Bu etki, doku içerisine verilen fotosensitif ilaçların fotoaktivasyon özelliğine ve ilacın toksik bileşenlere dönüşüm miktarına bağlı olarak değişmektedir (Coluzzi ve Goldstein, 2004; Schuller, 1990; Winn, 2003).

- **Fotomekanik etki:** Kısa atım süreli ve yüksek enerjili lazer ışınlarının meydana getirdiği fotomekanik etkide, çevre dokulara ısı iletilmeden hedef dokuda ani ısınma ve plazma formasyonu gerçekleşmektedir. Bu sırada dokularda fotoablatif ve fotodistrüptif etkiler gerçekleşmektedir. "Fotoablasyon"; şok dalgalarla hedef dokudaki moleküller arasındaki ve atom içerisindeki elektriksel çekim bağlarının, çevre dokulara zarar vermeden kopması ile dokuda mikro düzeyde parçalanma oluşarak dokunun uzaklaştırmasıdır. Sert dokuda uygulanırken istenilen etki, sıklıkla bu şekilde gerçekleşmelidir. Fotoablatif etkiye örnek olarak, dental sert dokulardan parçacıklar halinde madde kopararak kavitasyon oluşturulması verilebilir (Miserendino ve ark., 1995; Pick, 1993).

Hedef dokuların lazer ışığı ile parçalanması anlamına gelen "fotodistrüpsiyon"da ise; çok yüksek enerji yoğunluğu ve ultra kısa lazer atımıyla, lazer ışınının odağındaki çok yüksek elektriksel alan sayesinde materyal iyonlaştırılabilir. Fotodistrüptif etki, dokunun derin ve şeffaf tabakalarında gerçekleşmektedir. Oluşan doku yanıtı; dalga boyu, yoğunluk, güç, frekans, süre gibi lazer parametreleri ile dokunun yapısı sahip olduğu optik özellikler gibi parametrelerden etkilenmektedir. Bu yüzden diş hekimleri, uygun parametreler kullanarak uygulanan lazer dozunun kontrolünü gerçekleştirmelidir. Oluşan etkileşim,  $\text{cm}^2$  başına düşen güç yoğunluğu ve süreyle ilişkilidir (Kınsın ve Aktören, 2004; Vogel ve Venugopalan, 2003).

Hedef dokudaki lazer absorpsiyonu, dalga boyu ile belirlenmektedir.  $\text{CO}_2$  lazer ışınının, birçok madde tarafından doku yüzeyindeki 100  $\mu\text{m}$  boyunca, çok iyi absorbe edildiği belirtilmektedir. Su içerisinde absorpsiyonu en fazla olan Er:YAG lazer ışını; suda, yumuşak ve sert dokuda daha fazla penetre olabilmektedir. Su içerisinde düşük absorpsiyon özelliği gösteren Nd:YAG lazer ışını; melanin ve hemoglobinin gibi doku pigmentlerindeki absorpsiyonu daha fazladır (Carruth, 1986; Wigdor ve ark., 1993).



### 2.8.8. Lazer sistemlerinin sınıflandırılması

Lazer sistemleri; içerdiği aktif maddeye, lazer ışığının hareketine, dalga boyuna, enerjisine ve uygulanış şekline göre gibi kriterlere bağlı olarak sınıflandırılmaktadır (Coluzi, 2004; Coluzzi ve Convissar, 2004; Coluzzi, 2005; Özcan ve Sevimay, 2016):

- Lazer aktif maddesine göre sınıflandırma (Goldman, 1973)
  - Katı maddeler içeren lazerler (Ruby, Granit, Alexandrite, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG)
  - Gaz maddeler içeren lazerler ( Argon, CO<sub>2</sub>, He-Ne)
  - Uyarılmış asalgaz halojenitleri içeren lazerler (Excimer, Xenon/Fluor, Argon/Chlor)
  - Boya tanecikleri içeren lazerler (Dye, VIS)
  - Yarı iletken maddeler içeren lazerler (Diyot lazer)
- Lazer ışığının hareketine göre sınıflandırma (Arcoria ve ark., 1991)
  - Sürekli (continuous) ışın verenler
  - Atımlı (pulse) ışın verenler
  - Dalgalı akım olarak (choop) ışın verenler
- Lazer ışığının dalga boyuna göre sınıflandırma (Coluzzi, 2000)
  - Ultraviyole (morötesi) enerji spektrumundaki ışınlar (140-400 nm)
  - Görünür ışık enerji spektrumundaki ışınlar (400-700 nm)
  - Kızıl ötesi enerji spektrumundaki ışınlar (700 nm ve üstü)
- Lazer ışığının enerjisine göre sınıflandırma (Midda ve Renton-Harper, 1991)
  - Soft lazer (GaAlAs, Ga-As, He-Ne)
  - Mid lazer
  - Hard lazer (Argon, CO<sub>2</sub>, Excimer, Ho:YAG, Nd:YAG, Er:YAG)

- Lazer ışığının uygulanış şekline göre sınıflandırma (Wintner ve Strassl, 2006)
  - Kontaktlı (contact)
  - Kontaktsız (noncontact)

Günümüzde en çok kullanılmakta olan sınıflandırma, lazer ışığının enerjisine göre yapılan sınıflandırmadır. Düşük enerjiye sahip "soft lazerler"in, dolaşımı ve hücrel aktiviteyi arttırdığı düşünülmektedir. Soft lazerlerin kullanılması, düşük yoğunluklu lazer terapisi (Low Level Laser Therapy- LLLT) olarak bilinmekte olan ayrı bir ilgi yaratmıştır. Düşük enerjili soft lazerler, 0,10°C'den daha az sıcaklık artışına neden olan ışınlar iletmesi nedeniyle, "soğuk lazerler" olarak da isimlendirilmektedir. Soft lazerlerde aktif ortam maddesi olarak, genellikle yarı iletken diyotlar kullanılmaktadır. Klinik uygulamarda kullanılan soft lazerler arasında; Helyum-Neon (He-Ne) (632,8 nm), Galyum-Arsenit (Ga-As) (820 nm) ve Galyum-Alüminyum-Arsenit (Ga-Al-As) (750-905 nm) yer almaktadır. Soft lazerler; dokunun iyileşmesi ve yenilenmesinin teşvik edilmesi, ağrı, ödem ve inflamasyonun azaltılması amacıyla kullanılmaktadır (Midda ve Renton-Harper, 1991; Myers, 1991; Sun ve Tuner, 2004).

Diş hekimliğinde genellikle soft lazerler; diagnostik prosedürler, herpetik ülser, aftöz ülser, dentin hassasiyeti, lokaliz osteotitis, gingivitis, çekim bölgelerinde mukozanın iyileşmesi ve kemiğin dolması, pulpatomi sonrası sekonder dentin yapımı ve temporomandibular eklem bozuklukları gibi tedavilerde tercih edilmektedir (Asnaashari ve Safavi, 2013; Midda ve Renton-Harper, 1991; Myers, 1991; Özcan ve Sevimay, 2016).

Isı açığa çıkarması nedeniyle "termik lazerler" olarak da isimlendirilen yüksek enerji seviyelerine sahip "hard lazerler"; kesme, buharlaştırma, dezenfeksiyon ve koagülasyonu sağlama gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan hard lazerler arasında; Er:YAG, Nd:YAG, Argon, Er:Cr:YSGG, Ho:YAG ve excimer lazer yer almaktadır (Green ve ark., 2011; Sulieman, 2005).

### 2.8.9. Diş hekimliğinde lazerlerin kullanım alanları ve özellikleri

Lazer cihazları, diş hekimliğinin farklı alanlarında uygulanmaktadır (Coluzzi ve Convissar 2004, Convissar 2004):

- Periodontolojide
  - periodontal cep ve defekt tedavisi
  - de-epitelizasyon
  - biyostimulasyon
  - frenilektomi, gingivektomi, gingivoplasti
  - granülamatöz dokuların uzaklaştırılması ve
  - kemik şekillendirmesi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.
- İmplantolojide
  - peri-implantitis tedavisinde
  - implant üstünün açılmasında kullanılmaktadır.
- Protetik diş tedavisinde
  - yüzeyin pürüzlendirilmesi
  - kron çevresi dişeti şekillendirme ve kron boyunun uzatılması
  - gövde boşluğunun şekillendirilmesi
  - desimantasyon
  - beyazlatma
  - epulis fissuratumun uzaklaştırılması
  - protez stomatitinin tedavisi
  - torus, tüber, reziduel kret ve yumuşak doku düzenlemeleri gibi farklı uygulamalarda kullanılmaktadır.
- Oral cerrahide
  - frenilektomi
  - biyopsi
  - yumuşak doku patolojilerinin tedavisi

- biyostimülasyon
- apikal rezeksiyon ve
- gömülü diş cerrahileri gibi uygulamalarda kullanılır.
- Ortodontide
  - dişin açığa çıkarılması
  - yumuşak doku şekillendirilmesinde kullanılırken,
- Pedodontide ise
  - amputasyon ve pulpa kaplamaları
  - kavite preparasyonu ve
  - kanal dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır.
- Son olarak, lazerler restoratif diş hekimliği ve endodontide ise
  - çürük teşhisi
  - pulpal kan akımının teşhisi
  - dentin hassasiyetinin önlemesi
  - dişlerin beyazlatılması
  - anestezi etkisinin sağlanması
  - eski dolguların uzaklaştırılması
  - kavite preparasyonu ve çürüğün uzaklaştırılması
  - mine ve dentin dokusunun pürüzlendirilmesi
  - vital pulpa tedavileri
  - kök kanallarının şekillendirilmesi ve sterilizasyonu
  - smear tabakası uzaklaştırılması ve
  - endodontik cerrahi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

### **Argon lazer**

Aktif ortamı içerisinde argon gazı bulunan bu lazer cihazı; görünür ışık enerjisi spektrumundaki dalga boylarına sahip ışın yayan, tek cerrahi lazer tipidir. Kısa dalga boyuna sahip argon ışınları, ince fiber optik kablolardan geçerek çok küçük noktalara

odaklanabilmesi özelliği nedeniyle, göz alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Argon lazerler, 488 nm ve 514 nm olmak üzere iki dalga boyuna sahiptir. 488 nm dalga boyuna sahip argon lazer, mavi renkte ışık vermektedir ve restoratif materyallerin polimerizasyonunda tercih edilmektedir (Fleming ve Maillet, 1999; Midda ve Renton-Harper, 1991). Geleneksel ışık cihazlarına kıyasla, rezin esaslı materyallerin bu lazer tipi ile polimerize edilmesi sonucunda; polimerizasyon büzülmesinin azaldığı, etki derinliğinin arttığı ve ideal sertleşme için gereken sürenin azaldığı belirtilmiştir (Kelsey ve ark., 1989).

514 nm dalga boyuna sahip mavi-yeşil renkte ışık veren argon lazerler ise; hemosiderin, hemoglobin ve melanin gibi koyu renkli pigmente dokular tarafından büyük oranda absorbe edilmesi nedeniyle, iyi bir hemostatik özelliğe sahiptirler. Bu sebeple, hemanjiyom gibi damarsal lezyonların tedavisinde ve dişeti tedavilerinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Finkbeiner, 1995).

Su ve sert dokular tarafından absorbe edilmemesi nedeniyle her iki dalga boyundaki argon lazerlerin; oral cerrahi esnasında diş dokusu yüzeyine zarar vermediği ve polimerizasyon ile birlikte çürük teşhisi, çürüğe karşı direnç artışı, mine yüzeyinin pürüzlendirilmesi için de kullanılabileceği belirtilmiştir (Kutsch, 1993).

## **CO<sub>2</sub> lazer**

1964 yılında, Patel ve arkadaşları tarafından geliştirilen CO<sub>2</sub> lazerin aktif ortamı içerisinde; CO<sub>2</sub>, helyum ve nitrojen gazları bulunmaktadır. Elektromanyetik enerji spektrumunun kızılötesi bölümünde bulunan CO<sub>2</sub> lazer ışını, 10600 nm dalga boyu ile en yüksek dalga boyuna sahip lazer cihazıdır. Yüksek dalga boyu nedeniyle temassız kullanılmakta olan bu lazerler, dokunun en hızlı şekilde uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Su ve hidroksiapatit tarafından iyi absorbe olan CO<sub>2</sub> lazerler, Food and Drug Administration (FDA) tarafından yumuşak doku cerrahisinde kullanmak üzere onaylanan ilk lazerdir. CO<sub>2</sub> lazer, yumuşak doku içerisindeki penetrasyon derinliğinin 0,2 - 0,3 mm olması nedeniyle oral mukozadan yansımamakta, dağılmamakta ve derin dokulara kadar ilerlememektedir. Mine dokusu yüzeyinde çatlak ve kırılmalar ile dentin

dokusu yüzeyindeki karbonizasyon alanları nedenleriyle, sert dokuda kullanımları sınırlıdır (Pick, 1993; Pick ve Colvard, 1993).

Frenektomi, gingivoplasti, gingivektomi, granulasyon dokusunun uzaklaştırılması, kron boyunun uzatılması, iyi ve kötü huylu lezyonların uzaklaştırılması ve alet dezenfeksiyonunda kullanılabileceği belirtilmektedir (Miller ve Truhe, 1993; Miserandino ve ark., 1995a).

Shoji ve arkadaşları (1985) tarafından köpekler üzerinde uygulanan pulpatomi araştırması ile, CO<sub>2</sub> lazerin endodonti alanında ilk kullanımı gerçekleştirilmiştir.

### **Excimer lazer**

Excimer lazerler aktif ortamlarındaki içeriklerine bağlı olarak; Argon Florür (ArF, 193 nm dalga boyu), Kripton Florür (KrF, 248 nm dalga boyu), Ksenon Klorür (XeCl, 308 nm dalga boyu) ve Ksenon Florür (XeF, 351 nm dalga boyu) olmak üzere dört farklı türde bulunmaktadır. Elektromanyetik enerji spektrumunun ultraviyole bölümünde bulunan bu lazer ışınları, atımlı harekete sahiptir. Excimer lazerlerin atım güçleri 50-300 J, atım süreleri 10-200 ns ve atım aralıkları 1-250 arasında değişiklik göstermektedir (Frentzen ve Koort, 1990; Neev ve ark., 1991).

XeCl ve ArF excimer lazerleri, diş hekimliğinde daha çok kullanılan ve çalışmalar gerçekleştirilen excimer lazer türleridir. Hedef dokuda, organik moleküler arasındaki bağları kopararak etki göstermeleri nedeniyle, dokuda fazla bir ısı artışı oluşmadığı belirtilmektedir. Cam fiberlerden geçebilen ve su tarafından yeterli oranda absorbe edilebilen bu lazer sistemlerinden; kavite ve kök kanal dezenfeksiyonunda, atım süresinin kısa olması nedeniyle etraftaki dokulara hasar vermeden düşük enerjiyle kök kanalının genişletilmesinde, mine dokusu yüzeyinin pürüzlendirilmesi ile dental plak, diş taşı ve enfekte sement dokusunun uzaklaştırılmasında faydalanabileceği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Frentzen ve ark., 1992; Stabholz ve ark., 1993; Wigdor ve ark., 1993).

### **Ho:YAG lazer (Holmiyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet Lazer)**

Aktif ortamı içerisinde "İttriyum Alüminyum Garnet" kristali bulunduran Ho:YAG lazerler; temaslı ya da temassız olarak uygulanabilen, atımlı harekete sahip lazerlerdir. Elektromanyetik enerji spektrumunun kızılötesi bölgesinde yer alan Ho:YAG lazerin dalga boyu 2100 nm'dir. İçerisine yerleştirilen kırmızı He-Ne gazı, lazer ışının görülebilir hale getirilmesini sağlamıştır. Ho:YAG lazerin, Nd:YAG ve CO<sub>2</sub> lazerlerin bir karışımı olarak düşünülebileceği belirtilmiştir. CO<sub>2</sub> lazerler gibi yumuşak dokuları kolaylıkla uzaklaştırabilen ve daha iyi hemostaz sağlayan Ho:YAG lazerin hızı, CO<sub>2</sub> lazere göre biraz daha yavaştır. Sert ve kalsifiye dokuları etkileyebilecek derecede yüksek güçte bulunan Ho:YAG lazerlerin su içerisindeki absorpsiyonu, Nd:YAG lazerlerden fazla olmakla birlikte; hemoglobin absorpsiyonunun düşük olması nedeniyle, hemostaz özellikleri Nd:YAG lazere göre daha düşüktür (Özcan ve Sevimay, 2016; Pick, 1993).

Tüm doku yüzeylerinde hızlı bir şekilde etkili olan Ho:YAG lazerler; yüzeysel etkiye sahiptir ve anestezi ihtiyacı gerektirmemektedir. Bakterisit etkinliği bulunsa da, implantların dekontaminasyonunda yüzeye zarar vermesi nedeniyle kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Diş hekimliğinde Ho:YAG lazerler; kavite sterilizasyonunda, apikal rezeksiyonda, yumuşak doku insizyonu ve aşındırılmasında, periodontal tedavide, dentin hassasiyetinin önlenmesinde, artroskopik ve TME cerrahisinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Kautzky ve ark., 1997; Pick, 1993; Pick ve Powell, 1993).

### **Nd:YAG lazer (Neodmiyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet lazer)**

Aktif ortamı içerisinde az oranda Neodmiyum iyonlarıyla bir araya gelmiş İttriyum-Alüminyum-Garnet katı kristali içeren Nd:YAG lazer; 1961 yılında Snitzer tarafından kullanıma sunulduktan sonra, 1964 yılında Geusic tarafından geliştirilmiştir. Elektromanyetik enerji spektrumunun kızılötesi bölgesinde yer alan Nd:YAG lazer ışının dalga boyu 1064 nm'dir. İçerisine eklenen kırmızı He-Ne gazı, lazer ışının görülebilir hale getirilmesini sağlamıştır. Nd:YAG lazer ışınlarının %90'ı su içerisinde yansırken; melanin, hemoglobin gibi pigmentler içeren koyu renkli dokularda yüksek

oranda absorbe edilmektedir. Hedef doku içerisinde, koyu renkteki boyaların kullanımı ile lazer ışınlarının absorpsiyonu arttırılarak istenilen etkinin sağlanmasına yardımcı olunmaktadır. Nd:YAG lazerlerin bu özelliği; hemostazın sağlanmasında ve koagülasyon üzerindeki etkinliğini açıklamaktadır. Su içerisindeki absorpsiyonun az olması nedeniyle, dokularda meydana gelen sıcaklık artışının kontrolünün sağlanabilmesi için eksternal su ve hava çıkışı eklenebilmektedir (Kutsch, 1993; Miller ve Truhe, 1993; Myers, 1991; Pick, 1993; Pick ve Powell, 1993).

Ağız içerisinde temassız, temaslı ya da fiber optik yardımıyla kolaylıkla kullanılabilen Nd:YAG lazerlerin, koyu dokular tarafından absorpsiyonu sayesinde, pigmente bakterilerin DNA yapılarını bozarak bakterisit etki gösterdiği belirtilmiştir. Su ve hidroksiapatit tarafından iyi absorbe edilemeyen Nd:YAG lazer ışını, dış sert dokuları tarafından emilemeden derin tabakalara iletilerek ısı enerjisine dönüşmesi sonucu hedef dokunun ısınmasına neden olmaktadır. Lazer ışının uygulandığı dokunun özelliklerine göre farklılık gösteren penetrasyon derinliği, genellikle organik dokularda 4 mm'ye kadar ilerleyebilmektedir (Dederich, 1993; Kutsch, 1993; Midda ve Renton-Harper, 1991).

Dış hekimliğinde Nd:YAG lazerler; yumuşak doku cerrahisi, periodontal tedavi, aftöz ülserlerin tedavisi, çürüğün uzaklaştırılması ve direncin artırılması, dentin hassasiyetinin azaltılması, mine dentin dokusunun pürüzlendirilmesi, kavite ve kök kanalı dezenfeksiyonu, smear tabakasının uzaklaştırılmasında ve pulpa kaplamasında kullanılmaktadır (Alaçam, 2012; Bader, 2000; Miserandino ve ark., 1995b).

Potasyum Titanyum Fosfat lazer (KTP); aslında bir Nd:YAG lazer olup, kristalin önüne gelen bir filtre ile dalga boyu değiştirilmiştir. Etki mekanizması Nd:YAG ile neredeyse aynı olan KTP lazer ışını, görünür ışık aralığında bulunmaktadır ve dalga boyu 532 nm'dir. Başlangıçta diş beyazlatmasında kullanılan KTP lazerler, daha sonra diş hekimliğindeki birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. KTP lazerle yeşil ışık kullanılarak gerçekleştirilen beyazlatmaların, mavi ışıklı halojen beyazlatmaya göre çok daha etkili olduğu belirtilmektedir (Özcan ve Sevimay, 2016; Swetha ve ark., 2016).



### **Er:YAG lazer (Erbium: İtriyum-Alüminyum-Garnet lazer)**

Aktif ortamı içerisinde Erbium ile kombine edilmiş İtriyum-Alüminyum-Garnet kristali içeren Er:YAG lazerler, 1975 yılında Zharikov ve arkadaşları tarafından tanıtılmıştır. 1977’de, FDA tarafından sert dokularda kullanımı onaylanan ilk lazer olmuştur. Elektromanyetik enerji spektrumunun kızılötesi bölümünde yer alan ve 2940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer ışını, hem sert hem de yumuşak dokuların uzaklaştırılmasında kullanılabilir. Su içerisinde en fazla absorbe olan Er:YAG lazer ışınlarının, hidroksiapatite karşı absorpsiyonu da oldukça yüksektir (Bader ve Krejci, 2006; Zharikov ve ark., 1975). Er:YAG lazerin su içerisindeki absorpsiyonunun; CO<sub>2</sub> lazere göre yaklaşık 15 kat ve Nd:YAG lazere göre 15,000 - 20,000 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Walsh ve Cummings, 1994; van As, 2004) .

Su tarafından yüksek oranda absorbe edilmesi nedeniyle; Er:YAG lazer ışını uygulaması sonucu, doku dejenerasyonunun ve ısı artışının minimal olduğu belirtilmiştir. Ancak melanin ve hemoglobin gibi pigment yapılar tarafından absorbe edilememeleri nedeniyle, hemostatik etkisi sınırlı kalmaktadır (Coluzzi, 2004; van As, 2004).

Er:YAG lazer ışını enerjisi, doku ve organik yapı içerisindeki su molekülleri tarafından absorbe edilmesi sonucunda, su buharlaşmaktadır. Buharlaşmanın etkisiyle oluşan termal stresler, kollagen ve apatit yapılarının bozulmasına neden olmaktadır ve dolayısıyla ortaya çıkan yüksek gaz basıncı sayesinde; çevre dokularda mikro patlamalar meydana gelerek, birbirini takip eden doku yıkımları (ablasyon) gerçekleşmektedir (Hibst ve Keller, 1989). Er:YAG lazer uygulaması esnasında; pulpada minimal bir sıcaklık artışı, çevre dokularda minimal karbonizasyon alanları ve çatlak oluşumlarının gözlemlendiği belirtilmiştir. Ancak pulpa dokusuna yaklaşan uygulamalarda, termal etki ile birlikte mekanik hasar da görülebilmesi nedeniyle, lazer sistemine su soğutması eklenmiştir (Widgor ve ark., 1993; van As, 2004).

Diş hekimliğinde Er:YAG lazerler; sert ve yumuşak doku cerrahisi, periodontal tedavi, çürüğe direncin artırılması, çürüğün uzaklaştırılması, mine ve dentin

dokusundaki kavite preparasyonu, mine ve dentin dokusunun pürüzlendirilmesi, dentin hassasiyetinin önlenmesi, organik içerikli restorasyonların uzaklaştırılması, pulpa kaplaması, kavite ve kök kanalı sterilizasyonu, kök kanalının şekillendirilmesi, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Alaçam, 2012; Aoki ve ark., 1994; Bader ve Krejci, 2006; Visuri ve ark., 1996).

Er:YAG lazer sistemlerinde, radyal ve şerit şeklinde tasarlanan bir uçla kullanılan ve ‘‘Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma’’ (Photon Induced Photoacoustic Streaming- PIPS) prensibi ile çalışan bir teknik geliştirilmiştir. Bu teknik, düşük enerjili lazerle fotoaktif dezenfeksiyon yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Fotonların çok düşük enerji seviyeleri ile kısa atım sürelerinde yayıldığı ileri bir irrigasyon aktivasyon prosedürü olan PIPS tekniğinde; Er:YAG lazer kök kanalında bulunan irrigasyon solüsyonunda fotoakustik şok dalgaları oluşturmaktadır (Olivi ve ark., 2016).

### **Er,Cr:YSGG Lazer (Erbiyum, Kromyum: İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet Lazer)**

Bir erbiyum lazer grubu olan Er,Cr:YSGG lazer, aktif ortamı içerisinde Erbiyum ve Kromyum ile kombine edilmiş İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet katı kristali içermektedir ve 2780 nm dalga boyuna sahiptir. El aleti, su ve hava spreyine sahip lazer sisteminde; fotonlar fiber optik uç aracılığıyla el aletine iletilmektedir. Atımlı harekete sahip Er,Cr:YSGG lazer ışınlarının; atım süreleri 140-200 µsn, atım tekrarlama oranları 10-50 Hertz ve atım güçleri 0,1-8 W arasında değişiklik göstermektedir (Eversole ve ark., 1997; Özcan ve Sevimay, 2016).

Bir lazer ışınının su molekülleri ya da doku tarafından absorpsiyonu ne kadar fazlaysa, kesme etkinliği ya da ablasyon derecesi o kadar yüksektir. Er:YAG lazerin Er,Cr:YSGG lazere kıyasla; su içeren dokularda daha fazla absorbe edilmesi, doku ile etkileşimin daha yüzeysel olmasına neden olmaktadır. Aynı parametreler kullanılarak diş sert dokularındaki ablasyon için, Er:YAG lazerin Er,Cr:YSGG lazere göre daha az enerjiye ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir (Lin ve ark., 2010). Er,Cr:YSGG lazerlerin etki

mekanizmasında "hidrokinetik enerji" kullanılmaktadır. Su moleküllerinin buharlamasıyla artan basınçla birlikte, ayrıca doku yüzeyindeki lazer enerjisi ile eksojen su molekülleri birleşerek su moleküllerinin kinetik enerjilerinin artması sonucu mikro patlamalar oluşmaktadır ve hedef dokuda yıkım gerçekleşmektedir (Eversole ve Rizoiu, 1995; Eversole ve ark., 1997; Meister ve ark., 2006).

Hidroksiapatit, dentin matriksi ve dentin tübülleri içerisindeki su tarafından absorbe edilebilen bir dalga boyuna sahip olan Er,Cr:YSGG lazerin atımı; yaklaşık olarak 150 mikroatımdan oluşmaktadır. Bu mikroatımlar enerjinin su içerisine 3 µm kadar penetrasyonunu sağlayarak, 1000 µm derinliğe kadar dentin tübülleri içerisindeki su moleküllerinin genleşmesine olanak tanımaktadır. 'Mikroatımlar ile uyarılmış peş peşe absorpsiyon' olarak bilinen bu döngü, bakterilerin ve smear tabakasının kök kanal duvarları üzerinden uzaklaştırılmasına olanak sağlayan akustik dalgalanmalar oluşturmaktadır (Gordon ve ark., 2007).

Er,Cr:YSGG lazer ışınının pulpal doku ve diş yapılarına kolay erişiminin sağlanabilmesi amacıyla; değişik çap ve uzunlukta özel olarak dizayn edilmiş ince ve esnek endodontik fiber optik uçlar kullanılmaktadır. Er,Cr:YSGG lazerler, Er:YAG lazerler ile aynı kullanım alanlarına sahiptir (Alaçam, 2012; Özcan ve Sevimay, 2016).

#### **2.8.10. Endodontik tedavide lazerin kullanım alanları**

##### **Pulpal kan akımının tespiti**

Mikrovasküler sistemlerde kan akımının belirlenebilmesi için geliştirilen "Lazer Doppler Flowmetry" (LDF), endodontide pulpa dokusundaki kan akışını tespit edebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Kırmızı kan hücrelerinin akışındaki değişiklikleri kaydeden LDF yönteminde; 1 ya da 2 mW düşük çıkış gücüne ve 632,8 nm dalga boyuna sahip He-Ne lazer ışığı, diş yüzeyine yerleştirilen fiber optik uç yardımıyla pulpa dokusuna iletilmektedir. Işın demetinin çarptığı doku tarafından geri yansıtılması sonucu oluşan frekans değişimi ile kan akımı ölçülebilir bir sinyale dönüştürülmektedir (Kimura ve ark., 2000a; Mohammadi, 2009). Bu yöntemin, anterior dişlerde mine ve dentin

tabakasının ince olması nedeniyle herhangi bir problem oluşturmayacağını, ancak; özellikle molar dişlerin bulunduğu posterior bölgede mine ve dentin tabakalarının kalın olması nedeniyle, lazer ışınının yansımından elde edilen değerlerin farklı sonuçlar verebileceği belirtilmektedir (Jafarzadeh, 2009; Kimura ve ark., 2000a).

Pulpal kan akımının LDF yöntemi ile teşhisinin; objektif, yarı kantitatif, ağrısız, non invaziv, tekrarlanabilir ve güvenli bir yöntem olmasıyla birlikte, maliyetinin yüksek olması ve uygulama zorluğu sebepleriyle klinik uygulamalardaki kullanımı çok yaygın değildir. Pulpal kan akımı ölçümlerinde elde edilen sinyale, periodontal ve çevre dokuların yansımalarının da etki edebileceği belirtilmektedir (Emshoff ve ark., 2004; Evans ve ark., 1999; Wilder-Smith, 1988; Yanpiset ve ark., 2001).

### **Dentin hassasiyeti**

Dentin hassasiyeti; ekspoz olan dentin dokusunun sıcak, soğuk, dokunma, kimyasal ya da ozmotik uyaranlara karşı, kısa ve keskin ağrı yanıtı oluşturduğu ve herhangi bir patoloji veya defekt ile açıklanamayan pulpa-dentinal bir hastalıktır. Dişeti çekilmesi, hatalı diş fırçalama, uygun olmayan diyet ve başka faktörler nedeniyle oluşabilen dentin aşırı duyarlılığının; kök yüzeyi üzerinde sonlanan smear tabakası ile kaplanmamış dentin tübülleri ile bağlantılı olduğu varsayılmaktadır. Dentin hassasiyeti tedavisinde uygulanacak methodun; pulpayı irrite etmemesi, hızlı ve uzun süreli etki sağlaması, ağrısız ve kolay uygulanabilir olması gerekmektedir (Knight ve ark., 1993; Najeeb ve ark., 2016; Topçuoğlu ve Kesim, 2013; Yılmaz ve ark., 2012).

Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan lazerler; düşük enerji çıkışlı lazerler (He-Ne ve GaAlAs) ve orta enerji çıkışlı lazerler (CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG) olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır (Alaçam, 2012; Dederich ve Bushick, 2004; Kimura ve ark., 2000b; Walsh, 2003; Yılmaz ve ark., 2012). Hassasiyetin önlenmesi amacıyla çeşitli parametrelere sahip farklı lazer türleri, birçok çalışmada pozitif sonuçlar göstermiş olsa da, bu etki mekanizmasının nasıl olduğu tam olarak aydınlatılamamıştır ve hala incelenmeye devam etmektedir. Lazerlerin birbirinden farklı mekanizmalarla etkili olduğu kabul edilmiş ve lazer ışınının dentin

dokusu üzerindeki etkisini açıklamak için; pulpa içerisindeki sinir hücrelerinin elektriksel aktivitesinin blokajıyla analjezik etki, dentin ya da smear tabakasının erime ve birleşmesi sonrası dentin tübüllerinin kapatılması, tersiyer dentin dokusuyla dentin tübüllerinin tıkanması ve dentin lenfinin buharlaştırılmasıyla çözünmez tuzların depozisyonu sonucu dentin tübüllerin tıkanması gibi birçok çeşitli fikir ortaya konmuştur (Corona ve ark., 2003; Moritz ve ark., 1998a; Orhan ve ark., 2011; Schwarz ve ark., 2002; Yılmaz ve ark., 2011a).

### **Vital pulpa tedavileri**

Lazer uygulamalarının minimum doku penetrasyonu ile etkisinin yüzeysel olması, uygulama esnasında bakteriyel kontaminasyonun olmaması, bakteri eliminasyonu, hemostazı sağlaması ve minimal pıhtı oluşumu gibi avantajları nedenleriyle; konvansiyonel methodlara alternatif olarak, vital pulpa tedavileri üzerindeki başarıları incelenmiştir. Hatalı seçilen lazerlerin, dental sert dokularda meydana getirdikleri fazla sıcaklık artışı; pulpa dokusunun nekrozuna ve sert doku hasarlarına neden olabilmektedir. Ayrıca su hava desteği yetersiz kalan lazerlerin; dental sert dokularda erime, yanma ve pulpa dokusundaki sıcaklığa bağlı hasarlar oluşturmalarının yanısıra lazer ışınlarının soğurulma katsayılarının düşük olmaları nedeniyle, ablasyon etkilerinin gerçekleşmediği ya da yetersiz ablasyon etkisi gösterdiği belirtilmektedir. Bu nedenler dolayısıyla, vital pulpa tedavilerinde pulpa dokusuna zarar verilmemesi için lazerlerin kullanım parametrelerine dikkat edilmesi önem teşkil etmektedir (Alaçam, 2012; Mohammadi, 2009; Najeeb ve ark., 2016).

Pulpada oluşan 5,5°C sıcaklık artışının bazı dişlerde vitalite kaybına neden olduğu belirtilirken; 16,7°C sıcaklık artışında ise pulpa dokusunda nekrotik değişiklikler gerçekleştiği gözlenmiştir (Moritz ve ark., 1998b).

### **Kök kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulması**

Endodontik tedavinin başarısında önemli bir yere sahip olan kök kanalının şekillendirilmesi ile organik dokular uzaklaştırılmakta, irrigasyona olanak sağlanmakta

ve kök kanal dolgusu için uygun boşluk oluşturulmaktadır. 200 - 400 µm (20-40 no'lu eğelere eşdeğer) çaplara sahip optik fiber uçları bulunan lazerler, kök kanallarındaki dentin dokusunu kaldırmak ve şekillendirmek için uygulanabilmektedir (Mohammadi, 2009). Yapılan çalışmalarda, kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında; lazerin tek başına bir tedavi seçeneği olarak kullanılması yerine konvansiyonel yöntemlerle birlikte kullanılmasının, daha etkin temizleme ve şekillendirme sağladığı belirtilmektedir (Levy, 1992; Moogi ve Rao, 2010).

Miserendino ve arkadaşları (1995), Nd:YAG lazer kullanılarak kök kanallarında yapılan şekillendirilme sonrası, kanal duvarlarının düzgün ve temiz olduğunu ifade etmiştir. Kokuzawa ve arkadaşları (2012), Er:YAG lazer ucunun, kök kanalındaki dentin yüzeyine ne kadar yakın olursa, şekillendirme etkinliğinin de o kadar fazla olduğunu belirtmiştir. Matsuoka ve arkadaşları (2005), Er,Cr:YSGG lazerin 10°'ye kadar eğimli kök kanallarında başarılı bir kök kanal preparasyonu sağlayabildiğini vurgulamıştır.

Kök kanal dolgu materyali için kullanılabilecek kamforokinonla aktive edilebilen rezinlerin, AH-26 patlarının ve kompozit rezinlerin fotopolimerizasyonlarının; 477 - 499 nm dalga boyundaki lazerler kullanılarak gerçekleştirilebildiği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Potts ve Petrou 1991; Anic ve Matsumoto, 1995; De Moura-Netto ve ark., 2007). CO<sub>2</sub>, Argon ve Nd:YAG lazerler yardımıyla yumuşatılmış güta-perkanın kök kanalını tıkama kabiliyetinin değerlendirildiği bir çalışmada; Argon ve CO<sub>2</sub> lazerlerin güta-perkayı iyi derecede yumuşatabildikleri, ancak lazer cihazlarının bütün kök kanal dolgusunun sağlanmasında yetersiz kaldıkları vurgulanmıştır (Anic ve Matsumoto, 1995).

### **Kök kanallarının dezenfeksiyonu**

Pulpal ve periapikal hastalıkların gelişmi ve sürdürülmesinde büyük etkisi olan mikroorganizmaların kanal içerisinden elimine edilebilmesi için; çeşitli kök kanal şekillendirme teknikleri, irrigasyon solüsyonları ve kanal içi ilaçlar gibi çeşitli geleneksel tedavi yöntemleri kullanılmaktadır (Brito ve ark., 2009; Topçuoğlu ve Kesim, 2013). Ancak kompleks kök kanal konfigürasyonu, bakteri florasının sahip olduğu özel

yapılar, irrigasyon solüsyonlarının yeterli olmayan bakterisit etkileri, geleneksel endodontik tedavilerin yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Lazer ışınlarının geleneksel tedavi yöntemleri ile ulaşılamayan kök kanal dentin dokusunun tamamına ulaşabildiği, 1000 µm'den daha fazla derinliğe penetre olarak antibakteriyel etkinlik göstermesi ile derin dentin katmanlarındaki mikroorganizmaların yok edilebilmesinin mümkün olduğu belirtilmektedir (Juric ve Anic, 2014; Moritz ve ark., 1997). Lazerlerin kök kanallarının sterilizasyonu üzerindeki etki mekanizması, mikroorganizmaları direkt olarak buharlaştırması ve lokalize sıcaklık artışı ile açıklanmaktadır. Lazer uygulaması sırasında oluşan ısının yayılabilmesi nedeniyle, mikroorganizmaların yok edilmesi için fiber optik ucun mikroorganizmaya temas etmesine gerek yoktur. Dentinin derin tabakalarında oluşan indirekt lazer ışını sayesinde, antibakteriyel etki elde edilebilmektedir. Lazer uygulaması esnasında oluşan dumanın, hekim ve hastada bakteriyel kontaminasyonuna neden olabilen etkisinden korunmak amacıyla, vakumlu aspirasyon sistemlerinin kullanılması önerilmiştir (McKinley ve Ludlow, 1994). Argon, CO<sub>2</sub>, diyet, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG gibi lazerlerin kök kanalları üzerindeki sterilizasyon etkinlikleri birçok araştırmada kanıtlanmıştır (Fegan ve Steiman, 1995; Genc Sen ve Kaya, 2019; Meire ve ark., 2012; Wang ve ark., 2018; Yasuda ve ark., 2010; Yavari ve ark., 2010).

### **Endodontik cerrahi**

Lazer ışınlarının, küçük vasküler damarları tıkaması ve koagülasyonu sağlayarak kansız bir cerrahi alan oluşturmasıyla birlikte ilgili bölgede dezenfeksiyonu sağladığı belirtilmektedir. Lazerler; kök ucunun rezeksiyonu, rezeksiyon yapılan alveol boşluğunun temizlenmesi, retrograd endodontik kavitenin oluşturulması, rezeke edilen kök yüzeyindeki dentin kanallarının ağızlarının kapatılması, retrograd dolgunun mikrosızıntısının azaltılması, periapikal küretaj gibi amaçlarla endodontik cerrahi alanlarında kullanılmaktadır (Alaçam, 2012; Kimura ve ark., 2000a; Mohammadi ve ark., 2017; Eduardo ve Gouw-Soares, 2001).

Apikal rezeksiyonda; dentinal yapının erimesini ve yeniden kristalleşmesi ile birlikte dentin tübüllerinin kapatılmasıyla, pürüzsüz ve daha az geçirgen kesilmiş bir dentin yüzeyi elde etmek için lazer ışınımı kullanan çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Nd:YAG lazerin apikal rezeksiyon sonrası kullanımı sonucunda, bakteri penetrasyonunun azaldığı gösterilmiştir (Stabholz ve ark., 1992). Er:YAG ve Nd:YAG lazerler kullanılarak gerçekleştirilen apikal rezeksiyon ve retrograd kavite preparasyonundan sonra, metilen mavisi kullanılarak kesim yüzeyindeki marjinal permeabilitenin değerlendirildiği bir çalışmada; kontrol grubuna göre lazer gruplarında daha az sızıntı olduğu rapor edilmiştir (Olivera ve ark., 2004). Karlovic ve arkadaşları (2005), Er:YAG lazer ve ultrasonik cihaz kullanarak açılan retrograd kavitelerini, farklı retrograd dolgu maddeleriyle doldurarak oluşan sızıntı etkinliklerini incelemiş ve tüm retrograd dolgu maddelerinde; Er:YAG lazerle açılan kavitelerin ultrasonik cihazla prepare edilen kavitelere göre daha az mikrosızıntı değeri oluşturduğu gözlenmiştir. Komori ve arkadaşları (1997) ise, Er:YAG lazerin iyileşmeyi hızlandırdığı ve postoperatif duyarlılığı azalttığını bildirmiştir. Er;Cr:YSGG lazerle prepare edilen retrograd kavitelere çatlak, debris ve smear tabakası oluşumu gözlenmemesi nedeniyle, retrograd dolgu maddelerinin adaptasyonunun daha iyi olduğu belirtilmektedir (Alaçam, 2012).

### **Kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılması**

Kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında kök kanal duvarları üzerinde oluşan ve organik - inorganik komponentler (pulpa dokusu artıkları, dentin dokusu, odontoblastik uzantılar ve bakteri) içeren yapı "smear tabakası" olarak adlandırılmaktadır (Sen ve ark., 1995; Wauters ve Wauters, 2000; Violich ve Chandler, 2010). Genellikle smear tabakasının taramalı elektron mikroskopisi altında; şekilsiz, düzensiz ve tanecikli bir yapı şeklinde, granüler bir görünüme sahip olduğu belirtilmektedir (Brannstrom ve ark., 1980; Pashley ve ark., 1988; Yamada ve ark., 1983).



Smear tabakasının kaldırılıp kaldırılmaması gerekliliği, birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bazı araştırmacılar, smear tabakasının dentin tübüllerini tıkayarak ve dentin geçirgenliğini azaltarak, bakteri ve toksinlerin invazyonu için bir bariyer oluşturacağını öne sürmüştür (Michelich ve ark., 1980; Pashley ve ark., 1981; Safavi ve ark., 1990). Ancak smear tabakasının dentin geçirgenliğinde azalma meydana getirerek; kök kanal irrigasyon solüsyonlarının ve patlarının etkin bir şekilde uygulanmasını önlemesi, bakterilerin üreyebilmesi için ortam sağlaması ve apikal - koronal sızıntıya neden olabilecek bir boşluk oluşabileceği gibi nedenlerden dolayı, bu tabakanın uzaklaştırılması gerektiğini savunan çeşitli araştırmacılar da bulunmaktadır (Brannstrom, 1984; Mader ve ark., 1984; Cameron, 1987; Chailertvanitkul ve ark., 1996; Gutmann, 1993; Gençoğlu ve ark., 1993a; Gençoğlu ve ark., 1993b; Meryon ve Brook, 1990; Williams ve Goldman, 1985). Smear tabakasının kaldırılıp kaldırılmaması hakkında kesin bir fikir birliği bulunmasa da; genel görüş bu tabakanın uzaklaştırılması yönündedir. Son 30 yılda yapılan çalışmaların çoğu smear tabakasının uzaklaştırılmasını destekler niteliktedir ve smear tabakasının kök kanal duvarlarından uzaklaştırılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Smear tabakasının kök kanal sisteminden uzaklaştırılması amacıyla; sodyum hipoklorit, şelasyon ajanları, organik asitler ve tetrasiklinler gibi kimyasal ve manuel-dinamik irrigasyon, endodontik fırçalar, sonik sistemler ile aktivasyon, ultrasonik sistemler ile aktivasyon, Endovac ve lazer sistemleri gibi çeşitli mekanik yöntemler kullanılmaktadır (Aksel ve Serper, 2017; Calt ve Serper, 2002; Czonstkowsky ve ark., 1990; Sen ve ark., 1995; Tanboğa ve ark., 2011; Torabinijad ve ark., 2002; Wauters ve Wauters, 2000; Violich ve Chandler, 2010).

Kök kanal sistemlerindeki smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılması amacıyla; konvansiyonel yöntemlerle birlikte lazer teknolojisinin beraber kullanımı, birçok araştırmacının ilgi konusu olmuştur. Smear tabakasının uzaklaştırılmasında; CO<sub>2</sub> lazer (Anic ve ark., 1996), Argon lazer (Anic ve ark., 1996), Nd:YAG lazer (Harashima ve ark., 1997; Miserendino ve ark., 1995), KTP lazer (Machida ve ark., 1995; Tewfik ve ark., 1993), Er:YAG lazer (Kimura ve ark., 2002) ve Er:Cr:YSGG lazer (Schoop ve ark.,

2007; Yamazaki ve ark., 2001) tiplerinin kullanılabileceği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir.

Lazer uygulanan doku üzerindeki morfolojik ve kimyasal değişimlerin; lazerin türüne, lazer ışınının gücüne, enerji seviyesine, uygulanma süresine ve diş dokularının su, mineral gibi komponentlerinin miktarı ile ilişkili olabileceği belirtilmektedir (Goya ve ark., 2000; Kivanc ve ark., 2008).

Argon lazerin şekillendirmiş kök kanal duvarlarında, etkili bir temizlik yapabileceği rapor edilmiştir (Harashima ve ark., 1998; Moshonov ve ark., 1995). Ancak, argon lazerin debris ve smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştırabilmesine rağmen; apikal sızıntıyı azaltamadığını belirten çalışmalar bulunmaktadır (Kimura ve ark., 1999; Yamazaki ve ark., 1999).

Dederich ve arkadaşları (1984), farklı çıkış güçlerindeki Nd:YAG lazer ışınının dentin dokusuna uygulanması sonucunda; çıkış gücü, ışınlama süresi ve dentin rengine bağlı olarak poröz olmayan, camsı ve organik doku içermeyen bir yüzey oluştuğunu belirtmiştir. Lazer gücünün arttırılmasıyla, kanal içerisindeki dentin dokusunun eriyip rekristalize olarak, camsı görünümde bir doku yüzeyi haline geldiğini rapor etmiştir.

Nd:YAG lazer uygulamasının; kök kanallarındaki smear tabakasını kaldırması ya da eritmesi sonucunda, birleştirip veya rekristalize ederek temiz duvarlar oluşturduğunu ve dentin permeabilitesinin azalttığını belirten çalışmalar bulunmaktadır (Goya ve ark., 2000; Harashima ve ark., 1997; Tani ve Kawada, 1987). Goya ve arkadaşları (2000), Nd:YAG lazerin smear tabakasını buharlaştırarak veya eriterek uzaklaştırmasıyla birlikte apikal sızıntının azaldığını rapor etmiştir. Nd:YAG lazer ile el aletlerinin birlikte kullanımının smear tabakası üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalarda, temiz kök kanal duvarlarının elde edildiği gözlenmiştir (Goodis ve ark., 1993; Levy, 1992).

Barbakow ve arkadaşları ise (1999), kök kanalı dentin yüzeyine uygulanan 159, 239 ve 318 mJ enerji yoğunluklarındaki Nd:YAG lazerin etkinini incelemiştir. Araştırmacılar; kök kanallarının farklı bölgeleri (koronal, orta ve apikal) ve lazerin farklı enerji yoğunlukları arasında, smear ve debrisin uzaklaşması yönünden istatistiksel

olarak önemli farklılıklar oluşturmadağını belirtmiştir. Ayrıca, smear tabakasının Nd:YAG lazer ile uzaklaştırılamadığı ve apikal bölgede karbonizasyon alanlarının gözlemlendiğı rapor edilmiştir.

Saunders ve arkadaşları (1995), Nd:YAG lazer ile smear tabakasının uzaklaştırılmasının geleneksel methodlara kıyasla, etkili olmadığını bildirmiştir. Harashima ve arkadaşları (1997) ise, Nd:YAG lazer (2 W çıkış gücü, 20 Hz) uygulamasının geleneksel tekniklere göre; smear tabakası ve debris önemli derecede azaltarak temiz kanal duvarlarının elde edildiğini bildirmiştir. Camargo ve arkadaşları (2005), Nd:YAG lazerin fiber optik uçlarının kök kanalına paralel uygulanması sonucu, smear tabakasının uzaklaştırılmasının güçleştirildiğini belirtmiştir.

Nd:YAG lazer ile beş farklı irrigasyon solüsyonunun (serum fizyolojik, %5.25 NaOCl, %3 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, %15 etilen diamintetraasetik asit (EDTA), %2 klorheksidin glukonat) karşılaştırıldığı bir in-vitro çalışmada; EDTA ve Nd:YAG lazer uygulamalarının smear tabakasını kaldırmada daha etkin oldukları ve hiçbir uygulamanın kök kanal duvarlarındaki smear ve debris tamamen uzaklaştıramadığı açıklamıştır (Gurbuz ve ark., 2008).

Nd:YAG lazerin bir modifikasyonu olan KTP lazerin 1,5 W ve 0,2-1 sn parametrelerinde kök kanalı içerisinde kullanımı ile bazı alanlarda herhangi bir etki oluşmazken, güç yükseltildiğinde hafif yüzey değişimleri, smear ve dentin tabakasında buharlaşma ya da erime gibi modifikasyonlar olduğu belirtilmiştir (Tewfik ve ark., 1993).

Hidroksiapatite olan yüksek afinitesi sebebiyle sert dokular üzerindeki etkinliğı fazla olan Er:YAG lazerler; uygulandığı doku yapısındaki su tarafından absorbe edilmesi sonucu doku içerisinde basınç oluşturarak, dokuların parçalanması ile kök kanallarının temizlenmesine yardımcı olmaktadır (Sasaki ve ark., 2002). Er:YAG lazerin smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olduğu yapılan çeşitli çalışmalarda belirtmiştir (Kimura ve ark., 2002; Takahashi ve ark., 1996; Takeda ve ark., 1998b). Pecora ve arkadaşları (2000) , Er:YAG lazerin su ile yıkamayı takiben dentin geçirgenliğini

arttırdığını ve kök kanal duvarlarında daha iyi bir temizlik sağladığını bildirmiştir. Paghdiwala (1993), Er:YAG lazerin organik matriksi kaldırarak ve eriterek dentin kanallarını tıkadığı, sıvı geçişinde azalmayı ve kök kanalında sterilizasyonu sağladığı, rezorbsiyonlara karşı ise direnci artırdığını bildirmiştir.

Er:YAG ve CO<sub>2</sub> lazer olmak üzere iki farklı tip lazerin ve %17 EDTA, %6 fosforik asit ve %6 sitrik asit olmak üzere üç farklı irrigantın smear tabakası üzerindeki etkinliklerinin değerlendirildiği bir in vitro çalışmada; en etkili sonuçun Er:YAG lazer ile elde edildiği belirtilmiştir (Takeda ve ark., 1999). Ashraf ve arkadaşları (2014) ise, kök kanalının apikal bölgesindeki smear tabakasını uzaklaştırmak için %17 EDTA, %18 etidronat ve Er:YAG lazer kullanmış ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında en etkin yöntemin EDTA grubunda gözlendiğini belirtmiştir.

Su moleküllerine göre protein, pigmente yapılar ve koyu renkli yüzeyler tarafından daha iyi absorbe edilen Nd:YAG lazerin ise; smear tabakası uzaklaştırma ve dentin permeabilitesi üzerindeki etkisinin, Er:YAG lazerlere göre daha zayıf olduğunu belirten çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Esteves-Oliveira ve ark., 2010; Korkut ve ark., 2018; Yasuda ve ark., 2010). Takada ve arkadaşları (1998a) ise, smear tabakasının uzaklaştırılmasında Er:YAG lazer (100 mJ), Nd:YAG lazer (200 mJ) ve Argon lazerin (50 mJ) etkinliğini değerlendirmiş ve Er:YAG lazerin daha etkili olduğunu ancak aradaki farkın istatistiksel olarak önem belirtmediğini rapor etmiştir.

Aranha ve arkadaşları (2005), 60 mJ, 2 Hz parametrelerine sahip Er:YAG lazer ile 1.5 W, 15 Hz parametrelerine sahip Nd:YAG lazer ışınımı sonrası kök kanallarının dentin permeabilitelerinde anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmiştir. Kıvanc ve arkadaşları (2008) ise, 120 mJ enerji ve 15 Hz frekans parametrelerinde kullanılan Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin smear tabakası ve debris uzaklaştırmada yetersiz kaldığını belirtmiştir.

Sert ve yumuşak dokularda uygulanabilen hidrokinetik etki mekanizmasına sahip Er:Cr:YSGG lazerin, kök kanalında kullanımı ile dentinde herhangi bir erime veya karbonizasyona sebep olmadan smear tabakasının uzaklaştırıldığı bildirilmiştir (Ishizaki

ve ark., 2004). Er,Cr:YSGG lazer ışınlarının düz bir doğrultuda kanal duvarlarına doğru yayılmasını sağlayan fiber optik uçla gerçekleştirilen çalışmalarda da, bakteri eliminasyonu ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında yüksek oranlarda başarı elde edildiği bildirilmiştir (Gordon ve ark., 2007; Schoop ve ark., 2009). Endodontik tedavide kök kanalının Er,Cr:YSGG lazer ile irridasyonun, dentin permeabilitesinin artırılmasında etkili olabileceği belirtilmiştir (Silva ve ark., 2010).

Al-Karadaghi ve arkadaşları (2015), Er,Cr:YSGG lazer ve çift dalga boylu (2780 nm Er,Cr:YSGG ve 940 nm diyot) lazer ile ışınlama sonrası smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliğini, radiküler dentinin permeabilitesini ve kök kanal duvarlarında oluşan değişiklikleri incelemiştir. Araştırmacılar; her iki grupta da smear tabakasının etkin bir şekilde çıkarıldığını ve erime ya da karbonizasyon alanlarının gözlenmediğini, çift dalga boylu ışınlanmış örneklerde dentin tübüllerinin halka şeklindeki yapısının korunurken; Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grupta düzensiz bir görünüme sahip olduğunu, çift dalga boylu lazer ışınlamasının dentin permeabilitesini önemli derecede arttırdığını bildirmiştir.

Bolhari ve arkadaşları (2014), 1,5 W ve 2,5 W Er,Cr;YSGG lazer ile EDTA-NaOCl irrigasyonunun kök kanalındaki debris ve smear uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirmiştir. Araştırmacılar, 1,5 W Er,Cr;YSGG lazer ışınımı ile geleneksel irrigasyon tekniği arasındaki (EDTA ve NOCl) temizlik etkinlikleri arasında anlamlı bir fark olmadığını ve 2,5 W Er,Cr;YSGG lazer ışınımının smear tabakasını efektif bir şekilde uzaklaştıramadığını belirtmiştir.

Montero-Miralles ve arkadaşları (2018) ise, Er,Cr;YSGG ve EDTA'nın kök kanalındaki debris ve smear uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmada, en temiz kanal duvarlarının laser ile EDTA'nın birlikte kullanıldığı grupta gözlendiğini ve sadece Er,Cr;YSGG lazer kullanılan gruptaki temizlenme etkinliğinin sadece EDTA kullanılan gruba göre daha fazla olduğunu bildirmiştir.

## **Kök kanal dolgusunun yenilenmesi**

Kök kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında, güta-perka kök kanal dolgu maddesinin kanaldan uzaklaştırılması için farklı lazer tiplerinin etkinliklerinin değerlendirildiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Anjo ve ark., 2004; Farge ve ark., 1998; Jiang ve ark., 2016; Gorduysus ve ark., 2017; Keles ve ark., 2015; Passalidou ve ark., 2018; Tachinami ve Katsuumi, 2010; Viducic ve ark., 2003; Yu ve ark., 2000).

Tachinami ve Katsuumi (2010), Er:YAG lazer uygulamasının kök kanalı içerisindeki güta-perkayı etkili bir şekilde uzaklaştırdığını ve enerji seviyesinin yükselmesiyle uygulama süresinin azaldığını rapor etmiştir.

Ultrasonik cihaz ve farklı çıkış enerjilerine sahip Er:YAG lazer ışınları kullanımı ile kanaldan güta-perka uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada ise, lazer uygulamasının ultrasonik sisteme göre daha zaman alıcı olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, lazerin özellikle eğimli kanallarda kullanıldığında, penetrasyon problemleri nedeniyle güta-perka ve patların uzaklaştırılmasında ultrasonik sisteme göre; daha az etkili olduğunu ve lazerlerin farklı çıkış enerjileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını vurgulamıştır (Gorduysus ve ark., 2017).

Yu ve arkadaşları (2000), Nd:YAG lazer uygulamasının kök kanalındaki dolgu materyali ve kırık eğelerin uzaklaştırılması üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmada, dişlerin %70'inden daha fazlasında kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırıldığı ve %55'inden daha fazlasında, kırık eğelerin başarıyla çıkarıldığı belirtilmiştir.

Anjo ve arkadaşları (2004), iki farklı kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında Nd:YAG lazer kullanımının etkili olduğunu ve konvansiyonel yöntemle (gates glidden ve K-tipi el eğeleri) göre uygulamanın daha kısa sürdüğünü belirtmiştir.

Nd:YAG lazerin çözücü ve çözücü olmadan kullanımının kök kanalı içerisindeki gütaperkanın uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada, çözücü kullanılmadan lazer uygulamasının gütaperkanın yumuşatılmasında etkili olduğu ve çözücü kullanımının, kanal duvarlarında kalan gütaperka ve işlem süresi açısından önemli bir farklılık oluşturmadığı vurgulanmıştır (Viducic ve ark., 2003).

Keles ve arkadaşları (2015), oval şekilli kanallarda döner eğeler ile retreatment işlemi uyguladıktan sonra Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin kök kanal dolgu artıkları üzerindeki etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, lazer uygulanması ile gruplardaki kanal dolgu artıklarının önemli derecede azaldığını, Nd:YAG lazer uygulan gruplardaki kanal dolgu artıklarının daha az kaldığını ve uygulanan hiçbir retreatment prosedürünün kök kanal dolgusunu tamamen uzaklaştıramadığını belirtmiştir.

Jiang ve arkadaşları (2016) ise, oval şekilli kanallarda döner eğeler ile retreatment işlemi uyguladıktan sonra sonik, ultrasonik ve Er:YAG lazer ile aktive edilmiş irrigasyonun (Foton-İndüklü Fotoakustik Dalgalanma / PIPS) kök kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini incelemiştir. Tüm gruplarda uygulanan ek prosedürlerin; kontrol grubuna kıyasla önemli derecede kanal dolgusunu uzaklaştırdığı ve NaOCl'in Er:YAG lazer ile aktivasyonunun, sonik ve ultrasonik tekniklere göre daha iyi performans sergilediği, ancak hiçbir grupta kök kanal dolgusunun tamamen uzaklaştırılamadığı belirtilmiştir.

Suk ve arkadaşları (2017), 3 farklı kanal dolum patı (EndoSequence BC, MTA Fillapex ve AH Plus) ile doldurulan kalsiyum silikat bazlı kanal dolgu maddeleri içeren dişlerde, döner eğeler ile endodontik retreatment işleminin gerçekleştirilmesinden sonra, Er:YAG lazer ile aktive edilmiş irrigasyonun dolgu kalıntılarının uzaklaştırılmasındaki etkinliğini değerlendirmiştir. Araştırmacılar döner eğeler ile retreatment uygulaması sonrası; kanaldan en kolay MTA Fillapex'in uzaklaştırıldığını, EndoSequence BC Sealer ile AH Plus sealer patları arasında anlamlı bir farklılık olmadığını ve PIPS'in tüm gruplarda kanaldan dolgu artıklarının uzaklaştırılmasını arttırdığını belirtmiştir.

## **Diğer uygulama alanları**

Kalsifiye dentikellerin uzaklaştırılması için atımlı hareket eden ve 540 nm dalga boyuna sahip Dye lazerin uygulanabileceği belirtilmiştir (Rocca ve ark., 1994). Kök kırıklarının tedavi edilmesinde, CO<sub>2</sub> ve Nd:YAG lazer uygulamalarının kullanılabileceği rapor edilmiştir (Arakawa ve ark., 1996; Yu ve ark., 2000). Dental aletlerin sterilizasyonu içinse; Ar, CO<sub>2</sub> ve Nd:YAG lazer ışınlarının uygulanabileceği vurgulanmıştır (Powell ve Whisenant, 1991). Farklı türdeki lazerlerin, diş hekimliğindeki birçok alanda uygulanabilmesiyle birlikte, kullanılacak lazer tipinin ve etkilerinin öncesinde dikkatlice değerlendirilip, işlemin dikkatle gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Kimura ve ark., 2000).

### **2.8.11. Lazerin potansiyel yan etkileri**

Periodontal membran ve ligament aracılığı ile alveol kemikle bağlantılı olan diş kök kanalı içerisinde lazer kullanımı, periodontal dokularda termal hasarlar oluşturabilmektedir. Bu nedenle endodontik uygulamalardaki lazer kullanımlarında; güç, enerji yoğunluğu ve süre gibi parametrelerin dikkatlice belirlenmesi gerekmektedir. Periodontal dokularda zarar oluşmaması adına 7°C'lik kritik sıcaklık eşik seviyesinin, en yüksek sıcaklık artışı sınır seviyesi olarak belirtilmiştir (Mohammadi, 2009).

Abad-Gallegos ve arkadaşları (2009), kök kanalı içerisinde 1W ve 2W çıkış gücüne sahip Er,Cr:YSGG lazer kullanımının kök çevresinde sırasıyla 3,84°C ve 5,01°C sıcaklık artışına neden olduğunu, ancak bu sıcaklık artışının çevre dokularda geri dönüşümsüz bir hasara neden olmadığını belirtmiştir.

## **2.9. Mikroskopik Görüntüleme Yöntemleri**

Kök kanal tedavisinin yenilendiği araştırmalarda, üzerinde değerlendirme yapılabilecek görüntülerin elde edilmesi için; radyografi, şeffaflaştırma, mikro bilgisayarlı tomografi (micro-CT), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve stereomikroskop yöntemleri kullanılabilmektedir (Duncan ve Chong, 2010).



