

**T. C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**

**TEKRARLAYAN KÖK KANAL
TEDAVİLERİNDE GUTA PERKA
ARTIKLARININ, DEBRİS VE SMEAR
TABAKASININ UZAKLAŞTIRILMASINDA
LAZER, SELF-ADJUSTING FİLE,
ULTRASONİK TEKNİKLERİNİN
ETKİNLİĞİNİN SEM İLE İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Aliye KAMALAK

**İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Doç.Dr. ALİ KELEŞ**

MALATYA-2015

**T. C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**

**TEKRARLAYAN KÖK KANAL
TEDAVİLERİNDE GUTA PERKA
ARTIKLARININ, DEBRİS VE SMEAR
TABAKASININ UZAKLAŞTIRILMASINDA
LAZER, SELF-ADJUSTING FİLE, ULTRASONİK
TEKNİKLERİNİN ETKİNLİĞİNİN SEM İLE
İNCELENMESİ**

Aliye KAMALAK

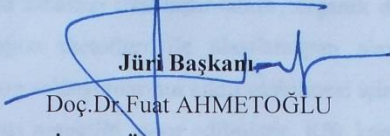
Danışman Öğretim Üyesi: Doç. Dr. Ali KELEŞ

MALATYA-2015

ONAY SAYFASI

UZMANLIK TEZİ TUTANAĞI

Endodonti Anabilim Dalımız uzmanlık öğrencisi Arş.Grv. Aliye KAMALAK'ın "Tekrarlayan Kök Kanal Tedavilerinde Guta Perka Artıklarının, Debris Ve Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Lazer, Self-Adjusting File, Ultrasonik Tekniklerinin Etkinliğinin Sem İle İncelenmesi" isimli tezi 11.05.2015 tarihinde aşağıda isimleri yer alan jürimiz tarafından incelenerek başarılı bulunmuş ve kendisinin sınava alınmasına karar verilmiştir.




Jüri Başkanı

Doç.Dr.Fuat AHMETOĞLU

İnönü Üni. Diş Hek. Fak.

Endodonti A.D.

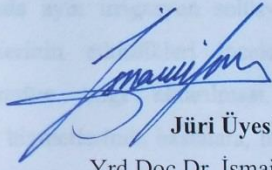


Jüri Üyesi

Doç.Dr. Ali KELEŞ

Ondokuz Mayıs Üni. Diş Hek. Fak.

Endodonti A.D.



Jüri Üyesi

Yrd.Doç.Dr. İsmail UZUN

Ondokuz Mayıs Üni. Diş Hek. Fak.

Endodonti A.D.

Bu tez, Fakülte yönetim kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.



Prof. Dr. Serkan POLAT

İnönü Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

ÖNSÖZ

Oval şekilli kanallarda kök kanal tedavisinin yenilenmesi esnasında eğeler ile ulaşılabilen alanlarda ve düzensizliklerde biriken debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması tedavinin başarısını etkilemektedir. Kök kanallarının dezenfeksiyonu ve temizlenebilmesi için yalnızca mekanik enstrümantasyon yeterli olmayıp preparasyon işleminin irrigasyon işlemi ile desteklenmesi önem arz etmektedir. Kök kanal tedavilerinin tekrarlanması esnasında yapılan irrigasyon işlemi ile kanal debrisleri ve smear tabakası uzaklaştırılabilir, organik doku artıkları çözülebilir ve mekanik preparasyon metotları ile ulaşılabilen alanlar temizlenebilir. Ancak kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkili olabilmesi için yüzeye direkt temas edecek şekilde uygulanması gerektiği rapor edilmiştir. Kök kanallarında geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon işlemi uygulanırken bazı sınırlamaların olduğu gözlenmiştir.

Bu tez çalışması ile kök kanal tedavisi yenilenen oval şekilli kanallarda debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında aynı irrigasyon solüsyonları kullanılan farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin etkinlikleri incelenmiştir. Ayrıca, kullanılan yöntemler hakkında literatüre bilgi aktarılması, kullanımlarının yaygınlaştırılması ve endodontik tedavi hizmetlerinde hastalara, hekimlere kolaylık sağlanması ve dolaylı olarak devlet ekonomisine katkı sağlanması amaçlandı.

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bütün akademik faaliyetlerimde ve bu tezin hazırlanmasından sonlandırılmasına kadar, çalışmanın her aşamasında yardım, öneri ve desteğini hep hissettiğim danışman hocam Doç. Dr. Ali KELEŞ'e;

Bu tezin hazırlanmasında yardım, öneri ve desteğini benden esirgemeyen Doç. Dr. Hakan Arslan'a ve Yrd. Doç. Dr. Merve Akçay'a;

Uzmanlık eğitimim boyunca desteklerini hep hissettiğim Doç. Dr. Fuat AHMETOĞLU ve Yrd. Doç. Dr. Neslihan ŞİMŞEK'e; çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Sinan OCAK, Arş. Gör. Dt. Hatice ALÇİN, Arş. Gör. Dt. Seren İSPİR, Arş. Gör. Dt. Elçin BULUT, Arş. Gör. Dt. Levent AKINCI ve Arş. Gör. Dt. Ezgi KAYNAK'a;

Hayatım boyunca her başarımda emeği olan, maddi ve manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, sevgi ve ilgisiyle bana her zaman destek olan canım annem Rukiye DERTSİZ'e ve babam Prof.Dr.Ergün KASAP'a;

Bana her zaman destek olan, hayatımı her zaman daha güzel ve daha anlamlı kılan hayat arkadaşım, canım eşim Hakan KAMALAK'a;

Sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kök kanal tedavisi yenilenen oval şekilli kanallarda debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin etkinliklerinin incelenmesidir.

90 adet oval şekilli alt kanin dişlerinin kök kanalları prepare edildi ve sıcak vertikal kompaksiyon tekniğiyle dolduruldu. Kök kanal tedavilerinin tekrarlanması, döner aletler ile yapıldı. Örnekler rastgele 6 gruba (n=15) ayrıldı ve her gruba aynı irrigasyon protokolleri ile farklı ajitasyon teknikleri uygulandı: R-Endo retreatment eğesi, R-Endo + Er: YAG lazer, R-Endo+ PIPS lazer, R-Endo+ Nd: YAG lazer, R-Endo+ SAF, R-Endo+ Ultrasonik. Ardından, tüm kökler SEM değerlendirilmesi için uzunlamasına ikiye bölündü. SEM resimleri kullanarak, açık dentin tübül sayısı ve debris ile kaplanan yüzey alanı değerlendirildi.

Değişkenlerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U test kullanıldı. Parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında ise Friedman Testi ve ikili karşılaştırmalarında Bonferroni Düzeltmeli Wilcoxon işaret testi kullanıldı. Grup içi iki nokta karşılaştırmalarında Wilcoxon İşaret Testi kullanıldı. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

Smear tabakasının ve debris kalıntılarının kök kanallarında apikal bölgeden koronale doğru azaldığı belirlendi. Özellikle koronal bölgede R-Endo+ Er: YAG lazer grubunda elde edilen smear tabakası diğer gruplardan anlamlı derecede düşük bulundu ($p<0.05$). Tekniklerin hiçbiri debris ve smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamıştır. Farklı ajitasyon yöntemlerinin ek olarak kullanımı, döner aletlerle kök kanal tedavilerinin tekrarlanması işleminden sonra smear tabakasının ve debris kalıntılarının uzaklaştırılmasına katkı sağlar.

Anahtar Kelimeler: Retreatment, Ultrasonik, SAF, PIPS Lazer, Er: YAG Lazer, Nd: YAG Lazer, Oval şekilli kanal

ABSTRACT

The purpose of this study, the effectiveness of different irrigation activation methods, used in the removal of debris and smear layer in the oval-shaped channel, compared with conventional irrigation methods. So, the methods are more effective for root canal have been identified.

90 oval-shaped lower canine teeth root canals were prepared and filled with warm vertical compaction technique. Retreatment was performed with rotary files. Samples were divided randomly into 6 groups (n = 15) and different agitation techniques were applied each group with the same irrigation protocols: R-Endo retreatment files, R-Endo + Er: YAG laser, R-Endo + PIPS laser, R-Endo + Nd: YAG laser, R-Endo + SAF, R-Endo + Ultrasonic. Then all root canals were divided longitudinally to evaluate with SEM. The number of open dentinal tubules and surface area covered with debris were assessed using SEM images.

Between-group comparisons of variables Kruskal Wallis test and differences in the determination of the cause must be modified Bonferroni Mann-Whitney U test was used. The parameters of intragroup comparisons should be modified Bonferroni at the Friedman test and Wilcoxon signed rank test was used for pairwise comparisons. Wilcoxon Sign Test was used for intergroup comparison of two points. Significance of $p < 0.05$ was considered.

It was determined that the smear layer from the coronal to the apical region progressed towards reduced. Particularly in the coronal region: the smear layer obtained Er: YAG laser group were significantly lower than the other groups ($p < 0.05$). In our study was observed to be more successful than traditional methods of each group.

Keywords: Retreatment, Ultrasonic, SAF, PIPS Laser, Er: YAG Laser, Nd: YAG Laser, Oval-Shaped Canal

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
ÖNSÖZ	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xiv
GRAFİKLER DİZİNİ	xv
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kanal Tedavisi Tekrarı (Retreatment)	4
2.1.2. Kanal Tedavisinin Tekrarlanması Sırasında Kullanılan Mekanik ve Kimyasal Yöntemler	4
2.1.2.1. Kanal Tedavisinin Tekrarlanması Sırasında Kullanılan Mekanik Yöntemler	4
2.1.2.1.1. Döner Aletler ile Kök Kanal Dolgu Maddelerinin Uzaklaştırılması	4
2.1.2.1.1.1. R-Endo	5
2.1.2.2. Kanal Tedavisinin Tekrarlanması Sırasında Kullanılan Kimyasal Yöntemler	6
2.2. Smear Tabakası	7
2.2.1.Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemler	8
2.2.1.1.Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Kullanılan Kimyasal Yöntemler	8
2.2.1.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Mekanik Yöntemler	10
2.2.1.2.1. Kanül ya da İğne ile Yapılan Şırınga İrrigasyonu	10
2.2.1.2.2. Ultrasonikler	12

2.2.1.2.3. Lazer	15
2.2.1.2.3.1. Lazer Fiziği	15
2.2.1.2.3.1.1. Lazerin doku üzerindeki etkisi	17
2.2.1.2.3.1.1.1. Fototermal Etkiler	17
2.2.1.2.3.1.1.2. Fotokimyasal Etki	17
2.2.1.2.3.1.1.3. Fotomekanik ve Fotoelektriksel Etkiler	17
2.2.1.2.3.2. Diş Hekimliğinde Lazer	18
2.2.1.2.3.2.1. Nd: YAG lazer	20
2.2.1.2.3.2.2. Er: YAG Lazer	22
2.2.1.2.3.2.3. Foton-İndüklü Foto-Akustik Dalgalı Lazer (PIPS-Er: YAG lazer)	24
2.2.1.2.4. Self - Adjusting File (SAF)	26
2.3. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)	31
3. GEREÇ ve YÖNTEM	33
3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması	33
3.2. Kök Kanal Dolgusu	34
3.3. Kanal Tedavisinin Yenilenmesi	35
3.4. Grupların Oluşturulması	35
3.5. Örnek Kesitlerinin Hazırlanması	38
3.6. SEM Değerlendirmesi	38
3.6.1. Smear Tabakasının Değerlendirilmesi	39
3.6.2 Debrisin Değerlendirilmesi	42
3.7. İstatistiksel Değerlendirme	43
4. BULGULAR	44
4.1 Debris Sonuçlarının Değerlendirilmesi	44
4.2. Smear Skorlarının Değerlendirilmesi	45

4.2.1. Kök Kanallarının Koronal Bölgesindeki Smear Tabakası Skorlarının Değerlendirilmesi	45
4.2.2. Kök Kanallarının Orta Bölgesindeki Smear Tabakası Skorlarının Değerlendirilmesi	47
4.2.3. Kök Kanallarının Apikal Bölgesindeki Smear Tabakası Skorlarının Değerlendirilmesi	49
5. TARTIŞMA	50
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
7. KAYNAKLAR	69
EKLER	92
EK.1: Etik Kurul Onayına Olduğuna Dair Belge	92
ÖZGEÇMİŞ	94

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

EDTA: Etilen-Diamin Tetra-Asetik Asit

CO₂ Lazer: Karbondioksit Lazer

Nd: YAG Lazer: Neodyum: Yitriyum Aluminyum Garnet Lazer

Er: YAG Lazer: Erbiyum: Yitriyum Aluminyum Garnet Lazer

PIPS Lazer: Foton-İndüklü Foto-Akustik Dalgalı Lazer

Er: Cr: YSGG Lazer: Erbiyum-Kromyum-Yitriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet

SAF: Self-Adjusting File

UI: Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi

PUI: Pasif Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi

Ni-Ti: Nikel-Titanyum

Na⁺: Sodyum

Cl⁻: Klorür

Ca(OH)₂: Kalsiyum hidroksit

pH: Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)

rpm: Revolutions per minute (dakikadaki devir sayısı) (dakika/devir)

CT: Computed Tomography (Bilgisayarlı Tomografi)

°C: Derece (Santigrad)

FDA: Food Drug and Administration

ISO: International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilatı)

SEM: Scanning Electron Microscope

EDTAC: Cetavlon ilave edilmiş Etilen-Diamin-Tetraasetik Asit

W: Watt (Güç birimi)

Pps: Pulse per Second

mj: Milijoule

Hz: Hertz (Tekrarlama hızı, saniyedeki atım sayısı)

kHz: Kilohertz

ml: Mililitre

dk: Dakika

sn: Saniye

nm: Nanometre

µm: Mikrometre



RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: Lazerin Etkileri	16
Resim 2. Dişlerin ikiye ayrıldıktan sonraki görüntüsü	38
Resim 3. Çalışmamızda açık dentin tübüllerinin Adobe Photoshop yazılımı ile sayılmasının örnek bir görünümü	40
Resim 4. Koronal, orta ve apikal bölgede incelenen 7 farklı nokta (KB: Koronal-Bukkal; KM: Koronal-Merkez; KL: Koronal-lingual; OB: Orta-bukkal; OM: Orta-merkez; OL: Orta-lingual; AM: Apikal-merkez;)	41
Resim 5. Debris skorlarının temsili görüntüsü (skor 1,2,3) (x100 büyütme)	42

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Grup içi ve gruplar arası debris sonuçlarının değerlendirilmesi	44
Tablo 2. Grup içi ve gruplar arası koronal bölgedeki smear tabakasında açıkta kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi	46
Tablo 3: Grup içi ve gruplar arası orta bölgedeki smear tabakasında açıkta kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi	48
Tablo 4: Grup içi ve gruplar arası apikal bölgedeki smear tabakasında açıkta kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi	49
Tablo 6: Grup içi lingual noktada koronal ve orta bölgelerde smear tabakasında açıkta kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi	H a t a ! Y e r i ş a r e t i t a
Tablo 7: Grup içi orta noktada koronal, orta ve apikal bölgelerde smear tabakasında açıkta kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi	H a t a ! Y e r i ş a r e t i t a

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1. Grupların apikal, orta ve koronal bölgede debris tabakası skorlarının ortalama ve standart sapma değerleri 45

Grafik 2. Grupların koronal bölgesinin bukkal, orta ve lingual kısımlarındaki açıkta kalan tübül sayıları ile smear tabakasının ortalama ve standart sapma değerleri 47

Grafik 3: Grupların orta bölgesinin bukkal, orta ve lingual kısımlarındaki açıkta kalan tübül sayıları ile smear tabakasının ortalama ve standart sapma değerleri 48

Grafik 4. Grupların apikal bölgesinde açıkta kalan tübül sayıları ile smear tabakasının ortalama ve standart sapma değerleri 49



1.GİRİŞ

Endodontik tedaviler sırasında kanalın üç boyutlu olarak şekillendirilmesi ve temizlenmesi önemli aşamalardan biridir. Ancak, dikkat edilmeden uygulanan kök kanal tedavilerinde sıklıkla başarısızlıkla karşılaşmaktadır. Daha önce yapılmış olan kök kanal tedavisinin başarısız olduğuna karar verilirse, kanal tedavisinin tekrarlanması (retreatment) düşünülmesi gereken tedavi seçeneklerinden biridir. Yayınlanan literatür raporları; kanal tedavisinin tekrarlanması başarı oranını %55-95 olarak bildirmiştir (1).