### **2.9.1. Taramalı elektron mikroskobu (scanning electron microscope - SEM) inceleme yöntemi**

Taramalı elektron mikroskobu ya da kısaca SEM, sıvı olmayan ve sıvı özellik taşımayan her türlü iletken olan veya olmayan örneğin mikroyapısını görüntüleme amacı ile kullanılan bir tekniktir. İletken olmayan örnekler, çok ince iletken materyal ile kaplanarak incelenebilir hale getirilmektedir. Sıvı içerebilen biyolojik örnekleri görüntüleyebilmek için, critical point drier ile örneğin şekli ve yapısı bozulmadan kurutularak mikroskopta incelemeye elverişli hale getirilir. SEM görüntüleme tekniği ile kök kanalları veya diş yüzeyinin herhangi bir bölgesi, istenilen yüksek büyütme altında detaylı bir şekilde değerlendirilebilmektedir. SEM'in çalışma prensibi; elektron demeti ile örnek yüzeyi taranırken, yüzeye çarparak yasıyan elektronların bir dedektör tarafından toplanmasıdır. Endodontide SEM; irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin değerlendirilmesi, endodontik aletlerin yapısının incelenmesi, mikro sızıntı çalışmaları, smear tabakası varlığı, dentin tübüllerine pat ya da kanal dolgularının penetrasyonu, mikroorganizmaların dentin tutulumu, biyofilm tabakası, pulpal ya da sement hücreleri, dentin yüzey değişiklikleri gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Özel ekipman gerektirmesi ve pahalı bir cihaz olması dezavantajları arasındadır (Joy ve Joy, 1996; Pawley, 1997).

### **2.9.2. Stereomikroskop inceleme yöntemi**

Sabit dürbün mantığıyla çalışan stereomikroskop ile kök kanalları büyütme altında incelenip fotoğraf alınabilmektedir. Ulaşılabilirliği kolay, kullanımı basit ve incelenen örnek için ilave materyallere ihtiyaç duyulmamakta olan stereomikroskop, SEM kadar detaylı inceleme imkanı sağlamamaktadır (Balvedi ve ark., 2010). Dadresanfar ve arkadaşları (2011), kök kanalından gütä-perka uzaklaştırılan örneklerin; radyografi ve stereomikroskop altında temiz olduğunu gözlerken, SEM incelemesinde artık dolgu maddesi kaldığını belirtmiştir. SEM ve stereomikroskop arasındaki farklar Tablo 5'de gösterilmektedir (Cireli, 1966).

Tablo 5. SEM ve stereomikroskop arasındaki farklar (Cireli, 1966)

| SEM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Stereomikroskop                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Görüntünün büyütülmesi için elektron ışını kullanır.</li> <li>Örnekler vakum içinde gözlenir.</li> <li>Odaklanma derinliği büyüktür.</li> <li>Elektron lensleri tarafından odaklanan elektron ışını örneğin üzerini tarar ve sinyaller görüntü olarak algılanır.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Görüntünün büyütülmesi için ışık kullanır.</li> <li>Sıvı ve katı örnekler atmosfer ortamında rahatlıkla gözlenir.</li> <li>Odaklama derinliği küçüktür.</li> <li>Yeterli derecede ince olan örnekten ışık geçerek, camdan yapılmış mercekler tarafından görüntü büyütülür.</li> </ul> |

Bu tez çalışmasının amacı, kök kanal tedavisinin yenilenmesi sonrası kanal içerisinde farklı güçlere sahip Er,Cr:YSGG lazer kullanımının, artık kanal dolgu materyalleri ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerinin, stereomikroskopi ve SEM kullanılarak değerlendirilmesidir. Kök kanal tedavisi yenilenirken kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasından sonra, yine de kök kanal duvarı üzerinde debris, smear tabakası ve kanal dolgu materyali artıkları kaldığı ve tedavi başarısının kanal duvarlarındaki debrisin, smear tabakası ve kanal dolgu artıklarının uzaklaştırılmasına bağlı olduğu belirtilmektedir (Haapsalo ve ark., 2008; Rödig ve ark., 2012). Kanal dolgu materyalinin etkili bir şekilde uzaklaştırılması için döner NiTi retreatment eğeleri geliştirilmiş, ancak yapılan çeşitli çalışmalarda, kök kanal duvarlarında önemli miktarda kanal dolgu artıkları kaldığı belirtilmiştir (Marques da Silva ve ark., 2012; Martinho ve ark., 2015; Rödig ve ark., 2014). Kanal içerisindeki kalan dolgu artıklarının uzaklaştırılmasının geliştirilebilmesi amacıyla ultrasonik sistemler, çözücüler ve lazerler kullanılabileceği belirtilmektedir.

Son yıllarda yapılan araştırmalarda, sürekli geliştirilmekte olan dental lazerlerin kök kanalı üzerindeki çeşitli etkinliklerinin değerlendirilmesi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Görüs, 2018; Quinto ve ark., 2019; Race ve ark., 2019). Er,Cr:YSGG lazerin çevredeki dokulara zarar vermeden smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği ve kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu geliştirdiği çeşitli çalışmalarda rapor edilmiştir (Bolhari ve ark., 2014; Yamazaki ve ark., 2001; Yavari ve ark., 2010). Mevcut literatür incelendiğinde, döner eğeler kullanılarak kök kanal tedavisinin yenilenmesi sonrasında, Er,Cr:YSGG lazer kullanımının etkisini inceleyen herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasının sonunda, kök kanal tedavisinin yenilenmesi sonrası kanal içerisinde farklı güçlere sahip Er,Cr:YSGG lazer kullanımının artık kanal dolgu materyalleri ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirerek, klinik uygulamalarda avantajlı olabilecek uygun dolgu artıklarının uzaklaştırılma tekniğinin belirlenmesi ve literatüre katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Bu tez çalışmasından beklenen, kök kanal tedavisinin yenilenmesi sonrası kanal içerisinde farklı güçlere sahip Er,Cr:YSGG lazer kullanımı ile kanal duvarları üzerinde bulunan kanal dolgu artıklarının ve smear tabakasının daha iyi uzaklaştırılıp uzaklaştırılamayacağına ilişkin ve kanal duvarları ve dentin tübüllerinin zarar görüp görmeyeceğine dair verilerin elde edilmesidir.

### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu tez çalışması; farklı kanal dolum teknikleri kullanılarak tedavi edilen dişlerde, NiTi döner eğelerle retreatment uygulaması sonrasında, farklı güçlere sahip Er,Cr:YSGG lazer kullanımının, kök kanallarındaki karbonizasyon ve çatlak alanları varlığı ile kanal duvarlarında bulunan artık dolgu maddeleri ve smear tabakası üzerindeki etkinliğinin; stereomikroskopi ve SEM kullanarak değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yakın Doğu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme Etik Kurulu tarafından (Karar no: YDU/2018/54-517) onaylanan bu in vitro tez çalışması, Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Kliniği ve Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü Elektron Mikroskobu Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

#### 3.1. Çalışmada Kullanılacak Örneklerin Seçimi

Bu tez çalışmasında periodontal, ortodontik veya protetik nedenlerle çekilmiş tek köklü, düz ve oval kanal morfolojisine sahip 84 adet mandibular premolar diş kullanılmıştır. Dişler seçilirken; çürüksüz olması, herhangi bir restorasyon ve/veya endodontik tedavi uygulanmamış olması, dişlerin kron/köklerinde kırık ve/veya çatlak bulundurmaması, kök kanallarında kalsifikasyon, internal ve/veya eksternal rezorpsiyon bulunmaması, dişlerin düz ve tek kanala sahip olması ve kök gelişimini tamamlamış olması gibi kriterler dikkate alınmıştır. Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Kliniği'nden temin edilen dişler, hastaların aydınlatılmış onamları alındıktan sonra çekilmiştir. Çalışmada kullanılacak dişlerin tek ve düz kök kanalına sahip olduğunu tespit etmek amacıyla; işlemlere başlamadan önce bütün dişlerden, bukko-lingual ve mesio-distal doğrultularda periapikal radyografiler alınmıştır. Schneider klasifikasyonuna göre 5° veya daha az kanal kurvatürüne sahip dişler çalışmaya dahil edilmiştir (Schneider, 1971). Dişler üzerindeki kemik, kalsifik birikintiler ve yumuşak doku artıkları bistüri yardımı ile köklere zarar vermeden dikkatlice temizlenmiş ve preparasyon öncesinde yüzey dezenfeksiyonu açısından; bütün dişler %5,25 konsantrasyona sahip sodyum hipoklorit solüsyonunda, 2 saat

bekletilerek su ile yıkandıktan sonra çalışma zamanına kadar serum fizyolojik solüsyonunda saklanmıştır.

### 3.2. Örneklerin Hazırlanması ve Kök Kanal Preparasyonu

Kök kanal preparasyonu öncesinde tüm dişlerin kronları, su soğutması altında elmas separe yardımıyla uzaklaştırılarak yaklaşık 15 mm uzunluğunda kök örnekleri standardize edilmiştir (Resim 7).



Resim 7. Kronları uzaklaştırılan alt premolar dişler

Kök kanalı içeriği tirnerf (Maillefer, SA CH-1338, Ballaigues, İsviçre) yardımıyla uzaklaştırıldıktan sonra, #10 K-tipi el eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak glide path sağlanmıştır. Eğenin ucu apikal foramende görüldüğünde, lastik stopper referans noktasına yerleştirilerek çalışma boyu ölçümden 0,5 mm daha kısa olacak şekilde belirlenmiştir. İrrigasyon solüsyonlarının ve debris artıklarının kök ucundan taşmasını engellemek ve kapalı bir sistem kurulması amacıyla, bütün örneklerin apikal forameni, kök kanal preparasyonuna başlamadan önce baz plak

mumu ile kapatılmıştır. Tüm endodontik tedavi ve retreatment prosedürleri aynı kişi tarafından gerçekleştirilmiştir.

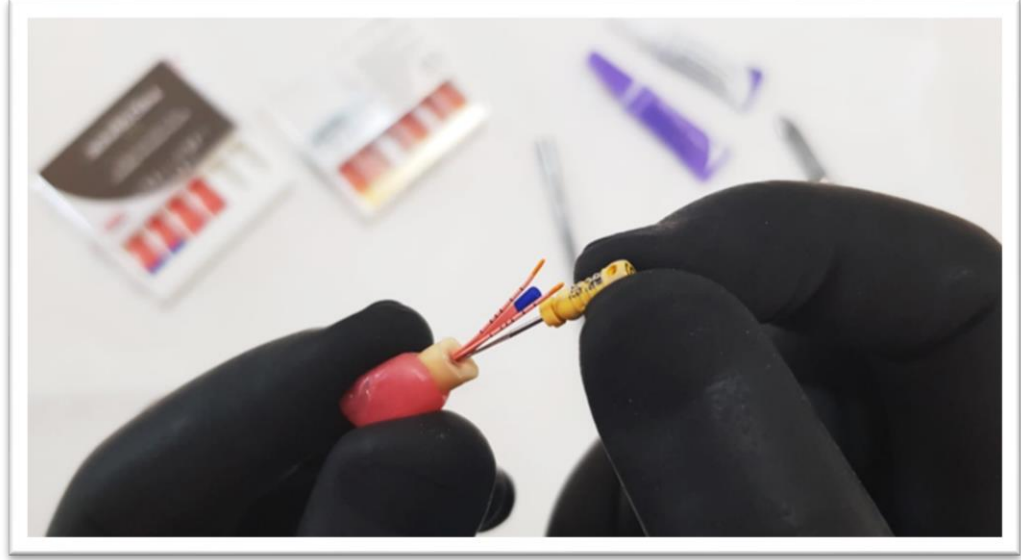
Bütün örneklerin kök kanalları, crown-down preparasyon tekniği ile ProTaper Universal NiTi döner sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda, 250 rpm sabit hıza sahip 16:1 motor ayarındaki endodontik mikromotor (X-smart; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak şekillendirilmiştir. Döner eğeler kullanmadan önce, kök kanallarında # 15 ve # 20 H-tipi el eğeleri ile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ilk genişletilme gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örnekler, sırasıyla SX, S1, S2, F1, F2 ve F3 Protaper Universal eğeleri (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak prepare edilmiştir. Her ege değişiminden sonra, 30 gauge'luk endodontik irrigasyon iğnesi (NaviTip; Ultradent, South Jordan, Amerika) ile 2,5 ml serum fizyolojik ve 2,5 ml % 5,25 NaOCI kullanılarak irrigasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Final apikal ege olarak F3'ün uygulanmasında sonra, kök kanalındaki debris artıklarını ve smear tabakasını uzaklaştırmak için sırasıyla; 2,5 ml serum fizyolojik, 2,5 ml % 17'lik konsantrasyondaki EDTA (Cerkamed, Stalowa Wola, Polonya) ve final irrigasyon olarak 2,5 ml serum fizyolojik kullanılmıştır. Kök kanalı steril paper pointler (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak kurutulmuştur.

### **3.3. Kök Kanalının Doldurulması**

Kök kanal preparasyonunun tamamlanmasından sonra 84 örnek, her grupta 14 örnek olmak üzere rastgele 6 gruba ayrılmıştır.

Grup 1, 2 ve 3'teki örneklerin kök kanalları, güta-perka (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve AH Plus kanal dolum patı (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) kullanılarak soğuk lateral kompaksiyon (SLK) kanal dolum tekniği ile doldurulmuştur (Resim 8). F3 güta-perka ana konu, üretici firma önerileri doğrultusunda steril siman camı üzerinde hazırlanan AH Plus kanal patına bulanarak kanala çalışma boyunda yerleştirilmiştir. #20 spreader yardımıyla (Thomas, Bourges, Fransa) kök kanalında oluşturulan boşluğa, #20 aksesuar güta-perka konları (Dentsply Maillefer,

Ballaigues, İsviçre) pata bulanarak yerleştirilmiş ve spreader kanal ağzından 1-2 mm'den daha fazla ilerleyemeyinceye kadar işlem devam edilerek kök kanalı tamamen doldurulmuştur. Fazla güta-perka artıkları, ısıtılmış siman fulvarı ile kesilerek #8 plugger (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yardımıyla vertikal yönde hafif basınç uygulanarak kondanse edilmiştir.



Resim 8. Soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile kök kanalının doldurulması

Grup 4, 5 ve 6'daki örneklerin kök kanalları, AH Plus kanal dolum patı ve Calamus Flow Delivery System (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK, Amerika) cihazı ile termoplastik enjeksiyon (TPE) kanal dolum tekniği kullanılarak doldurulmuştur (Resim 9). İlk olarak, AH Plus kanal patı uygun şekilde hazırlandıktan sonra, kök kanalı içerisine lentülo (Mani Paste Carriers, Japonya) yardımıyla yerleştirilmiştir. F3 güta-perka ana konu çalışma boyunda ilerletilerek, Calamus Flow ünitesinin ısıyla aktive olan elektrikli büyük boy plugger ucu (,06 taper / mavi) ile kanaldaki güta-perka kanal ağzı seviyesinden kesilerek uzaklaştırılmıştır. Güta-perka #11 el pluggeri (1,1 mm çap) yardımı ile vertikal yönde hafif basınç uygulanarak kondanse edilmiştir. Bu uygulama, apikalde 3-4 mm güta-perka kalana kadar 2 kez tekrarlanmıştır. İlk olarak, kanal ağzı seviyesinden 3-4 mm daha derine ısıyla aktive edilmiş sıcak orta boy plugger uç (,05

taper / sarı) ile güta-perka eritilip, uzaklaştırılmış ve #8 el pluggeri (0,8 mm çap) yardımı ile vertikal yönde kondanse edilmiştir. Daha sonra, apikalde yaklaşık 3-4 mm güta-perka kalana dek ısıtılıp uzaklaştırılmış ve #7 el pluggeri (0,7 mm çap) yardımı ile vertikal yönde kondanse edilmiştir. Koronalde kalan güta-perka ısıtılmış plugger yardımı ile sklerek kanaldan uzaklaştırılırken, apikalde kalan ısıtılmış güta-perka el pluggeri ile tekrar kondanse edilen bu uygulamanın hedefi; kanalın apikal bölümünde yoğun bir tıkaç oluşturabilmektir. Geriye kalan kanal boşluğunun doldurulması için; Calamus Flow aparatının ucuna güta-perka kartuşu (20G) yerleştirilerek sistem 200°C'ye ayarlanmıştır. #8 plugger ile vertikal yönde kondanse edilmiştir. Calamus Flow aparatı aktive edilerek ısıtılmış güta-perka, apikalde bulunan güta-perkaya basınç uygulamadan tabakalar halinde kök kanalına uygulanmıştır. Kanül kanalda her 2-3 mm yükseldikten sonra yumuşatılmış güta-perkanın adapte edilebilmesi için #8 el pluggeri yardımıyla vertikal yönde kondanse edilmiş ve sonrasında kanül tekrar kanala yerleştirilerek dolum işlemi tamamlana kadar aynı uygulamaya devam edilmiştir.



Resim 9. Termoplastik enjeksiyon tekniği ile kök kanalının doldurulması



Kanal dolumu tamamlanan her örnekten periapikal radyografi alınarak, kanal dolum kalitesi değerlendirilmiştir ve kanal dolumu eksik olan örneklerin dolumları tekrarlanmıştır. Üzerine herhangi bir geçici ya da kalıcı restorasyon uygulanmayan kök kanal dolgusu tamamlanan örneklerin yüzeylerinde bulunan fazla pat, steril bisturi yardımı ile uzaklaştırılmış ve etanollü gazlı bez yardımıyla silinmiştir. Steril distile su ile nemlendirilmiş gazlı beze sarılan örnekler, 37°C'deki %100 nemli ortamda 10 gün süre boyunca etüvde bekletilerek, kök kanal patlarının tam olarak sertleşmeleri ve örneklerin nemli tutulması sağlanmıştır.

### **3.4. Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılması**

Tüm gruplardaki örnekler için retreatment prosedürleri; herhangi bir çözücü kullanılmadan, 300 rpm sabit hız ve 3 N/cm torkla X-Smart endodontik mikromotor kullanılarak ProTaper Universal retreatment (PTUR) eğeleri (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile gerçekleştirilmiştir. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda; kök kanalının koronal üçlüsünde D1 (#30 / ,09 taper), orta üçlü bölgesinde D2 (#25 / ,08 taper) ve apikal üçlü bölgesinde D3 (#20 / ,07 taper) eğesi kullanılmıştır. Çalışma boyuna ulaşıldıktan sonra; F1, F2 ve F3 döner eğeleri, artık dolgu materyallerinin kanal duvarlarından temizlenmesini ve uzaklaştırılmasını arttırmak için kullanılmıştır. Retreatment prosedürü, kanal çalışma boyuna ulaşıldığında ve kullanılan son eğenin yüzeyinde güta-perka veya pat artığı, 2 kez üst üste gözlenmediğinde tamamlanmıştır. Kök kanallarında her eğe değişiminden sonra, 2,5 ml % 5,25 NaOCI kullanılarak irrigasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve final irrigant olarak 2,5 ml % 5,25 NaOCI ve 2,5 ml serum fizyolojik kullanılmıştır. PTUR eğeleri ile retreatment işlemleri gerçekleştirilen gruplara, lazer ışını uygulamaları aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir:

**Grup 1 (SLK + PTUR):** Soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum tekniğiyle doldurulan bu gruptaki örneklerle; sadece PTUR eğeleri ile retreatment işlemleri gerçekleştirilmiş olup, lazer ışınlaması uygulanmamıştır.

**Grup 2 (SLK + PTUR + 1,5 W):** Soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum tekniğiyle doldurulan bu gruptaki örneklerle; PTUR eğeleri ile retreatment işlemleri

gerçekleştirildikten sonra, kök kanalını ışınlamak için 2780 nm dalga boyuna sahip Er,Cr:YSGG lazer (Waterlase MD; Biolase, Irvine, CA, Amerika) kullanılmıştır (Resim 10). Lazer cihazı sert doku moduna ayarlandıktan sonra; 140 µs atım süresi, 20 Hz frekans hızı, 1,5 W çıkış gücü ve 75 mJ enerji atımı parametrelerinde kullanılmıştır (Tablo 6). Dentin dokusunun aşırı ısınmasını önlemek için, hava ve su üretici firmanın önerisi doğrultusunda % 20 seviyesine ayarlanmıştır. Lazerin aktive edilmesinden sonra, 275 µm çapa ve 21 mm uzunluğa sahip RFT2 fiber optik ucu (Endolase; Biolase Technology San, Clemente, Amerika) (Resim 11) kanalda çalışma boyundan 0,5 mm daha kısa bir noktada konumlandırılmış ve yaklaşık 1 mm/saniye'lik sabit bir hızda, 15 saniye boyunca ardışık döngülerde apeksten kanal ağzı seviyesine doğru hareket ettirilmiştir. Bu prosedür, 4 kez tekrarlanarak kök kanalında toplam 1 dakikalık lazer aktivasyonu sağlanmıştır. Kök kanalları, lazer uygulamasından sonra 2 dakika boyunca 5 mL % 5,25 NaOCl ve ardından 15 mL serum fizyolojik kullanılarak irriga edilmiştir.



Resim 10. Er,Cr:YSGG lazer  
(Waterlase MD; Biolase)



Resim 11. RFT2 fiber optik lazer ucu

**Grup 3 (SLK + PTUR + 3,0 W):** Soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum tekniğiyle doldurulan bu gruptaki örneklere; PTUR eğeleri ile retreatment işlemleri gerçekleştirildikten sonra, kök kanalları 3,0 W çıkış gücü ve 150 mJ enerji atımına sahip Er,Cr:YSGG lazer ile ışınlanmıştır. Diğer lazer parametreleri, lazerin uygulanma prosedürü ve irrigasyon şekli grup 2'deki gibi gerçekleştirilmiştir (Tablo 6).

**Grup 4 (TPE + PTUR):** Termoplastik enjeksiyon kanal dolum tekniğiyle doldurulan bu gruptaki örneklere; sadece PTUR eğeleri ile retreatment işlemleri gerçekleştirilmiş olup, lazer ışınlaması uygulanmamıştır.

**Grup 5 (TPE + PTUR + 1,5 W):** Termoplastik enjeksiyon kanal dolum tekniğiyle doldurulan bu gruptaki örneklere; PTUR eğeleri ile retreatment işlemleri gerçekleştirildikten sonra, kök kanalları grup 2'deki parametre özelliklerine sahip 1,5 W çıkış gücündeki Er,Cr:YSGG lazer ile ışınlanmıştır (Tablo 6). Lazerin uygulanma prosedürü ve irrigasyon şekli grup 2'deki gibi gerçekleştirilmiştir.

**Grup 6 (TPE + PTUR + 3,0 W):** Termoplastik enjeksiyon kanal dolum tekniğiyle doldurulan bu gruptaki örneklere; PTUR eğeleri ile retreatment işlemleri gerçekleştirildikten sonra, kök kanalları grup 3'deki parametre özelliklerine sahip 3,0 W çıkış gücündeki Er,Cr:YSGG lazer ile ışınlanmıştır (Tablo 6). Lazerin uygulanma prosedürü ve irrigasyon şekli grup 2'deki gibi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 6. Er,Cr:YSGG lazer parametreleri

| Özellikler            | Grup 2 ve 5                       | Grup 3 ve 6                       |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Üretici Firma</b>  | Waterlase MD, Biolase, Irvine, CA | Waterlase MD, Biolase, Irvine, CA |
| <b>Dalga boyu</b>     | 2,780 nm                          | 2,780 nm                          |
| <b>Cihaz modu</b>     | Hard tissues                      | Hard tissues                      |
| <b>Atım süresi</b>    | 140 µs                            | 140 µs                            |
| <b>Frekans hızı</b>   | 20 Hz                             | 20 Hz                             |
| <b>Çıkış gücü</b>     | 1,5 W                             | 3,0 W                             |
| <b>Hava ve su</b>     | 20%                               | 20%                               |
| <b>Enerji atımı</b>   | 75 mJ                             | 150 mJ                            |
| <b>Fiber optik uç</b> | RFT2 (275 µm çap, 21 mm uzunluk)  | RFT2 (275 µm çap, 21 mm uzunluk)  |

Tüm gruptaki örneklerin kök kanalı 30 sn boyunca steril paper pointler yardımıyla kurulanmıştır. Çalışmada oluşturulan gruplara uygulanan işlemlerin özeti Tablo 7’de belirtilmektedir:

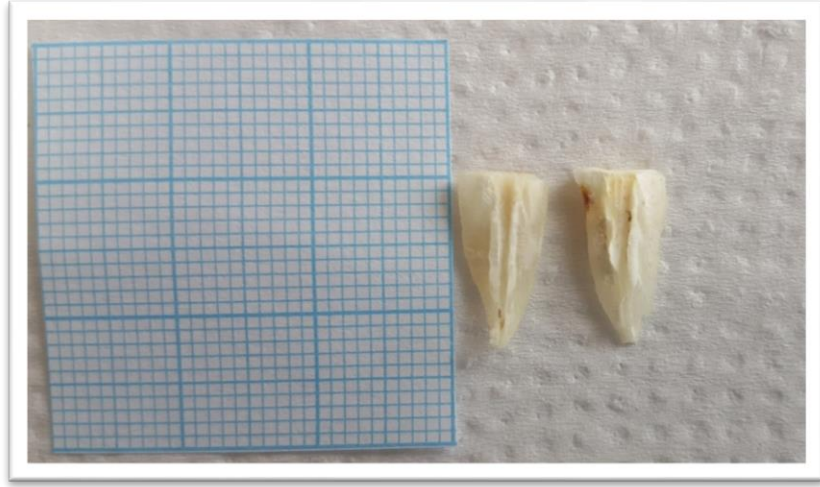
Tablo 7. Gruplara uygulanan prosedürler

| Grup | Dolum Tekniği | Retreatment Prosedürü |
|------|---------------|-----------------------|
| 1    | SLK           | PTUR                  |
| 2    | SLK           | PTUR + 1,5 W          |
| 3    | SLK           | PTUR + 3,0 W          |
| 4    | TPE           | PTUR                  |
| 5    | TPE           | PTUR + 1,5 W          |
| 6    | TPE           | PTUR + 3,0 W          |

SLK: Soğuk lateral kompaksiyon, TPE: Termoplastik enjeksiyon, PTUR: ProTaper Universal retreatment

### 3.5. Örnek Kesitlerinin Oluşturulması

Örneklerin kök kanallarının iç duvarlarına dokunmadan hem bukkal hem de lingual yüzeylerinde, su soğutması altında çalıştırılan ince alev uçlu elmas frez (863G, mesisinger, Hansemanstr10, Almanya) yardımıyla uzunlamasına paralel oluklar açılmış ve siman spatülü yardımıyla longitudinal olarak iki yarıya bölünmüştür (Resim 12). Daha sonra bütün örnekler sırasıyla; %25, %50, %75 ve %100 şeklinde derecelendirilmiş etil alkol solüsyonu kullanılarak 10 dk boyunca dehidrate edilmiş ve kurutucuda 24 saat boyunca kurutulmuştur.



Resim 12. Longitudinal olarak bölünen örnekler

### 3.6. Örneklerin Steromikroskop Altında İncelenmesi

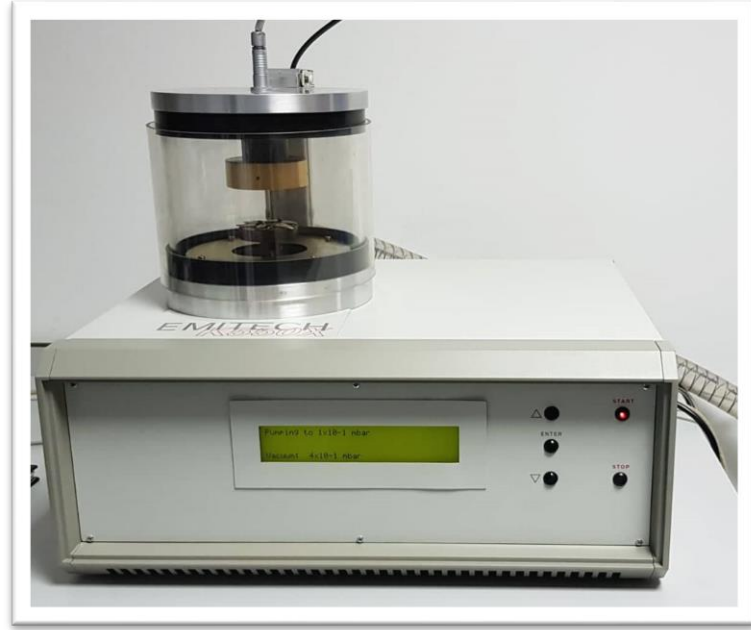
Örneklerin kanal duvarlarındaki karbonizasyon alanlarını değerlendirebilmek için x18 büyütmeli stereomikroskop (S8 APO; Leica, Wetzlar, Almanya) kullanılarak dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılarak incelenmiştir (Resim 13).



Resim 13. Çalışmada kullanılan stereomikroskop cihazı

### 3.7. Örneklerin SEM Cihazı için Hazırlanması ve İncelenmesi

Steril, hava almayan, temiz bir kapta saklan örneklerin SEM incelenmesinin yapılabilmesi için, Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü bünyesi altında bulunan kaplama cihazı (Emitech K550X, Quorum, East Sussex, İngiltere) (Resim 14) ile bütün örnekler altın bir tabaka ile kaplanmıştır. Kaplama işleminin gerçekleştirilebilmesi amacıyla örnekler, ilk olarak alüminyum plaka üzerine yerleştirilen karbon kağıtlarla sabitlenmiştir. Daha sonra örnekler kaplama cihazına yerleştirilmiştir ve 1,5 dk boyunca 5 – 20 nm kalınlığına sahip altın tabaka ile kaplanmıştır (Resim 15).



Resim 14. Çalışmada kullanılan altın kaplama cihazı



Resim 15. Altın kaplama yapılan diş örnekleri

Hazırlanan örneklerin apikal, orta ve koronal bölgelerindeki kök kanal yüzeylerinin smear tabakası derecesinin tespit edebilmesi amacıyla, aynı merkezde

bulunan SEM cihazı (EVO 40, Zeiss, Almanya) ile örneklerden x2000 büyütmede görüntüler alınmıştır (Resim 16).



Resim 16. Çalışmada kullanılan SEM cihazı

### 3.8. Örneklerin SEM Görüntülerinin Skorlanması

Bu tez çalışmasındaki örneklerin; apikal, orta ve koronal bölgelerinin her birinden x2000 büyütmede alınan SEM görüntüleri üzerinde smear tabakasının skorlanabilmesi için, Hulsmann ve arkadaşları (1997) tarafından düzenlenen beş skorlu sayısal sistem kullanılmıştır:

Skor 1: Smear tabakası yoktur ve dentin tübüllerinin tümü açık olarak bulunmaktadır.

Skor 2: Küçük miktarda smear tabakası vardır ve bazı dentin tübülleri açık olarak bulunmaktadır.

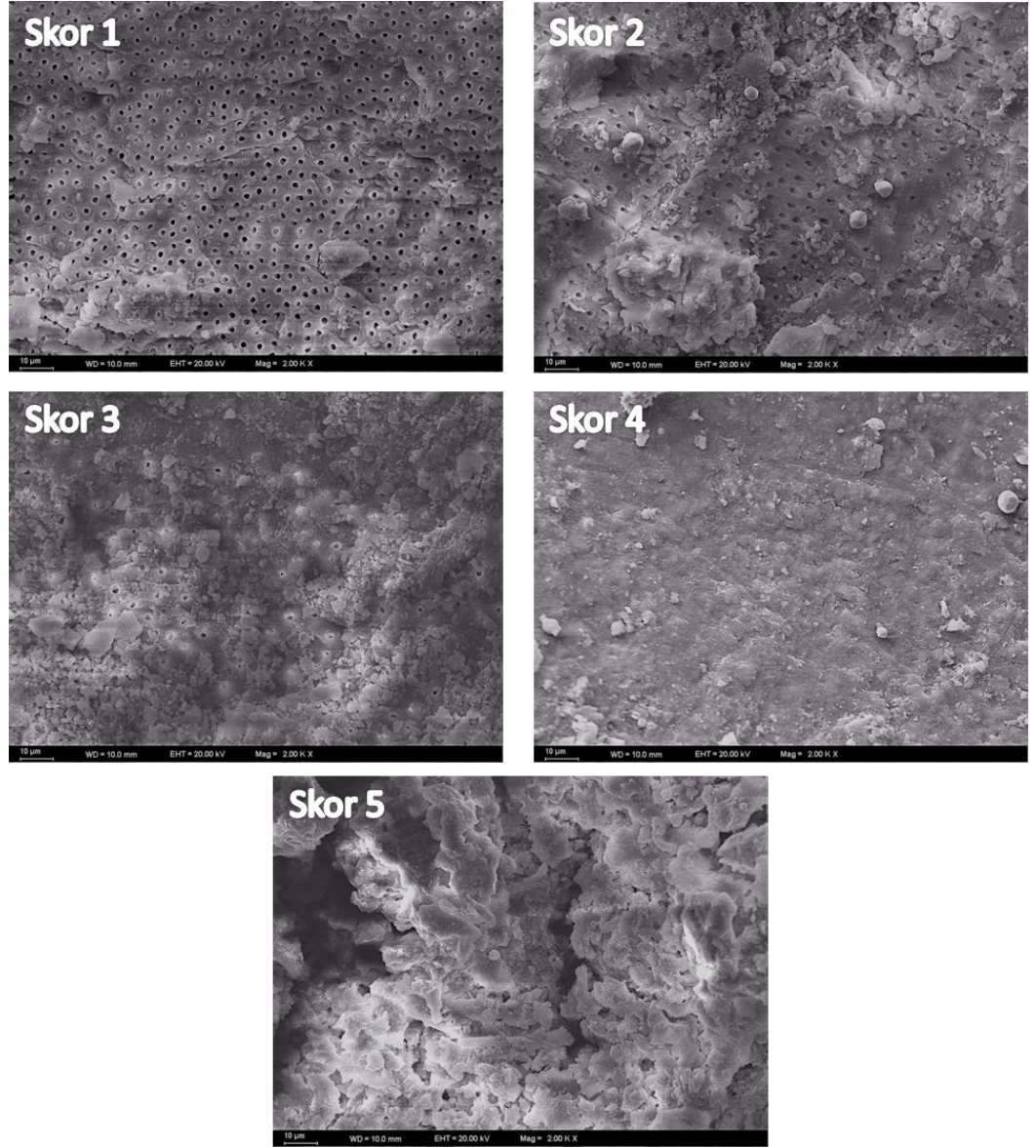
Skor 3: Kök kanal duvarı homojen bir smear tabakası ile kaplanmıştır ve sadece birkaç dentin tübülü açık olarak bulunmaktadır.



Skor 4: Kök kanal duvarının tamamı, homojen bir smear tabakası ile kaplanmıştır ve açık dentin tübülü bulunmamaktadır.

Skor 5: Kök kanal duvarının tamamı, kalın ve homojen olmayan bir smear tabakası ile kaplanmıştır ve açık dentin tübülü bulunmamaktadır.

Örneklerden elde edilen SEM görüntüleri, birbirinden bağımsız iki diş hekimi tarafından 10 gün aralıklarla üçer kez skorlanmıştır. Skorlama yapılan her değerlendirme esnasında, skorlanan örneğin hangi gruba ait olduğu bilinmemektedir. Ayrıca skarlama işlemi, gözlemcinin önceki skor sonuçları ve diğer gözlemcinin sonuçları hakkında bilgi sahibi olunmadan gerçekleştirilmiştir. Örneklerin SEM görüntülerinin daha rahat değerlendirilebilmesi amacıyla, Hulsmann skor dereceleri için örnek SEM görüntüleri belirlenmiştir ve bu örnek görüntüler yardımıyla skorlamalar gerçekleştirilmiştir (Resim 17).



Resim 17. Hulsman skor dereceleri için belirlenen örnek SEM görüntüleri

### 3.9. İstatistiksel Analiz

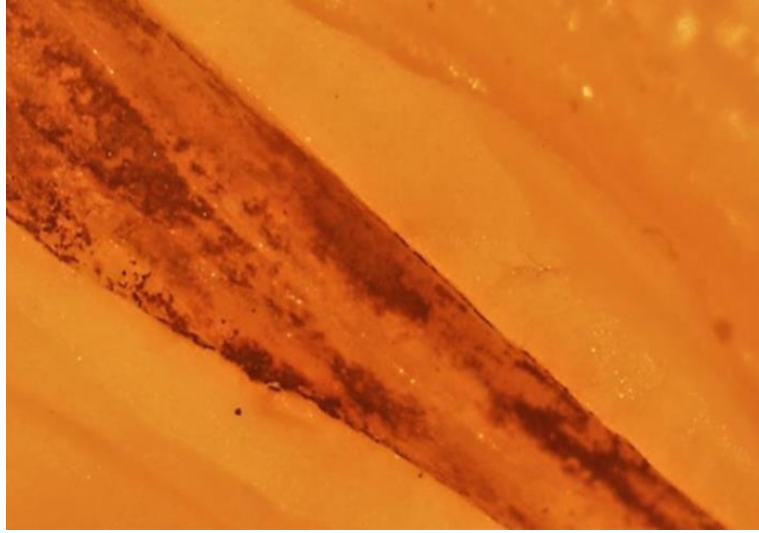
Bu tez çalışmasında elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, IBM SPSS Statistics for Windows (version 22,0; IBM Corp.; Armonk, NY, Amerika) bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gözlemciler arasındaki uyumun ve gözlemcilerin kendi içerisindeki uyumunu değerlendirebilmek için Kappa testi kullanılmıştır.

Grupların ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki (dolum tekniği, retreatment prosedürü ve incelenen bölge) farklılıkların değerlendirilebilmesi için üç yönlü varyans analizi (three way ANOVA) gerçekleştirilmiş ve anlamlılık tespit edildiğinde farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını tespit edebilmek amacıyla, çoklu karşılaştırmalar için Tukey testi uygulanmıştır. Çalışmadaki tüm analizler %95 güven aralığında yapılmıştır ve  $p < 0,05$  değeri, istatistiksel önemi göstermektedir.

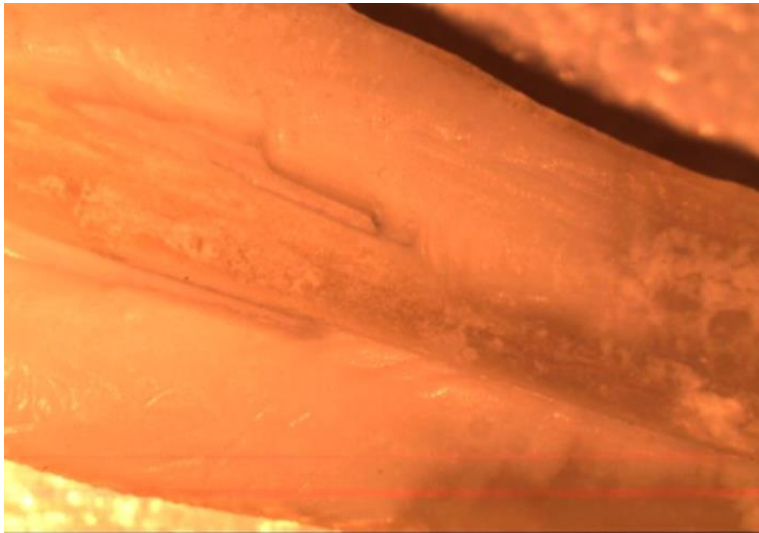
## 4. BULGULAR

### 4.1. Gruplardaki Karbonizasyon ve Çatlak Alanların Değerlendirilmesi

Stereomikroskop incelemeleri sonucunda; 3,0 W lazer gruplarına (grup 3 ve 6) ait bazı örneklerde karbonizasyon alanları gözlenirken (Resim 18), 1,5 W lazer gruplarına (grup 2 ve 5) ait örneklerin herhangi birinde karbonizasyon alanları gözlenmemiştir (Resim 19).

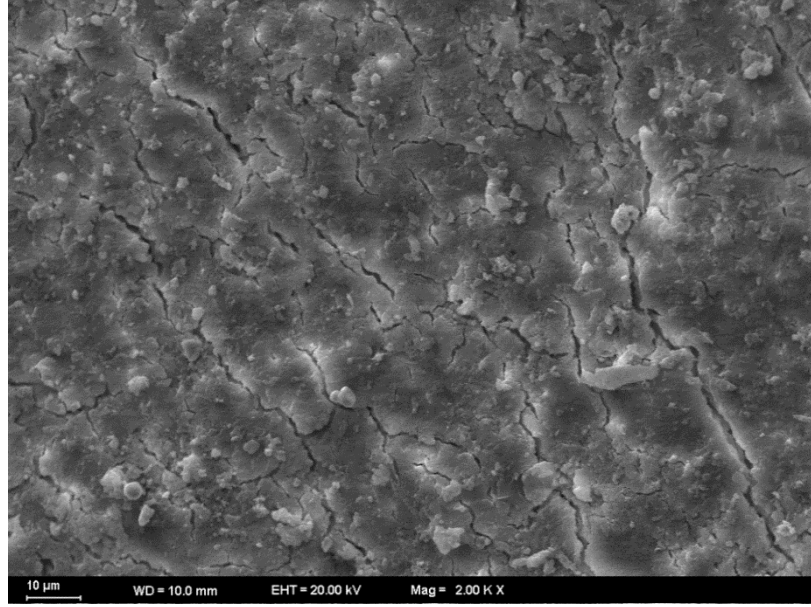


Resim 18. 3,0 W lazer uygulaması sonrası stereomikroskop görüntüsü

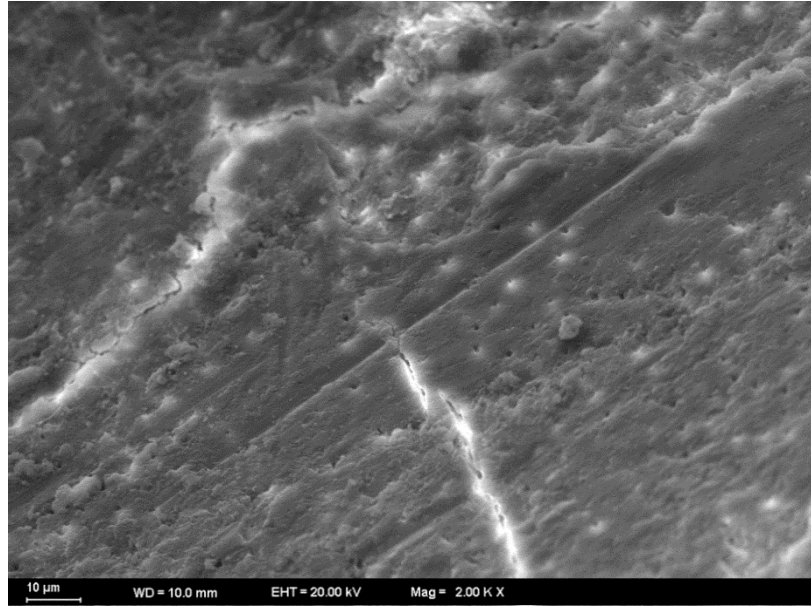


Resim 19. 1,5 W lazer uygulaması sonrası stereomikroskop görüntüsü

SEM görüntüleri incelemeleri sonucunda ise; 3,0 W lazer kullanılarak ısıtılan grupların (Resim 20), 1,5 W lazer (Resim 21) ve PTUR (Resim 22) kullanılan gruplardan daha fazla kök yüzeyinde çatlak hattına sahip olduğunu gözlenmiştir.



Resim 20. 3,0 W lazer uygulaması sonrası SEM görüntüsü



Resim 21. 1,5 W lazer uygulaması sonrası SEM görüntüsü



Resim 22. Sadece PTUR uygulaması sonrası SEM görüntüsü

#### **4.2. Gözlemcilerin Kendi İçerisindeki ve Aralarındaki Tekrarlanabilirliğin Değerlendirilmesi**

Her iki gözlemcinin örneklerin hangi gruba ait olduğunu bilmeden ve birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirdikleri değerlendirmeler sonrası, gözlemciler içerisindeki ve arasındaki tekrarlanabilirliği ölçmek için gerçekleştirilen Kappa testi sonucunda; 0,81’den büyük olan ağırlıklı Kappa değerlerinin mükemmel olduğu (0,81 – 1,0) görülmüştür (Landis ve Koch, 1977).

#### **4.3. Gruplardaki Smear Tabakası Uzaklaştırma Etkinliğine Ait Bulgular**

##### **4.3.1. Gruplar arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi**

Elde edilen ölçüm değerlerine göre gruplar arasındaki etkileşim olup olmadığını saptamak için gerçekleştirilen üç yönlü varyans analizi, Tablo 8’de belirtilmektedir. Kanal dolum tekniğinin ve ikili etkileşimlerinin (dolum tekniği\*retreatment prosedürü ve dolum tekniği\*incelenen bölge) smear tabakası değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı gözlenirken ( $p > 0,05$ ); retreatment prosedürü, incelenen bölge ve bu

faktörler arasındaki ikili etkileşimin ise smear tabakası değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ( $p < 0,05$ ).

Tablo 8. Gruplar arası üç yönlü varyans analizi

| Varyasyon Kaynağı         | Kareler<br>Toplamı  | Serbestlik<br>Derecesi | Kareler<br>Ortalaması | F        | P     |
|---------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|----------|-------|
| Corrected Model           | 72,321 <sup>a</sup> | 17                     | 4,254                 | 9,139    | <,001 |
| Intercept                 | 2143,750            | 1                      | 2143,750              | 4605,197 | <,001 |
| Dolum tekniği (A)         | ,321                | 1                      | ,321                  | ,690     | ,407  |
| Retreatment prosedürü (B) | 12,667              | 2                      | 6,333                 | 13,605   | <,001 |
| İncelenen bölge (C)       | 51,524              | 2                      | 25,762                | 55,342   | <,001 |
| A * B                     | ,095                | 2                      | ,048                  | ,102     | ,903  |
| A * C                     | 1,524               | 2                      | ,762                  | 1,637    | ,197  |
| B * C                     | 5,452               | 4                      | 1,363                 | 2,928    | ,022  |
| A * B * C                 | ,738                | 4                      | ,185                  | ,396     | ,811  |
| Error                     | 108,929             | 234                    | ,466                  |          |       |
| Total                     | 2325,000            | 252                    |                       |          |       |
| Corrected Total           | 181,250             | 251                    |                       |          |       |

<sup>a</sup>R Squared=,399 (Adjusted R Squared=,355).

#### 4.3.2. Smear tabakası değerleri için tanımlayıcı istatistikler

Tüm gruplardaki ortalama (ort) ve standart sapma (SS) smear tabakası skor değerleri Tablo 9’da belirtilmektedir.

Tablo 9. Smear tabakasının ortalama ve SS değerleri

| GRUP | DOLUM<br>TEKNİĞİ | RETREATMENT<br>PROSEDÜRÜ | İNCELENEN<br>ALAN | Ort. | SS   |
|------|------------------|--------------------------|-------------------|------|------|
| 1    | SLK              | PTUR                     | Koronal           | 2,79 | 0,58 |
|      |                  |                          | Orta              | 3,14 | 0,36 |
|      |                  |                          | Apikal            | 3,50 | 0,65 |
| 2    | SLK              | PTUR + 1,5 W             | Koronal           | 2,71 | 0,73 |
|      |                  |                          | Orta              | 3,00 | 0,55 |
|      |                  |                          | Apikal            | 3,43 | 0,65 |
| 3    | SLK              | PTUR + 3,0 W             | Koronal           | 2,14 | 0,36 |
|      |                  |                          | Orta              | 2,43 | 0,76 |
|      |                  |                          | Apikal            | 3,43 | 0,76 |
| 4    | TPE              | PTUR                     | Koronal           | 2,57 | 0,65 |
|      |                  |                          | Orta              | 3,29 | 0,73 |
|      |                  |                          | Apikal            | 3,64 | 0,63 |
| 5    | TPE              | PTUR + 1,5 W             | Koronal           | 2,43 | 0,65 |
|      |                  |                          | Orta              | 2,93 | 0,73 |
|      |                  |                          | Apikal            | 3,57 | 0,85 |
| 6    | TPE              | PTUR + 3,0 W             | Koronal           | 1,93 | 0,73 |
|      |                  |                          | Orta              | 2,14 | 0,86 |
|      |                  |                          | Apikal            | 3,50 | 0,76 |

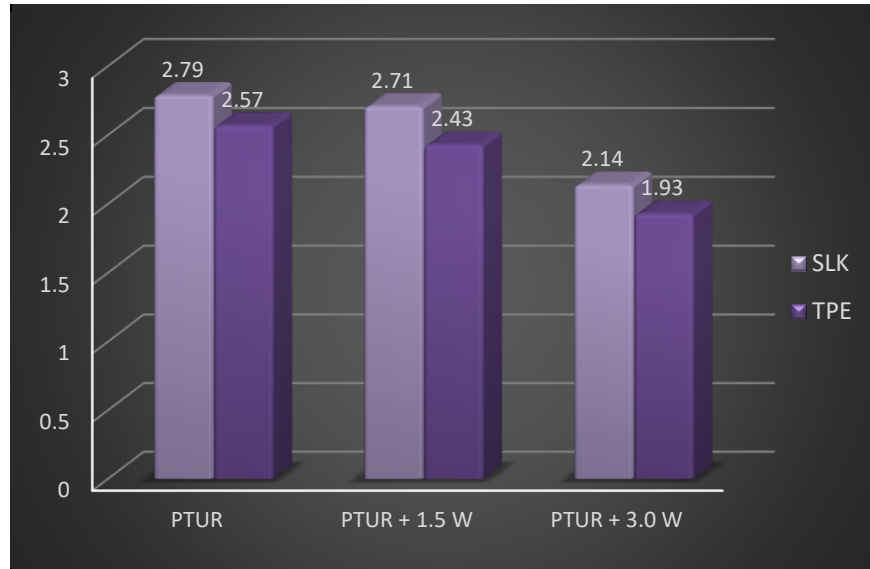
#### 4.3.3. Her incelenen bölge için retreatment prosedürleri arasındaki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

İncelenen her bölgedeki retreatment prosedürlerinin smear tabakası değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları; Şekil 2, Şekil 3, ve Şekil 4 ile Tablo 10, Tablo 11 ve Tablo 12’de gösterilmektedir.



#### 4.3.3.1. Koronal bölgedeki smear tabaksı değerlerinin karşılaştırılması

Koronal bölgedeki smear tabakası değerleri incelendiğinde; en yüksek değer SLK tekniği ile doldurulan PTUR grubunda (2,79) olduğu gözlenirken, en düşük değerin TPE tekniği ile doldurulan PTUR + 3,0 W (1,93) grubunda olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte SLK tekniği ile doldurulan gruplardaki smear tabaksı değerleri, TPE tekniği ile doldurulan gruplara göre daha yüksektir (Şekil 2).



Şekil 2. Koronal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan grupların smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre her iki dolum tekniğinde de, PTUR ile 1,5 W lazer uygulanan gruplarda smear tabakası değerleri arasında bir fark bulunmazken; PTUR ile 3,0 W lazer uygulanan gruplarda önemli bir farklılık bulunmaktadır. Farklı güçlerde lazer uygulaması, SLK tekniği ile doldurulan gruplarda smear tabakasını önemli derecede etkilerken, TPE ile doldurulan gruplarda etkilememektedir (Tablo 10).

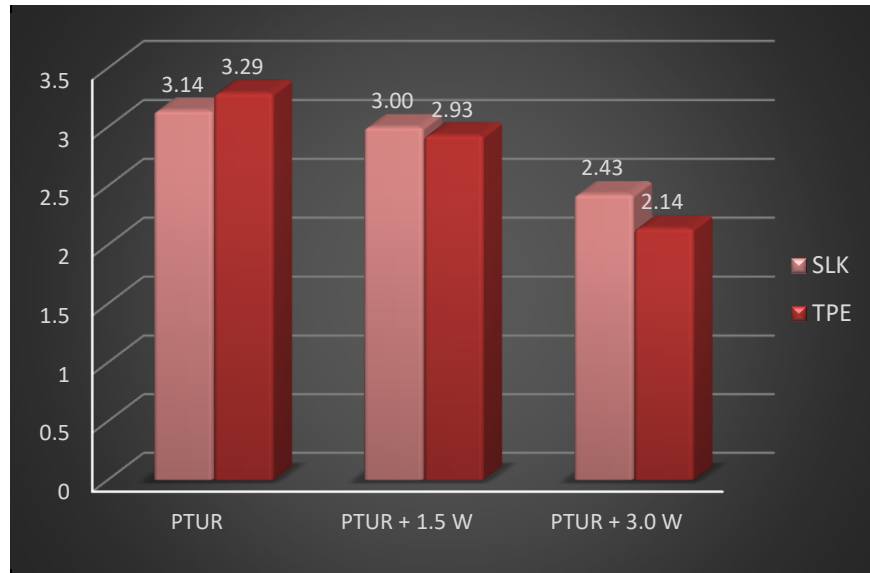
Tablo 10. Koronal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

| <b>Koronal bölge</b>         |                      |            |
|------------------------------|----------------------|------------|
| <b>Retreatment prosedürü</b> | <b>Dolum tekniği</b> |            |
|                              | <b>SLK</b>           | <b>TPE</b> |
| PTUR ve PTUR + 1,5 W         | > 0,05               | > 0,05     |
| PTUR ve PTUR + 3,0 W         | < 0,05*              | < 0,05*    |
| PTUR + 1,5 W ve PTUR + 3,0 W | < 0,05*              | > 0,05     |

\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

#### 4.3.3.2. Orta bölgedeki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

Orta bölgedeki smear tabakası değerleri incelendiğinde; en yüksek değer TPE tekniği ile doldurulan PTUR grubunda (3,29) olduğu gözlenirken, en düşük değer TPE tekniği ile doldurulan PTUR + 3,0 W (2,14) grubunda olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte lazer uygulanan gruplardaki smear tabakası değerleri, SLK tekniği ile dolduran örneklerde TPE tekniği ile doldurulan örneklerle göre daha yüksekken; sadece PTUR uygulanan grupta ise değer, aksine daha düşüktür (Şekil 3).



Şekil 3. Orta bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan grupların smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre her iki dolum tekniğinde de, PTUR ile 1,5 W lazer uygulanan gruplarda smear tabakası değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken; PTUR ile 3,0 W lazer uygulanan gruplar arasında ve farklı güçlerde lazer uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar saptanmıştır (Tablo 11).

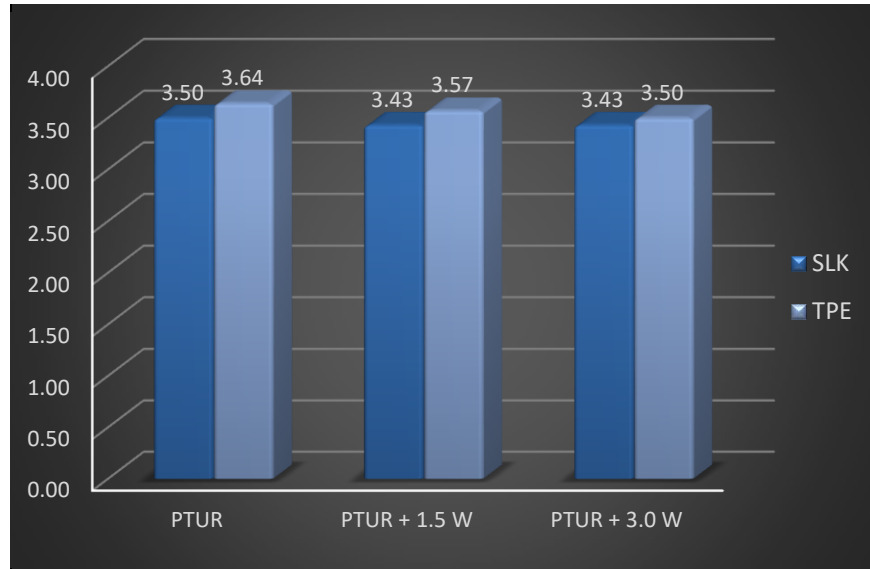
Tablo 11. Orta bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

| Orta bölge                   |               |          |
|------------------------------|---------------|----------|
| Retreatment prosedürü        | Dolum tekniği |          |
|                              | SLK           | TPE      |
| PTUR ve PTUR + 1,5 W         | > 0,05        | > 0,05   |
| PTUR ve PTUR + 3,0 W         | < 0,01*       | < 0,001* |
| PTUR + 1,5 W ve PTUR + 3,0 W | < 0,05*       | < 0,05*  |

\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

#### 4.3.3.3. Apikal bölgedeki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

Apikal bölgedeki smear tabakası değerleri incelendiğinde; en yüksek değer TPE tekniği ile doldurulan PTUR grubunda (3,64) olduğu gözlenirken, en düşük değerin SLK tekniği ile doldurulan PTUR + 1,5 W ve PTUR + 3,0 W (3,43) gruplarında olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte diğer bölgelerin aksine apikal bölgede; SLK tekniği ile doldurulan gruplardaki smear tabakası değerleri, TPE tekniği ile doldurulan gruplara göre daha düşüktür (Şekil 4).



Şekil 4. Apikal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan grupların smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

Farklı retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin apikal bölgesindeki smear tabakası değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde; her iki dolum tekniği için de, retreatment prosedürleri arasında istatistiksel açıdan herhangi bir anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (Tablo 12).

Tablo 12. Apikal bölgede farklı retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

| Apikal bölge                 |               |        |
|------------------------------|---------------|--------|
| Retreatment prosedürü        | Dolum tekniği |        |
|                              | SLK           | TPE    |
| PTUR ve PTUR + 1,5 W         | > 0,05        | > 0,05 |
| PTUR ve PTUR + 3,0 W         | > 0,05        | > 0,05 |
| PTUR + 1,5 W ve PTUR + 3,0 W | > 0,05        | > 0,05 |

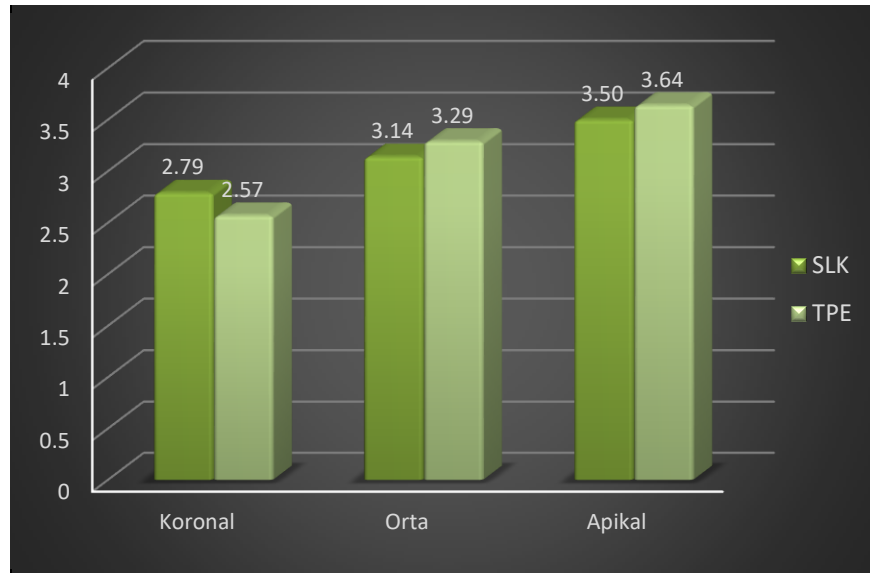
\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

#### 4.3.4. Her retreatment prosedürü için incelenen bölgeler arasındaki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

Uygulanan her retreatment prosedürü için incelenen bölgelerdeki smear tabakası değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları; Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7 ile Tablo 13, Tablo 14 ve Tablo 15’de gösterilmektedir.

##### 4.3.4.1. Sadece PTUR uygulanan gruplardaki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

Sadece PTUR uygulaması gerçekleştirilen örneklerdeki smear tabakası değerleri incelendiğinde; en yüksek değer TPE tekniği ile doldurulan apikal bölgede (3,64) olduğu gözlenirken, en düşük değerin TPE tekniği ile doldurulan koronal bölgede (2,57) olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte SLK tekniği ile doldurulan koronal bölgedeki smear tabakası değeri, TPE tekniği ile doldurulan gruba göre daha yüksekken; orta ve apikal bölgelerdeki değerler aksine daha düşüktür (Şekil 5).



Şekil 5. PTUR uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre her iki dolum tekniği için, koronal ve apikal bölgelerdeki smear tabakası değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunurken; orta ve apikal bölgeler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Koronal ve orta bölgeler arasındaki smear tabakası farklılığı; SLK tekniğinde önem göstermezken, TPE tekniğinde anlamlılık ifade etmektedir (Tablo 13).

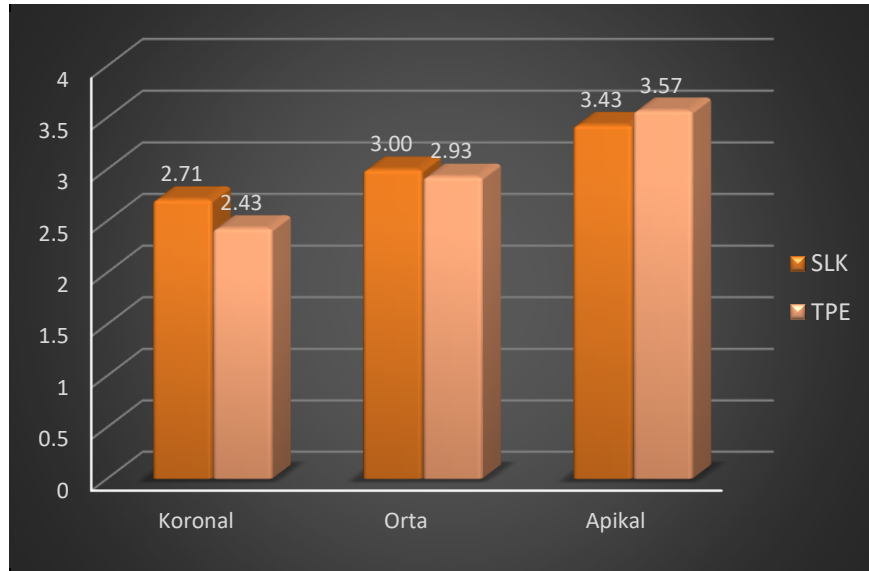
Tablo 13. PTUR uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

| PTUR              |               |          |
|-------------------|---------------|----------|
| Bölge             | Dolum tekniği |          |
|                   | SLK           | TPE      |
| Koronal ve orta   | > 0,05        | < 0,05*  |
| Koronal ve apikal | < 0,01*       | < 0,001* |
| Orta ve apikal    | > 0,05        | > 0,05   |

\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

#### 4.3.4.2. PTUR + 1,5 W lazer uygulanan gruplardaki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

PTUR + 1,5 W lazer uygulanan gruplardaki smear tabakası değerleri incelendiğinde; en yüksek değer TPE tekniği ile doldurulan apikal bölgede (3,57) olduğu gözlenirken, en düşük değerin TPE tekniği ile doldurulan koronal bölgede (2,43) olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte, SLK tekniği ile doldurulan koronal ve orta bölgelerdeki smear tabakası değerleri, TPE tekniği ile doldurulan gruba göre daha yüksektir; apikal bölgede aksine daha düşüktür (Şekil 6).