Kanal tedavisinin tekrarlanmasının başarısını eski kök kanal dolgusunun yeterli miktarda uzaklaştırılıp uzaklaştırılamaması etkilemektedir. Kanal tedavisinin tekrarlanması işleminde kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılması geriye kalan artık maddelerin ve mikrobiyal popülasyonun elimine edilmesi açısından şarttır (2). Kanal tedavisinin tekrarlanması süresince artık maddelerin ve enfekte dentinin kaldırılması, kök kanallarının bütünüyle ve etkin olarak temizlenip şekillendirilmesi için dişin anatomisine ve morfolojisine uygun bir şekillendirme sisteminin seçilmesi gerekmektedir. Kök kanallarının şekillendirilmesinde çeşitli eğe sistemleri kullanılmaktadır ve bu amaçla günümüzde döner aletler daha çok tercih edilmektedir. Döner aletler kanalda yuvarlak kesitli genişletme yapmaya meyillidir ve bu yuvarlak kesitli preparasyon sonucunda oval kanalların merkezinde ya da sadece bir yanında eğeleme gerçekleşmektedir (3). Döner eğe sistemleri farklı çaplarda eğe sistemleri kullanarak daha geniş çapta, yuvarlak şekilli kanalların oluşmasına olanak sağlar. Oval şekilli kanallarda NiTi döner eğeler yuvarlak preparasyon oluşturma eğiliminde olduğu ve tedavi edilmemiş bukkal ve lingual alanlar bıraktığı gözlenmiştir (4, 5).

Farklı eğeleme sistemleri ile yapılan genişletme, dezenfeksiyon ve doldurma işlemlerinden sonra kök kanal sisteminde temizlenmeden kalan bölgeler bulunabilmektedir (6). Yeterince temizlenemeyen ve şekillendirilemeyen kök kanallarında kalan mikroorganizmalar ile nekrotik doku artıkları gibi zararlı etkenler tedavinin başarısını olumsuz etkileyerek periapikal alanda iltihabi bir reaksiyon oluşturabilir (7). Siqueira ve Roças, kök kanal tedavisi esnasında kök kanalında var

olan bakterilerin kök kanal tedavisinin başarısını önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Kanal tedavisinin başarısız olmasına neden olan, mikroorganizmaların biriktiği ve iyileşmeyi olumsuz etkileyen bölgelerin tespit edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir (8). Özellikle iyileşmeyi olumsuz etkileyebilen ve eğeleme işlemi ile ulaşılamayan isthmuslar, oval çıkıntılar ve apikal deltalar gibi bölgelerin kanal tedavisinin tekrarlanması işlemi süresince yeterince ulaşılması ve temizlenmesi önem arz etmektedir.

Eğeleme esnasında ulaşılamayan alanlar ve düzensizlikler debrisler için bir sığınak görevi görmektedir. Bu alanlarda biriken debrislerin ve smear tabakasının klasik irrigasyon metotları ile uzaklaştırılması oldukça zordur (9). Kök kanal egesinin ulaşamadığı alanlarda debrislerin uzaklaştırılması mümkün olamamaktadır. Debrisin uzaklaştırılmaması ise kök kanalı antiseptiklerinin etkinliğinin ve patların dentine tutunma etkinliğinin azalmasına ve bunun sonucunda kanal dolgusunun başarı oranının düşmesine neden olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı kök kanallarının dezenfeksiyonu ve temizlenebilmesi için yalnızca mekanik enstrümantasyon yeterli olmayıp preparasyon işleminin irrigasyon işlemi ile desteklenmesi önem arz etmektedir (10). Kök kanal tedavisi esnasında yapılan irrigasyon işlemi ile kanal debrisleri ve smear tabakası uzaklaştırılabilir, organik doku artıkları çözülebilir ve mekanik preparasyon metotları ile ulaşılamayan alanlar temizlenebilir (11).

Ancak, yapılan çalışmalar, önceki kök kanal dolgusunun tamamen uzaklaştırılmasının mümkün olmadığını göstermiştir (12). Özellikle kök kanalının apikal kısmının temizlenmesi orta ve koronal kısma göre daha zordur (13) ve daha fazla miktarda artık guta perka bırakılmaktadır. Gu ve ark. yapmış oldukları çalışmada, tek köklü düz maksillar dişlerin kök kanallarında ProTaper Universal retreatment eğelerinin kullanımı sonrası kanalın apikal kısmındaki artık guta perka miktarının %13,4 olduğu gözlenmiştir (14). Takahashi ve ark. tarafından yapılan benzer bir çalışmada, bu oran %14,2-%27,9 olarak bulunmuştur (12).

Geniş bir mesio-distal kesite sahip mandibular kanin dişinde ise servikal bölgede görülebilen oval form apikale doğru yuvarlak bir form kazanır. Apikal

bölümde de oval kanal formuna rastlanabilmektedir (15). Bu nedenle çalışmamızda mandibular kanin dişleri seçildi.

Bu çalışmanın amacı, kök kanal tedavisi yenilenen oval şekilli kanallarda debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin etkinliklerinin incelenmesidir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kanal Tedavisi Tekrarı (Retreatment)

Endodontik tedavinin başarısı, doğru bir tanıdan sonra, kök kanallarının iyi bir şekilde temizlenmesi ve şekillendirilmesi, dezenfeksiyonun sağlanması ve üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır. Bu basamakların herhangi birinde eksiklik veya yetersizlik söz konusu olduğunda tedavi büyük bir olasılıkla başarısız olmaktadır. Bu nedenle başarısız olan kök kanal tedavisinin yenilenerek, buna neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması ve dişin sağlığına kavuşması için yapılan endodontik işlemlere; kanal tedavisi tekrarı veya retreatment adı verilmektedir. Kanal tedavisinin endodontik olarak yenilenmesi için, kök kanal boşluğuna girilmesi ve önceki kanal dolgusunun tamamıyla kanallardan uzaklaştırılması gerekmektedir. Önceki kanal dolgusunun iyi bir şekilde uzaklaştırılması kök kanal tedavisinin yenilenmesinde başarıyı arttırmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan kanal dolgu malzemesi guta-perkadır. Dolayısıyla guta perkanın kanal içinden tamamen uzaklaştırılması kanal tedavisinin tekrarlanmasının en önemli basamağıdır (16).

2.1.2. Kanal Tedavisinin Tekrarlanması Sırasında Kullanılan Mekanik ve Kimyasal Yöntemler

2.1.2.1. Kanal Tedavisinin Tekrarlanması Sırasında Kullanılan Mekanik Yöntemler

2.1.2.1.1. Döner Aletler ile Kök Kanal Dolgu Maddelerinin Uzaklaştırılması

Yapılan çalışmalarda, döner Ni-Ti sistemlerin guta-perkayı uzaklaştırmada etkin ve hızlı olduğu belirtilmiştir (17-20).

Isı taşıyıcı sistemlerle doldurulmuş kök kanal sistemlerindeki guta-perkanın uzaklaştırılmasında özel olarak dizayn edilen ProTaper retreatment eğeleri gibi NiTi döner aletler etkili bir şekilde kullanılabilir (21-23).

Çeşitli döner Ni-Ti aletler, 350-1000 rpm hızda kullanıldığında guta perkayı uzaklaştırmada etkili olabilmektedir. Dönüş hızının, guta perkayı mekanik olarak yumuşatıp koronal yönde uzaklaşmasını sağlayacak şekilde seçilmesi önerilmiştir (24).

2.1.2.1.1.1. R-Endo

R-Endo kanal tedavisinin yenilenmesinde kullanılmak üzere üretilmiştir. Bu sistemde döner eğeler 300-400 devir/dk arasında kullanılmaktadır. Fleksibilitesi ile kanal anatomisini uyumu, güvenli bir şekilde kullanılabilmesi, guta-perkayı etkili bir şekilde uzaklaştırabilmesi ile temizlik kalitesinin yüksek olması, çok az vibrasyon oluşturması, zaman kazandırıcı özelliğinin olması R-Endo sisteminin başta gelen avantajlarından. R-Endo eğeleri apikalde irrigasyon sağlayarak apikal bölgenin dezenfeksiyonuna katkıda bulunmaktadır. Yapısı nedeniyle kanal tedavisinin tekrarlanması süresince kanalın düzgün şekillendirilmesine ve ardından doldurulmasına olanak tanımaktadır. Koniklik açıları, bıçak aralıkları ve uzunlukları kanalın çeşitli bölgeleri için özel olarak tasarlanan sistem, InGeT ve klasik başlıklarla kullanılmak üzere iki tipte üretilmiştir. Eğelerin kullanıldıkları bölge için özel olarak üretildiği, kök kanal dolgu materyalini etkili bir şekilde uzaklaştırabildiği, kök kanalında çevresel temizleme yapabildiği bildirilmiştir (25). R-Endo, biri elle, diğer dört tanesi motorla kullanılmak üzere tasarlanmış toplam beş aletten oluşan bir sistemdir. Aletler işlem sırasına göre R_m, R_e, R₁, R₂, R₃ olarak kodlanmıştır. Açıları ve uzunlukları kanalın bölümlerine göre adapte edilmiştir. R_m ile; paslanmaz çelikten üretilmiş el eğesi ile kanal dolgusunun sert kısımları kaldırılır. Çeyrek tur basınç ile gutta içine doğru çevrilip çekilir. Sonraki aletlerin kanal içinde çalışmasını sağlayacak şekilde kanal dolgu malzemesine yuva açar. Baskı ile apekse doğru çeyrek tur döndürülerek kullanılır. R_e; Ni-Ti 0,12 açılı ve 25 numaralı döner egedir. Kesici kısmı 10 mm'dir. Pulpa odasından kanala 1-3 mm kadar girerek giriş yolunu düzleştirir. R₁; 0,08 açılı ve 25 numaralı döner Ni-Ti egedir. Koronal 1/3 lük kısımda kullanılır. R₂ ile orta 1/3 lük kısım kaldırılır. R₃ 0,04 açılı ve 25 numaralı Ni-Ti döner egedir. Çalışma boyutunda kullanılarak apikal bölge temizlenir (25, 26).

2.1.2.2. Kanal Tedavisinin Tekrarlanması Sırasında Kullanılan Kimyasal Yöntemler

Guta perka; kloroform, karbon disülfid, benzen, ksilen ve ökaliptol gibi belirli yağlar içinde yumuşayarak çözünmektedir (16). Guta perkanın iyi kondanse edildiği vakalarda çözücü ile işlem kolaylaşır. Özellikle eğri kanalarda apikal bölgeye ulaşılmasının zor olduğu bir tıkanma durumunda çözücü kullanımı gerekebilir (16).

Kloroform solüsyonu eritici özelliğini kısa sürede gösterdiği için en sık kullanılan ve en etkili maddelerden birisidir. Ancak kloroformun karsinojenik etkisi ileri sürülerek diş hekimliğinde kullanılması önerilmemektedir. *Ksilen* ise kloroforma kıyasla daha az çözücüdür. Yavaş eritici etkisi ve toksik olması nedeni ile pratik uygulamalarda tercih edilmemektedir ancak, seanslar arasında uzun dönemde guta perkanın çözülmesi için alternatif olarak kullanılabilir (27). *Ökaliptol*, kloroformdan daha az toksiktir ve antibakteriyel özelliğe sahiptir. Ancak toksiktir ve eritici etkisi çok azdır. Isıtıldığında kloroform ile kıyaslanabilen bir etkinliğe ulaşabilir (27). Wennberg ve Ørstavik, *metil kloroformun* kloroforma en iyi alternatif olduğunu bildirmişlerdir (27). Bu solüsyon kloroforma kıyasla daha az toksiktir ve karsinojeniktir. *Haloten*, kloroforma oranla daha güvenli ve çalışması kolay bir çözücüdür. Kloroform kadar etkili, ökaliptolün 2 katı kadar etkilidir (28, 29). *Turpentin*, çözücülük etkisi çok düşük, toksik etkisi kloroform ve halotandan daha fazla olan bir çözücüdür (30). *Karbon Tetraklorit* ise yüksek oranda toksik ve karsinojen bir çözücüdür. Klinik olarak kullanılmamaktadır (29). Oldukça etkili bir çözücü olan *benzen* potansiyel karsinojen ve yanıcı özelliği yüksek olduğundan dolayı klinik olarak kullanılmamaktadır (29, 30).

Guta perkanın yoğun doldurulmuş kanallardan kaldırılmasında çözücü kullanılması yararlıdır. Eğri kanalarda, eksik yapılmış kanal dolgularında çözücü kullanılması basamak ve perforasyon oluşumunun önüne geçebilmektedir (31, 32).

2.2. Smear Tabakası

Kök kanalları şekillendirilirken, kanal duvarları üzerinde dentin, pulpa dokusu kalıntıları, odontoblast uzantıları, kan hücreleri ve bakterilerden oluşan 1- 2 mikrometre kalınlığında bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabakaya smear tabakası denir. Kemomekanik işlemler sırasında kök kanal duvarları üzerinde de oluşan bu düzensiz tabakanın; inorganik ve organik komponentlerden oluşan bir yapı olduğu belirtilmiştir (33). İnorganik komponentini, mine ve dentin dokularının el aletleri veya döner aletlerle kesilmesi sonucu doku yüzeyinde ortaya çıkan ve dentin tübüllerini kapatan dentin talaşları; organik komponentini ise mikroorganizmalar, kan hücreleri, koagüle olmuş proteinler, canlı ve nekrotik pulpa artıkları ve odontoblast uzantılarının parçalarının oluşturduğu bildirilmiştir (34).

Kök kanallarının preparasyonu sırasında smear tabakası oluşumu, ilk olarak McComb ve Smith tarafından bildirilmiştir (35). Smear tabakası iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, yüzeysel olan kısımdır. İkinci bölüm ise dentin tübüllerine penetre olan kısımdır. Yüzeysel olan kısım, 1-5 µm kalınlığında olup uzaklaştırılması daha kolaydır. Dentin tübüllerine penetre olan kısım ise 6-40 µm derinliğinde olup uzaklaştırılması daha zordur (36).

Smear tabakasının yapısı ve kök kanal duvarlarından uzaklaştırılması çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Yapılan çalışmaların çoğu smear tabakasının kaldırılmasını desteklemektedir ve kök kanal duvarlarından smear tabakası uzaklaştırılmasının önemini ortaya koymuştur (33, 34).

Bazı araştırmacılar, smear tabakasının bakterileri ve bakteri toksinlerini içerdiğini ve dentin tübüllerine içine penetre olabilen bakterileri koruyabilen, üremesi için ortam oluşturabilen ve dentin tübüllerine bakteri geçişine izin verebilen fiziksel bir bariyer görevi gördüğünü öne sürmüşlerdir (37-40). Bazı araştırmacılar smear tabakasının yan kanallara ve dentin tübüllerine içine kök kanal dolgu materyallerinin penetrasyonunu önlediği ve bu nedenle kök kanallarının daimi dolgusu yapılmadan önce smear tabakasının uzaklaştırılması gerektiğini rapor etmişlerdir (41-43).

White ve ark. smear tabakası oluştuğunda kök kanal dolgu materyallerinin dentin tübüllerine penetrasyonunu önlediğini kesitsel görüntü kullanarak kanıtlamışlardır (44). Smear tabakasının, kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarı arasında sızıntıya sebep olması nedeniyle kök kanalları doldurulmadan önce bu tabakanın uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir. Bu sayede kanal dolgusunun sızdırmazlığı artacaktır (45, 46).

2.2.1.Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemler

2.2.1.1.Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Kullanılan Kimyasal Yöntemler

Kök kanal yapısında mevcut olabilen yan kanalların, dallanmaların, bukkal ve lingual çıkıntılarının ve dentin tübüllerinin dezenfeksiyonunu, kök kanallarının şekillendirilmesi ile etkin bir şekilde yapmak mümkün değildir. Bu yüzden kök kanallarının temizlenmesinde ve şekillendirilmesinde nekrotik materyali çözücü, antimikrobiyal özellikte bir solüsyon ile irrigasyon yapılması gerektiği bildirilmiştir (47).

İrrigasyon solüsyonları arasında en yaygın kullanılan materyal sodyum hipoklorittir (NaOCl). NaOCl'in bakterisidal olması, organik dokuları çözücü etkisi, düşük yüzey gerilimi nedeniyle dentin kanallarına kolayca diffüze olması, kolay bulunması ve ucuz olması avantajlarındandır. Yapılan çalışmalarla NaOCl'in %3 ile %5 konsantrasyon aralığında kullanımının bakteri ile direkt temas sonucunda bakteri eliminasyonunu sağladığı, bununla birlikte NaOCl'in tek başına kullanıldığı zaman organik yapıyı çözebildiği bildirilmiştir (48, 49). Birçok çalışma NaOCl solüsyonunun tek başına kullanımında smear tabakasını çözmede etkisinin yetersiz olduğunu göstermektedir (11, 50-52).

Dentini demineralize etmek ve smear tabakasındaki inorganik içeriğini uzaklaştırmak amacıyla kullanılan şelasyon ajanları ise etkilerini dentindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek ve kalsiyum şelatları oluşturarak göstermektedir (53). Şelasyon ajanlarının en yaygın kullanılanı EDTA'dır. Kök kanallarında genellikle %15-17 oranında kullanılmaktadır. Ancak tek başına EDTA

smear tabakasının kaldırılmasında etkili değildir (54). Bu sebepten dolayıdır ki, smear tabakasının tamamen uzaklaştırılabilmesi için inorganik yapının uzaklaştırılmasında EDTA türevi bir asit kullanılmasına ek olarak organik yapının uzaklaştırılmasında NaOCl'in kullanılması gerekmektedir (34).

Smear tabakasını kaldırmak amacıyla farklı asitlerden de yararlanılmaktadır (55). Poliakrilik asit, laktik asit ve fosforik asit de organik asitlerdir ve smear tabakasını EDTA'ya göre daha az uzaklaştırmaktadırlar (56). Ancak toksisitesilerinin fazla olması, dekalsifikasyon etkilerinin kontrol edilemeyecek kadar hızlı olması nedeniyle Walton ve Rivera, asitlerin kök kanallarında kullanımını tavsiye etmemişlerdir (57).

Kök kanallarında smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılan tetrasiklinler ise mikroorganizmalara karşı etkili, geniş spektrumlu, pH'ı düşük antibiyotiklerdir (34). Haznedaroğlu ve Ersev, % 1 tetrasiklin hidroklorid ya da % 50 sitrik asidin kök kanalından smear tabakasını uzaklaştırmak için kullanılabileceğini göstermişlerdir (58). Dentinde meydana getirdikleri demineralizasyonun sitrik asit ile karşılaştırılabilir seviyede olduğu belirtilmiştir (59).

Kök kanallarının yıkanması için farklı irrigasyon yöntemleri ve sistemleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte kullanılan tüm yöntemlerde eğeleme ve irrigasyon işleminden sonra smear tabakası ve debrisler tamamen uzaklaştırılmamaktadır (60).

Tetrasiklin, sitrik asit ve bir deterjan karışımından oluşan MTAD, 2003 yılında Torabinejad ve ark. tarafından geliştirilen hem smear tabakasının uzaklaştırılmasında hem de kanalların dezenfeksiyonunda kullanılan bir irrigasyon solüsyonudur (54).

Kapalı uçlu mikro kanallar içerisinde sıvıların ilerlemesi esnasında hava kısılması iyi bilinen fiziksel bir olgudur. Kapalı uçlu kanallar içerisindeki sıvıların penetrasyon yeteneği; sıvıların temas açısı, kanalların derinliği ve genişliğine bağlıdır (61). Kök kanallarının yıkanması esnasında meydana gelen bu hava

kısılması olayı sonucu solüsyonların apikal kısma tamamı ile ulaşması için gerekli olan zamanın uzun olması tedaviyi klinik olarak etkileyecektir (Pesse ve ark 2005).

Senia ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada; apeksi 30 numaralı eğeye kadar genişletilmiş dişlerde NaOCl'in apeksten 3 mm'den daha yakına ulaşamadığı gösterilmiştir. Ancak geleneksel şırınga iğnesi ile yapılan irrigasyon işleminde debrislerin ve smear tabakasının uzaklaştırılabilmesi için irrigasyon solüsyonlarının kanal duvarları ile doğrudan temas etmesi arzulanır. İğnenin ucu apikal kısımdan uzakta yerleştirildiği zaman apikal kısımdaki hava basıncından dolayı solüsyonun apikal kısma ulaşması zor olacaktır (62). Endodontik olarak irrigasyon işlemi sadece dakikalar sürdüğü için apikal kısımda meydana gelen hava kısılması olayı solüsyonun bu kısımlar ile temas etmesini önleyecektir ve yeterli dezenfeksiyon gerçekleşmeyecektir (63). Bununla birlikte iğne ucu apikal foramene çok yaklaştırıldığı zaman kök ucundan irrigasyon solüsyonunun taşma riski artacaktır. İrrigasyon solüsyonunun apeksten taşması sonucunda periapikal dokularda ciddi zararlar meydana gelebilmektedir (64).

Smear tabakasının uzaklaştırılması için irrigasyon işleminin etkinliğinin artırmak amacıyla irrigasyon solüsyonlarının ısısının artması ile doku çözücü özelliğinin ve antimikrobiyal özelliğinin artırıldığı (65), pH'ın düşürüldüğü (66), yüzey gerilimini düşürmek için farklı materyaller eklendiği (67), solüsyonların kombine kullanıldığı, el ile yapılan aktivasyon teknikleri, makineler ile yapılan aktivasyon teknikleri olarak iki alt grupta sınıflandırılan çeşitli sistemlerin geliştirildiği çalışmalar mevcuttur (63). Ayrıca, ultrasonik ve lazer aktivasyonu, irrigasyon solüsyonunun kimyasal ve mekanik etkilerini artırmak için kullanılmıştır (68-70).

2.2.1.2. Smear Tabakasının Uzaklaştırılmasında Mekanik Yöntemler

2.2.1.2.1. Kanül ya da İğne ile Yapılan Şırınga İrrigasyonu

Geleneksel şırınga iğneleri ile kanal irrigasyonu irrigan iletimi için etkin bir yöntem olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (71). Bu teknikte irrigasyon

solüsyonları çeşitli çaplardaki iğne ve kanüller ile pasif ya da aktivasyon yapılarak uygulanır. Aktivasyon, iğnenin kanal içerisinde yukarı aşağı hareketleri ile sağlanmaktadır. Bazı iğneler irrigasyon işlemi uç kısmından yapacak şekilde, bazı iğneler ise uç kısımları kapalı olarak irrigasyon işlemi yan taraftan yapacak şekilde tasarlanmışlardır. Yan kısımdan irrigasyon yapan iğne uçları; hidrodinamik olarak irrigasyon işleminin etkinliğini artırırken kök ucundan solüsyonun taşma riskini azaltmak amacı ile tasarlanmıştır (72). Bu tür bir irrigasyon ile kanal içerisindeki iğnenin penetrasyon derinliği ve gönderilen solüsyonun hacmi kolaylıkla kontrol edilebilir (71).

Geleneksel şırınga ile yapılan irrigasyon işleminde solüsyon iğnenin ulaştığı alandan sadece 1 mm daha derine ulaşabilir (73). Endodontik tedavi esnasında dar kanallarda iğne ucunun koranal bölge, geniş kanallarda ise orta bölgeye kadar ulaşabilmesi sebebi ile klasik irrigasyon işleminin etkinliği zayıf kalmaktadır (74). SEM çalışmaları göstermiştir ki; sadece bir şırınga veya iğne kullanılarak yapılan yıkama, kanalın apikal bölgesinde arzu edilenden daha fazla smear tabakası ve debris geride bırakmaktadır (42, 75). Irrigasyon solüsyonlarının tüm partikülleri uzaklaştırmada mekanik olarak etkili olabilmesi için apekse ulaşması veya bir akım kuvveti oluşturması ve partikülleri o bölgeden uzaklaştırması gerekmektedir (76). Ayrıca ulaşamayan kanal çıkıntılarının bakteriler ve debrisler için bir barınak görevi görmesi sebebi ile geleneksel irrigasyon işlemleriyle kanal debridmanı tam olarak gerçekleştirilemeyebilir (9). Bu nedenle irrigan solüsyonunun yetersiz penetrasyon derinliği ile yeterli bir debridman sağlanacağı şüphesi mevcuttur.

Brunson ve ark. yaptıkları bir çalışmada elde edilen bulgulara göre kök kanallarının ISO #35 ebadından ISO #40 ebadına kadar genişletilmesi ile apikal bölgeye iletilen irrigant hacminde %44'lük bir artış meydana geldiği gösterilmiştir. Ayrıca preparasyon taper'ındaki 0.02'den 0.04'e değişen artışın da iletilen irrigant hacminde yaklaşık %74'lük bir artış oluşturduğu belirtilmiştir (77). Apikalın şekillendirilmesi için # 40 ile # 70 boyutunda aletlerin etkili olabileceğini ileri sürülmüştür (78).

2.2.1.2.2. Ultrasonikler

Ultrasonikler Richman tarafından 1957 de endodonti de kullanılmadan önce periodontal tedaviler için kullanılmaya başlanmıştır. Kök kanal sistemlerinde kullanılması için ilk olarak Martin ve ark. tarafından 1980'lerde dizayn edilmiştir. Sonik enerji ile kıyaslandığında frekansları yüksek ancak dalga boyları düşüktür. Frekansları 25-30 kHz arasında değişmektedir.

Ultrasonik cihazlar elektrik enerjisini belirli aralıkta frekanslara sahip ultrasonik dalgalara çevirmek suretiyle çalışır. Bu cihazlar ultrasonik enerjiyi 'manyetostriksiyon' ve 'piezoelektrik' yolla üretir. Literatürdeki mevcut bilgilere göre, manyetostriksiyon manyetik bir alana maruz bırakılan ferromanyetik bir materyalin deformasyonu ile elde edilir. Piezoelektrik ise uygulanan voltaja maruz kalan dielektrik kristallerindeki stres üretimi olarak tarif edilmektedir. Birçok çalışmada piezoelektrik sistem kullanılmıştır (71, 79).

İki çeşit ultrasonik irrigasyon yöntemi vardır:

1. Ultrasonik eğeleme ve irrigasyon işleminin kombinasyonu ile uygulanan ultrasonik irrigasyon yöntemi (UI);
2. Eğeleme yapılmadan uygulanan pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) yöntemi.

Kesici etkinliği olmayan uçlarla yapılan tipi ise PUI olarak adlandırılmıştır (70, 80). PUI yöntemi, enjektör yardımı ile uygulanan aralıklı ultrasonik irrigasyon ve ultrasonik aletler yardımıyla uygulanan devamlı ultrasonik irrigasyon olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir. Enjektör yardımı ile uygulanan aralıklı ultrasonik irrigasyonda irrigasyon solüsyonu kanal içerisine bir enjektör yardımı ile verilir. Yapılan her aktivasyondan sonra kanallar yeniden solüsyon ile doldurulur. Enjektörün penetrasyon derinliği ve gönderilen solüsyonun miktarı kontrol edilebildiği için bu teknik kullanıldığında apikal kısımdan solüsyonun taşması kontrol edilebilir. Bu olay devamlı irrigasyon tekniğinde kontrol edilemez (63). İkinci teknikte ise ultrasonik aygıt kullanılırken sürekli bir şekilde irrigasyon devam

eder ve kanal içerisindeki solüsyon yenilenmiş olur. Yapılan bir çalışmada; irrigasyon süresi 3 dk. olarak ayarlandığında her iki yöntemin ex-vivo modeller üzerinde dentin debrisini uzaklaştırmada aynı derecede etkili olduğu gösterilmiştir (71).

PUI yöntemi, titreşim hareketi yapan bir ege ile kök kanalı içerisinde bulunan sıvıya akustik enerji iletimine dayanmaktadır. Enerji ultrasonik dalgalar yolu ile iletilir ve bu enerji solüsyonda akustik bir akım ile basınçlı buhar oluşumuna neden olur. Ultrasonikler irrigasyon solüsyonunun titreşimini sağlayarak kök kanallarının temizlenmesini sağlarlar. Ancak, ultrasonik ucun meydana getirdiği akustik dalgalanma etkisini sağlamak için kanal içine yerleştirilen titreşim yapan ucun kanal içinde serbestçe hareket etmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Ahmad ve ark. yaptıkları bir çalışmada, ultrasonik eğenin ucunun kanal duvarlarına fiziksel teması sonucu, akustik dalgalanmanın etkinliğinin azaldığı gözlenmiştir (81, 82).

PUI'nda kök kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra ultrasonik cihaza takılı #10 veya #15 no'lu bir ege veya pürüzsüz bir tel mümkün olduğunca apikal bölgeye yakın olacak biçimde irrigasyon solüsyonu ile dolu olan kök kanalının merkezine yerleştirilir. Kök kanalı tam olarak şekillendirilmiş olduğundan ultrasonik ege kanal içerisinde sıkışmaksızın serbest hareket eder. Böylece irrigasyon solüsyonu kanal sisteminin apikal bölümüne daha iyi ve daha kolay penetre olarak etkili bir temizlik sağlayabilir (83). PUI'nda kök kanalı içerisinde istenmeyen preparasyon şekillerinin oluşumu da en düşük seviyeye inmektedir.

Cameron'un yıkama sürelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ideal sürenin 3 ile 5 dk arasında olduğunu (84); Van der Sluis ve ark. yaptıkları bir çalışmada ise 3 dk irrigasyon süresinin dentin debrisini kök kanallarından uzaklaştırmak için yeterli bir süre olduğu bildirilmiştir (71). Ultrasonik sistemlerle birlikte % 4'lük NaOCl kullanımı sonucunda iki dk gibi kısa bir sürede kök kanallarındaki smear tabakasının kaldırıldığı belirtilmiştir (85). Ultrasonik egeleme tekniklerinin başarısı, ultrasonik eğenin enerjisiyi iletim şekline, kanalın eğriliğine, genişliğine, solüsyonun miktarına ve yüzey gerilimine bağlıdır (86).

Guerisoli ve ark. EDTAC ve NaOCl'in 15 numara bir eğe ile ultrasonik aktivasyonu yapılarak smear tabakasının koronal, orta ve servikal bölgelerden etkin bir şekilde uzaklaştırılabileceğini göstermiştir (87). Bazı çalışmalarda ise PUI ile EDTA veya EDTA-NaOCl kombinasyonu kullanılması sonucu; kök kanalının apikal kısmından smear tabakasının tam olarak uzaklaştırılmadığı bildirilmiştir (88, 89).

Trobstad ve ark. sonik aletlerle birlikte EDTA solusyonu ve NaOCl solusyonunun kullanılmasının etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında, sonik aletlerle EDTA solüsyonu kullanımının daha etkili olduğunu belirtmişlerdir (90).