Şekil 6. PTUR + 1,5 W lazer uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre her iki dolun tekniği için de, koronal ve orta bölgelerdeki smear tabakası değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken; koronal ve apikal bölgeler arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Orta ve apikal bölgelerdeki smear tabakası değerleri arasındaki farklılık; SLK tekniğinde önem göstermezken, TPE tekniğinde anlamlılık ifade etmektedir (Tablo 14).

Tablo 14. PTUR + 1,5 W lazer uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

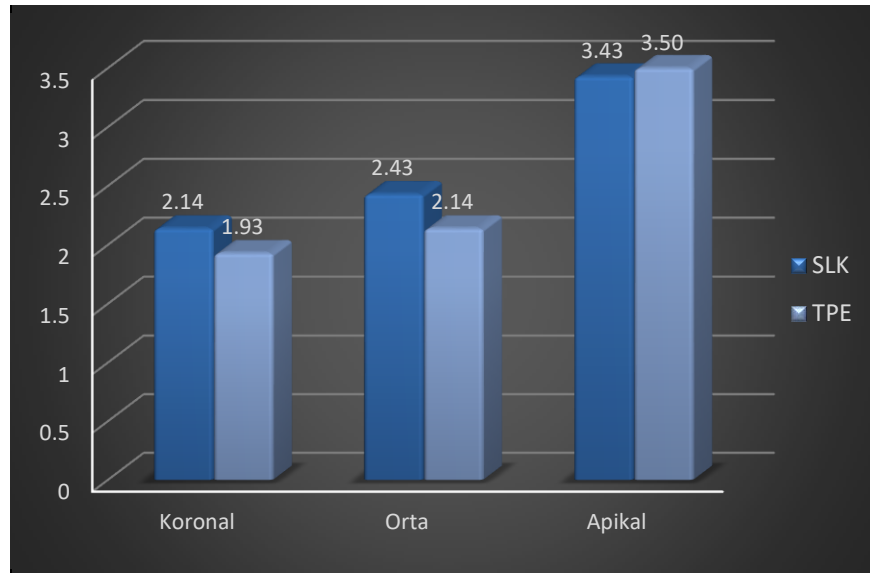
| PTUR + 1,5 W lazer |               |          |
|--------------------|---------------|----------|
| Bölge              | Dolum tekniği |          |
|                    | SLK           | TPE      |
| Koronal ve orta    | > 0,05        | > 0,05   |
| Koronal ve apikal  | < 0,01*       | < 0,001* |
| Orta ve apikal     | > 0,05        | < 0,05*  |

\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

#### 4.3.4.3. PTUR + 3,0 W lazer uygulanan gruplardaki smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

PTUR + 3,0 W lazer uygulanan gruplardaki smear tabakası değerleri incelendiğinde; en yüksek değer TPE tekniği ile doldurulan apikal bölgede (3,57) olduğu gözlenirken, en düşük değerin TPE tekniği ile doldurulan koronal bölgede (2,43) olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte SLK tekniği ile doldurulan koronal ve orta bölgelerdeki smear tabakası değerleri, TPE tekniği ile doldurulan gruba göre daha yüksektir; apikal bölgede aksine daha düşüktür (Şekil 7).





Şekil 7. PTUR + 3,0 W lazer uygulaması yapılan örneklerin incelenen bölgelerdeki smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre her iki dolum tekniği için, koronal ve orta bölgelerdeki smear tabakası değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken; koronal ile apikal bölge arasında ve orta ile apikal bölge arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (Tablo 15).

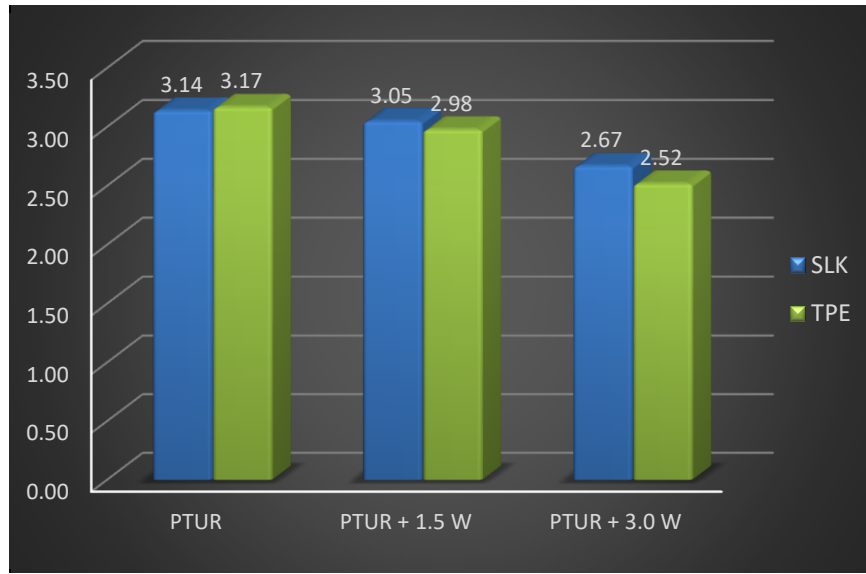
Tablo 15. PTUR + 3,0 W lazer uygulaması yapılan örneklerin farklı bölgelerindeki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

| PTUR + 3,0 W lazer |               |           |
|--------------------|---------------|-----------|
| Bölge              | Dolum tekniği |           |
|                    | SLK           | TPE       |
| Koronal ve orta    | > 0,05        | > 0,05    |
| Koronal ve apikal  | < 0,0001*     | < 0,0001* |
| Orta ve apikal     | < 0,001*      | < 0,0001* |

\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

#### 4.3.5. Retreatment prosedürleri bazında smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

İncelenen bölgeden bağımsız olarak retreatment prosedürleri arasında smear tabakası değerleri (Şekil 8) incelendiğinde, en yüksek değer TPE tekniği ile doldurulan PTUR grubunda (3,17) olduğu gözlenirken, en düşük değerin TPE tekniği ile doldurulan PTUR + 3,0 W (2,52) grubunda olduğu gözlenmiştir. PTUR uygun örneklerde; SLK tekniği ile doldurulan grup, TPE tekniği ile doldurulan gruba göre daha düşük smear tabakası değeri göstermektedir ve lazer uygulanan gruplarda ise; aksine SLK tekniği ile doldurulan gruplarda değerler daha yüksektir. Ancak aradaki farklılıklar, istatistiksel açıdan önem göstermemektedir.



Şekil 8. İncelenen bölgeden bağımsız olarak retreatment prosedürlerinin smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

İncelenen bölge ayırt edilmeksizin her iki dolun tekniğinde de smear tabakası değerleri açısından, PTUR ile PTUR + 3,0 W lazer uygulanan gruplar arasında ve farklı güçlerde lazer uygulanan gruplar arasında önemli farklılıklar bulunurken; PTUR ile PTUR + 1,5 W lazer uygulanan gruplar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemektedir (Tablo 16).

Tablo 16. İncelenen bölgeden bağımsız olarak retreatment prosedürleri uygulanan örneklerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

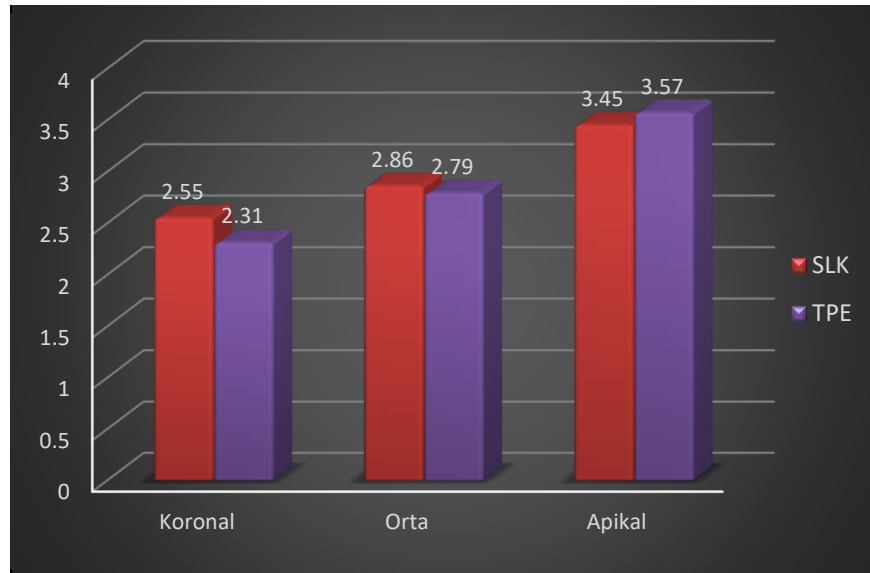
| Retreatment prosedürü        | Dolum tekniği |          |
|------------------------------|---------------|----------|
|                              | SLK           | TPE      |
| PTUR ve PTUR + 1,5 W         | > 0,05        | > 0,05   |
| PTUR ve PTUR + 3,0 W         | < 0,01*       | < 0,001* |
| PTUR + 1,5 W ve PTUR + 3,0 W | < 0,05*       | < 0,05*  |

\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

Smear tabakası değerleri yöntemi ile elde edilen bulgular ışığında; incelenen bölgeden bağımsız olarak retreatment prosedürlerinin kanalı temizleme etkinlikleri, her iki dolum tekniği içinde 3,0 W lazer > 1,5 W lazer = PTUR şeklinde sıralanmaktadır.

#### 4.3.6. İncelenen bölge bazında smear tabakası değerlerinin karşılaştırılması

Uygulanan retreatment prosedürlerinden bağımsız olarak incelenen bölgeler arasındaki smear tabakası değerleri incelendiğinde (Şekil 9); en yüksek değer TPE tekniği ile doldurulan apikal bölgede (3,57) olduğu gözlenirken, en düşük değer TPE tekniği ile doldurulan koronal bölgede (2,31) olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan önemli olmamakla birlikte SLK tekniği ile doldurulan koronal ve orta bölgelerdeki smear tabakası değerleri, TPE tekniği ile doldurulan gruba göre daha yüksekken; apikal bölgede ise aksine daha düşüktür.



Şekil 9. Uygulanan retreatment prosedürlerinden bağımsız olarak incelenen bölgelerin smear tabakası değerleri arasındaki ilişki

Her iki dolum tekniği için de, koronal ile apikal bölgeler arasında ve orta ile apikal bölgeler arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Koronal ile orta bölgelerdeki smear tabakası değerleri arasındaki fark; SLK tekniği ile doldurulan gruplarda önemsizken, TPE tekniği ile doldurulan gruplarda istatistiksel önem göstermektedir (Tablo 17).

Tablo 17. Uygulanan retreatment prosedürlerinden bağımsız olarak incelenen bölgelerin smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testi sonucu elde edilen p değerleri

| Bölge             | Dolum tekniği |           |
|-------------------|---------------|-----------|
|                   | SLK           | TPE       |
| Koronal ve orta   | > 0,05        | < 0,05*   |
| Koronal ve apikal | < 0,0001*     | < 0,0001* |
| Orta ve apikal    | < 0,001*      | < 0,0001* |

\*İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir

Smear tabakası değerleri yöntemi ile elde edilen bulgular ışığında; uygulanan retreatment prosedürlerinden bağımsız olarak incelenen bölgelerdeki temizlenme etkinlikleri, SLK dolum tekniğinde koronal = orta > apikal şeklinde sıralanırken; TPE dolum tekniğinde koronal > orta > apikal şeklinde sıralanmaktadır.

Tablo 18’de, SLK ve TPE dolum teknikleri için tüm gruplardaki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testlerinin sonuçları özetlenmektedir.

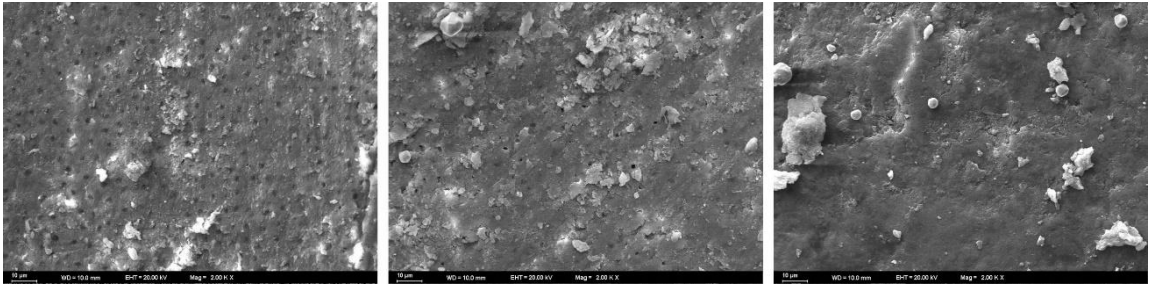
Tablo 18. Tüm gruplardaki smear tabakası değerlerinin Tukey çoklu karşılaştırma testlerinin sonuçları

| <b>SLK tekniği</b>           |                                |                                |                                |                                |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <b>Retreatment prosedürü</b> | <b>İncelenen bölge</b>         |                                |                                |                                |
|                              | <b>Koronal</b><br>Ort ± SS     | <b>Orta</b><br>Ort ± SS        | <b>Apikal</b><br>Ort ± SS      | <b>Total</b><br>Ort ± SS       |
| <b>PTUR (Grup 1)</b>         | 2,79 ± 0,58 <sup>a,A</sup>     | 3,14 ± 0,36 <sup>a,A,B</sup>   | 3,50 ± 0,65 <sup>a,B</sup>     | <b>3,14 ± 0,61<sup>a</sup></b> |
| <b>PTUR + 1,5 W (Grup 2)</b> | 2,71 ± 0,73 <sup>a,A</sup>     | 3,00 ± 0,55 <sup>a,A,B</sup>   | 3,43 ± 0,65 <sup>a,B</sup>     | <b>3,05 ± 0,70<sup>a</sup></b> |
| <b>PTUR + 3,0 W (Grup 3)</b> | 2,14 ± 0,36 <sup>b,A</sup>     | 2,43 ± 0,76 <sup>b,A</sup>     | 3,43 ± 0,76 <sup>a,B</sup>     | <b>2,67 ± 0,85<sup>b</sup></b> |
| <b>Total</b>                 | <b>2,55 ± 0,63<sup>A</sup></b> | <b>2,86 ± 0,65<sup>A</sup></b> | <b>3,45 ± 0,67<sup>B</sup></b> |                                |
| <b>TPE tekniği</b>           |                                |                                |                                |                                |
| <b>Retreatment prosedürü</b> | <b>İncelenen bölge</b>         |                                |                                |                                |
|                              | <b>Koronal</b><br>Ort ± SS     | <b>Orta</b><br>Ort ± SS        | <b>Apikal</b><br>Ort ± SS      | <b>Total</b><br>Ort ± SS       |
| <b>PTUR (Grup 4)</b>         | 2,57 ± 0,65 <sup>a,A</sup>     | 3,29 ± 0,73 <sup>a,B</sup>     | 3,64 ± 0,63 <sup>a,B</sup>     | <b>3,17 ± 0,79<sup>a</sup></b> |
| <b>PTUR + 1,5 W (Grup 5)</b> | 2,43 ± 0,65 <sup>a,b,A</sup>   | 2,93 ± 0,73 <sup>a,A</sup>     | 3,57 ± 0,85 <sup>a,B</sup>     | <b>2,98 ± 0,87<sup>a</sup></b> |
| <b>PTUR + 3,0 W (Grup 6)</b> | 1,93 ± 0,73 <sup>b,A</sup>     | 2,14 ± 0,86 <sup>b,A</sup>     | 3,50 ± 0,76 <sup>a,B</sup>     | <b>2,52 ± 1,04<sup>b</sup></b> |
| <b>Total</b>                 | <b>2,31 ± 0,72<sup>A</sup></b> | <b>2,79 ± 0,90<sup>B</sup></b> | <b>3,57 ± 0,74<sup>C</sup></b> |                                |

Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler, retreatment prosedürleri arasındaki anlamlı farklılıklar gösterirken ( $p < 0,05$ ); aynı satırda yer alan farklı büyük harfler, incelenen bölgeler arasındaki anlamlı farklılıkları göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

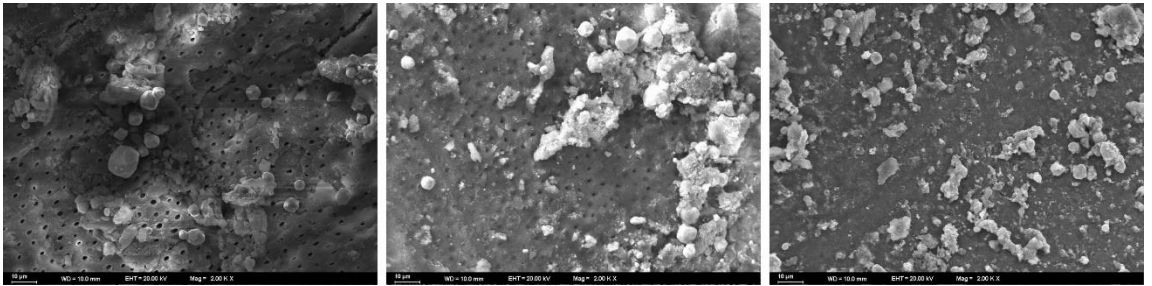
#### 4.3.7. Gruplardan alınan tipik örneklerin SEM görüntüleri

Grup 1: SLK tekniği ile doldurulup sadece PTUR uygulanan örneklerdeki SEM görüntüleri smear tabakası varlığı açısından incelendiğinde; orta ve apikal bölgeye kıyasla koronal bölgede smear tabakasının daha az ve dentin tübüllerinin daha açık olduğu görülmüştür. Apikal bölgede ise diğer bölgelere kıyasla daha yoğun bir smear tabakası varlığı ve dentin tübüllerinin çok az oranda açık olduğu gözlenmiştir (Resim 23).



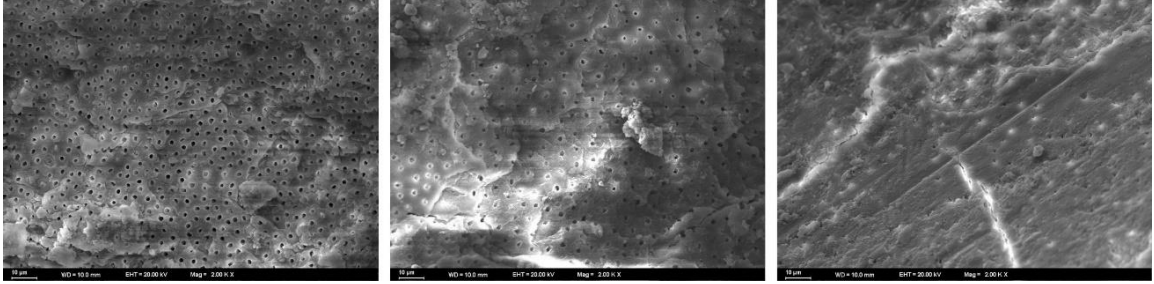
Resim 23. Grup 1'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri

Grup 2: SLK tekniği ile doldurulup PTUR + 1,5 W lazer uygulanan bu gruptaki örneklerdeki SEM görüntüleri incelendiğinde; Grup 1 ile benzer görüntüler olduğu gözlenmiştir (Resim 24).



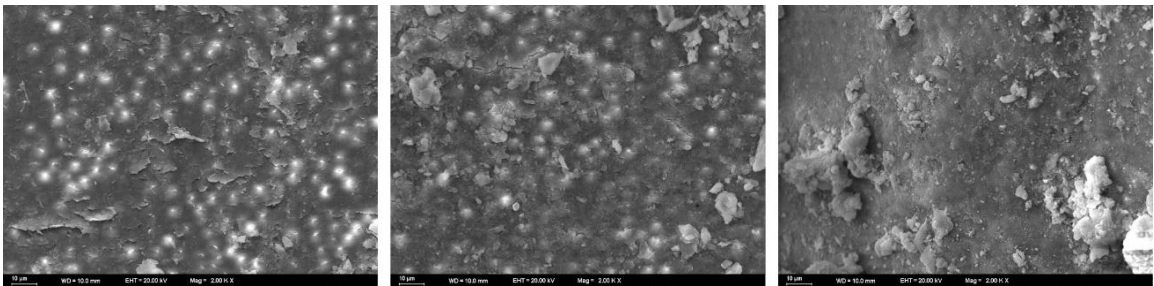
Resim 24. Grup 2'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri

Grup 3: SLK tekniği ile doldurulup PTUR + 3,0 W lazer uygulanan bu grupta ise; koronal ve orta bölgelerde bir miktar smear tabakası varlığıyla birlikte dentin tübüllerinin genellikle açık olduğu görölmüştür. Apikal bölgede ise daha yoğun bir smear tabakası varlığı ve dentin tübüllerinin çok az oranda açık olduğu görölmüştür (Resim 25).



Resim 25. Grup 3'teki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri

Grup 4: TPE tekniği ile doldurulup sadece PTUR uygulanan örneklerdeki SEM görüntüleri incelendiğinde; koronal bölgede az bir miktarda smear tabakası varlığıyla birlikte dentin tübüllerinin genellikle açık olduğu gözlenirken, orta ve apikal bölgelerde ise benzer şekilde daha yoğun bir smear tabakası olduğu gözlenmiştir (Resim 26).

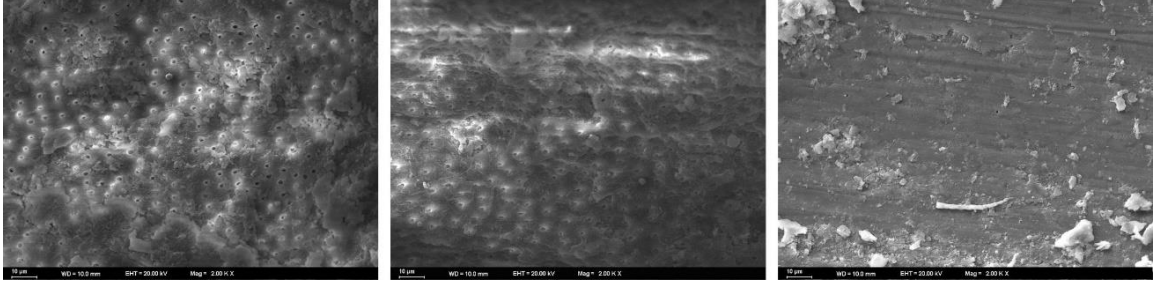


Resim 26. Grup 4'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri

Grup 5: TPE tekniği ile doldurulup PTUR + 1,5 W lazer uygulanan bu grupta ise; koronal ve orta bölgelerde benzer şekilde bir miktar smear tabakası varlığıyla

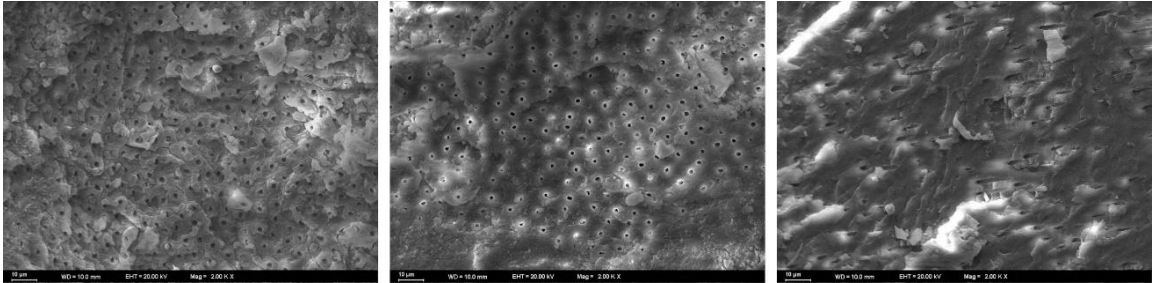


birlikte dentin tübüllerinin genellikle açık olduğu ve apikal bölgede diğer gruplara benzer şekilde daha yoğun bir smear tabakası olduğu görülmüştür (Resim 27).



Resim 27. Grup 5'deki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri

Grup 6: TPE tekniği ile doldurulup PTUR + 3,0 W lazer uygulanan bu gruptaki SEM görüntüleri incelendiğinde ise; Grup 3 ile benzer görüntülere sahip olduğu görülmüştür (Resim 28).



Resim 28. Grup 6'daki örneklerin sırasıyla koronal, orta ve apikal bölgelerindeki SEM görüntüleri

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Kök kanal tedavisi uygulanmış hastalardaki temel amaç, ilgili dişin fonksiyonel olarak semptom göstermemesi, tedavinin uzun süreli olması ve periapikal bölgenin sağlığının sürdürülmesidir. Ayrıca ideal bir kök kanal tedavisinin tamamlanmasından sonra uygulanan koronal restorasyon, fonksiyonel ve estetik olmalıdır (Alaçam, 2012).

Endodontik tedavi uygulanan dişlerdeki başarı ve başarısızlıkların değerlendirdikleri bir çalışmada, tedavi sonucunda oluşan başarısızlıkların %58'inin yetersiz kanal dolgusundan kaynaklandığı belirtilmiştir (Ingle ve ark., 2002). Kök kanal dolgusu ideal olarak tamamlanan dişlerin, eğer koronal restorasyonları uygun olarak gerçekleştirilmemişse; 30 günün sonunda olguların %50'sinde kök kanal sisteminin mikroorganizmalar tarafından işgal edildiği belirtilmiştir (Torabinejad ve ark., 1990). Ray ve Trope (1995), kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerin periapikal filmlerini değerlendirerek, kanal dolumlarının ve koronal restorasyonların kalitelerini incelemişlerdir. İyi uyumlu koronal restorasyona ve kanal dolumuna sahip dişlerdeki başarı oranı, %91,4 olarak belirtilmiş ve çok daha az sayıda periapikal lezyon geliştiği rapor edilmiştir. Kötü uyumlu koronal restorasyon ve yetersiz kanal dolumu varlığındaki dişlerin ise, sadece %18,1'inde perirapikal enfeksiyon gözlenmediği belirtilmiştir. Araştırmacılar, yetersiz kök kanal tedavilerine sahip dişlerde iyi uyumlu koronal restorasyonlar varlığında, başarı oranını %67,6 olarak belirtirken; iyi kök kanal tedavilerine sahip kötü uyumlu koronal restorasyonlar varlığında ise başarı oranını %44,1 olarak belirtmiştir.

Kök kanal sisteminin kompleks anatomik yapısı, dirençli ve karmaşık yapıya sahip patojen mikroorganizmaların varlığı, eksik biyomekanik preparasyon ve kök kanal dolgusu veya uygun olmayan koronal restorasyon nedenleriyle, bakteriler kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılamamaktadır. Bu nedenle yapılan kök kanal tedavilerinin bir kısmında iyileşme sağlanamamaktadır (Peters, 2004; Simon ve Petrot, 2009). Başarısız olan birincil kök kanal tedavisinden sonra tedavi seçenekleri arasında; cerrahi olmayan kök kanal tedavisinin yenilenmesi, endodontik cerrahi, replantasyon,

transplantasyon ve çekimin ardından implant ya da köprü restorasyonları uygulamaları bulunmaktadır. Tedavi seçimi öncesinde; diş dokuları, önceki kök kanal tedavisi ve periodontal durumu da kapsayan detaylı bir değerlendirme yapılması gerekmektedir (Simon ve Petrot, 2009; Torabinejad ve Goodacre, 2006). Endodontik tedavi başarısız olduğunda ilk tercih, cerrahi olmayan kök kanal tedavisinin yenilenmesidir. Çünkü bu tedavi seçeneği, intradiküler enfeksiyon kaynağını ortadan kaldırmak için ek bir fırsat sağlamaktadır (Kim ve ark., 2019). Doğal dişin ağızda tutulması alternatif tedavilere göre; daha konforlu, daha kabul edilebilir ve genellikle daha düşük maliyetli bir tedavi seçeneği sunmaktadır (Torabinejad ve ark., 2007).

Cerrahi olmayan yenilenen kök kanal tedavilerinin başarı oranları, geçmişten günümüze farklılık göstermektedir. Strindberd (1956), tekrarlayan endodontik tedavilerin birincil endodontik tedavi kadar başarılı olduğunu rapor etmiştir. Farzaneh ve arkadaşları (2004), tekrarlanan kök kanal tedavisi sonrasında dişin %93 oranında ağız içerisinde fonksiyonel olarak kaldığını belirtmiştir. Benzer şekilde başka bir çalışmada Ng ve arkadaşları (2011), tekrarlayan endodontik tedavi sonrası 4 yıllık başarı oranını %95 olarak belirtmiştir. Cerrahi olmayan yenilenen endodontik tedavi ve endodontik cerrahi sonrası prognozların araştırıldığı sistematik bir derlemede, endodontik cerrahi sonrası kısa vadede prognozun iyi olduğu belirtilse de, uzun vadede cerrahi olmayan yenilenen tedavinin prognozunun daha başarılı olduğu belirtilmiştir. Cerrahi olmayan yenilenen kök kanal tedavilerinde, iyileşme zamanla gerçekleşirken; endodontik cerrahi uygulanan diş, işlem sonrası asemptomatik olsa da zamanla başarısızlık meydana gelebileceği vurgulanmıştır (Torabinejad ve ark., 2009). Birincil kök kanal tedavisindeki başarısızlığın nedeni saptanıp düzeltilebilirse, yenilenen endodontik tedavi iyi bir tedavi alternatifidir (Simon ve Petrot, 2009).

Kök kanal sisteminin anatomisi, kök kanal sisteminin temizlenmesi sırasında dikkate edilmesi gereken bir özelliktir. Vertucci sınıflandırması incelendiğinde, kök kanal anatomisinin ne kadar kompleks olabileceği gözlenirken, sınıflandırma haricinde de farklı anatomik varyasyonlarla da karşılaşılabilir (Vertucci, 1984). Ayrıca kök kanallarından alınan horizontal kesitlerde de farklı anatomik şekiller görülebilmektedir.

Kök kanalları genellikle nispeten yuvarlak kesitli olsa da oval veya düzensiz şekilli kesitler de görülmektedir (Schilder, 1974). Genellikle alt premolar dişlerin köklerinde oval şekilli kanallar bulunmaktadır (Alaçam, 2012). Çeşitli çalışmalarda, oval şekilli kök kanallarının preparasyonu sırasında kullanılan tekniğine bakılmaksızın, enstrümanların dentin dokusunun iç tabakasında tam bir temizlik sağlayamadığı belirtilmiştir (Paque ve ark., 2010; Rödig ve ark., 2002; Wu ve ark., 2003; Wu ve Wesselink, 2001).