Ultrasonik cihazlar, smear tabakasının uzaklaştırılmasında kök kanallarının orta veya koronal kısımlarında daha fazla etkiye sahipken, kökün apikal kısmında daha az etkiye sahiptirler (39, 40). Smear ve debris uzaklaştırma mekanizması ultrasoniklerin akustik akımı ile oluşmaktadır. Kök kanal tedavilerinde ultrasoniklerin kullanılması ile smear tabakasının uzaklaştırıldığı ve kompleks kanal anatomisine sahip köklerin (istmus, oval şekilli kanallar vs.) preperasyonunda ve irrigasyonunda; NaOCl solüsyonunun dar ve kanal aletleri ile temizlenemeyen alanlara iletilmesi konusunda ilave katkı sağladığı da belirtilmektedir (34, 91-93).

Irrigasyon işlemi sırasında NaOCl'in kök kanalının organik kısmı ile reaksiyona girmesi ve kök kanalının apikal kısmında hızlı bir şekilde mikro gaz kabarcıkları oluşturması sonucu hava kısılması denilen olay meydana gelmektedir. Bu olay sebebiyle irrigasyon solüsyonunun apikal bölgeye ulaşması klinik olarak yeterli olmayacaktır. Sonik ve ultrasonik sistemler de apikal kısımda olan bu olay sonucunda etkinliklerini gösterememektedir. Bu sistemler akustik mikro akımlar ve hava kabarcıkları ile yalnızca sıvı fazda işlev görebilmektedir. Tay ve ark. açık ve kapalı apekse sahip dişlerde hava kısılması olayının debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması etkisini karşılaştırdıkları çalışmalarında; iki durumda da smear tabakasının uzaklaştırılması yönünden herhangi bir fark görölmediği, debris uzaklaştırma bakımından kapalı apekse sahip dişlerin daha başarısız olduklarını bildirilmiştir (94).

Bazı çalışmalar, ultrasonik ile prepare edilen kanalların geleneksel eğeleme yapılan kanallardan daha temiz olduğunu göstermişlerdir (95). Stamos ve ark., %2,6'lık NaOCl ile beraber ultrasonik kullanılan kanalların sadece elle prepare edilenlerden daha temiz olduğunu göstermişlerdir (96). Tronstad ve ark., eğerlerin sonik aktivasyonunun kök kanallarını temizleme ve şekillendirme etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında konvansiyonel yöntemlerle temizlenen kanallara göre anlamlı bir fark bulamamışlardır (90). Sjögren ve ark. ultrasonik kullanımının sadece elle preparasyona göre bakterileri daha etkin olarak uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir (97).

2.2.1.2.3. Lazer

2.2.1.2.3.1. Lazer Fiziği

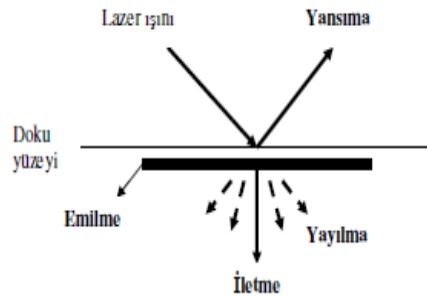
LAZER (Light Amplication by Stimulated Emission of Radiation) radyasyonun uyarılmış emisyonu (salınımı) ile ışık (foton; ışığı oluşturan en küçük parçacık) şiddetinin artırılması anlamına gelmektedir. Uyarılmış ışınım ile ışığın kuvvetlendirilmesidir (98). Lazer aslında bir enerji çeşididir. Düşük nitelikteki enerjinin yüksek nitelikteki enerjiye dönüştürülmesiyle lazer ışığı elde edilmektedir.

Lazerin etkinliği çeşitli faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bunlar dokunun ışığı absorbe edip edemeyeceği, ışınlama süresi, kök kanallarının morfolojisi ve lazer ile dokunun arasındaki mesafe olarak belirtilmiştir (99, 100). Hedef dokuda ışığın absorbe olma derecesinin belirleyici faktörü ışığın dalga boyudur. Aynı zamanda lazerin gücü, ışınlama süresi ve uygulandığı dokunun optik özellikleri de ışının absorpsiyonunda belirleyici rol oynamaktadır. Dokuya bağlı olarak bazı lazerler derin penetrasyon gösterirler. Sığ penetrasyon gösteren lazerler doku üzerinde yüzeysel etkiye sahiptirler. Lazer enerjisi daha derine penetre oldukça daha çok saçılır ve doku içerisinde daha çok dağılır. Enerjinin iletimi ve saçılması absorpsiyondan hemen önce meydana gelir (101).

Lazer enerjisi iki dalga şekliyle gönderilir. Bunlardan birincisi devamlı dalga şekli, ikincisi ise atımlı dalga şeklidir. Devamlı dalga şeklinde enerji dokuya büyük

miktarda, kesintisiz bir akış hızında ve genellikle düşük ile orta yoğunlukta gönderilir. Atımlı dalga şeklinde enerji dokuya küçük miktarlarda, kesintili atımlarla gönderilir. Devamlı dalga şekline göre daha yüksek yoğunlukta enerjiler gönderilir (101).

Lazer ışığının dokuya ulaşması; yansıma (reflection), yayılma (scatter) , emilim (absorbsiyon) ya da dokuda herhangi bir etki yaratmadan dokuyu terkederek iletimle (Geçiş/Transmisyon) sonuçlanabilir. Oluşan ilk etkileşim olan *yansıma*, ışığın hedeflenen doku yüzeyinde hiç bir etkisi olmadan uzaklaşmasıyla meydana gelir ve dokuya iletilmesi istenilen enerjinin yeterli miktara ulaşmasını engeller. Dokuda oluşan ikinci etki *absorbsiyondur (emilme)*. Enerji dokuda bir miktar dağıldıktan sonra kalan enerji hedeflenen doku tarafından emilir. Absorbsiyon artıkça yansıma azalır. Emilimin miktarı hedef dokunun absorpsiyon gücüne, yoğunluğuna, mineral ve su oranlarına, lazerin dalga boyuna ve iletim şekline bağlıdır. Absorbsiyonu etkileyen diğer faktörler ise ışının geliş açısı, süresi, yüzey nemliliği ve dokunun kalınlığıdır. Doku içerisine absorbe olan enerji, yansımanın oluşması ile azalır. Yansıyan ışın çevre dokulara zarar verebilir. Üçüncü etki *geçiş yani transmisyon*, dalga boyuna bağlı olarak lazer ışınının, doku içerisinden geçerek ulaştığı maksimum penetrasyon derinliğidir. Lazer ışınının bir diğer etkileşimi olan *yayılma (scatter)* ise lazer ışığı enerjisinin doku içerisinde molekülden moleküle sekerek çevre dokulara dağılması ve hedeflenen bölgeden farklı yönlere sapmasıdır. Scatter, enerjinin dokuda daha geniş bir alana dağılmasından sorumludur (102).



Resim 1: Lazerin Etkileri (103)

2.2.1.2.3.1.1. Lazerin doku üzerindeki etkisi

Lazerin dokulara teması sonucuna bazı etkiler meydana gelebilir:

2.2.1.2.3.1.1.1. Fototermal Etkiler

Yansıma, yayılma ve transmisyon doku içerisinde bir etki meydana getirmezken; dental lazerlerden çıkan ışık absorbe olduğunda ısıya dönüşür. Bu ani ısı oluşumu fototermal etki olarak adlandırılmaktadır. Bu etki, yumuşak dokulardaki intraselüler sıvının kaynarak buharlaşması sonucunda hücrenin patlayarak devamlılığının bozulması ile ortaya çıkmaktadır. Sert dokularda da hidroksiapatit yapı içindeki su moleküllerinde benzer etkiler görülmektedir (104, 105). Oluşan bu termal etkinin miktarı doku içeriğine (dokudaki su, organik ve inorganik komponent miktarı) ve ışın hüzmesinin hedef dokudaki temas süresinin uzunluğuna bağlıdır. Isı artışıyla sonuçlanan ışınlama süresi dokunun yapısında ve içeriğinde değişikliklere neden olabilir. Bu değişiklikler, sert dokularda fotoablasyon ile yüksek atım enerjisine bağlı olarak minik patlamalar sonucunda ısı ve organik matriksin buharlaşması (vaporizasyon) ile dentinde erime, denatürasyon ve karbonizasyon şeklinde olabilir. 40 °C'nin üstündeki ısılarda protein denatürasyonu, 60 °C'nin üstündeki ısılarda protein koagülasyonu, 100 °C'lik ısıda dokudaki suyun buharlaşması, 250 °C üzerindeki ısılarda karbonizasyon ve 300 °C'nin üzerindeki ısılarda ise doku buharlaşması gibi etkiler gözlenmiştir. Işık kaynağına yakın olan dokularda daha fazla miktarda etkilenmenin olduğu, doku derinliği arttıkça bu etkinin giderek azaldığı bildirilmiştir. Diş sert dokularında ışın almayan bu bölgelerinde, ısıdan bir zarar görmeden lazerlerin o bölgedeki dokuyu kaldırması istenir (98).

2.2.1.2.3.1.1.2. Fotokimyasal Etki

Lazer ışınının doku iyileşmesi ve tamiri üzerine etkileri, dokuda meydana gelen biyokimyasal ve moleküler uygulamalar nedeniyle gözlenmektedir (106).

2.2.1.2.3.1.1.3. Fotomekanik ve Fotoelektriksel Etkiler

Kısa süreli, yüksek enerjili ışınlamalar doku üzerinde şok dalgası etkisi oluşturarak moleküller arasındaki bağların ve atom içindeki elektriksel çekim

bağlarının kopmasına neden olur. Bu da dokuda mikro düzeyde parçalanmalara bağlı olarak dokunun uzaklaşmasına (fotoablasyon) neden olur (107).

2.2.1.2.3.2. Diş Hekimliğinde Lazer

Diş hekimliğinde lazer, yumuşak doku cerrahilerinde, sterilizasyon işlemlerinde, çürük lezyonlarının uzaklaştırılmasında, diş hassasiyetlerinin giderilmesinde, pürüzlendirme işlemlerinde, kompozitin sertleştirilmesinde ve endodontik tedavide kullanılmaktadır. Lazerler endodontide kuafajlarda, amputasyonlarda, kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesinde, endodontik cerrahide (apikal rezeksiyon) kullanılmaktadır (108). Lazerler kök kanallarında dokuları buharlaştırmak, smear tabakasını uzaklaştırmak ve kökün apikal parçasındaki artık dokuları elimine etmek için kullanılır (34, 40).

Konvansiyonel endodontik tedavide esas problem dezenfeksiyon prosedürleriyle ulaşılabilen penetrasyon derinliğinin yeterli olmamasıdır. Bakteriler dentin tübüllerinde 1000 µm' ye kadar penetre olabilir. Ancak konvansiyonel yıkama solüsyonları yüzey gerilimleri nedeniyle 100 µm' ye kadar ancak ulaşabilirler (109). Dolayısıyla lazer sistemleri rutin olarak kullanılan kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için irrigasyon yöntemlerine yardımcı olması amacıyla araştırılmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan lazer sistemlerinde üretilen enerji, ince optik bir uçla (Nd: YAG, erbiyum, argon ve diyot lazerlerde) veya bir tüple (CO₂ ve Er: YAG lazerler) kök kanal sistemine ulaştırılır. Ancak kök kanal içinde lazer ışığının enerjisi zayıflamaktadır. Buna rağmen, mine prizmalarının ve dentin tübüllerinin ışığı yönlendirmeleri nedeniyle etkileri devam eder (109). Kök kanal sisteminin şekillendirilmesi ve temizlenmesinde ince optik uca sahip Nd: YAG, Er, Cr: YSGG (erbiyum, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet), argon ve diyot lazerler ve içi boş tüp ile ışını ileten CO₂ ve Er: YAG lazerler kullanılmaktadır.

Lazerin konvansiyonel teknikler ile ulaşılamayan alanlara ulaşabileceği düşünülebilir. Lazer ışığının, fiberoptik uçlar ile gönderilmesiyle dentin tübüllerinin etkilendiği gösterilmiştir (110). Biyomekanik preperasyon sonrası uygulanan CO₂, Nd: YAG, Argon, Er, Cr: YSGG ve Er: YAG lazerlerin kök kanal duvarlarındaki

debris ve smear tabakasını kaldırabildiği bildirilmiştir (108, 111). Konu ile ilgili yapılan araştırmalarda, lazerin etkisinin güç düzeyi, ışınlama süresi, dokudaki ışın absorpsiyonu, kök kanallarının geometrisi ve hedefi vurma mesafesi gibi birçok faktöre bağlı olduğu bildirilmiştir (34, 112).

Yumuşak dokunun vaporizasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin yüzeylerinin eritilebilmesini de içeren lazer teknolojisinin çeşitli uygulamaları endodontik tedavideki lazer kullanımına popülarite kazandırmıştır. Özellikle Nd:YAG ve Er:YAG lazer sistemleri birçok uygulamada kullanılmaktadır (113).

Lazer özellikle kanal tedavisinin tekrarlanması işlemlerinde kullanılabilir. Günümüzde guta perka çıkarılmasında farklı lazerler kullanılmıştır ve in vitro çalışmalarda incelenmiştir (114-116). Kanal tedavisinin tekrarlanması işleminde lazer, çözücülerle birlikte kullanılmıştır; ancak çözücüler lazerin performansını geliştirmemiştir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi bir miktar guta perka ve pat kanalda kalabilmektedir (116).

Viducic ve ark., dolu kök kanallarından guta perkanın uzaklaştırılması için Nd:YAG lazerin kullanımını in vitro olarak incelemişlerdir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi, lazerin kullanılmasından sonra farklı miktarlarda guta perka kanallarda kalmıştır (116).

Friedman ve ark. tarafından yapılan çalışmalarda, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kullanılan tekniğin dentin duvarlarında kalan guta perka miktarını etkilediği gösterilmiştir. Bu çalışmada özellikle apikal bölgede debrisin büyük miktarda kaldığı gözlenmiştir (117).

Farklı dalga boylarına sahip lazer cihazları guta perkanın ve patın kaldırılması için umut verici olabilir. Lazer ışınının termal etkisi bu hedefe ulaşmak için, büyük ölçüde önemlidir. Nd: YAG lazerde, enerjinin absorpsiyonu guta perka ve pat malzemesinin uzaklaştırılmasına katkıda bulunabilir. Bunlara ilaveten, kimyasal çözücülerin ısıtılması (daha yüksek bir sıcaklıkta daha etkili olduğu için) avantajlı olabilir. Ancak, sıcaklık değişimleri, periodontal dokuda alkalın fosfataz ve enzim denatürasyonuna neden olmaktadır (29, 118).

Nd:YAG lazer kullanılarak yapılan bir çalışmada, kök kanal dolgu materyalini uzaklaştırmada Nd:YAG lazer ve geleneksel teknikler (Gates glidden ve K file) karşılaştırılmıştır. Metotların hiçbirisi kök kanal duvarlarından tam anlamıyla dolgu materyalini kaldıramamıştır, ancak lazer daha kısa sürede dolgu materyalini uzaklaştırmıştır (119).

Keleş ve ark. yaptıkları çalışmada, kök kanallarında R-Endo retreatment eğesinin kullanılmasından sonra arta kalan kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında Er: YAG lazer, PIPS ve Nd: YAG lazerin uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Er: YAG lazer fototermal ve fotomekanik etkileri nedeniyle en etkili bulunmuştur. PIPS lazerde arta kalan dolgu maddelerini etkili bir şekilde uzaklaştırabilmiştir (120).

2.2.1.2.3.2.1.Nd: YAG lazer

1064 nm dalga boyundaki, ince bir fiber optik kablo vasıtasıyla iletilen Nd: YAG lazer, diş hekimliğinde özellikle yumuşak doku ve ağız cerrahisinde kullanılan dokunun derinliklerine etki edebilen bir lazer sistemidir (121). Bu dalga boyu elektromanyetik spektrumun kızıl ötesi ve iyonize olmayan bölümündedir.

Yapılan in vitro çalışmalarda farklı dalga boylarındaki lazerlerin, enfekte kanallardaki bakteri sayısının azaltılmasında etkili olduğu gösterilmiştir. Kızılötesine yakın lazerlerin kök kanal yüzeylerinde ve dentin duvarlarında dezenfeksiyon gerçekleştirebilir. (810 nm diyot lazer ile 750 mikron kadar ve 1064 nm Nd: YAG lazer ile 1 mm'ye kadar) (122).

Lazerler için farklı dalga boyları ve protokolleri uygulanmaktadır. Kızılötesine yakın lazerler endodontik sistemlerin üç boyutlu dekontaminasyonu için kullanılabilirler. Nd: YAG ve diyot lazerlerinin termal enerjileri bakterileri öldürmek için kullanılabilir. Fakat kök kanal yüzeyinde termal yaralanmalar ve tipik morfolojik hasarlar gözlenmiştir. Üstelik smear tabakasını tamamen kaldırmak mümkün değildir (123).

Dederich ve ark., dentin yüzeylerine 10-90 W arasında değişen değerlerde Nd: YAG lazer uyguladıkları çalışmalarında kullanılan düşük güç değerlerinde dentinde bir etki gözlenmezken, bu değer arttığında dentinin eriyerek rekristalize olduğunu, organik dokunun eridiğini ve camsı bir hale dönüştüğünü bildirmişlerdir (99). Yapılan çalışmalarda Nd: YAG lazerin smear tabakasını eriterek veya buharlaştırarak ortadan kaldırdığı gözlenmiştir (124, 125). Nd: YAG lazer doku derinliğinde bilinen en iyi absorpsiyon özelliği olan lazerdir. Termal enerji hedef dokuya transfer edilerek doku ısınmakta ve buharlaşmaktadır. Nd: YAG lazerden gelen radyasyon fiber optik bir uç ile apikale doğru hareket ettirilir ve bu sırada kök kanalında doku buharlaşır. Gürbüz ve ark., kök kanalı içerisine köke paralel uygulanan Nd: YAG lazerin oluşturduğu sirküler hareketlerin, kök kanal dentininde sınırlı miktarda morfolojik değişiklik meydana getirdiğini SEM çalışması ile göstermişlerdir (123).

Tani ve ark. Nd: YAG lazeri kullandığı bir çalışmada, smear tabakasının erimesi ya da buharlaşması sonucu dentin kanallarının örtülmesi ile dentin geçirgenliğinin azaldığını gözlemişlerdir (126). Nd: YAG lazerin el aletleri ile kombine kullanımı sonrasında kök kanal duvarlarında genel olarak smear tabakasının olmadığı görülmüştür (127). Goodis ve ark., yaptıkları benzer bir çalışmada ise 5 W' luk Nd: YAG lazerin kullanımı sonucunda kök kanalının temizlendiği ancak dentinin yüzeyinde camsı maddelerin birikmesi sonucu dentin geçirgenliğinin azaldığı bildirilmiştir (128).

Saunders ve ark., smear tabakasının geleneksel yöntemlere göre Nd: YAG lazerle daha az uzaklaştırıldığını bildirmiştir (129). Buna karşılık başka bir çalışmada, Nd: YAG lazerin geleneksel tekniklere göre daha temiz kök kanal duvarları elde edildiği, dentin yüzeyinde eritme ve rekristalize etme kapasitesi olduğu gözlenmiştir (130).

Gürbüz ve ark., Nd: YAG lazeri beş farklı irrigasyon solüsyonu ile karşılaştırıldığı in-vitro çalışmada EDTA ve Nd: YAG lazerin smear tabakasını

kaldırmakta daha etkin olduklarını, ancak lazer kullanımı ile tüm kök kanal duvarlarından smear ve debrisin uzaklaştırılmasının güç olduğunu açıklamıştır (123).

Dederich ve ark. (99) ve Tevfik ve ark. (100) Nd: YAG lazerin çeşitlerini kullanmışlar ve dentinde erime ve rekristalize oluştuğunu ancak smear tabakasında bir değişiklik olmadığını gözlemlemişlerdir. Dentindeki bu bozulma CO₂ lazer ile (131), Argon lazer ile (132), Er: YAG lazer (39) ile de benzer sonuçlar vermiştir.

2.2.1.2.3.2.2. Er: YAG Lazer

Elektromanyetik spektrumun kızıl ötesi bölümünde bulunan ve dalga boyu 2940 nm olan bu lazerler “erbium” ile karıştırılmış katı “yttrium aluminum garnet” kristali içerir (98). Argon, Diode ve Nd: YAG lazerlerden daha az esnek ve büyük çaplı fiber optik kabloya sahiptirler. Bütün orta kızıl ötesi ışın yayan lazerler içinde suyun emilim bant genişliği ile uyum sağlayan Er: YAG lazerlerin hidroksiapatite karşı afinitesi de oldukça yüksektir. Bu sebeple, su içeriği yüksek olan yumuşak dokularda kullanımı uygundur. Lazerin su tarafından yüksek miktarda soğurulması ışın esnasında çevre dokulardaki termal etkilerinin azalmasına neden olmaktadır. Er: YAG dalga boyu, hem dokunun su bileşenleri, hem de organik matris ve inorganik hidroksiapatit bileşenleri tarafından güçlükle emilmektedir (133).

Er: YAG lazer ışınlanması hidroksiapatit ve su tarafından emilir (134). Er: YAG lazer ışınımı su tarafından absorbe edildiğinde, bu enerji organik bileşenlerin buharlaşması ile sonuçlanır ve sonuçta ortaya çıkan ısı miktarı ile termal etkiler oluşur (fototermal buharlaşma) (135). Bu buhar kabarcıkları genişler ve doku iç basıncının artmasını tetikler. Sonuçta mikro patlama adı verilen bir işlemle genleşme meydana gelir. Lazer ışınının önünde bir boşluk oluşturmaya başlar. Bu dinamik etkiler mekanik dokunun çökmesine ve termomekanik veya fotomekanik kesimin gerçekleşmesine neden olur (136). Er: YAG lazerler, kök kanalı yüzeylerini temizlemede etkili sonuçlar göstermektedir ve aynı zamanda dentin duvarında karakteristik morfolojik değişimlere neden olmamaktadırlar (137, 138).

Son zamanlarda smear tabakasının kaldırılmasında lazer önerilmiştir ve kök kanal duvarlarından smear tabakasının kaldırılmasında ve dentin tübüllerinin açığa çıkartılmasında Er: YAG lazer kullanılmasının etkinliği incelenmiştir (40, 139). Ancak lazerin tek başına kullanılması smear tabakasının uzaklaştırılmasında yeterli değildir; aynı zamanda bir solüsyon ile kombine edilmesi gerekmektedir (75, 139, 140). Radyal ve düz uçlar, sıvı dolu kök kanalına daldırıldığı zaman, şok dalgası benzeri bir etki görülmektedir. Bu etki smear tabakasını ve artık doku maddelerini uzaklaştırmaktadır ve böylece tübüllerdeki ve yanal kanallardaki bakteri yükünü azaltmaktadır (141-143).

Lazer ışınlama kök kanal sisteminin temizlenmesi ve dezenfeksiyonu için endodontide kullanılan yaygın bir tekniktir. Er: YAG lazer (dalga boyu 2,940 nm) şekillendirme ve kök kanal genişletilmesi ile temizlik için FDA tarafından onaylanmıştır (144). Erbiyum lazer ışınlaması, bakteri sayısının azalmasının yanısıra dentin yüzeyinde etkinlik gösterebilir. Dentin yüzeyi üzerinde lazer enerjisinin yüksek emilimi nedeniyle yüksek penetrasyon derecesi gözlenmiştir (122). Ancak aktivasyon işlemi sırasında ucun apekse yakın konumlanması ve daha sonra aktivasyon prosedürü boyunca kanaldan çıkarılıp geri yerleştirilmesi nedeniyle apikal perforasyon, basamak ve yüzeyde termal hasar riski yüksektir (145).

Kimura ve ark., Er: YAG lazer ile smear tabakasının uzaklaştırıldığını kanıtlamışlardır. Smear tabakasının uzaklaştırılmasına rağmen, fotomikroskop peritubuler dentindeki yıkım olduğu ancak karbonizasyona neden olmadığını bildirmişlerdir. Küçük yan kanalların varlığı ve bu alanlara lazerin ulaşmasında engellerin olması nedeniyle ideal bir şekilde smear tabakasını uzaklaştırmada lazerlerin etkili olmadığı kanısına varılmıştır (146). Takeda ve ark., Er: YAG lazer ışınlamasının ardından kök kanal duvarından debris ve smear tabakasının uzaklaştığını ve dentin tübüllerinin açık hale geldiğini göstermişlerdir (39).

Takeda ve ark., smear tabakasını uzaklaştırma üzerine Argon, Er: YAG ve Nd: YAG lazerlerin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, tüm lazerlerin smear tabakasını uzaklaştırdığını bildirmişlerdir (147).

Takeda ve ark. yaptıkları bir çalışmada, Er: YAG lazerin smear tabakası ve debrisini uzaklaştırmakta, Nd: YAG lazer ya da Argon lazere göre daha etkili olduğu gösterilmiştir (148). Takeda ve ark. in vitro bir diğer araştırmasında ise Er: YAG lazerin smear tabakasını kaldırmakta etkili olduğu, debrisleri uzaklaştırdığı ve dentin tübüllerini açığa çıkardığı rapor edilmiştir (39). Pecora ve ark., Takeda ve ark. yaptıkları çalışmalara benzer bir şekilde Er: YAG lazerin su ile irrigasyonunu takiben dentin geçirgenliğini arttırdığını, kök kanallarında daha iyi bir temizlik sağladığını bildirmişlerdir (149). Er: YAG ve Nd: YAG lazerler ile yapılan ve 120 mJ enerji ve 15 Hz frekanslarının kullanıldığı bir başka çalışmada kullanılan parametreler ile her iki lazerin de smear tabakasını kaldırmakta etkili olmadıkları görülmüştür (135).

2.2.1.2.3.2.3. Foton-İndüklü Foto-Akustik Dalgalı Lazer (PIPS-Er: YAG lazer)

Diş hekimliğinde lazerlerin etkinliği bir tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Memnuniyetsizliğin nedeni, lazerin ışınımı sırasında termal hasarın oluşmasıdır (146, 150, 151). Erbiyum lazerlerin kullanımı, kanal duvarlarında karbonlaşma ve çatlaklar ya da sıcaklık artışı gibi yan etkilere neden olabilir (146, 152). Ayrıca, smear tabakasını lazer ile uzaklaştırılmasında ana zorluk büyük problemler ile dar kanallara erişmenin zor olmasıdır (33).

Foton indüklü foto-akustik dalgalı (PIPS) olarak adlandırılan yeni bir Er: YAG lazer tekniği endodontide tanıtılmıştır. Bu tekniğin farkı cihazın ucunun sadece kanal ağzına yerleştirilmesidir. Muamele edilen dişlerin sadece koronal kısmına ucun yerleştirilmesi ile kanal sistemi içine yerleştirilmesini gerektiren diğer tekniklerde gözlenen termal hasar bu teknikte gözlenmemiştir. Bu sayede, kök kanallarında ısı artışı engellenerek kök kanallarında minimal invaziv bir preparasyon yapılması sağlanır (139). Bu tekniği diğer tekniklerden ayıran bir diğer özellik onun fotomekanik ve foto-akustik özelliğidir. PIPS tekniğinin subablative parametreleri fotomekanik bir etkiye neden olur. Bu parametreler termal etkiden ziyade sıvı içinde titreşime neden olan bir ışın etkisi oluşturur (139, 153). Bu teknikte, subablative güç yeni tasarlanan uç ile merkezden yayılan bir şekilde kullanılır. Lazer ışınlaması ile sıvının reaksiyon kinetiği artırılarak etki oluşturulabilir (154).

Su molekülleri tarafından emilen her ışınım, kanal içinde sıvıların etkili bir akışının oluşmasına yol açan, güçlü bir "şok dalgası" oluşturur. Böylece irrigasyon solüsyonunun üç-boyutlu hareketi kolaylaşır ve güçlü bir akış oluşur (139). Buna *foto-akustik* akım denilmektedir. Lazerle irrigasyonun aktivasyonu (LAI) çalışmalarının mikro fotoğraflama ile alınan kayıtlarında; irrigasyon dolu kök kanallarında kullanılan erbium lazerlerin yüksek hızda sıvılarda bir akış oluşturduğu gözlenmiştir (155).

Özel olarak tasarlanmış konik, 600 mikron çaplı, 9 mm uzunluğunda PIPS ucu, 50 mikro-saniye darbe süresinde uygulandığında, en çok 400 W bir güç üretir. Daha az enerji kullanımı minimal termal etki oluşturur (15 Hz, 0.3 W, 20 mJ ortalama veya daha az güç). En üst noktada güç üretmek için kısa mikro-saniye atım (50 sn) ve düşük enerji seviyesi kullanılır (139).

50 µs kısa ışın atımı ve en tepe noktasında güç ile kullanılan Er: YAG lazerin ışınımının sıvı içerisine yüksek derecede absorbe olması *foto-mekanik* fenomenle sonuçlanır. Lazerin termal etkisi, irrigasyon çözeltinin su moleküllerinde genişleme ve patlama oluşturarak ikincil bir kaviteasyon etkisi üretir (69).

Çalışmalarda LAI, geleneksel teknikler (CI) ve PUI ile karşılaştırıldığında kök kanallarındaki smearı ve debrisı istatistiksel olarak daha iyi uzaklaştırdığı bildirilmiştir (156, 157). PUI ile karşılaştırıldığında üç kat daha uzağa daha hızlı bir akış üreten LAI tekniği daha derin fotoakustik ve fotomekanik bir etki oluşturur (139). Buna ek olarak, lazer aktivasyon yöntemi, ultrasonik aktivasyonu ile karşılaştırıldığında NaOCl' in klor ve oksijen iyonu üretimini ve tüketimini artırarak solüsyonun reaksiyon hızını daha da güçlendirir (158). Ayrıca, % 6 sodyum hipoklorit ile PIPS aynı protokol uygulanarak üç boyutlu olarak incelenmiş ve kök kanal sisteminde biyofilmi boyutunun ve bakteri sayısının azaldığı gözlenmiştir (153).

Matsumoto ve ark., 300-µm lazer ucu kullanıldığında 220 µs'de kabarcık boyutunun 1800 µm boyutuna ulaştığını göstermişlerdir. Lazer ucunun, yapay bir cam kanal modelinin en alt noktasından 2 mm ve 5 mm kısa yerleştirildiği zaman, ikinci kaviteasyon kabarcıklarının kök kanal modelinin en alt noktasında açıkça

görüldüğünü gözlemlemişlerdir. Bu nedenle kavitasyon kabarcıklarının apikal bölgeyi temizleye yardımcı olduğu göz önüne alınırsa lazer ucunun kanalın en son noktasına kadar uzatılmasının gerekli olmadığını söylemişlerdir (159).

Arslan ve ark. yaptıkları bir çalışmada, PIPS ucu düz kök kanallarının sadece koronal kısmına yerleştirilmiş ve apikalde yapay olarak oluşturulan oluktan Ca(OH)_2 'in etkili bir şekilde uzaklaştırıldığı gözlenmiştir. Bu çalışma, bu bulguyu doğrular niteliktedir (160)

Divito ve ark. yaptıkları bir çalışmada, konvansiyonel yıkama prosedürlerine göre PIPS kullanılarak lazerle aktive edilmiş solüsyonlar ile önemli ölçüde daha temiz kök kanal duvarları elde edilmiştir (139). Yapılan son çalışmalarda, PIPS standart iğne irrigasyonları ile karşılaştırıldığında kanal isthmuslarında organik debris daha etkili bir şekilde uzaklaştırmıştır (161).