Rechenberg ve Paque (2013), oval ve yuvarlak kesitli kök kanallarının retreatment tedavisi üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve oval şekilli kanalların daha az doldurulabildiğini ve kök kanal dolgusu uzaklaştırıldıktan sonra, kanalda daha fazla artık kök kanal dolgusu kaldığını belirtmiştir. Rosa ve arkadaşları (2015), retreatment tedavisi yapılan üst molar dişlerin oval şekilli palatinal kanallarında kurvatürlü meziobukkal ve distobukkal kanallarına göre, daha fazla artık kök kanal dolgusu kaldığını vurgulamıştır. Yapılan çalışmalar dikkate alındığında, hem birincil endodontik tedaviler hem de retreatment tedavilerinde yuvarlak kesitli kanallara kıyasla oval şekilli kanalların temizlenebilirliğinin daha zor olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasında, temizlenmesi daha zor olan oval şekilli mandibular premolar dişler kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında tercih edilen tek köklü mandibular premolar dişlerin, kök kanallarına daha iyi bir giriş sağlanması ve retreatment teknikleri arasında daha güvenilir bir karşılaştırma yapılabilmesi için; boyları 15 mm olacak şekilde kron kısımları uzaklaştırılmıştır. Bu işlem klinik şartlara uymasa da; örnekler arasında standardizasyon sağlamak, dental kron anatomisindeki farklılıkları elimine etmek ve farklı kök boylarının sonuçları etkilemesini önlemek amaçlanmıştır.

Kök kanallarının doldurulması için çeşitli materyaller bildirilmesine rağmen, güta-perka, farklı içeriklere sahip kanal patları ile birlikte en sık kullanılan kanal dolgu materyalidir (Betti ve Bramante 2001; Sae-Lim ve ark., 2000). Dolayısıyla kök kanal sisteminde en sıklıkla uzaklaştırılan kök kanal dolgu maddesi güta-perkadır. Bu tez

çalışmasındaki kök kanalları, güta-perka ile birlikte AH Plus kök kanal patı kullanılarak, soğuk lateral kompaksiyon ya da termoplastik enjeksiyon teknikleri ile doldurulmuştur.

Apikal daralma noktasından 0,5 – 1,0 mm koronalde olacak şekilde, en uygun ana güta-perka konun yan bölgelerine spreader aracılığıyla yardımcı konların yerleştirildiği soğuk lateral kompaksiyon tekniği, klinikte sıklıkla tercih edilen kök kanal dolgu yöntemidir (Budd ve ark., 1991). Uygulaması kolay ve güvenilir bir yöntem olan soğuk lateral kompaksiyon tekniği, pek çok retreatment çalışmasında da kanal dolum tekniği olarak kullanılmaktadır (Betti ve Bramante, 2001; Hülsmann ve Bluhm, 2004; Sae-Lim ve ark., 2000).

Günümüz endodonti pratiğinde, kök kanal sisteminin kompleks anatomik yapısını 3 boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulmasını amaçlayan termoplastik enjeksiyon tekniği sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Cathro ve Love, 2003; Gupta ve ark., 2015; Jindal ve ark., 2017; Venturi, 2006). Termoplastik enjeksiyon tekniğinde; ortalama 200°C’de ısıtılarak yumuşatılan güta-perka, çeşitli tabancalar aracılığıyla basınç altında kök kanal sitemine tek parça/ parçalı olarak iletilip, tepici aletler ile kondanse edilmektedir. Ancak her dolum tekniğinde olduğu gibi bu teknikte de; apikal kontrol sağlanamadığında dolgu materyalinin apikalden ekstrüzyonu, kanal içerisindeki güta-perkanın soğuma ısısında büzüşmeye uğraması ve birlikte kullanıldığı patları kimyasal ve/veya fiziksel olarak etkileyebilerek dentine zayıf bağlanma dayanımı oluşturmalarına neden olabilmesi gibi bazı dezavantajlar bulunmaktadır (Lottanti ve ark., 2014; Ruddle, 2010).

Termoplastik enjeksiyon tekniğinin soğuk lateral kompaksiyon tekniğine göre; kök kanalında daha fazla miktarda dolgu materyali bulunmasını sağlayarak, minimum boşluklarla daha homojen bir dolum gerçekleştirdiğini rapor eden çalışmalar bulunmaktadır (Gençoğlu ve ark., 1993a; Gupta ve ark., 2015; Jindal ve ark., 2017). Oh ve arkadaşları (2016) ise mandibular birinci molar dişlerin mezial köklerindeki ana kanallarda, soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile termal dolum tekniği arasında fark bulunmazken; apikaldeki isthmus bölgesinde doldurulan hacim oranının, termal dolum

teknğinde daha düşük olduğunu belirtmiştir. Peng ve arkadaşlarının (2007) gerçekleştirdikleri meta-analiz çalışmalarında ise, soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile sıcak güta-perka dolum tekniği arasında uzun vadeli sonuçlarda herhangi bir farklılık görülmediği belirtilmiştir.

Farklı kanal dolum teknikleriyle doldurulan kök kanallarındaki retreatment prosedürlerinin etkinlikleri çeşitli araştırmalarda değerlendirilmiştir (Asheibi ve ark., 2014; Emmanuel ve ark., 2013; Frajlich ve ark., 1998; Imura ve ark., 1993; Keleş ve ark., 2014; Ma ve ark., 2012; Pirani ve ark., 2009; Rödig ve ark., 2018; Yılmaz ve ark., 2011b).

Keleş ve arkadaşları (2014), soğuk lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon (Dia-Gun) ile doldurulan kök kanallarının yenilenmesi için, R-Endo retreatment eğeleri kullanmış ve ek prosedür olarak SAF kullanmıştır. Araştırmacılar SAF uygulamasının kanal dolgu artıklarını önemli derecede azalttığını ve lateral kompaksiyon ile doldurulan kök kanallarında, istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha fazla artık dolgu maddesi kaldığını belirtmiştir. Araştırmacılar bu durumun; lateral kompaksiyon tekniğinde, güta-perka ile birlikte yerleştirilen kök kanal patının akışkanlığı ve uzun polimerizasyon süresi nedeniyle mikro düzensizliklere derinlemesine nüfuz etmesi ve pat molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetinin dentin yüzeyine yaptığı negatif basıncın daha fazla adezyon sağlaması ile ilişkili olabileceğini belirtmiştir.

Asheibi ve arkadaşları (2014), soğuk lateral kompaksiyon ve devamlı ısıyla dolum tekniği (System B) kullanılarak doldurulan kök kanallarındaki resilon (+ RealSeal) ve güta-perkanın (+ AH Plus) uzaklaştırılmasında, ProTaper döner eğeler ve ProTaper Retreatment eğelerle beraber K-tipi el eğelerin birlikte kullanımının etkinliklerini değerlendirmiştir. Araştırmacılar, resilonun ProTaper Retreatment eğelerle birlikte K-tipi el eğelerle uzaklaştırıldığı grup hariç; termal dolum tekniği ile doldurulan kanallarda daha az miktarda kanal dolgu maddesinin kaldığını rapor etmiştir. Bu sonucun; termal dolum tekniğinde daha az pat kullanımı ve daha homojen bir dolumun

gerçekleşmesiyle ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca, devamlı ısıyla dolum tekniğinde resilon kullanılan kanallarda, daha fazla artık dolgu materyali gözlenirken; soğuk lateral kompaksiyon tekniğinde resilon ve gütaperka arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir.

Ma ve arkadaşları (2012), soğuk lateral kompaksiyon ve devamlı ısıyla dolum tekniği (System B) kullanılarak doldurulan kök kanallarının yenilenmesinde; ProTaper retreatment eğelerin ve çözücü kullanımının etkinliklerini değerlendirmiştir. Araştırmacılar, soğuk lateral kompaksiyon tekniğine kıyasla termal olarak doldurulan kök kanallarının; koronal ve orta üçlü bölgelerinde bir farklılık gözlemesken, apikal bölgede ise önemli derecede daha fazla artık dolgu materyali kaldığını gözlemlemiştir. Bu durumun devamlı ısıyla dolum tekniğinin soğuk lateral kompaksiyon tekniğine göre; kök kanalındaki düzensizlikleri doldurabilerek kanalı daha fazla yoğunlukta dolgu materyaliyle doldurması ile ilişkili olabileceğini belirtmiştir. Ayrıca çözücü kullanılan grupta; çalışma boyuna ulaşmak için gerekli süre daha kısayken, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması için gerekli sürenin ise daha uzun olduğu rapor edilmiştir.

Yılmaz ve arkadaşları (2011b) ise, soğuk lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon (BeeFill 2 in 1) ile doldurulan kök kanallarının yenilenmesinde; MTwo retreatment eğeleri, ProTaper retreatment eğeleri ve H-tipi el eğelerinin etkinliklerini değerlendirmiştir. Araştırmacılar; kanal dolum tekniğinin kök kanalında kalan artık dolgu materyallerinin miktarı üzerinde etkili olmadığını, en fazla artık dolgu materyalinin kanalın apikal üçlü bölgesinde bulunduğunu, tüm gruplar arasında kanalda en az artık dolgu materyalinin sıcak vertikal kompaksiyon ile doldurulan H-tipi el eğelerinin kullanıldığı grupta olduğunu, en fazla artık dolgu materyalinin ise sıcak vertikal kompaksiyon ile doldurulan MTwo retreatment eğelerinin kullanıldığı grupta olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması için gerekli sürenin retreatment prosedürleri arasında önemli derecede değiştiği bildirilmiştir. Her iki dolum tekniğinde de en kısa süre, ProTaper retreatment eğeleri ile sağlanırken; en uzun sürenin ise H-tipi el eğeleri kullanılan gruplarda olduğu rapor edilmiştir.

Soğuk lateral kompaksiyon ve termoplastik enjeksiyon kanal dolum teknikleri ile doldurulan örnekler üç farklı retreatment prosedürü uygulanan bu tez çalışmasında ise; genel olarak termal dolum tekniğinde soğuk lateral kompaksiyon tekniğine kıyasla, kök kanalının koronal ve orta bölgesinde daha temiz kök kanalları gözlenirken; apikal bölgede ise daha fazla artık dolgu materyali ve smear tabakası gözlenmiştir. Ancak aradaki farklılıkların istatistiksel olarak önem göstermemesi nedeniyle, bu tez çalışmasında; kanal dolum tekniği kanal içerisinde kalan dolgu artıklarını etkilememektedir. Bu sonuç, Yılmaz ve arkadaşlarının (2011b) çalışması ile uyum gösterirken; koronal ve orta bölgede farklılık olmayıp apikal bölgede daha fazla kanal dolgu artığı kaldığını belirten Ma ve arkadaşlarının (2012) yaptığı çalışma ile kısmen uyum göstermektedir. Termal dolum tekniğinde daha az kanal dolgu artığı kaldığını belirten, Keleş ve arkadaşları (2014) ile Asheibi ve arkadaşlarının (2014) yaptıkları çalışmalarla ise uyum göstermemektedir.

Kök kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında, bakterilerin elimine edilebilmesi ve kök kanalı duvarlarından yeterince smear tabakası uzaklaştırabilmesi için, önceki kök kanalı dolgu materyalinin tamamen uzaklaştırılmasının gerekli olduğu bilinmektedir (Haapsalo ve ark., 2008; Hulsmann ve Bluhm, 2004). Bu tez çalışmasının sonuçları, hiçbir retreatment prosedürünün kök kanal sisteminden smear tabakasını ve dolgu artıklarını tamamen uzaklaştıramayacağını belirten literatürdeki çalışmaları (Bernardes ve ark., 2016; Betti ve Bramante 2001; Gergi ve Sabbagh, 2007; Gu ve ark., 2008; Hammad ve ark., 2008; Horvath ve ark., 2009; Hulsmann ve Bluhm, 2004; Kanaparthi ve Kanaparthi, 2016; Keles ve ark., 2015; Rossi-Fedele ve Ahmed, 2017) desteklemektedir. İyi kondanse edilen kök kanalının uzaklaştırılmasının daha zor olduğu dikkate alındığında (Gergi ve Sabbagh 2007; Masiero ve Barletta, 2005), uzaklaştırılamamış dolgu materyallerinin gözlenmesi olası bir sonuçtur.

Kök kanalı içerisindeki kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında; endodontik el eğeleri (Cunha ve ark., 2007; Frajlich ve ark., 1998; Hammad ve ark., 2008; Imura ve ark., 1993, So ve ark., 2008; Wilcox, 1993), motorla çalışan döner aletler (Chandrasekar ve ark., 2014; Gu ve ark., 2008; Keskin ve ark., 2018; Kim ve ark., 2019; Mollo ve ark.,



2012; Reddy ve ark., 2013), ultrasonik cihazlar (Bernardes ve ark., 2016; de Mello ve ark., 2009; Jiang ve ark., 2016; Pirani ve ark., 2009), ısı (Guess, 2004; Lipski ve Wozniak, 2003) veya lazer uygulamalarından (Jiang ve ark., 2016; Gorduysus ve ark., 2017; Keles ve ark., 2015; Passalidou ve ark., 2018; Tachinami ve Katsuumi, 2010; Viducic ve ark., 2003) yararlanılmaktadır.

Kök kanalındaki gütaperkaya penetrasyonu sağlamak ve çıkarılmasını kolaylaştırmak için çözücülerin de kullanılabileceği belirtilmiştir (Ezzie ve ark., 2006; Ferreira ve ark., 2001; Gergi ve Sabbagh, 2007). Ferreira ve arkadaşları (2001), eğimli kanallarda ProFile eğeler ile kloroform çözücü kullanıldığında, daha az gütaperka artıklarının görüldüğünü belirtirken; Sae-Lim ve arkadaşları (2000) ProFile eğeleri ile kloroform çözücü kullanıldığında hiçbir fark bulunamadığını rapor etmiştir. Başka bir çalışmada, okaliptol çözücü kullanımının kanal duvarlarının temizlenme etkinliğini artırdığını ve çalışma süresini azalttığını ancak sonuçların istatistiksel olarak anlamlılık ifade etmediği belirtilmiştir (Hulsmann ve Bluhm, 2004). Gu ve arkadaşları (2008), ProTaper Universal retreatment eğelerin etkinliklerini değerlendirdiği çalışmalarında, çözücü kullanılan grupta kök kanal duvar temizliğinin daha az tatmin edici olduğunu rapor etmiştir. Horvath ve arkadaşları (2009) ise, çözücülerin kök kanal duvarlarında ve dentin tübüllerinin içerisinde daha fazla gütaperka ve pat artıklarına yol açtığını belirterek, çözücü kullanımının retreatment prosedürü için standart bir uygulama olmaması gerektiğini ve toksisiteyi de göz önüne alındığında, yalnızca kanal çalışma boyuna çözücü olmadan erişilemediğinde uygulanması gerektiğini belirtmiştir. Bu tez çalışmasında, çözücülerin sonuçlar üzerindeki etkilerini önleyebilmek amacıyla hiçbir çözücü kullanılmamıştır.

NiTi döner eğeler, tekrarlayan endodontik tedavilerde kök kanal dolgusunun uzaklaştırması için sıklıkla tercih edilmektedir (Giuliani ve ark., 2008; Gu ve ark., 2008; Huang ve ark., 2007; Rödiger ve ark., 2012; Rödiger ve ark., 2018). Literatürdeki çeşitli çalışmalarda, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında; retreatment tedavisi için özel olarak tasarlanan ProTaper Universal retreatment sisteminin el eğelerine kıyasla, hem kanal içerisinde kalan artık kök kanal dolgu miktarını azalttığını hem de tedavi süresini

kısalttığı belirtilmiştir (Chandrasekar ve ark., 2014; Gu ve ark., 2008; Keskin ve ark., 2018; Reddy ve ark., 2013; Taşdemir ve ark., 2008; Yılmaz ve ark., 2011b).

Kök kanalı temizlenme etkinliği açısından, ProTaper Universal retreatment sistemi ile el eğeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığını vurgulayan çalışmalar da bulunmaktadır (Gergi ve Sabbagh, 2007; Kanaparthi ve Kanaparthi, 2016; Katge ve ark., 2016).

Betti ve Bramante (2001), Hammad ve arkadaşları (2008), Rödig ve arkadaşları (2018) ile Unal ve arkadaşları (2009) ise yaptıkları çalışmalarda; ProTaper Universal Retreatment eğelerinin önceki kanal dolgularının ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında el eğelerinden daha az etkili olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmalar arasındaki farklılıkların; farklı kanal dolgu tekniklerinin kullanımı, kök kanal anatomileri arasındaki farklılıklar gibi faktörlerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Kök kanal dolgusunu uzaklaştırmak için geliştirilen NiTi eğelerin farklılık gösteren bant ve bıçak dizaynı olmasına rağmen, esas itibarıyla farklılık sergilemeyip hepsi enine kesiti yuvarlaktır. Bu nedenle NiTi döner eğelerin, kök kanallarının anatomisine her zaman uyum sağlayamadığı belirtilmektedir (Peters, 2004; Rechenberg ve Paque, 2013).

Siqueira ve arkadaşları (2013), enstrümanların dizaynına kıyasla kök kanal anatomisinin, kök kanallarının temizlenebilirliğini daha fazla etkilediğini belirtmiş ve yuvarlak kesite sahip kök kanallarında kullanılan eğenin çapının artırılmasıyla, uzaklaştırılan kök kanal dolgusu miktarının arttığını rapor etmiştir. Ancak Rosa ve arkadaşları (2015), oval şekilli kök kanallarında kullanılan eğenin çapının artırılmasının, artık kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında etkili olmadığını ve birincil endodontik tedavi sırasında genişletilmiş olan kök kanalının tekrar genişletilmesi sonucu, kök yapısının zayıflamasına neden olacağını belirtmiştir. Bu durum, oval şekilli kanallarda kök dolgusunun uzaklaştırılmasını takiben, çeşitli aktivasyon tekniklerinin kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu tez çalışmasının sonuçlarına göre, ProTaper Universal retreatment sistemi kullandıktan sonra oval şekilli kök kanallarında

önemli miktarda dolgu maddesi artıkları kalmıştır ve Er,Cr:YSGG lazer debris ve smear tabakasını en az yan etkiyle uzaklaştırabilme özelliği nedeniyle (Eldeniz ve ark., 2007; Schoop ve ark., 2007) ek prosedür olarak tercih edilmiştir.

Retreatment uygulamalarında; diyet, Er:YAG ve Nd:YAG lazer gibi dental lazer cihazlarının kanal dolum kalıntılarını ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerini değerlendiren çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Anjo ve ark., 2004; Farge ve ark., 1998; Jiang ve ark., 2016; Gorduysus ve ark., 2017; Keles ve ark., 2015; Passalidou ve ark., 2018; Tachinami ve Katsuumi, 2010; Viducic ve ark., 2003; Yu ve ark., 2000). Ancak literatürde, retreatment uygulamasında kalan dolgu materyallerinin uzaklaştırılması için, Er,Cr:YSGG lazerin etkinliğini değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Er,Cr:YSGG lazer cihazının endodontik tedavide kullanımı için, 275 µm çapa ve 21 mm uzunluğa sahip RFT2 ile 415 µm çapa ve 17 mm uzunluğa sahip RFT3 optik fiber uçları geliştirilmiştir. RFT3'ten daha uzun ve daha ince olan RFT2 optik fiber ucu, kök kanalının apikal üçlü kısmına ulaşabilme kabiliyeti nedeniyle, bu tez çalışmasında kanal iridasyonu için tercih edilmiştir.

Lazer ile aktive edilmiş irrigasyonda, irrigasyon solüsyonunun kök kanalından ekstrüzyonunu önlemek amacıyla; lazer ucunun çalışma boyundan 3 - 5 mm uzağa yerleştirilmesinin daha güvenli olduğu belirtilmiştir (Keles ve ark., 2016; Suman ve ark., 2017). Bununla birlikte, bu tez çalışmasında lazer aktivasyonu sırasında NaOCl veya EDTA gibi irrigasyon solüsyonlarının kullanılmaması nedeniyle; lazer ucu çalışma boyundan 0,5 mm uzağa yerleştirilerek, lazerin kök kanal duvarlarındaki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır (Bolhari ve ark., 2014; Wang ve ark., 2017).

Su içerisindeki absorpsiyonu oldukça yüksek olan Er,Cr:YSGG lazer, dental sert dokularda mikro patlamalara neden olarak bu dokuları temizleme potansiyeline sahip kızılötesi bir lazerdir. Çeşitli araştırmalarda, kök kanallarının su soğutması altında Er,Cr:YSGG lazer ile ışınlanmasının, periodontal dokulara zarar verecek kadar yüksek olmayan minimum bir sıcaklık artışına neden olduğu bildirilmiştir (Eversole ve ark.,

1997; Rizoi ve ark., 1998; Soares ve ark., 2008; Yamazaki ve ark., 2001). Bu nedenle, lazer uygulaması sırasındaki sıcaklık artışı bu tez çalışmasında değerlendirilmemiştir.

Literatürde farklı çıkış güçlerine sahip (1 - 6 W) erbiyum lazerlerin etkinliklerini değerlendiren çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Altundasar ve ark., 2006; Yamazaki ve ark., 2001; Yavari ve ark., 2010). Bu tez çalışmasında, kanal duvarlarındaki gütaperka ve patın uzaklaştırılabilmesi için daha yüksek çıkış gücüne sahip lazer ışınlaması gerektirmesi nedeniyle, 1,5 W ve 3,0 W çıkış güçleri tercih edilmiştir. Bu çalışmada yüksek çıkış gücüne sahip (3,0 W) lazer kullanımının diğer retreatment prosedürlerine göre; kök kanalının koronal ve orta üçlü bölgelerinde, rezidüel dolgu maddeleri ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında daha etkili olduğu görülmektedir. Bu sonuç, literatürdeki bazı çalışmalarla uyumluyken (Altundasar ve ark., 2006; Yamazaki ve ark., 2001; Yavari ve ark., 2010); diğer çalışmalarla uyum içerisinde değildir (Bolhari ve ark., 2014; Özer ve Basaran, 2013). Çalışmalar arasındaki farklılıkların, bu tez çalışmasında smear tabakasına ek olarak kanal duvarlarında gütaperka ve pat artıkları bulunan retreatment işlemi uygulanan dişlerin kullanılması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Uygulanan retreatment prosedüründen bağımsız olarak bu tez çalışmasının sonuçları önceki çalışmalara benzer şekilde (Arslan ve ark., 2013; Keles ve ark., 2016; Marques da Silva ve ark., 2012; Parente ve ark., 2010); kök kanalının koronal ve orta üçlü bölgelerindeki smear tabakası uzaklaştırılma etkinliklerinin, apikal üçlü bölgesine göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu durumun, lazerin fiber ucunun kök kanalının koronal ve orta üçlü bölgelerinde dairesel hareketlerle çalıştırılırken; apikal bölgede artık dolgu maddelerine ve smear tabakasına temas etmeden kanal duvarına paralel olarak hareket ettirilmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca apikal üçlü bölgesinde artış gösteren lateral ve aksesuar kanalların sayısı, bu bulgunun başka bir nedeni olabilir. Bununla birlikte, önceki çalışmaların (Arslan ve ark., 2013; Bolhari ve ark., 2014; Keles ve ark., 2016; Parente ve ark., 2010) sonuçlarına benzer şekilde bu tez çalışmasının sonuçları; yalnızca Er,Cr:YSGG lazer kullanımının, kök kanalının apikal üçlüsünden smear tabakasını uzaklaştırmak için ideal bir araç olmadığını göstermektedir. Kök kanal tedavisi yenilenirken, kök kanalının apikal üçlü bölgesindeki

kanal duvarlarının temizlik etkinliğinin geliştirilebilmesi için; Er,Cr:YSGG lazer irradyasyonu ile birlikte irrigasyon solüsyonlarının (George ve ark., 2008) ya da lazer irradyasyonu ile birlikte ultrasonik sistemlerin kombine kullanılması (Peeters ve Suardita, 2011) daha sonra yapılması planlanan çalışmalarda incelenecektir.

Bu tez çalışmasında 3,0 W lazer uygulanan gruplardaki bazı örneklerde karbonizasyon alanları ve çatlaklar gözlenirken; 1,5 W lazer uygulanan gruplardaki örneklerin hiçbirinde karbonize alan gözlenmemiş olup, sadece birkaç örnekte çatlak saptanmıştır. Bu bulgular literatürdeki bazı çalışmalar (Bolhari ve ark., 2014; Özer ve Basaran, 2013) ile uyumluluk gösterirken; başka çalışmaların (Altundasar ve ark., 2006; Yamazaki ve ark., 2001; Yavari ve ark., 2010) sonuçları ile uyumluluk göstermemektedir.

Bu in vitro tez çalışmasının sonuçları klinik durumlar ile direkt olarak ilişkilendirilemeyebilir, çünkü değerlendirmeler laboratuvar ortamında ekstrakte edilmiş dişler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, lazer irradyasyonu ile birlikte kök kanal temizliği ve dezenfeksiyonunda önemli rol oynayan irrigasyon solüsyonları incelenmemiştir. Bu faktörler bu tez çalışmasının limitasyonlarını oluşturmaktadır.

Soğuk lateral kompaksiyon ve termoplastik enjeksiyon kanal dolum teknikleri kullanılarak doldurulan örneklere, ProTaper Universal retreatment eğeleri ile retreatment işlemi gerçekleştirildikten sonra, 1,5 W ve 3,0 W çıkış gücüne sahip Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının, kök kanal sistemindeki karbonizasyon ve çatlak alanları varlığı ile kanal duvarlarında bulunan artık dolgu maddeleri ve smear tabakası üzerindeki etkinliğinin değerlendirildiği bu tez çalışmasının sınırlamaları dahilinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Çalışmada kullanılan retreatment prosedürlerinden hiçbirisi, artık kanal dolgu maddelerini ve smear tabakasını kök kanal sisteminden tamamen temizleyememiş ve uzaklaştıramamıştır.

2. Kanal dolum tekniğinin smear tabakası ve artık dolgu maddeleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

3. Uygulanan retreatment prosedürlerinden bağımsız olarak incelenen kök kanalı bölgelerindeki temizlenme etkinlikleri, soğuk lateral kompaksiyon dolum tekniği için koronal üçlü = orta üçlü > apikal üçlü şeklinde sıralanırken; termoplastik enjeksiyon dolum tekniği için koronal üçlü > orta üçlü > apikal üçlü şeklinde sıralanmaktadır.

4. En fazla smear tabakasının ve artık dolgu maddesinin kaldığı apikal üçlü bölgesinde, smear tabakası ve artık dolgu maddelerini uzaklaştırmak için örneklere uygulanan retreatment prosedürleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı saptanmıştır.

5. İncelenen kök kanalı bölgelerinden bağımsız olarak retreatment prosedürlerinin kök kanal sistemindeki temizleme etkinlikleri, her iki dolum tekniği için de; 3,0 W lazer > 1,5 W lazer = ProTaper Universal retreatment şeklinde sıralanmaktadır.

6. 3,0 W çıkış gücündeki Er,Cr:YSGG lazer irradyasyonu diğer retreatment prosedürlerine göre, smear tabakasını ve artık kanal dolgu maddelerini daha etkili bir şekilde uzaklaştırmıştır. Ancak, 3,0 W çıkış gücündeki Er,Cr:YSGG lazer kullanımının bazı örneklerde karbonizasyon alanlarına ve çatlaklara neden olması nedeniyle dikkatli kullanılması gerekmektedir.

Elde edilen tüm veriler göz önüne alındığında, endodontik tedavinin yenilenmesinde başarıyı etkileyen faktörlerden biri olan kök kanal sisteminden mümkün olduğu kadar çok kanal dolgu maddesi ve smear tabakasının uzaklaştırılabilmesi için, farklı prosedürlerin geliştirilebilmesi yönünde araştırmalara ve çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

Abad-Gallegos M, Arnabat-Domínguez J, España-Tost A, Berini-Aytés L, Gay-Escoda C. In vitro evaluation of the temperature increment at the external root surface after Er,Cr:YSGG laser irradiation of the root canal. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2009;14(12):e658-662.

Addy LD, Bartley A, Hayes SJ. Crown and bridge disassembly-when, why and how. *Dental Update*. 2007;34:140–142.

Akbar I. Radiographic study of the problems and failures of endodontic treatment. *Int J Health Sci Educ*. 2015;9(2):111-118.

Akgün B. Diş Hekimliğinde Lazer. *Dentalife*. 2004;9:14-19.

Aksel H, Serper A. Concentration and time-dependent effect of initial sodium hypochlorite on the ability of QMix and ethylenediaminetetraacetic acid to remove smear layer. *J Conserv Dent*. 2017;20(3):185-189.

Alaçam, T. Endodoti. 1. bs. Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2012, s:375-1179.

Al-Alfifi NA, Abdullah M, Al-Amery SM, Abdulmumen M. Comparison between gutta-percha and resin-coated gutta-percha using different obturation techniques. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2016;14(3):e307-313.

Al-Karadaghi TS, Franzen R, Jawad HA, Gutknecht N. Investigations of radicular dentin permeability and ultrastructural changes after irradiation with Er,Cr:YSGG laser and dual wavelength (2780 and 940 nm) laser. *Lasers Med Sci*. 2015;30(8):2115-2121.

Almeida JF, Gomes BP, Ferraz CC, Souza-Filho FJ, Zaia AA. Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *Int Endod J*. 2007;40(9):692-699.

Altundasar E, Ozcelik B, Cehreli ZC, Matsumoto K. Ultramorphological and histochemical changes after Er;Cr:YSGG laser irradiation and two different irrigation regimes. *J Endod.* 2006;32:465-468.

Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium: YAG laser. *J Periodontol.* 1994;65:1097-1106.

Anic I, Matsumoto K. Comparison of the sealing ability of laser-softened, laterally condensed and low-temperature thermoplasticized gutta-percha, *J Endod.* 1995;21:464-469.

Anic I, Tachibana H, Masumoto K, Qi P. Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd: YAG, CO<sub>2</sub> and argon lasers, *Int Endod J.* 1996;29:13-22.

Anjo T, Ebihara A, Takeda A, Takashina M, Sunakawa M, Suda H. Removal of two types of root canal filling material using pulsed Nd:YAG laser irradiation. *Photomed Laser Surg.* 2004;22(6):470-476.

Arakawa S, Cobb CM, Rapley JW, Killoy WJ, Spencer P. Treatment of root fracture by CO<sub>2</sub> and Nd:YAG lasers: an in vitro study. *J Endod.* 1996;22(12):662-667.

Aranha AC, Domingues FB, Franco VO, Gutknecht N, Eduardo Cde P. Effects of Er:YAG and Nd:YAG lasers on dentin permeability in root surfaces: a preliminary in vitro study. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(5):504-508.

Arcoria CJ, Steele RE, Wagner MJ, Judy MM, Matthews JL, Hults DF. Enamel surface roughness and dental pulp response to coaxial carbon dioxide-neodymium: YAG laser irradiation. *J Dent.* 1991;19(2):85-91.