Arslan ve ark., apikalde yer alan debrisin uzaklaştırılmasında sonik, ultrasonik ve PIPS tekniklerinin etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarında PIPS, sonik ve ultrasonik tekniklere göre daha etkili bulunmuştur (162).

2.2.1.2.4. Self - Adjusting File (SAF)

Dişler farklı kök kanal anatomisine sahiptir. Bununla birlikte, üretilen döner alet sistemleri, kök kanallarına yuvarlak şekilde form veren bir ya da birkaç çeşit sarmal şeklindeki bıçak yapısına sahiptirler. Mevcut döner alet sistemleri ile düz şekle sahip kök kanallarında; bukkal ve lingual kısımlar ve isthmuslar boyunca seyreden gözyaşı şeklindeki alanlar yeterince prepare edilememektedir ve bu alanlarda önemli ölçüde dokunulmamış alanlar kalabilmektedir (163). Peter ve ark. yaptıkları çalışmalarında, üst molar dişlerde döner aletler ile eğeleme yapıldığı zaman meziobukkal kanallarda 43 ± 29 , distobukkal kanallarda ise 33 ± 19 oranında hiç dokunulmamış kanal duvarı kaldığını göstermişlerdir (164). Aynı şekilde el aletleri ile çalışıldığı zaman da bu ulaşılması güç alanların yeterince temizlenemediği Wu ve ark. tarafından bildirilmiştir (165). Döner aletler ile meydana gelen hiç dokunulmamış alanların mevcudiyeti, apikal transportasyonlar (164), perforasyonlar

alet kırılmaları gibi olumsuzlukların önüne geçilmesi için Self Adjusting File (SAF) (Re-Dent-Nova, Ra'nana, İsrail) adlı eğe sistemi geliştirilmiştir.

SAF; kök kanallarının şeklini alarak kanallarda üç boyutlu olarak temizleme ve genişletme yapabilen tek eğeden oluşan bir sistemdir. Bu eğe, sıkıştırılabilir, ince duvarlı ve sivri uçlu silindir şeklinde, 1.5 ya da 2.0 mm çapta imal edilmiş, 21, 25 ve 31 mm uzunluklarında olanları mevcut olan, 120 µm kalınlığındaki Ni-Ti kafesten meydana gelen, içi boş; şekillendirme, temizleme ve irrigasyon amacıyla tasarlanmış bir egedir (163).

Kanal içinde yukarı aşağı titreşime olanak veren bir başlıkla 3000-5000 rpm hız ve 0.4 mm amplitüd ile kullanılan ağ şeklindeki metalik kafesin yüzeyi hafif bir aşındırıcı etkiye sahiptir ve yukarı-aşağı sürtünme hareketi ile kök kanalında kademeli olarak dentini uzaklaştırır. SAF titreşim halindeyken kanal içine yerleştirilir ve önceden belirlenmiş çalışma boyuna ulaşana kadar dikkatlice içeriye itilir, hafif bir 3-5 mm içeri-dışarı hareketle uygulanır. Uygulandığı süre boyunca içi boş kafesin tasarımı, sürekli bir irrigasyon yapılmasını sağlar. Eğe sapı üzerindeki irrigasyon merkezine silikon bir boruyla bağlanan özel bir irrigasyon cihazı (VATEA, ReDent-Nova), 1-10 ml/dk akış hızı seçenekleriyle irriganın düşük basınçla devamlı akışını sağlar. Devamlı irrigasyon eşliğinde, her biri 2 dk'lık iki devre halinde, toplamda her kanal için 4 dk süreyle kullanılması önerilmiştir (166).

SAF eğe sisteminin kanal içerisine uyum sağlayabilmesi amacı ile kanalların önceden apikal kısımda # 20 K el eğesi ile genişletilerek hazırlanması gerekmektedir (167).

SAF normal bir döner eğeden farklıdır, kanal üzerine kendi şeklini empoze etmez. Elastik olması kendi kesiti boyunca sıkıştırılabilmesine olanak sağlar. Bu özellikleri sayesinde bu eğe sistemi kök kanallarını tüm ekseni boyunca hafif ve sürekli bir basınç uygulayarak kanalların orijinal kesitine uygun bir genişletme sağlar (163). Başlangıçta dar, sıkışmış şekilde olan SAF, kanal duvarlarından uniform bir tabaka dentin kaldırırken kanal içinde azar azar genişler. Çünkü kendini kanalın

enine kesitine adapte eder; yuvarlak kesitli bir kanal yuvarlak bir kanal olarak genişletilir, oysa oval bir kanal daha geniş çapta oval bir kanal şeklinde genişletilebilir.

Hof ve ark. tarafından yapılan çalışmada, SAF'ın uzaklaştırdığı dentin miktarı aşındırıcılık testiyle ölçülmüş ve ISO ebatları cinsinden ifade edilmiştir. Uygulamanın ilk 2 dk'sında SAF ile daha fazla dentin uzaklaştırılmıştır (3 ± 0.02 ISO ebatları), zamanla daha az dentin uzaklaştırıldığı gözlenmiştir ve 4 dk'nın sonunda toplam olarak 3.5 ± 0.01 ISO ebatı dentin uzaklaştırılmıştır. Böylece kanal çevresinden 60 ile 75 μm kalınlığında bir dentin tabakası uzaklaştırılmıştır (167). Üç boyutlu mikro-BT analizleri, SAF ile oval, yassı kök kanallarında bile kanal duvarının büyük yüzdesine (%83,2) dokunulduğunu göstermektedir (168).

Bu ege sisteminin diğer bir avantajı da irrigasyon işleminin etkinliğini artırmasıdır. Kök kanal tedavisi esnasında dezenfeksiyon amacı ile kullanılan NaOCl bakterilere ve doku artıklarına maruz kaldığında kısa süre içerisinde etkisini kaybetmeye başlamaktadır. Kök kanallarının hacminin küçük olması nedeniyle kanallar içerisindeki az miktarda solüsyonun etkisinin daha çabuk azalacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sebeple irrigasyonun etkili olabilmesi için solüsyonun sık sık değiştirilmesi zorunludur (163). SAF irrigasyon solüsyonunun sürekli akışı eşliğinde çalışır, böylece kanal içinde her zaman taze irrigasyon solüsyonunun bulunmasına olanak sağlar. Egenin irrigasyon solüsyonu içinde vibrasyonu, onun temizleme ve debridman etkilerini artırır (166). Özellikle SAF egesi girintili alanlarda birikmiş olan tüm debris birikintilerinin uzaklaştırılmasını sağlar. Ege boyunca irrigasyon solüsyonunun devamlı akışı titreşim hareketiyle birleştiğinde, genel olarak kök kanalında ve özellikle de temizlenmesi zor olan kanalın apikal kısımdaki temizlemeyi olumlu yönde etkileyebilir.

Dar, eğri kanalların apikal kısımlarında irrigant replasmanını incelemek için, renkli sıvıyla doldurulmuş simule eğri kanallı saydam rezin bloklar kullanılmıştır. Aynı model kullanılarak dar, eğri bir kanalın apikal bölümünde şırınga ve iğne irrigasyonunun sıvı replasmanında etkisiz olduğu gösterilmiştir. Diğer yandan,

vibrasyon hareketiyle birlikte devamlı bir irrigasyon eşliğinde kullanılan SAF, kanalın apikal kısmında sıvıların replasmanında etkili olmuştur (163).

Paque ve ark. yaptıkları bir çalışmada, alt molar dişlerin mesial kanallarında SAF ile preparasyon yapıldığında, EDTA kullanılmamasına rağmen, döner eğelere göre SAF'ın daha az dentin birikimi sağladığı gözlenmiştir (169). Döner Ni-Ti eğeler kesici kenarları ile büyük parçalar halinde kopardıkları dentini, dönme hareketi ile kanal ağzına doğru taşırken, eğer kanal girintileri veya isthmuslar mevcutsa bunları o bölgelere yığıma eğilimindedirler. Ancak SAF, kanal duvarında zımparalama yaparak kum ya da toz gibi parçalar koparır ve bunların büyük kısmı aynı anda irrigasyon sistemi ile dışarı atılır. Araştırmaların sonuçlarından farklı olarak, Dietrich ve ark. kanal ve isthmus bölgelerinden debrisin uzaklaştırılmasını incelediklerinde, SAF sisteminin döner eğelere göre önemli bir üstünlüğünün olmadığı sonucunu bulmuşlardır (170).

Metzger ve ark. yaptıkları çalışmada, düz kanallarda SAF egesini 2 dk'lık 2 devre halinde toplamda 4 dk kullanmışlardır. Her devrenin ilk dk'sında %3 NaOCl irrigant olarak kullanılırken, %17 EDTA ikinci dk'da kullanılmıştır. Irrigantların akış hızı, işlem boyunca her irrigantın 10 ml toplam hacmiyle sonuçlanacak şekilde 5 ml/dk olarak ayarlanmıştır. İki devrenin tamamlanmasından sonra titreşim mekanizması kapatılmışken 0.5 dk'lık ilave bir %17'lik EDTA irrigasyonu ve takiben kalan EDTA'yı uzaklaştırmak üzere %3'lük NaOCl (5 ml) ile son bir yıkama yapılmıştır. Uzunlamasına kesilen dişler SEM ile $\times 200$ ve $\times 1000$ büyütmede incelenmiştir. Sonuç olarak, dönüşümlü irrigasyon protokolü eşliğinde SAF kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonu sonrası, tüm kanalların koronal, orta ve apikal bölgeleri debris yönünden temiz bulunmuştur. $\times 1000$ büyütmede smear tabakası incelendiğinde ise koronal bölge %100, orta bölge %80 ve apikal bölge %65 oranında smear tabakası yönünden temiz bulunmuştur (166).

Adıgüzel ve ark., EDTA ve MTAD kullanılarak yapılan SAF preparasyonunun debris ve smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliğini araştırmışlardır. Üst keser dişlerin kanalları SAF sistemi kullanılarak ilk 2 dk

boyunca %1,3'lük NaOCl irrigasyon eşliğinde genişletilmiştir. Daha sonra dişlerin bir grubunda %17'lik EDTA, diğer grubunda ise MTAD 2 dk boyunca kullanılmıştır. Her kanal için toplam 4 dk olan SAF preparasyonu sırasında irrigasyon solüsyonlarının akış hızı 5 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Sonuç olarak EDTA kullanılan grupta kanalların koronal bölgesi %85, orta bölgesi %60 ve apikal bölgesi %50 oranında smear tabakası bakımından temiz bulunmuştur. MTAD grubunda ise bu oranlar koronal, orta ve apikal bölgeler için sırasıyla %95, %90 ve %85 olmuştur (171).

Özellikle temizlenmesi zor olan kanalın apikal bölgesinde debris ve smear tabakası bakımından temiz dentin duvarlarının elde edilebilmesi, hem apikal bölgede şelatörün etkili bir şekilde sürekli olarak replasmanına hem de bu bölgede SAF'ın mekanik titreşim hareketine dayandırılabilir. Bu kombinasyon, diğer bildirilen çoğu yöntemle ulaşılabilenden daha temiz bir apikal kanal yüzeyini netice vermiştir (75, 166, 172). Ayrıca SAF sisteminin, kanalların daha geniş bir yüzeyinde etki göstererek daha fazla debris ve smear tabakasını uzaklaştırdığı bildirilmiştir (166, 169). Döner eğeler ile karşılaştırıldığında SAF sisteminin enstrümantasyon sonrası daha az debris bıraktığı ve kanal yüzeyini daha fazla genişlettiği gösterilmiştir (166, 169, 173, 174).

Esnek bir yapıya sahip olan SAF, tek başına kanal dolgusunu sökebilecek kadar keskin bir alet değildir. Ancak, kanal duvarlarına iyi adapte olabilen Ni-Ti kafesten oluştuğu ve zımparalama etkisine sahip olduğu için, iki aşamalı bir yöntem ile kullanılabilmesi ve döner retreatment eğelerinin kullanımının ardından kanal duvarlarında geriye kalan maddelerin uzaklaştırılmasında etkili olabileceği düşünülmüştür (175).

Abramovitz ve ark. yaptıkları bir çalışmada, alt molar dişlerin mesial eğri kök kanallarında gerçekleştirilen kanal tedavisinin tekrarlanması işleminde ProTaper retreatment eğelerinin kullanımından sonra SAF kullanmışlardır (176). Radyografiler üzerinden yapılan değerlendirmede, 5 dakikalık SAF kullanımı sonrasında radyopak artık dolgu maddesi oranı koronal kısımda %66, orta kısımda %68 ve apikal kısımda

%81 azalmıştır (176). Başka bir çalışmada ise SAF'ın 2 dk kullanımının ardından, kökler apikalinin 2, 4 ve 6 mm uzağından horizontal olarak kesilmiş ve artık gutta perka ile kaplı alan yüzdesi hesaplanmıştır. Buna göre, SAF kullanılan grupta kanalları temiz olarak sınıflandırılan diş sayısının arttığı görülmüştür (175). Yapılan her iki çalışmada da kök kanallarında temizlenmesi en zor olan kısım apikal bölge olmuştur.

Solomonov ve ark., oval şekilli kanallarda kanal tedavisinin tekrarlanması etkinliği açısından iki aşamalı ProTaper D1-D3 retreatment eğeleri ve ProTaper F1-F2 ile iki aşamalı ProFile ve SAF uygulamasını karşılaştırmışlardır. Çalışmada 2.0 mm çapındaki SAF, ProFile eğesinin ardından 4 dk kullanılmıştır ve sonuçlar mikro-BT ile değerlendirilmiştir. SAF kullanılan gruptaki köklerin %57'si büyük oranda temiz (artık madde hacmi orijinal kanal dolgusu hacminin %0,5'inden az) bulunurken, ProTaper grubunda yeterince temizlenememiştir (177). Sonuç olarak SAF, kanal tedavisinin tekrarlanması sonrası artık kanal dolgusunu uzaklaştırmada önemli ölçüde etkili olmuştur. Ancak kanalı tamamen artıklardan arındıramamıştır.

Keleş ve ark., oval şekilli kanallarda R-Endo retreatment eğesine ek olarak SAF eğesinin kullanılmasından ve kullanılmamasından sonra kök kanalından dolgu maddelerinin uzaklaştırılma etkinliğini karşılaştırmışlardır. Lateral ve vertikal kondansasyon tekniği kullanılarak kök kanal dolumu gerçekleştirilen örnekler Mikro-BT ile değerlendirilmiştir. Döner alet kullanımından sonra lateral ve vertikal kondansasyon tekniği kullanılan gruplarda artık dolgu maddesi ortalama yüzde hacmi sırasıyla 1.59 (IQR=1.26) ve 0.42 (IQR=0.86)'dir. SAF kullanımından sonra ortalama hacim 1.26 (IQR=0.75) ve 0.12 (IQR=0.53) olmuştur. Sonuç olarak SAF, kanal tedavisinin tekrarlanması sonrası artık kanal dolgusunu uzaklaştırmada önemli ölçüde etkili olmuştur (178).