Arıkan F, Franko M, Gürkan A. Replantation of a vertically fractured maxillary central incisor after repair with adhesive resin. *Int Endod J*. 2008;41(2):173-179.

Arslan H, Ayrancı LB, Karatas E, Topçuoğlu HS, Yavuz MS, Kesim B. Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod*. 2013;39:1589-1592.

Aryanpour S, Van Nieuwenhuisen JP, D'Hoore H. Endodontic retreatment decision: No consensus. *Int Endod J*. 2000;33:208–218.

Asheibi F, Qualtrough AJ, Mellor A, Withers PJ, Lowe T. Micro-CT evaluation of the effectiveness of the combined use of rotary and hand instrumentation in removal of Resilon. *Dent Mater J*. 2014;33(1):1-6.

Ashley M, Harris I. The assessment of the endodontically treated tooth. *Dental Update*. 2001;28:247–252.

Ashraf H, Asnaashari M, Darmiani S, Birang R. Smear layer removal in the apical third of root canals by two chelating agents and laser: a comparative in vitro study. *Iran Endod J*. 2014;9(3):210-214.

Asnaashari M, Safavi N. Application of Low level Lasers in Dentistry (Endodontic). *J Lasers Med Sci*. 2013;4(2):57-66.

Bader C, Krejci I. Indications and limitations of Er:YAG laser applications in dentistry. *Am J Dent*. 2006;19(3):178-186.

Bader HI. Use of lasers in periodontics. *Dent Clin North Am*. 2000;44(4):779-791.

Balvedi R, Versiani M, Manna F, Biffi J. A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J*. 2010;43(9):763-768.

Barbakow F, Peters O, Havranek L. Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study, Quintessence Int. 1999;30:837-845.

Barbosa SV, Burkard DH, Spångberg LS. Cytotoxic effects of gutta-percha solvents. J Endod. 1994;20(1):6-8.

Basradjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM, Lebrun T: Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. Int Dent J. 2002;52(2):81-86.

Bass LS, Treat MR. Laser tissue welding: a comprehensive review of current and future clinical applications. Lasers Surg Med. 1995;17(4):315-349.

Baxter GD. Therapeutic Lasers; Theory and Practice. 1<sup>st</sup> ed. London: Churchill Livingstone; 1994, p:5-20.

Bayram MH, Bilici O. Evaluation of different canal sealers solubility in different solvents. J Dent Fac Atatürk Uni. 2012;22(3):247-250.

Bernardes RA, Duarte MA, Vivian RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, Bramante CM. Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. Int Endod J. 2016;49:890-897.

Berutti E, Chiandussi G, Gaviglio I, Ibba A. Comparative analysis of torsional and bending stresses in two mathematical models of nickel-titanium rotary instruments: protaper versus profile. J Endod. 2003;29(1):15-19.

Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. J Endod. 2004;30(4):228-230.

Betti LV, Bramante CM. Quantec SC rotary instruments versus hand files for gutta-percha removal in root canal retreatment. *Int Endod J*. 2001;34(7):514-519.

Blum JY, Machtou P, Ruddle C, Micallef JP. Analysis of mechanical preparations in extracted teeth using ProTaper rotary instruments: value of the safety quotient. *J Endod*. 2003;29(9):567-575.

Bodrumlu E, Er O, Kayaoglu G. Solubility of root canal sealers with different organic solvents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008;106:67-69.

Bolhari B, Ehsani S, Etemadi A, Shafaq M, Nosrat A. Efficacy of Er,Cr:YSGG laser in removing smear layer and debris with two different output powers. *Photomed Laser Surg*. 2014;32:527-532.

Boussetta F, Bal S, Romeas A, Boivin G, Magloire H, Farge P. In vitro evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical Gutta-Percha condensation techniques. *Int Endod J*. 2003;36(5):367-371.

Brännström M. Smear layer: pathological and treatment considerations. *Oper Dent Suppl*. 1984;3:35-42.

Brannstrom M, Nordenvall KJ, Glantz PO. The effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study. *J Dent Res*. 1980;59(7):1127-1131.

Brito PR, Souza LC, Machado de Oliveira JC, Alves FR, De-Deus G, Lopes HP, Siqueira JF Jr. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endod*. 2009;35:1422-1427.

Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 1991;17(6):260-264.

Buehler WJ, Cross WB. 55-Nitinol unique wire alloy with memory. *Wire J.* 1969;2:41-49.

Bueno CE, Delboni MG, de Araújo RA, Carrara HJ, Cunha RS. Effectiveness of rotary and hand files in gutta-percha and sealer removal using chloroform or chlorhexidine gel. *Braz Dent J.* 2006;17(2):139-143.

Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod.* 2002;28(1):17-9.

Camargo SE, Valera MC, Camargo CH, Fonseca MB, Menezes MM. Effects of Nd:YAG laser irradiation on root canal dentin wall: a scanning electron microscopic study. *Photomed. Laser Surg.* 2005;23:399-404.

Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *J Endod.* 1987;13:541-545.

Carneiro SM, Sousa-Neto MD, Rached FA Jr, Miranda CE, Silva SR, Silva-Sousa YT. Push-out strength of root fillings with or without thermomechanical compaction. *Int Endod J.* 2012;45(9):821-828.

Carruth JA. Photodynamic therapy: the state of the art. *Lasers Surg Med.* 1986;6(4):404-407.

Cathro PR, Love RM. Comparison of MicroSeal and System B/Obtura II obturation techniques. *Int Endod J.* 2003;36(12):876-882.

Celikten BF, Uzuntas CI, Orhan A, Tufenkci P, Misirli M, O Demiralp K, Orhan K. Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *J Oral Sci.* 2015;57(4):361-366.

Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D. Coronal leakage in teeth root-filled with gutta-percha and two different sealers after long-term storage. *Endod Dent Traumatol.* 1997;13(2):82-87.

Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D. The effect of smear layer on microbial coronal leakage of guttapercha root fillings. *Int Endod J.* 1996;29:242–248.

Chandrasekar, Ebenezer AV, Kumar M, Sivakumar A. A comparative evaluation of gutta percha removal and extrusion of apical debris by rotary and hand files. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(11):110-114.

Christensen GJ. Bleaching teeth: report of a survey. *J Esthet Dent.* 1998;10(1):16-20.

Cireli E. Electron microscopic analysis of the pre-and postnatal differentiation of the epithelium of the upper respiratory tract of the rat. *Z Mikrosk Anat Forsch.* 1966;74(2):132-178.

Coluzzi DJ. An overview of lasers in dentistry. *Alpha Omegan.* 2008;101(3):125-126.

Coluzzi DJ. An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000;44(4):753-765.

Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):751-770.

Coluzzi DJ. Lasers in dentistry. *Compend Contin Educ Dent*. 2005;26(Suppl 6):429-435.

Coluzzi DJ, convissar RA. Lasers in clinical dentistry. *Dent Clin North Am*. 2004;48:xi-xii.

Coluzzi DJ, Goldstein AJ. Lasers in dentistry. An overview. *Dent Today*. 2004;23:120-127.

Convissar RA. The biologic rationale for the use of lasers in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2004;48(4):771-794.

Corona SA, Nascimento TN, Catirse AB, Lizarelli RF, Dinelli W, PalmaDibb RG. Clinical evaluation of lowlevel laser therapy and fluoride varnish for treating cervical dentinal hypersensitivity. *J Oral Rehabil*. 2003;30:1183-1189.

Cunha RS, De Martin AS, Barros PP, da Silva FM, de Castilho Jacinto R, da Silveira Bueno CE. 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. *J Endod*. 2007;33(12):1426-1428.

Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am*. 1990;34(1):13-25.

Çalışkan K. Endodontide Tanı ve Tedaviler. 1. bs. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi; 2006, s:435-600.

Çanakçı BC, Er O, Dincer A. Do the sealer solvents used affect apically extruded debris in retreatment? *J Endod*. 2015;41(9):1507-1509.

Dadresanfar B, Mehrvarzfar P, Saghiri MA, Ghafari S, Khalilak Z, Vatanpour M. Efficacy of two rotary systems in removing gutta-percha and sealer from the root canal walls. *Iran Endod J*. 2011;6(2):69-73.

Dall'Agnol C, Hartmann MS, Barletta FB. Computed tomography assessment of the efficiency of different techniques for removal of root canal filling material. *Braz Dent J.* 2008;19(4):306-312.

Davalou S, Gutmann JL, Nunn MH. Assessment of apical and coronal root canal seals using contemporary endodontic obturation and restorative materials and techniques. *Int Endod J.* 1999;32(5):388-396.

Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc.* 1993;124:57-61.

Dederich DN, Bushick RD. Lasers in dentistry: separating science from hype. *J Am Dent Assoc.* 2004;135:204-212.

Dederich DN, Zakariasen KL, Tulip J. Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod.* 1984;10:428-431.

de Mello Junior JE, Cunha RS, 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(1):e59-62

Demirbuga S, Pala K, Topçuoğlu HS, Çayabatmaz M, Topçuoğlu G, Uçar EN. Effect of different gutta-percha solvents on the microtensile bond strength of various adhesive systems to pulp chamber dentin. *Clin Oral Investig.* 2017;21(2):627-633.

De Moura-Netto C, de Freitas Carvalho C, de Moura AA, Davidowicz H, Antoniazzi JH. Influence of Nd:YAG and diode laser irradiation on apical sealing when associated with AH plus and EndoREZ endodontic cements. *Photomed Laser Surg.* 2007;25(5):413-417.

Dixit SK, Arora V, Loomba K, Dixit A, Gaunkar RB, Agarwal B, Misra A, Gupta NK. Comment on "Evaluation of Manual and Two-Rotary NiTi Retreatment Systems in Removing Gutta-Percha Obturated with Two Root Canal Sealers". *ISRN Dent*. 2013;27:694027.

Duncan HF, Chong BS. Removal of root filling materials. *Endod Topics*. 2008;19(1):33-57.

Eduardo C DE P, Gouw-Soares S. The use of lasers for endodontic applications in dentistry. *Med Laser Appl*. 2001;16:231–243.

Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod*. 2005;31(4):293-296.

Eldeniz AU, Ozer F, Hadimli HH, Erganis O. Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *Int End J*. 2007;40:112-119.

Emmanuel S, Shantaram K, Sushil KC, Manoj L. An in-vitro evaluation and compaction of apical sealing ability of three different obturation techniques – lateral condensation, obtura II, and thermafil. *J Int Oral Health*. 2013;5(2):35-43.

Emshoff R, Emshoff I, Moschen I, Strobl H. Diagnostic characteristics of pulpal blood flow levels associated with adverse outcomes of luxated permanent maxillary incisors. *Dent Traumatol*. 2004;20(5):270-275.

Eriksson AR, Albrektsson T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent*. 1983;50(1):101-107.

Ersev H, Yilmaz B, Dinçol ME, Dağlaroğlu R. The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers. *Int Endod J*. 2012;45(8):756-762.



Esteves-Oliveira M, de Guglielmi CA, Ramalho KM, Arana-Chavez VE, de Eduardo CP. Comparison of dentin root canal permeability and morphology after irradiation with Nd:YAG, Er:YAG, and diode lasers. *Lasers Med Sci.* 2010;25(5):755-60.

Evans D, Reid J, Strang R, Stirrups D. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of trauma- tised anterior teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1999;15(6):284-290.

Eversole LR, Rizoiu IM. Preliminary investigations on the utility of an erbium, chromium YSGG laser. *J Calif Dent Assoc.* 1995;23(12):41-47.

Eversole LR, Rizoiu IM, Kimmel AI. Pulpal responses to cavity preparation by an erbium,chromium:YSGG laser powered hydrokinetic system. *J Am Dent Assoc.* 1997;128:1099-1106.

Ezzie E, Fleury A, Solomon E, Spears R, He J. Efficacy of retreatment techniques for a resin-based root canal obturation material. *J Endod* 2006;32(4):341-344.

Farge P, Nahas P, Bonin P. In vitro study of a Nd: YAP laser in endodontic retreatment. *J Endod.* 1998;24(5):359-63.

Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *J Endod.* 2004;30(9):627-633.

Fava, LRG. Double flared technique. An alternative for biomechanical preparation. *J Endod.* 1983;10:491-498.

Fegan SE, Steiman HR. Comparative evaluation of the antibacterial effects of intracanal Nd:YAG laser irradiation: an in vitro study. *J Endod.* 1995;21:415-417.

Ferreira JJ, Rhodes JS, Ford TR. The efficacy of guttapercha removal using ProFiles. *Int End J.* 2001;34:267–274.

Finkbeiner RL. The results of 1328 periodontal pockets treated with the argon laser: selective pocket thermolysis, *J Clin Laser Med Surg.* 1995;13(4):273-281.

Fleming MG, Maillet WA. Photopolymerization of composite resin using the argon laser. *J Can Dent Assoc.* 1999;65(8):447-450.

Floratos DL, de la Rosette JJ. Lasers in urology. *Br J Urol.* 1999;84(2):204-211.

Frajlich SR, Goldberg F, Massone EJ, Cantarini C, Artaza LP. Comparative study of retreatment of Thermafil and lateral condensation endodontic fillings. *Int Endod J.* 1998; 31(5):354-357.

Frentzen M, Koort HJ, Thiensiri I. Excimer lasers in dentistry: future possibilities with advanced technology. *Quintessence Int.* 1992;23(2):117-133.

Frentzen M, Koort HJ. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology?. *Int Dent J.* 1990;40(6):323-332..

Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endod Topics.* 2002;2:59-88.

Friedman S, Abitbol T, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: The Toronto study. Phase 1: initial treatment. *J Endod.* 2003;29(12):787-793.

Friedman S, Moshonov J, Trope M. Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1992;73(5):609-612.

Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, Peters OA, Candeiro GTM. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018;32(suppl 1):e67.

Gençoğlu N, Samani S, Gunday M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1993a;19:558–562.

Gençoğlu N, Samani S, Gunday M. Evaluation of sealing properties of Thermafil and Ultrafil techniques in the absence or presence of smear layer. *J Endod.* 1993b;19:599–603.

Genc Sen O, Kaya M. Effect of root canal disinfection with a diode laser on postoperative pain after endodontic retreatment. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(2):85-90.

George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod.* 2008;34:1524-1527.

Gergi R, Sabbagh C. Effectiveness of two nickel-titanium rotary instruments and a hand file for removing gutta-percha in severely curved root canals during retreatment: an ex vivo study. *Int Endod J.* 2007;40(7):532-537.

Giuliani V, Cocchetti R, Pagavino G. Efficacy of ProTaper universal retreatment files in removing filling materials during root canal retreatment. *J Endod.* 2008;34(11):1381-1384.

Goerig A, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molars using the step-down technique. *J Endod.* 1982;8:550-554.

Gok T, Capar ID, Akcay I, Keles A. Evaluation of different techniques for filling simulated c-shaped canals of 3-dimensional printed resin. *J Endod.* 2017;43:1559-1564.

Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *J Endod.* 2001;27(5):362-364.

Goldman L. Applications of the Laser. 1<sup>st</sup> ed. Boca Raton: CRC Press; 1973, p:1-15.

Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman B. Impact of the laser on dental caries. *Nature.* 1964;203:417.

Goodis HE, White JM, Marshall SJ, Marshall GW Jr. Scanning electron microscopic examination of intracanal wall dentin: hand versus laser treatment. *Scanning Microsc.* 1993;7:979-987.

Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;37(6):954-961.

Gordon MP. The removal of gutta-percha and root canal sealers from root canals. *N Z Dent J.* 2005;101(2):44-52.

Gordon W, Atabakhsh VA, Meza F, Doms A, Nissan R, Rizoiu I, Stevens RH. 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*. *J Am Dent Assoc.* 2007;138(7):992-1002.

Gordon, JP. Zeiger HJ. Townes CH. Molecular microwave oscillator and new hyperfine structure in the microwave spectrum of NH<sub>3</sub>. *Phys.* 1954;95(1):282-284.

Gorduysus MO, Al-Rubai H, Salman B, Al Saady D, Al-Dagistani H, Muftuoglu S. Using erbium-doped yttrium aluminum garnet laser irradiation in different energy output levels versus ultrasonic in removal of root canal filling materials in endodontic retreatment. *Eur J Dent.* 2017;11(3):281-286.

Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J.* 2000;33:266-271.

Görüs Z. A comparative evaluation of smear layer removal by using different Er: YAG lasers parameters: an in-vitro scanning electron microscopic study. *Niger J Clin Pract.* 2018;21:1602-1606.

Görüş Z, Meşe A, Çetindağ MT, Evran OE. Dişhekimliğinde kullanılan Er: YAG lazerler. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2018;39(1):1-7.

Green J, Weiss A, Stern A. Lasers and radiofrequency devices in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2011;55(3):585-597.

Grossman LI. An improved root canal cement. *J Amer Dent Assoc.* 1958;56(3):381-385.

Grossman LI. *Endodontic Practice.* 10<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Lea and Febiger; 1988, p: 242-270.

Gu LS, Ling JQ, Wei X, Huang XY. Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *Int Endod J.* 2008;41(4):288–295.

Guess GM. Predictable Therma-fil removal technique using the system-B heat source. *J Endod.* 2004;30(1):61.

Gupta R, Dhingra A, Panwar NR. Comparative evaluation of three different obturating techniques lateral compaction, thermafil and calamus for filling area and voids using cone beam computed tomography: An in vitro study. J Clin Diagn Res. 2015;9(8):15-17.

Gurbuz T, Ozdemir Y, Kara N, Zehir C, Kurudirek M. Evaluation of root canal dentin after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. J Endod. 2008;34:318-321.

Gutknecht N. Lasers in endodontics. J. Laser Health Academy. 2008;4(2).

Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. Int Endod J. 1993;26:87–92.

Gutmann JL, Rakusin H. Perspectives on root canal obturation with thermoplasticized injectable gutta-percha. Int Endod J. 1987;20(6):261-270.

Güler Ç, Uysal D. Diş hekimliğinde lazer: Bir literatür derlemesi. Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg. 2012;6:44-53.

Haapsalo M, Shen Y, Ricucci D. Reasons for persistent and emerging post treatment endodontic disease. Endod Topics. 2008;18:31-50.

Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. J Endod. 2008;34:1370–1373.

Harashima T, Takeda FH, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth, J Clin Laser Med Surg. 1997;15:131-135.

Harashima T, Takeda FH, Zhang C, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal walls. *Endod Dent Traumatol.* 1998;14(1):26-30.

Harvey TE, White JT, Leeb IJ. Lateral condensation stress in root canals. *J Endod.* 1981;7:151-155.

Himel VT, McSpadden JT, Goodis HE. Instruments, materials and devices. In: Cohen S, Hargreaves MK, eds. *Pathways of the Pulp*. 9<sup>th</sup> ed. St Louis: Mosby Elsevier; 2006, p:263-290.

Hoen MM, Pink FE. Contemporary endodontic retreatments: An analysis based on clinical treatment findings. *J Endod.* 2002;28:834–836.

Horvath SD, Altenburger MJ, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister JF. Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 2009;42:1032-1038.

Huang X, Ling J, Gu L. Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. *J Endod.* 2007;33(9):1102–1105.

Hulsmann M. Retreatment decision making by a group of general practitioners in Germany. *Int Endod J.* 1994;27:125-132.

Hulsmann M, Bluhm V. Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *Int Endod J.* 2004;37:468-476.

Hulsmann M, Rummelin C, Schafers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.* 1997;23:301-306.

Hulsmann M, Stotz S. Efficacy, cleaning ability and safety of different devices for gutta percha removal in root canal retreatment. *Int Endod J.* 1997;30:227-233.

Hwang JI, Chuang AH, Sidow SJ, McNally K, Goodin JL, McPherson JC. The Effectiveness of Endodontic Solvents to Remove Endodontic Sealers. *Mil Med.* 2015;3:92-95.

Imura N, Zuolo ML, Kherlakian D. Comparison of endodontic retreatment of laterally condensed gutta-percha and Thermafil with plastic carriers. *J Endod.* 1993;19(12):609-612.

Inan U, Aydin C, Tunca YM, Basak F. In vitro evaluation of matched-taper single-cone obturation with a fluid filtration method. *J Can Dent Assoc.* 2009;75(2):123.

Ingle JI, LeVine M. The need for uniformity of endodontic instruments, equipment and filling materials. In: Grossman LI, ed. *Transactions of the second international conference on endodontics.* Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 234; 1958, p:123-142.

Ingle JI, Simon JH, Machtou P, Bogaerts P. Outcome of endodontic treatment and re-treatment. In: Ingle JI, Bakland LK, eds. *Endodontics.* 5<sup>th</sup> ed. London: BC Decker Inc; 2002, p:747-768.

Ingle JI, Taintor JF. *Endodontics.* 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1985, p:100-122.

Ishizaki NT, Matsumoto K, Kimura Y, Wang X, Kinoshita J, Okano SM, Jayawardena JA. Thermographical and morphological studies of Er,Cr:YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomed Laser Surg.* 2004;22:291-297.



Jacobson HL, Xia T, Baumgartner JC, Marshall JG, Beeler WJ. Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *J Endod.* 2002;28(4):269-271.

Jafarzadeh H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2009;42(6):476-490.

Javan A, Bennett WR, Jr Herriott DR. Population inversion and continuous optical maser oscillation in a gas discharge containing a He-Ne mixture. *Phys.* 1961;6(3):106-110.

Jawad MM, AbdulQader ST, Zeidan BB, Zeidan AA, AbdulQader IT, Naji AW. An overview: Laser applications in dentistry. *Int J Pharmacol.* 2011;7(2):189-197.

Jiang S, Zou T, Li D, Chang JW, Huang X, Zhang C. Effectiveness of sonic, ultrasonic, and photon-induced photoacoustic streaming activation of NaOCl on filling material removal following retreatment in oval canal anatomy. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(1):3-10.

Jindal D, Sharma M, Raisingani D, Swarnkar A, Pant M, Mathur R. Volumetric analysis of root filling with cold lateral compaction, Obtura II, Thermafil, and Calamus using spiral computerized tomography: An In vitro Study. *Indian J Dent Res.* 2017;28(2):175-180.

Johnson JD. Root canal filling materials. In: Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC, eds. *Ingle's Endodontics*. 6<sup>th</sup> ed. Hamilton: BC Decker Inc; 2008, p:1019-1087.

Johnson W, Kulild JC, Tay F. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In: Hargreaves KM, Berman LH, eds. *Cohen's Pathways of the Pulp*. 11<sup>th</sup> ed. St. Louis: Elsevier; 2016, p:280-315.

Joy DC, Joy CS. Low Voltage Scanning Electron Microscopy. *Micron*. 1996;27(3-4):247-263.

Jurič IB, Anić I. The use of lasers in disinfection and cleanliness of root canals: a review. *Acta Stomatol Croat*. 2014;48(1):6-15.

Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1965;20:340–349.

Kanaparthi A, Kanaparthi R. The Comparative Efficacy of Different Files in The Removal of Different Sealers in Simulated Root Canal Retreatment- An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(5):ZC130-133.

Karatas E, Kol E, İbrahim S, Bayrakdar E, Arslan H. The effect of chloroform, orange oil and eucalyptol on root canal transportation in endodontic retreatment. *Aust Endod J*. 2015;42:37-40.

Karlovic Z, Pezelj-Ribaric S, Miletic I, Jukic S, Grgurevic J, Anic I. Erbium: YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. *J Endod*. 2005;31:821-823.

Katge F, Chimata VK, Poojari M, Shetty S, Rusawat B. Comparison of cleaning Efficacy and Instrumentation Time between Rotary and Manual Instrumentation Techniques in Primary Teeth: An in vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2016;9(2):124-127.

Kautzky M, Susani M, Steurer M, Schenk P. Soft-tissue effects of the holmium:YAG laser: an ultrastructural study on oral mucosa. *Lasers Surg Med*. 1997;20(3):265-271.

Kaya ÜB, Kececi DA. Kök Kanal Tedavisi Başarısızlıklarında Retreatment Uygulamaları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 2004;13(4):1-6.

Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. Clin Oral Investig. 2014;18(4):1147-1153.

Keles A, Arslan H, Kamalak A, Akcay M, Sousa-Neto MD, Versiani MA. Removal of filling material from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. J Endod. 2015;41:219-221.

Keles A, Kamalak A, Keskin C, Akçay M, Uzun İ. 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. Aust Endod J. 2016;42:104-111.

Kelsey WP 3rd, Blankenau RJ, Powell GL, Barkmeier WW, Cavel WT, Whisenant BK. Enhancement of physical properties of resin restorative materials by laser polymerization. Lasers Surg Med. 1989;9(6):623-627.

Keskin C, Saryılmaz E, Güler DH. Efficacy of novel thermomechanically treated reciprocating systems for gutta-percha removal from root canals obturated with warm vertical compaction. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2018;12(2):110-115.

Keskin C, Saryilmaz E, Saryilmaz O. Effect of solvents on apically extruded debris and irrigant during root canal retreatment using reciprocating instruments. Int Endod J. 2017;50(11):1084-1088.

Kınsın S, Aktören O. Laser in endodontics. The journal of the dental Faculty of Istanbul. 2004;38:59-67.

Kim K, Kim DV, Kim SY, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. Restor Dent Endod. 2019;44(2):e18.

Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J*. 2000a;33(3):173-185.

Kimura Y, Wilder-Smith P, Yonaga K, Matsumoto K. Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *J Clin Periodontol*. 2000b;27:715-721.

Kimura Y, Yamazaki R, Goya C, Tomita Y, Yokoyama K, Matsumoto K. A comparative study on the effects of three types of laser ir- radiation at the apical stop and apical leakage after obturation. *J Clin Laser Med Surg*. 1999; 17(6):261-266.

Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Kinoshita J, Ogata Y, Matsumoto K. Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. *J Endod*. 2002;28:76-78.

Kivanc BH, Ulusoy OI, Gorgul G. Effects of Er:YAG laser and Nd:YAG laser treatment on the root canal dentin of human teeth: a SEM study. *Lasers Med Sci*. 2008;23:247-252.

Knight NN, Lie T, Clark SM, Adams DF. Hypersensitive dentin: testing of procedures for mechanical and chemical obliteration of dentinal tubuli. *J Periodontol*. 1993;64:366-373.

Kokuzawa C, Ebihara A, Watanabe S, Anjo T, Bolortuya G, Saegusa H, Suda H. Shaping of the root canal using Er:YAG laser irradiation. *Photomed Laser Surg*. 2012;30:367-373.

Komori T, Yokoyama K, Takato T, Matsumoto K. Clinical application of the erbium:YAG laser for apicoectomy. *J Endod*. 1997;23:748-750.

Koppang HS, Koppang R, Solheim T, Aarnes H, Stølen SO. Cellulose fibers from endodontic paper points as an etiological factor in postendodontic periapical granulomas and cysts. *J Endod*. 1989;15(8):369-372.

Korkut E, Torlak E, Gezgin O, Özer H, Şener Y. Antibacterial and smear layer removal efficacy of Er:YAG laser irradiation by Photon-Induced photoacoustic streaming in primary molar root canals: a preliminary study. *Photomed Laser Surg.* 2018;36(9):480-486.

Kosti E, Lambrianidis T, Economides N, Neofitou C. Ex vivo study of the efficacy of H-files and rotary Ni–Ti instruments to remove gutta-percha and four types of sealer. *Int Endod J.* 2006;39(1):48-54.

Kutsch VK. Dental caries illumination with the Argon laser. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery.* 1993;11(66):323-327.

Küçükay S, Küçükay I, Yılmaz B. Kök kanalı şekillendirme yöntemleri. İstanbul: Promat AS; 2004, s:11-38.

Kvist T, Reit C. The perceived benefit of endodontic retreatment. *Int Endod J.* 2002;35:359–365.

LaCombe JS, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GB Jr. A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *J Endod.* 1988;14(9):445-450.

Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentine and gutta-percha. *J Endod.* 2002;28(10):684-688.

Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifácio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in

Leonardo MV, Goto EH, Torres CR, Borges AB, Carvalho CA, Barcellos DC. Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *J Oral Sci.* 2009;51(4):593-599.

Levy G. Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J Endod.* 1992;18:123-127.

Lin S, Liu Q, Peng Q, Lin M, Zhan Z, Zhang X. The ablation threshold of Er: YAG laser and Er, Cr: YSGG laser in dental dentin. *Sci Res Essays*. 2010;5:2128-2135.

Lin LM, Pascon EA, Skribner J, Gangler P, Langeland K. Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Rad Endod*. 1991;71:603–611.

Lipski M, Woźniak K. In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperature rises during thermafil retreatment using system B. *J Endod*. 2003;29(6):413-415.

Lloyd A, Gutmann J, Dummer P, Newcombe R. Microleakage of Diaket and amalgam in root-end cavities prepared using MicroMega sonic retro-prep tips. *Int Endod J*. 1997;30(3):196-204.

Loest C. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*. 2006;39(12):921-930.

Lottanti S, Tauböck TT, Zehnder M. Shrinkage of backfill gutta-percha upon cooling. *J Endod*. 2014;40(5):721-724.

Ma J, Al-Ashaw AJ, Shen Y, Gao Y, Yang Y, Zhang C, Haapasalo M. Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment system for gutta-percha removal from oval root canals: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2012;38(11):1516-1520.

Machida T, Wilder-Smith P, Arrastia AM, Liaw LH, Berns MW. Root canal preparation using the second harmonic KTP:YAG laser: a thermographic and scanning electron microscopic study. *J Endod*. 1995;21:88-91.

Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smear layer on root canal walls. *J Endod*. 1984;10:477-483.

Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J*. 2007;40(11):873-881.

Mandel E, Friedman S. Endodontic retreatment: A rational approach to root canal reinstrumentation. *J Endod*. 1992;18(11):565-569.

Marciano MA, Bramante CM, Duarte MA, Delgado RJ, Ordinola-Zapata R, Garcia RB. Evaluation of single root canals filled using the lateral compaction, tagger's hybrid, microseal and guttaflow techniques. *Braz Dent J*. 2010;21(5):411-415.

Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TV, Duarte MA, Cavenago BC, Garcia RB, Bramante CM, Bernardineli N, Moraes IG. Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *Int Endod J*. 2011;44(4):321-329.

Marques da Silva B, Baratto-Filho F, Leonardi DP, Henrique Borges A, Volpato L, Branco Barletta F. Effectiveness of ProTaper, D-RaCe, and Mtwo retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material. *Int Endod J*. 2012;45:927-932.

Martinho FC, Freitas LF, Nascimento GG, Fernandes AM, Leite FR, Gomes AP, Camões IC. Endodontic retreatment: clinical comparison of reciprocating systems versus rotary system in disinfecting root canals. *Clin Oral Investig*. 2015;19:1411-1417.

Martos J, Bassotto SPA, Gonza PM, Ferrer-Luque MC. Dissolving efficacy of eucalyptus and orange oil, xylol and chloroform solvents on different root canal sealers. *Int Endod J*. 2011;44:1024–1028.

Martos J, Gastal MT, Sommer L, Lund RG, Del Pino FA, Osinaga PW. Dissolving efficacy of organic solvents on root canal sealers. *Clin Oral Investig*. 2006;10:50-54.

Masiero AV, Barletta FB. Effectiveness of different techniques for removing gutta-percha during retreatment. *Int Endod J*. 2005;38(1):2-7.

Matsuoka E, Jayawardena JA, Matsumoto K. Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Surg*. 2005;23(5):480-484.

McKinley IB Jr, Ludlow MO. Hazards of laser smoke during endodontic therapy. *J Endod*. 1994;20(11):558-559.

McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *Int Endod J*. 2003;36(9):629-635.

Meire MA, Coenye T, Nelis HJ, De Moor RJ. Evaluation of Nd:YAG and Er:YAG irradiation, antibacterial photodynamic therapy and sodium hypochlorite treatment on *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J*. 2012;45:482-491.

Meister J, Franzen R, Forner K, Grebe H, Stanzel S, Lampert F, Apel C. Influence of the water content in dental enamel and dentin on ablation with erbium YAG and erbium YSGG lasers. *J Biomed Opt*. 2006;11(3):34030.

Meryon SD, Brook AM. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int Endod J*. 1990;23:196-202.

Michanowicz A, Czonstkowsky M. Sealing properties of an injection-thermoplasticized low-temperature (70 degree C) Gutta-percha: a preliminary study. *J Endod*. 1984;10(12):563-566.

Michelich VJ, Schuster GS, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res*. 1980;59(8):1398-1403.



Michelotto AL, Moura-Netto C, Araki AT, Akisue E, Moura AA, Sydney GB. In vitro analysis of thermocompaction time and gutta percha type on quality of main canal and lateral canals filling. *Braz Oral Rez.* 2010;24(3):290-295.

Midda M, Renton-Harper P. Lasers in dentistry. *Br Dent J.* 1991;170(9):343-346.

Miller M, Truhe T. Lasers in dentistry: An overview. *J Am Dent Assoc.* 1993;124(2):32-35.

Miserandino LJ, Levy G, Miserandino CA. Laser interaction with biologic tissues. In: Miserandino LJ, Pick RM, eds. *Lasers in Dentistry*. 1<sup>st</sup> ed. Illinois: Quintessence Publishing; 1995a, p:39-55.

Miserandino LJ, Levy G, Rizoiu IM. Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. *J Endod.* 1995b;21:83-87.

Mittal N, Jain J. Spiral computed tomography assessment of the efficacy of different rotary versus hand retreatment system. *J Conserv Dent.* 2014;17:8-12.

Mohammadi Z. Laser applications in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 2009;59(1):35-46.

Mohammadi Z, Jafarzadeh H, Shalavi S, Kinoshita JI, Giardino L. Lasers in Apicoectomy: A Brief Review. *J Contemp Dent Pract.* 2017;18(2):170-173.

Mokhtari H, Rahimi S, Forough Reyhani M, Galledar S, Mokhtari Zonouzi HR. Comparison of push-out bond strength of gutta-percha to root canal dentin in single-cone and cold lateral compaction techniques with AH Plus sealer in mandibular premolars. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2015;9(4):221-225.

Mollo A, Botti G, Principi Goldoni N, Randellini E, Paragliola R, Chazine M, Ounsi HF, Grandini S. Efficacy of two Ni-Ti systems and hand files for removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J.* 2012;45(1):1-6.

Montero-Miralles P, Torres-Lagares D, Segura-Egea JJ, Serrera-Figallo MÁ, Gutierrez-Perez JL, Castillo-Dali G. Comparative study of debris and smear layer removal with EDTA and Er,Cr:YSGG laser. J Clin Exp Dent. 2018;10(6):e598-e602.

Moogi PP, Rao RN. Cleaning and shaping the root canal with an Nd:YAG laser beam: A comparative study. J Conserv Dent. 2010;13:84-88.

Morgan, LF., Montgomery, S. An evaluation of the crown-down pressureless technique. J Endod. 1984;10:491-498.

Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations, Quintessence Int, 1997;28(3):205-209.

Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Aoid M, Reichenbach P, Lothaller MA, Wernisch J, Sperr W. Long-term effects of CO2 laser irradiation on treatment of hypersensitive dental necks: results of an in vivo study. J Clin Laser Med Surg. 1998a;16:211-215.

Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Sperr W. Advantages of a pulsed CO2 laser in direct pulp capping: a long-term in vivo study. Lasers Surg Med. 1998b;22(5):288-293.

Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A. Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 1995;79:221-225.

Myers ML. The effect of laser irradiation on oral tissues, J Prosthet Dent. 1991;66(3):395-397.

Najeeb S, Khurshid Z, Zafar MS, Ajlal S. Application of light amplification by stimulated emission of radiation (lasers) for restorative dentistry. *Med Princ Pract.* 2016;25(3):201-211.

Nayir Y. Tekrarlanan Kanal Tedavileri. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2011;283:209-216.

Neev J, Liaw LH, Raney DV, Fujishige JT, Ho PD, Berns MW. Selectivity, efficiency, and surface characteristics of hard dental tissues ablated with ArF pulsed excimer lasers. *Lasers Surg Med.* 1991;11(6):499-510.

Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J.* 2011;44(7):583-609.

Nizam N, Kaval M, Gürlek Ö, Atila A, Çalışkan M. Intentional replantation of adhesively reattached vertically fractured maxillary single-rooted teeth. *Int Endod J.* 2016;49(3):227-236.

Oh S, Perinpanayagam H, Kum DJW, Lim SM, Yoo YJ, Chang SW, Lee W, Baek SH, Zhu Q, Kum KY. Evaluation of three obturation techniques in the apical third of mandibular first molar mesial rootcanals using micro-computed tomography. *J Dent Sci.* 2016;11(1):95-102.

Oliveira RG, Gouw-Soares S, Baldochi SL, Eduardo CP. Scanning electron microscopy (SEM) and optical microscopy: effects of Er:YAG and Nd:YAG lasers on apical seals after apicoectomy and retrofill. *Photomed Laser Surg.* 2004;22:533-536.

Olivi G, DiVito EE. Advanced Laser-Activated Irrigation: PIPS<sup>TM</sup> Technique and Clinical Protocols. In: Olivi G, De Moor R, DiVito E, eds. *Lasers in Endodontics.* Cham: Springer; 2016, p:216-291.

Orhan K, Aksoy U, Can-Karabulut DC, Kalender A. Low-level laser therapy of dentin dentin hypersensitivity: a short-term clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2011;26(5):591-598.

Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater.* 2001;17(6):512-519.

Ozyurek T, Demiryurek EÖ. Efficacy of Different Nickel-Titanium Instruments in Removing Gutta-percha during Root Canal Retreatment. *J Endod.* 2016;42(4):646-649.

Özcan A. Sevimay M. Diş hekimliğinde lazer. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci.* 2016;22(2):122-129.

Özer SY, Basaran E. Evaluation of microleakage of root canal fillings irradiated with different output powers of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser. *Aust Endod J.* 2013;39:8-14.

Özer SY, Ünlü G, Değer Y. Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three case reports with two-year follow-up. *J Endod.* 2011;37(1):97-102.

Özkurt-Kayahan Z, Barut G, Ulusoy Z, Oruçoğlu H, Kayahan MB, Kazazoğlu E, Haznedaroğlu F. Influence of post space preparation on the apical leakage of calamus, single-cone and cold lateral condensation obturation techniques: A computerized fluid filtration study. *J Prosthodont.* 2019;28(5):587-591.

Paghdiwala AF. Root resection of endodontically treated teeth by erbium: YAG laser radiation. *J Endod.* 1993;19:91-94.

Pagonis TC, Fong CD, Hasselgren G. Retreatment decisions—A comparison between general practitioners and endodontic postgraduates. *J Endod.* 2000;26:240–241.

Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2010;36(4):703-707.

Parente JM, Loushine RJ, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller RN, Pashley DH, Tay FR.. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J*. 2010;43:1001-1012.

Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*. 1981;46(5):531-537.

Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol*. 1988;33(4):265-270.

Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA. Debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with laser-activated irrigation. *J Endod*. 2018;44(11):1697-1701.

Pawley J. The development of field-emission scanning electron microscopy for imaging biological surfaces. *Scanning*. 1997;19(5):324-336.

Pecora JD, Brugnera-Júnior A, Cussioli AL, Zanin F, Silva R. Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application. *Lasers Surg Med*. 2000;26:277-281.

Peeters HH, Suardita K. Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *J Endod*. 2011;37:1585-1589.

Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod.* 2007;33(2):106-109.

Perry C, Kulild JC, Walker MP. Computed of warm vertical compaction protocols to obturate artificially created defects in the apical one-third. *J Endod.* 2013;39(9):1176-1178.

Peters OA, Barbakow F, Peters CI: An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root canal preparation techniques. *Int Endod J.* 2004;37:849-859.

Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-567.

Peters OA, Peters CI, Basrani B. Cleaning and Shaping of the Root Canal System. In: Hargreaves KM, Berman LH, eds. *Cohen's Pathways of the Pulp.* 11<sup>th</sup> ed. St. Louis: Elsevier; 2016, p:209-234.

Pick RM. Using lasers in clinical dental practice. *J Am Dent Assoc.* 1993;124(4):37-47.

Pick RM, Colvard MD. Current status of lasers in soft tissue dental surgery. *J Periodontol.* 1993;64(7):589-602.

Pick RM, Powell GL. Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dent Clin North Am.* 1993;37(2):281-296.

Pinheiro ET, Gomes BP, Ferraz CC, Sousa EL, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J.* 2003;36:1-11.

Pirani C, Pelliccioni GA, Marchionni S, Montebugnoli L, Piana G, Prati C. Effectiveness of three different retreatment techniques in canals filled with compacted gutta-percha or Thermafil: A scanning electron microscope study. *J Endod*. 2009;35:1433-1440.

Potts TV, Petrou A. Argon laser initiated resin photopolymerization for the filling of root canals in human teeth. *Lasers Surg Med*. 1991;11:257-262.

Powell GL, Whisenant BK. Comparison of three lasers for dental instrument sterilization. *Lasers Surg Med*. 1991;11(1):69-71.

Quinto JJr, Amaral MM, Francci CE, Ana PA, Moritz A, Zezell DM. Evaluation of intra root canal Er,Cr:YSGG laser irradiation on prosthetic post adherence. *J Prosthodont*. 2019;28:e181-e185.

Race J, Zilm P, Ratnayake J, Fitzsimmons T, Marchant C, Cathro P. Efficacy of laser and ultrasonic-activated irrigation on eradicating a mixed-species biofilm in human mesial roots. *Aust Endod J*. 2019; doi: 10.1111/aej.12334.

Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*. 1995;28(1):12-18.

Rechenberg DK, Paqué F. Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *Int Endod J*. 2013;46(6):547-555.

Reddy N, Admala SR, Dinapadu S, Pasari S, Reddy MP, Rao MS. Comparative analysis of efficacy and cleaning ability of hand and rotary devices for gutta-percha removal in root canal retreatment: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2013;14(4):635-643.

Regan JD, Gutmann JL. Preparation of the root canal system. In: Pitt Ford TR, eds. *Endodontics in Clinical Practice*. 5<sup>th</sup> ed. Londra: Elsevier Science; 2004, p:77-88.

Ricucci D, Siqueira JF Jr. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod*. 2010;36:1-15.

Ricucci D, Siqueira JF Jr, Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *J Endod*. 2009;35(4):493-502.

Rizoiu I, Kohanghadosh F, Kimmel AI, Eversole LR. Pulpal thermal response to an erbium, chromium:YSGG pulsed laser hydrokinetic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Endod Oral Radiol*. 1998;86:220-223.

Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *J Endod*. 1985;11(5):203-209.

Rocca JP, Jasmin JR, Duprez JP. Removal of calcified attached denticle with a pulsed dye laser. A case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994;77(3):281-284.

Roda RS, Gettleman BH. Nonsurgical Retreatment. In: Hargreaves KM, Berman LH, eds. *Cohen's Pathways of the Pulp*. 11<sup>th</sup> ed. St. Louis: Elsevier; 2016, p:324-381.

Rosa RAd, Santini MF, Cavenago BC, Pereira JR, Duarte MAH, Só MVR. Micro-CT evaluation of root filling removal after three stages of retreatment procedure. *Braz Dent J*. 2015;26(6):612-618.

Rossi-Fedele G, Ahmed HM. Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *J Endod*. 2017;43(4):520-526.



Rödig T, Hausdörfer T, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals: A micro-computed tomography study. *Int Endod J.* 2012;45:580-589.

Rödig T, Hülsmann M, Mühge M, Schäfers F. Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2002;35(11):919-928.

Rödig T, Kupis J, Konietschke F, Dullin C, Drebenstedt S, Hülsmann M. Comparison of hand and rotary instrumentation for removing gutta-percha from previously treated curved root canals: a microcomputed tomography study. *Int Endod J.* 2014;47:173-182.

Rödig T, Wagner J, Wiegand A, Rizk M. Efficacy of the ProTaper retreatment system in removing Thermafil, GuttaCore or vertically compacted gutta-percha from curved root canals assessed by micro-CT. *Int Endod J.* 2018;51:808-815.

Ruddle J. Nonsurgical retreatment. *J Endod.* 2004;30:827–845.

Ruddle CJ. The ProTaper technique: shaping the future of endodontics. *Advanced endodontics.* 2005;1-4.

Ruddle CJ. Filling root canal systems: the Calamus 3-D obturation technique. *Dent Today.* 2010;29(4):76,78-81.

Sae-Lim V, Rajamanickam I, Lim BK, Lee HL. Effectiveness of ProFile.04 taper rotary instruments in endodontic retreatment. *J Endod.* 2000;26:100-104.

Safavi KE, Spangberg LSW, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. *J Endod.* 1990;16:207–210.

Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *Int Endod J*. 2002;35(10):859-866.

Sasaki KM, Aoki A, Ichinose S, Ishikawa I. Ultrastructural analysis of bone tissue irradiated by Er:YAG Laser, *Lasers Surg Med*. 2002;31:322-332.

Saunders WP, Whitters CJ, Strang R, Moseley H, Payne AP, McGadey J. The effect of an Nd:YAG pulsed laser on the cleaning of the root canal and the formation of a fused apical plug. *Int Endod J*. 1995;28:213-220.

Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*. 1974;18:269-296.

Schirrmeister JF, Wrbas KT, Meyer KM, Altenburger MJ, Hellwig E. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. *J Endod*. 2006;32(5):469-472.

Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1971;32:271-275.

Schoop U, Barylyak A, Goharkhay K, Beer F, Wernisch J, Georgopoulos A, Sperr W, Moritz A. The impact of an erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tipson endodontic treatment. *Lasers Med Sci*. 2009;24(1):59-65.

Schoop U, Goharkhay K, Klimscha J, Zagler M, Wernisch J, Georgopoulos A, Sperr W, Moritz A. The use of the Erbium, Chromium:Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet laser in endodontic treatment: the results of an in vitro study. *J Am Dent Assoc*. 2007;138(7):949-955.

Schuller DE. Use of the laser in the oral cavity. *Otolaryngol Clin North Am*. 1990;23(1):31-42.

Schwandt NW, Gound TG. Resorcinol-formaldehyde resin “Russian Red” endodontic therapy. *J Endod.* 2003;29(7):435-437.

Schwarz F, Arweiler N, Georg T, Reich E. Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine. *J Clin Periodontol.* 2002;29:211-215.

Seidler, B. Root canal fillings: an evaluation and method. *J Am Dent Assoc.* 1956;53(5):567-576.

Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J.* 1995;28(3):141-8.

Senia ES, Marraro RV, Mitchell JL. Cold sterilization of gutta-percha cones with formocresol vapors. *J Am Dent Assoc.* 1977;94(5):887-890.

Shoji S, Nakamura M, Horiuchi H. Histopathological changes in dental pulps irradiated by CO<sub>2</sub> laser: a preliminary report on laser pulpotomy. *J Endod.* 1985;11(9):379-384.

Silva AC, Guglielmi C, Meneguzzo DT, Aranha AC, Bombana AC, de Paula Eduardo C. Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er,Cr:YSGG laser irradiation. *Photomed Laser Surg.* 2010;28(1):103-108.

Simon S, Pertot WJ. Clinical Success in Endodontic Retreatment. Paris: Quintessence International; 2009, p:44-72.

Šimundić Munitić M, Bago I, Glockner K, Kqiku L, Gabrić D, Anić I. Effect of different laser treatments on the bond strength of intracanal fiber posts cemented with a self-adhesive resin cement. *J Prosthodont.* 2019;28:e290-e296.

Siqueira JF. Aetiology of root canal treatment failure: Why well-treated teeth can fail. *Int Endod J.* 2001;34:1–10.

Siqueira JF, Alves FR, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, Neves MA, Sousa-Neto MD. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by Self-Adjusting File, Reciproc, and Twisted File systems. *J Endod.* 2013;39(8):1044-1050.

Siqueira JF Jr, Rôças IN. Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. *J Endod.* 2008;34:1291–1301.

Só MV, Saran C, Magro ML, Vier-Pelisser FV, Munhoz M. Efficacy of ProTaper retreatment system in root canals filled with gutta-percha and two endodontic sealers. *J Endod.* 2008;34(10):1223-1225.

Soares F, Varella CH, Pileggi R, Adewumi A, Guelmann M. Impact of Er,Cr:YSGG laser therapy on the cleanliness of the root canal walls of primary teeth. *J Endod.* 2008;34:474-477.

Somma F, Cammarota G, Plotino G. Effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the retreatment of three different root canal filling materials. *J Endod.* 2008;34:466-469.

Sousa BCd, Gomes FdA, Ferreira CM, Rocha MMdNP, Barros EB, Albuquerque DSd. Persistent extra-radicular bacterial biofilm in endodontically treated human teeth: scanning electron microscopy analysis after apical surgery. *Microsc Res Tech.* 2017;80(6):662-627.

Stabholz A, Khayat A, Ravanshad SH, McCarthy DW, Neev J, Torabinejad M. Effects of Nd:YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. *J Endod.* 1992;18:371-375.

Stabholz A, Neev J, Liaw LH, Khayat A, Torabinejad M. Effect of ArF- 193 nm excimer laser on human dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1993;75(1):90-94.

Stamos DE, Stamos DG, Perkins SK. Retreatodontics and ultrasonics. *J Endod.* 1988;14:39-42.

Stern RH, Sognnaes RF. Laser effect on dental hard tissues. A preliminary report, *J South Calif Dent Assoc.* 1965;33(1):17-19.

Strindberg L. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. *Acta Odontol Scand.* 1956;14(21):1-175.

Suk M, Bago I, Katić M, Šnjarić D, Munitić MŠ, Anić I. The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming in the removal of calcium silicate-based filling remnants from the root canal after rotary retreatment. *Laser Med Sci.* 2017;32(9):2055-2062.

Sulieman M. An overview of the use of lasers in general dental practice: 2. Laser wavelengths, soft and hard tissue clinical applications. *Dent Update.* 2005;32(5):286-8,291-4,296.

Suman S, Verma P, Prakash-Tikku A, Bains R, Kumar-Shakya V. A Comparative Evaluation of Smear Layer Removal Using Apical Negative Pressure (EndoVac), Sonic Irrigation (EndoActivator) and Er:YAG laser - An In vitro SEM Study. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(8):e981-e987.

Sun G, Tunér J. Low-level laser therapy in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):1061-1076.

Swetha HB, Dhamodaran T, Kini A, Shubhashini N. Uses of lasers in endodontics. *Journal of Advanced Clinical & Research Insights.* 2016;3(1):33-37.

Şahinkesen G. Endodontide "retreatment". *Gülhane Tıp Dergisi.* 2006;48:59-61.

Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent.* 2016;10:144-147.

Tachinami H, Katsuumi I. Removal of root canal filling materials using Er:YAG laser irradiation. *Dent Mater J.* 2010;29:246-452.

Takahashi K, Kimura Y, Matsumoto K. Morphological study of root canal walls with ER:YAG laser. *J Jpn Endod Assoc.* 1996;17:197-203.

Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J.* 1999;32:32-39.

Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices, *J Clin Laser Med Surg.* 1998a;16:117-122.

Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod.* 1998b;24(8):548-551.

Tanboğa İ, Eren F, Altinok B, Peker S, Berker YG, Özyöneş G. Kök kanal tedavisinde er:yag lazerin smear tabakası üzerine etkisi: SEM çalışması. *J Dent Fac Atatürk Uni.* 2011;21(2):74-81.

Tang HM., Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod.* 2002;28:5-7.

Tani Y, Kawada H. Effects of laser irradiation on dentin. I. Effect on smear layer. *Dent Mater J.* 1987;6:127-134.

Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J.* 2008;41(3):191-196.

Tewfik HM, Pashley DH, Horner JA, Sharawy MM. Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. J Endod. 1993;19:492-497.

Topçuoğlu HS, Kesim B. Endodontide lazerin uygulama alanları. Sağlık bilimleri dergisi. 2013;23:227-231.

Torabinejad M, Anderson P, Bader J, Brown LJ, Chen LH, Goodacre CJ, Kattadiyil MT, Kutsenko D, Lozada J, Patel R, Petersen F, Puterman I, White SN. Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. J Prosthet Dent. 2007;98(4):285-311.

Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. J Endod. 2009;35(7):930-937.

Torabinejad M, Goodacre CJ. Endodontic or dental implant therapy: the factors affecting treatment planning. J Am Dent Assoc. 2006;137(7):973-977.

Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94(6):658-666.

Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. J Endod. 1990;16:566-569.

Tronstad L, Asbjornsen K, Doving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. Endod Dent Traumatol. 2000;16:218-221.

Unal GC, Kaya BU, Tac AG, Kececi AD. A comparison of the efficacy of conventional and new retreatment instruments to remove gutta-percha in curved root canals: an ex vivo study. *Int Endod J.* 2009;42:344-350.

Vajrabhaya L-o, Suwannawong SK, Kamolroongwarakul R, Pewklieng L. Cytotoxicity evaluation of gutta-percha solvents: Chloroform and GP-Solvent (limonene). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98(6):756-759.

Van As G. Erbium lasers in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2004;48(4):1017-1059.

Venturi M. Evaluation of canal filling after using two warm vertical gutta-percha compaction techniques in vivo: a preliminary study. *Int Endod J.* 2006;39(7):538-546.

Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod.* 2005;31:877-881.

Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;58(5):589-599.

Viducic D, Jukic S, Karlovic Z, Bozic Z, Miletic I, Anic I. Removal of gutta-percha from root canals using an Nd:YAG laser. *Int Endod J.* 2003;36:670-673.

Violich DR, chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010;43:2-15.

Visuri SR, Walsh JT Jr, Wigdor HA. Erbium laser ablation of dental hard tissue: effect of water cooling. *Lasers Surg Med.* 1996;18(3):294-300.

Vogel A, Venugopalan V. Mechanisms of pulsed laser ablation of biological tissues. *Chem Rev.* 2003;103(2):577-644.



Walsh LJ. The current status of laser applications in dentistry. *Aust Dent J*. 2003;48:146-155.

Walsh JT Jr, Cummings JP. Effect of the dynamic optical properties of water on midinfrared laser ablation. *Lasers Surg Med*. 1994;15:295-305.

Wang X, Cheng X, Liu X, Wang Z, Wang J, Guo C, Zhang Y, He W. Bactericidal Effect of Various Laser Irradiation Systems on *Enterococcus faecalis* Biofilms in Dentinal Tubules: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study. *Photomed Laser Surg*. 2018;36(9):472-479.

Wang X, Cheng X, Liu B, Liu X, Yu Q, He W. Effect of Laser-Activated Irrigations on Smear Layer Removal from the Root Canal Wall. *Photomed Laser Surg*. 2017;35(12):688-694.

Wauters T, Wauters J. Should the dentin smear layer be preserved or eliminated? (Review of the literature). *Rev Belge Med Dent* (1984). 2000;55(2):93-103.

Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1971;31(3):416-420.

Weine SF. *Endodontic Therapy*. 5<sup>th</sup> ed. St Louis: Mosby; 1995, s:164.

Weller RN, Kimbrough WF, Anderson RW. A comparison of thermoplastic obturation techniques: adaptation to the canal walls. *J Endod*. 1997;23(11):703-706.

Wesselink P, Root Filling Techniques. In: Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C. *Textbook of Endodontology*, 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Wiley Blackwell; 2010, p:219-232.

Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh JT. The effect of lasers on dental hard tissues. *J Am Dent Assoc*. 1993;124(2):65-70.

Wilcox LR. Thermafil retreatment with and without chloroform solvent. J Endod. 1993;19(11):563-566.

Wilder-Smith PE. A new method for the non- invasive measurement of pulpal blood flow. Int Endod J. 1988;21(5):307-312.

Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. J Endod. 1985;11:385-388.

Winn DW 2nd. Lasers in dentistry: soft tissue capabilities. Pract Proced Aesthet Dent. 2003;15(10):803-805.

Wintner E, Strassl M. Basic information on lasers. In: Moritz A, ed. Oral Laser Applications. 1<sup>st</sup> ed. Berlin: Quintessence; 2006, p:1-55.

Wong R. Conventional endodontic failure and retreatment. Dent Clin North Am. 2004;48:265-289.

Wu MK, Sluis L, Wesselink P. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. Int Endod J. 2003;36(3):218-224.

Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. Int Endod J. 2001;34:137-141.

Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. J Endod. 1983;9:137-142.

Yamazaki R, Goya C, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Study on apical leakage of the teeth after argon laser treatment and obturation. J Clin Laser Med Surg. 1999;17(3):121-125.

Yamazaki R, Goya C, Yu DG, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. J Endod. 2001;27:9-12.

Yanpiset K, Vongsavan N, Sigurdsson A, Trope M. Efficacy of laser Doppler flowmetry for the diagnosis of revascularization of reim-planted immature dog teeth. Dent Traumatol. 2001;17(2):63-70.

Yasuda Y, Kawamorita T, Yamaguchi H, Saito T. Bactericidal effect of Nd:YAG and Er:YAG lasers in experimentally infected curved root canals. Photomed Laser Surg. 2010;28:75-78.

Yavari HR, Rahimi S, Shahi S, Lotfi M, Barhaghi MH, Fatemi A, Abdolrahimi M. Effect of Er, Cr:YSGG laser irradiation on Enterococcus faecalis in infected root canals. Photomed Laser Surg. 2010;1:91-96.

Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P. Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. J Endod. 1977;3(5):168-174.

Yilmaz HG, Bayindir H, Cengiz E, Berberoğlu A. Dentin hassasiyeti ve tedavi yöntemleri. Cumhuriyet Dent J. 2012;15(1):71-82.

Yilmaz HG, Cengiz E, KurtulmusYilmaz S, Leblebicioglu B. Effectiveness of Er,Cr:YSGG laser on dentine hypersensitivity: a controlled clinical trial. J Clin Periodontol. 2011a;38(4):341-346.

Yilmaz Z, Karapinar SP, Ozcelik B. Efficacy of rotary Ni-Ti retreatment systems in root canals filled with a new warm vertical compaction technique. Dent Mater J. 2011b;30(6):948-953.

Yu DG, Kimura Y, Tomita Y, Nakamura Y, Watanabe H, Matsumoto K. Study on removal effects of filling materials and broken files from root canals using pulsed Nd:YAG laser. J Clin Laser Med Surg. 2000;18(1):23-8.

Zharikov EV, Zhekov VI, Kulevskii LR, Murina TM, Osiko W, Prokhorov AM, Smirnov W, Starikov BP, Timoshehkin MI. Stimulated emission from Er<sup>3+</sup> ions in yttrium aluminum garnet crystals at  $\lambda = 2.94 \mu\text{m}$ . Sov J Quantum Electron. 1975;4:1039-1040.

## EKLER

### Ek 1: Etik Kurul Onayı

EK= 612-2018



#### ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 18.01.2018  
Toplantı No : 2018/54  
Proje No : 517

Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Atakan Kalender'in sorumlu araştırmacısı olduğu, YDU/2018/54-517 proje numaralı ve "Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi (Retreatment) Sonrası Artık Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasında, Er,Cr:YSGG Lazerin Etkinliğinin Değerlendirilmesi" başlıklı proje önerisi kurulumuzca değerlendirilmiş olup, etik olarak uygun bulunmuştur.

1. Prof. Dr. Rüştü Onur
2. Prof. Dr. Nerin Bahçeciler Önder
3. Prof. Dr. Tamer Yılmaz
4. Prof. Dr. Şahan Saygı
5. Prof. Dr. Şanda Çalı
6. Prof. Dr. Nedim Çakır
7. Prof. Dr. Kaan Erler
8. Doç. Dr. Ümran Dal Yılmaz
9. Doç. Dr. Nilüfer Galip Çelik
10. Yrd. Doç. Dr. Emil Mammadov

(BAŞKAN)

(ÜYE)

(ÜYE)

(ÜYE)

(ÜYE)

(ÜYE)

(ÜYE)

(ÜYE)

(ÜYE) KATILMADI

(ÜYE)

**Ek 2: Tezden Gerçekleştirilen Uluslararası Hakemli Dergide (SCI-Expanded) Yayınlanan Makale.**

Abduljalil M, Kalender A. Efficacy of Er,Cr:YSGG Laser with Different Output Powers on Removing Smear Layer after Retreatment of Two Different Obturation Techniques. Photobiomodul Photomed Laser Surg, 2019; DOI: 10.1089/photob.2019.4642.

**Ek 3: Özgeçmiş**

|                   |                               |                     |             |
|-------------------|-------------------------------|---------------------|-------------|
| <b>Adı</b>        | MOHAMAD                       | <b>Soyadı</b>       | ABDULJALİL  |
| <b>Doğum Yeri</b> | HOMS                          | <b>Doğum Tarihi</b> | 13.08.1989  |
| <b>Uyruğu</b>     | SURİYE                        | <b>Tel</b>          | 05338600604 |
| <b>E-mail</b>     | mohamad_abduljalil@neu.edu.tr |                     |             |

|                         |                                 |                       |
|-------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| <b>Eğitim Düzeyi</b>    | <b>Mezun Olduğu Kurumun Adı</b> | <b>Mezuniyet Yılı</b> |
| <b>Doktora/Uzmanlık</b> | YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ         | 2019                  |
| <b>Yüksek Lisans</b>    | YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ         | 2015                  |
| <b>Lisans</b>           | YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ         | 2015                  |
| <b>Lise</b>             | ALFAISALIYA LİSESİ              | 2007                  |

**İş Deneyimi**

|                        |                                                       |                         |
|------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Görevi</b>          | <b>Kurum</b>                                          | <b>Süre (Yıl - Yıl)</b> |
| ARAŞTIRMA<br>GÖREVLİSİ | YAKIN DOĞU<br>ÜNİVERSİTESİ DİŞ<br>HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ | 2015 - HALEN            |

| <b>Yabancı Dilleri</b> | <b>Okuduğunu Anlama*</b> | <b>Konuşma*</b> | <b>Yazma*</b> |
|------------------------|--------------------------|-----------------|---------------|
| TÜRKÇE                 | ÇOK İYİ                  | ÇOK İYİ         | İYİ           |
| İNGİLİZCE              | ÇOK İYİ                  | ÇOK İYİ         | ÇOK İYİ       |
| ARAPÇA                 | ÇOK İYİ                  | ÇOK İYİ         | ÇOK İYİ       |

### **Bilgisayar Bilgisi**

| <b>Program</b>        | <b>Kullanma becerisi</b> |
|-----------------------|--------------------------|
| MICROSOFT WORD        | İYİ                      |
| MICROSOFT POWER POINT | İYİ                      |
| MICROSOFT EXCEL       | İYİ                      |