2.3. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)

SEM cihazı elektron mikroskopunun bir çeşididir. İncelenmek istenen görüntünün yüksek büyütmelede görüntülenmesini sağlar. Çok ince (10 µm) bir elektron demetinin, incelenen yüzey boyunca bir noktadan diğer noktaya, ard arda

hareket etmesi prensibiyle çalışır. Yüzeye çarpan elektronlar yüzeyden ikincil elektronların fırlamasına ve fırlayan elektronların kristal yüzeyine çarparak ani ışık oluşturmaya sebep olur. Kristalde ortaya çıkan parlamalar bir foto çoğaltıcı lamba aracılığıyla yüz binlerce kez yükseltilerek elektrik sinyaline dönüştürülür. Elektron sinyalindeki dalgalanmalar bir dedektör aracılığı ile tutulur. Katot ışınli lambanın ekranını tarayan demet ile mikroskopla incelenecek yüzeyi tarayan demetin eş zamanlı tarama yapması sağlanır. Böylece lamba ekranındaki bir noktanın parlaklığı, cisim yüzeyindeki bu noktaya karşılık gelen noktadan salınan ikincil elektronların sayısı ile orantılı olarak değişir. Sonuçta, ekranda incelenen yüzeyin yapısını gösteren bir görüntü elde edilir (179).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

Kanallarda daha temiz yüzey elde etmek amacı ile geliştirilmiş olan farklı irrigasyon aktivasyon protokolleri ile kanalları temizleme etkinliğinin incelenmesi amacıyla planlanan bu çalışmaya, İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Değerlendirme Komisyonu tarafından 2014/109 sayılı toplantıdan etik kurulu raporu alınarak başlanmıştır. Çalışmanın örnek hazırlama kısmı İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi ve Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde, SEM incelemeleri ise İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Çalışmada kullanılmak için periodontal nedenlerle çekilmiş, çürüksüz, düz, tek köklü insan kanin dişleri seçildi. Benzer ebatlarda dişler seçilip her bir dişin sadece tek bir oval kök kanalına sahip olduğunun onaylanması amacıyla 60 kVp, 4 mA bir X-ışınlı röntgen aleti (Belmont Phot-X II, Takara Belmont Corp., Osaka, Japan) kullanılarak hem bukkolingual hem de mesiodistal yönde çekilen radyografları alındı. İmaj J programı (1.44p, National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) kullanılarak kök kanallarının bukkolingual ve mesiodistal çapları ölçüldü ve oval şekilli kanala sahip dişler çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya dahil edilecek dişlerin kök oluşumunu tamamlamış olmasına, çürük, çatlak, kırık ve herhangi bir restorasyona sahip olmamasına ve minimal düzeyde bir eğime sahip olmasına dikkat edildi. Kök yüzeyi üzerindeki organik artıkların uzaklaşması sağlandı. Köklerin üzerindeki plak veya kalsifiye sert dokular periodontal küretlerle uzaklaştırıldı. Örnekler 0.1% timol solüsyonunda dezenfekte edildi ve 4° C distile suda saklandı.

Çalışmada toplam 90 diş kullanıldı. Her bir diş rasgele 6 deney gruplarından birine atandı (n=15). Normallik varsayımı (Shapiro-Wilk testi) kontrol ettikten sonra, kök kanallarının daha önce bahsedilen morfolojik parametreleri açısından 6 grup homojenliği (bazal) derecesi % 5 anlamlılık düzeyinde, tek yönlü ANOVA testi ile doğrulandı.

Lazer aktivasyonu için yeterli rezervuar sağlamak amacıyla dişlerin kronlarının uzaklaştırılmadı. Dişlere devamlı su spreyi ile yüksek-hızlı elmas frez (SybronEndo, Orange, CA) yardımıyla giriş kavitesi açılarak kanala düz bir giriş sağlandı. 10 numaralı K-tipi eğe (Dentsply Maillefer, Baillagues, Switzerland) apikal foramenden görününceye kadar kanal içerisinde ilerletildi. Çalışma boyu her bir kanalın apikal forameninden çıktığı gözle görülen #10 K-tipi eğenin boyutundan bir mm çıkarılarak tespit edildi.

Kök kanal preparasyonu, crown-down tekniği kullanılarak 300 rpm'de ayarlanmış elektrikli bir motor vasıtası ile (W & H, Bürmoos, Avusturya) Revo-S NiTi rotary aletlerinin (Micro-Mega, Besançon, France) içeri-dışarı hareket kullanılarak gerçekleştirildi. Bu sistem, bir rekapütasyon ve temizleme eğesi (SU) ve iki apikal penetrasyon eğesi (SC1 ve SC2) olmak üzere üç egeden oluşmaktadır. Bu eğeler, apikal bölge 25 numarada 0.06 açı ile şekilleninceye kadar çalışma boyunda kullanıldı. Apikal genişletme #45 K-tipi eğenin (Mani Co, Tokyo, Japan) çalışma boyunda kullanılması ile tamamlandı. Her eğe 5 kanalda kullanıldıktan sonra değiştirildi. İşlem boyunca her eğe arasında çalışma boyutundan 1 mm kısa olarak yerleştirilen tek kullanımlık şırıngalar ve 30 G NaviTip iğneler (Ultradent, South Jordan, UT) ile 5 ml %5 NaOCl kullanıldı. Final yıkama, smear tabakasını ve dentin debrislerini uzaklaştırmak için 5 dk boyunca 1 ml/dk hızda 5 ml 17% EDTA (pH = 7.7) ile yapıldı, ardından kök kanalları 5 dk 5 ml bidistile su ile durulandı. Daha sonra, kanallar kağıt konlar (Dentsply Maillefer, Ballagiues, İsviçre) ile kurutuldu.

3.2. Kök Kanal Dolgusu

Kök kanalları sıcak vertikal kompaksiyon tekniği (BeeFill 2in1; VDW, Munich, Germany) kullanılarak dolduruldu. Kanal duvarları ince bir pat tabakası (AH Plus; Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) ile kaplandı. Çalışma boyundan 0.5 mm kısa olacak şekilde 45 numaralı 0.02 açılı guta perka master kon (Aceone-Endo, Aceonedent Co. Geonggi-Do, Korea) kanal içine yerleştirildi. Koronal kısımdaki fazla guta perka ısıtılmış bir aletle uzaklaştırıldı. Kanal içine apekten yaklaşık 3 ile 4 mm kısa olacak şekilde bir emniyet noktasında bırakılan ISO boyutu 60 olan sıcak bir plugger ile kondansasyon gerçekleştirildi. Kök

kanalının kalan kısmı üreticinin talimatlarına göre BeeFill Backfill cihazı (VDW) kullanılarak sıcak guta perka ile dolduruldu. Kanal dolgusunun yeterli olduğunu teyit etmek için dişlerden bukkolingual ve meziodistal yönde radyograflar alındı. Dişlerden alınan radyograflar sonrasında kök kanallarında dolum kitlesinde boşluk tespit edilen numuneler yenisi ile değiştirildi. Numuneler 1 hafta (37 °C, %100 nemde) patın tamamen sertleşmesi için saklandı.

3.3. Kanal Tedavisinin Yenilenmesi

Endodontik tedavinin yenilenme prosedürü, 340 rpm sabit hızda ve düşük torkta ayarlanmış elektrikli bir motor vasıtası (W&H) ile çevresel eğeleme yapan R-Endo NiTi döner aletlerinin (Micro-Mega, Besançon, France) kullanılması ile gerçekleştirildi. Kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kök kanalının 3 mm'lik servikal bölümünde Re döner eğeleri (15 mm; boyut 25, açı 0.12); kanalın orta bölgenin başlangıcında R1 (15 mm; boyut 25, açı 0.08); orta kısmı R2 (19 mm, boyutu 25, açı 0.06) ve çalışma boyutunda R3 (23 mm, boyutu 25, açı 0.04) NiTi döner eğeleri kullanıldı. Son olarak #45 K-tipi eğeler çalışma boyutunda kullanıldı. Her eğeden sonra 2,5 ml %5'lik NaOCl kullanıldı. Aletler 4 kök kanalında kullanıldıktan sonra değiştirildi ve kanal tedavisinin tekrarlanması işlemi, çalışma boyutuna ulaştığı zaman, eğelerin olukları arasında hiçbir materyal gözlenmediğinde ve irrigasyon solüsyonu debrislere temizlenmiş görüldüğünde tamamlanmış kabul edildi. Dişlerin apikalleri irrigasyon solüsyonun taşmasını engellemek ve bir buhar kilitleme etkisi elde etmek için klinik durumu yansıtacak şekilde kapalı uçlu bir kök kanal oluşturmak amacıyla mumla (Cavex set up regular, Cavex, Haarlem, Hollanda) kaplandı.

3.4. Grupların Oluşturulması

Çalışmamızda 6 farklı grup oluşturulmuştur.

Grup 1. (R-Endo+ KI) R-Endo retreatment eğesinin kullanılmasından sonra klasik 30 gauge'luk irrigasyon şırıngası ile yapılan aktivasyon (kontrol grubu)

Grup 2. (R-Endo+ SAF) R-Endo retreatment eğesinin kullanılmasından sonra SAF eğesi kullanılarak yapılan aktivasyon

Grup 3. (R+Endo+ PUI) R-Endo retreatment eğesinin kullanılmasından sonra pasif ultrasonik irrigasyon (Devamlı irrigasyon) ile yapılan aktivasyon

Grup 4. (R-Endo+ Er: YAG lazer): R-Endo retreatment eğesinin kullanılmasından sonra düz uçlu Er: YAG lazer sistemi kullanılarak yapılan aktivasyon

Grup 5. (R-Endo+ PIPS lazer) R-Endo retreatment eğesinin kullanılmasından sonra konik uçlu Er: YAG lazer (PIPS) sistem kullanılarak yapılan aktivasyon

Grup 6. (R-Endo+ Nd: YAG lazer) R-Endo retreatment eğesinin kullanılmasından sonra Nd: YAG lazer sistemi ile yapılan irrigasyon

Grup 1 (R-Endo+ KI): Kök kanal tedavisi yenilenmiş dişten 15 tanesi rastgele olarak seçilerek kontrol grubu olarak belirlendi. Klasik 30 gauge'lık irrigasyon şırıngası ile 5 ml %5'lik NaOCl 1 dk süresince kanal içerisinde yukarı aşağı hareketlerle aktive edilerek uygulandı. Bunu takiben aynı şekilde 5 ml %17'lik EDTA 1 dk. süresince uygulandı. Kanal içerisinde kalan NaOCl solüsyonunun uzaklaştırılması amacı ile kanallar 15 ml distile su ile yıkandı. Ardından dişler kâğıt konlar ile kurulandı.

Grup 2 (R-Endo+ SAF): 2.0 mm çaplı SAF eğesi içeri-dışarı yönde titreşim hareketine olanak veren RDT3-NX (ReDent-Nova) başlığı 83,3 Hz (5000 rpm) ve 0,4 mm amplitüd ile çalıştırılarak 2 dk boyunca kanalın çalışma uzunluğunda kullanıldı. Özel bir irrigasyon cihazı (VATEA,ReDent-Nova) 5 ml/dk akış hızında kullanılarak SAF ile eğeleme sırasında 1 dk boyunca 5 ml % 5'lik NaOCl ve 1 dakika boyunca 5 ml %17'lik EDTA toplam 2 dk kullanıldı. Son durulama 15 ml distile su ile yapıldı. Ardından dişler kâğıt konlar ile kurulandı.

Grup 3 (R-Endo+ PUI): Kök kanalında kalan artıklar bir piezoelektrik ünit (MiniMaster, EMS, Nyon, Switzerland) kullanılarak uzaklaştırılmaya çalışıldı. Kesici olmayan ultrasonik uç (EMS) çalışma boyutundan 1 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirildi. Endomod olarak ayarlanmış olarak ve apikale doğru salınım ile

titreşen ultrasonik uç ve irrigasyon aynı zamanda başlatıldı. Üretici talimatlarına göre, yaklaşık olarak 30 kHz frekansta kullanıldı. Kök kanallarına irrigasyon ultrasonik olarak 1 dk 5 ml %5'lik NaOCl'in ve 1 dk boyunca 5 ml %17'lik EDTA'nın devamlı akışı ile toplam 2 dk uygulandı. Son durulama 15 ml distile su ile yapıldı. Ardından dişler kağıt konlar ile kurulandı.

Grup 4 (R-Endo+ Er: YAG lazer): 1 W, 20 Hz ve 50 mJ atılımda, VSP mod ile 2940 nm düz uçlu Er: YAG lazer (Fidelis AT; Fotona, Ljubljana, Slovenia) kullanıldı. 14 mm uzunluğunda, 300 µm çapı olan düz optik fiber (PRECISO 300/14, Fotona) çalışma boyundan 3 mm kısa olacak şekilde kök kanalının içine yerleştirildi; sonra, lazer cihazı aktive edildi ve uç helikal hareketler ile apikal bölgeden koronal bölgeye hafifçe çekildi ve her seferinde apekte yeniden başlatıldı.

Grup 5 (R-Endo+ PIPS lazer): 300 µm çaplı 14 mm uzunluğunda konik uçlu Er: YAG lazer (PIPS) (Fidelis AT; Fotona) 20 Hz nabız atımı ve her atımda 45 mJ enerji ile VSP modda kullanıldı. Total olarak 0.9 W güç serbest bırakıldı. Uç koronal pulpa odasına açılan girişte sabit bir şekilde yerleştirildi ve lazer aktivasyonu sırasında kök kanalı içinde apikal olarak ilerletilmedi

Grup 6 (R-Endo+ Nd: YAG lazer): 1 W, 20 Hz ve 50 mJ parametrelili 1064 nm Nd: YAG lazer (Fidelis AT; Fotona) VSP modunda kullanıldı. 320µm-ince fiber uç, çalışma uzunluğundan 3 mm kısa olacak şekilde kök kanalı içine yerleştirildi ve sonra lazer aktive edildi, fiber uç grup 4' deki gibi hareket ettirildi.

Çalışmamızda Er: YAG, PIPS ve Nd: YAG lazerler kullanıcının talimatlarına göre uygulandı. Tüm gruplarda, lazer birimlerinin hem hava hem de su spreyi özelliği kapalı olarak ayarlandı. Grup 4, grup 5 ve grup 6'da kök kanalları pasif olarak 30 gauge iğne şırıngası yoluyla %5 NaOCl ile dolduruldu. Lazerle aktive edilen irrigasyonun 10 sn aralıklarının ardından 10 sn aktive olmayan (istirahat) takip etti. Bu aralıklar, 5 ml %5 NaOCl kullanılması ile 6 defa tekrarlanmıştır (toplam 60 sn). Daha sonra, kanal %17 EDTA ile şırıngayla irrigate edildi ve aynı lazer ışınlama prosedürü uygulandı. Lazer uygulamasından sonra, son durulama 15 ml distile su ile yapıldı. Ardından dişler kağıt konlar ile kurulandı.

3.5. Örnek Kesitlerinin Hazırlanması

Diş kökünün bukkal ve lingual yüzeylerine dişin uzun eksenine boyunca kök kanallarının iç kısmına dokunulmadan anguldruvaya bağlı elmas separe ile su soğutması altında paralel oluklar açıldı. Daha sonra bu oluklara yerleştirilen siman spatülü yardımı ile dişler iki parçaya ayrıldı. Her iki yarımda SEM değerlendirilmesi için kullanıldı (**Resim 2**).



Resim 2. Dişlerin ikiye ayrıldıktan sonraki görüntüsü

SEM incelemesi öncesi örnekler 24 saat boyunca etüv oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı.

3.6. SEM Değerlendirmesi

Taramalı elektron mikroskobu ile prepare edilmiş kök kanal yüzeylerinin morfolojik özelliklerini incelemek mümkündür. Hem smear tabakasının hem de debrisin değerlendirilmesi amacıyla çalışmamızda taramalı elektron mikroskobu kullanıldı.

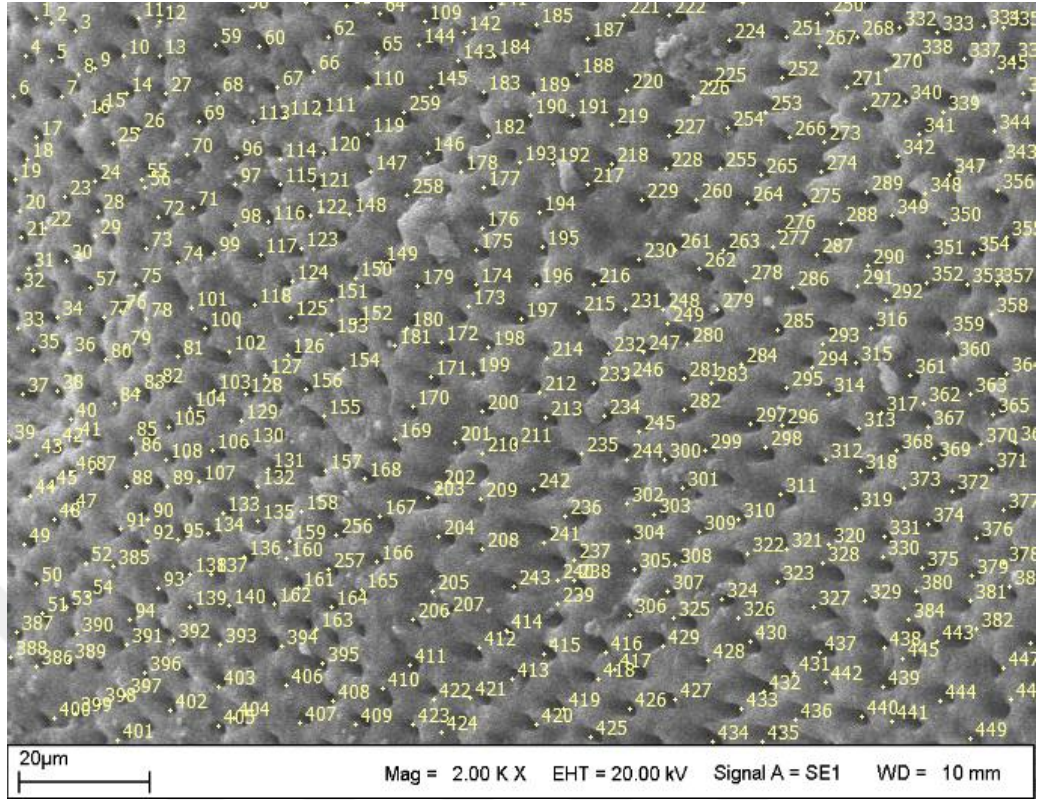
Örnekler İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde mevcut olan kaplama cihazı (Cressington sputter coater 108auto, Cressington MTM-20, Elektronen-Optik-Service, Dortmund, Almanya) ile 90 Angström (Å) kalınlığında altın-palladyum ile kaplandı.

Kaplama işlemi tamamlanan örnekler aynı merkezde mevcut olan SEM cihazı ile (LEO EVO 40 Cambridge) incelendi.

Smear tabakasının değerlendirilmesi için $\times 2000$ büyütmede; dişin koronal, orta ve apikal bölgesinden alınan SEM görüntüleri elde edildi. Debrisin değerlendirilmesi için $\times 100$ büyütmede SEM görüntüleri alındı.

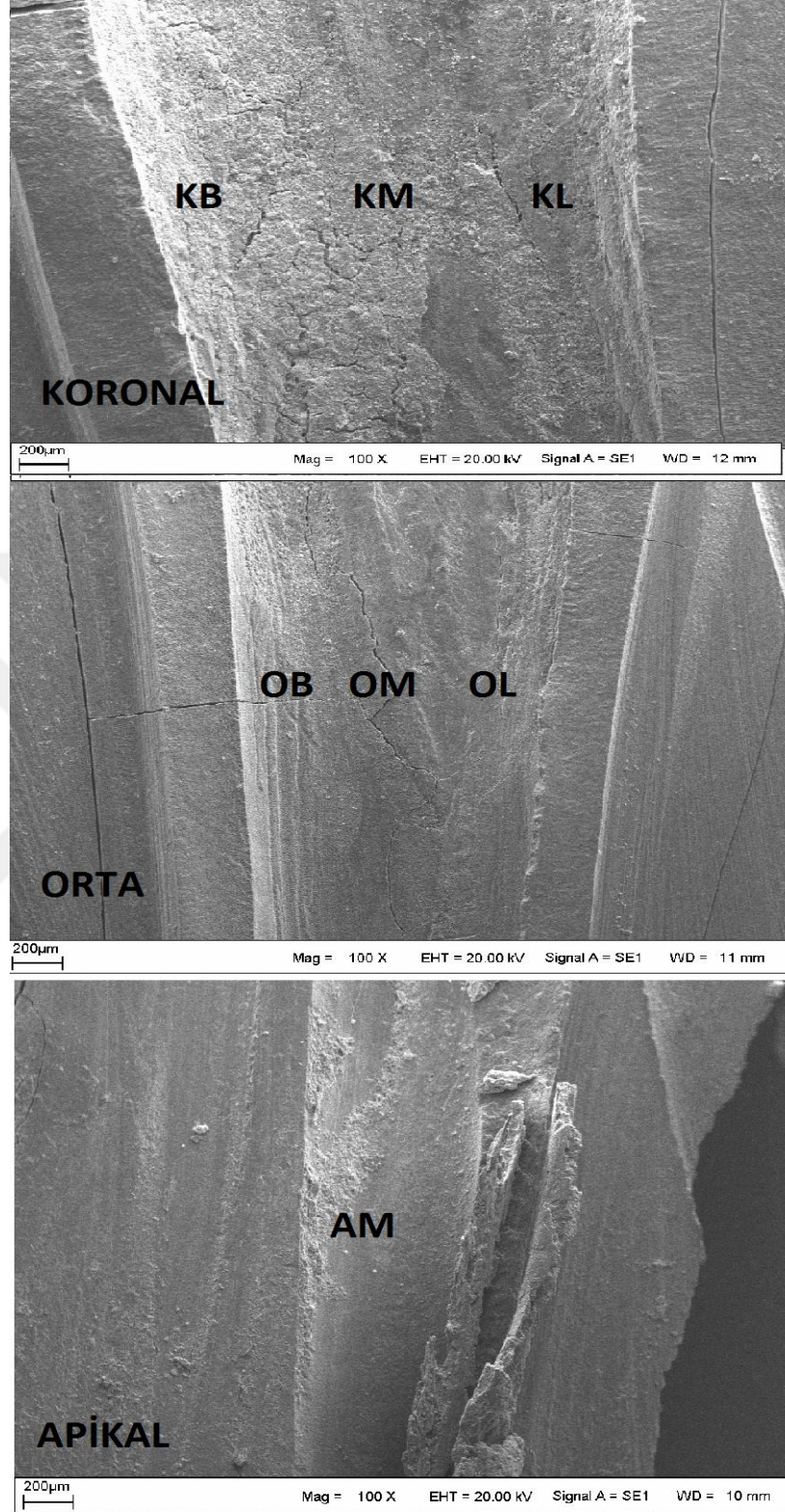
3.6.1. Smear Tabakasının Değerlendirilmesi

Smear tabakasının incelenmesi amacıyla açık dentin tübül sayısının belirlenmesi için görüntüler Adobe Photoshop yazılımı kullanılarak sayıldı. Sayım işlemi aynı klinisyen tarafından farklı zamanlarda iki kere yapıldı (**Resim 3**).



Resim 3. Çalışmamızda açık dentin tübüllerinin Adobe Photoshop yazılımı ile sayılmasının örnek bir görünümü

Örneklerin her iki yarımında smear tabakası için SEM değerlendirilmesi kök kanalının koronal, orta ve apikal bölümünün 7 farklı noktasından yapılmıştır (**Resim 4**).



Resim 4. Koronal, orta ve apikal bölgede incelenen 7 farklı nokta (**KB:** Koronal-Bukkal; **KM:** Koronal-Merkez; **KL:** Koronal-lingual; **OB:** Orta-bukkal; **OM:** Orta-merkez; **OL:** Orta-lingual; **AM:** Apikal-merkez;)

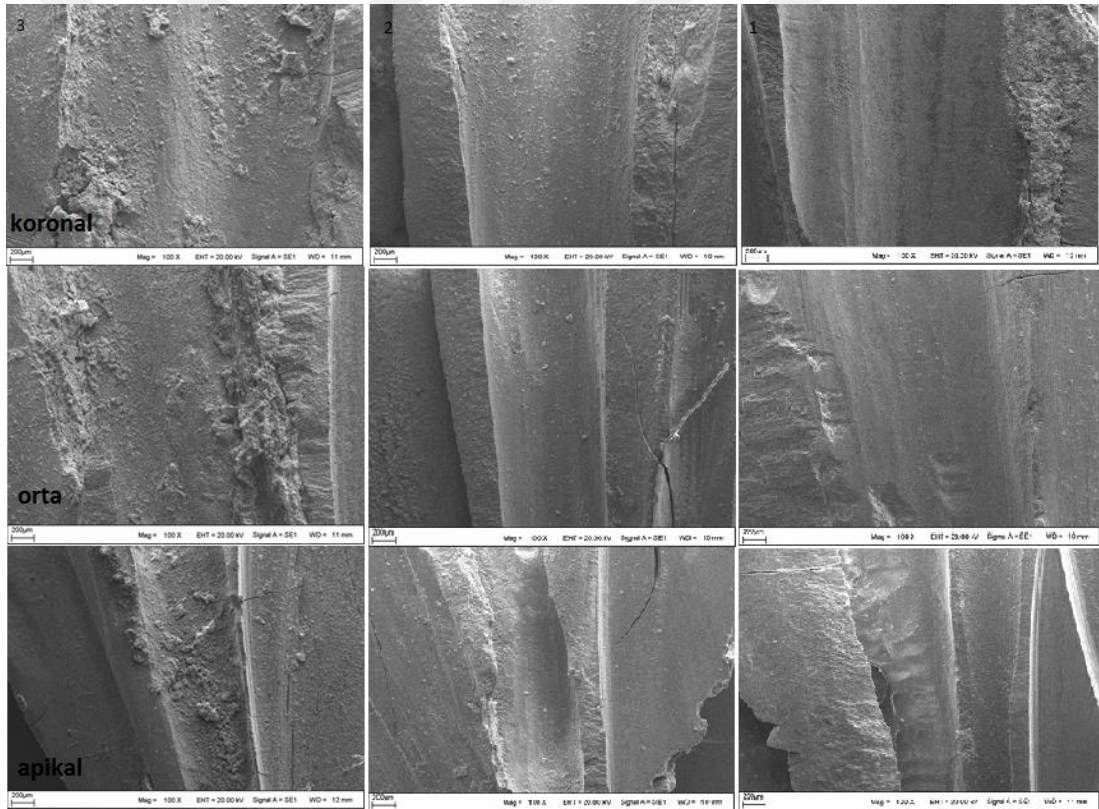
3.6.2 Debrisin Değerlendirilmesi

Debrisin değerlendirilmesinde Keleş ve ark. belirledikleri skorlama sistemini kullandı (78):

Skor 1: Kök kanal duvarları temizdir ve sadece çok az miktarda debris parçacıkları ($\pm 40 \mu\text{m}$) vardır.

Skor 2: Kök kanal duvarlarının %50'si veya daha fazlası debrisyle kaplanmıştır.

Skor 3: Kök kanallarının tamamı veya tamamına yakını debris ile kaplanmıştır (**Resim 5**).



Resim 5. Debris skorlarının temsili görüntüsü (skor 1,2,3) (x100 büyütme)

3.7. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken değişkenler kesikli veri olduğundan ve Kolmogorov-Smirnov testi sonucu normal dağılıma uygunluk göstermediğinden çalışmada non parametrik testler kullanılmıştır. Değişkenlerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Bonferroni Düzeltmeli Mann Whitney U test kullanıldı. Parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında ise Friedman Testi ve ikili karşılaştırmalarında Bonferroni Düzeltmeli Wilcoxon işaret testi kullanıldı. Grup içi iki nokta karşılaştırmalarında Wilcoxon İşaret Testi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Bu çalışmada altı farklı irrigasyon aktivasyon yönteminin kök kanallarını temizleme etkinliğinin araştırılması amacı ile koronal, orta ve apikal kısımda biriken debris ve smear tabakası SEM cihazı ile incelenmiştir.

4.1 Debris Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Test gruplarına göre koronal, orta ve apikal bölgede kalan debris skoruna ait ortalama \pm standart sapma ve istatistiksel farklılıklar Tablo 1'de gösterilmiştir. Koronal, orta ve apikal bölgelerde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p=0.001$, $p=0.001$ ve $p=0.048$, sırasıyla).

Grup içi karşılaştırmalarda, R-Endo + PIPS grubunun kök kanalının orta bölgesinde apikal bölgeye göre daha fazla debris uzaklaştırdığı bulunmuştur ($p<0.05$). Bu grubun dışındaki tüm gruplarda koronal, orta ve apikal bölgede benzer miktarda debris uzaklaştırılmıştır.

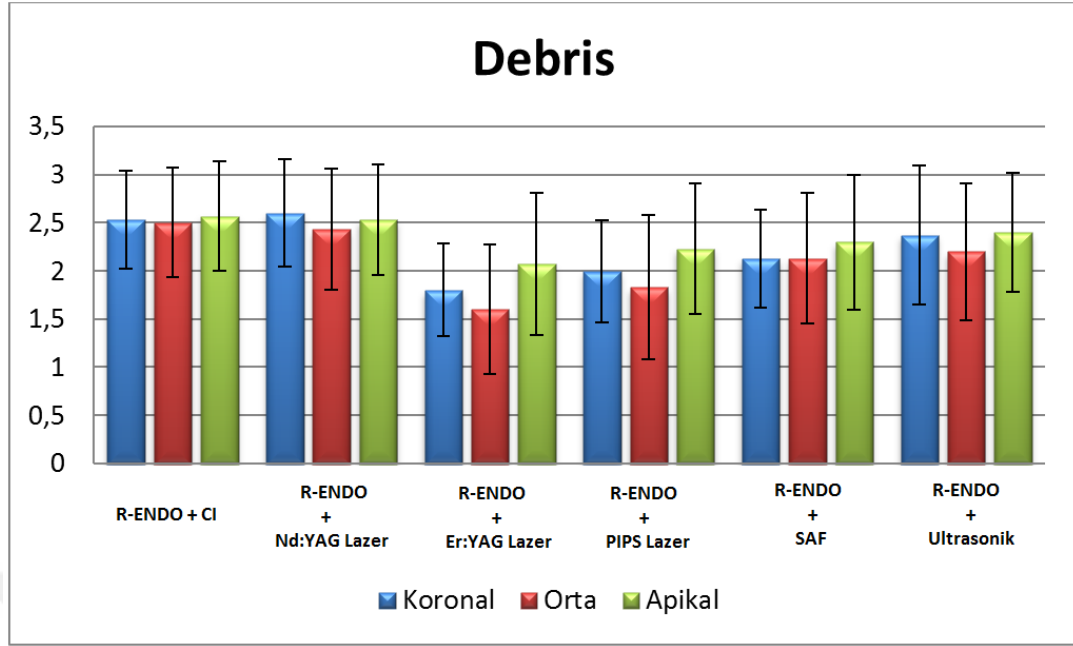
Tablo 1. Grup içi ve gruplar arası debris sonuçlarının

	Debris Sonuçları			¹ p Değeri
	Koronal	Orta	Apikal	
	Ort \pm SS (Medyan)	Ort \pm SS (Medyan)	Ort \pm SS (Medyan)	
R-Endo+ CI	^c 2.53 \pm 0.51 (3) ^A	^c 2.5 \pm 0.57 (3) ^A	^b 2.57 \pm 0.57 (3) ^A	0,706
R-Endo+ Nd:YAG Lazer	^c 2.6 \pm 0.56 (3) ^A	^c 2.43 \pm 0.63 (2.5) ^A	^{ab} 2.53 \pm 0.57 (3) ^A	0,368
R-Endo+ Er:YAG Lazer	^a 1.8 \pm 0.48 (2) ^{AB}	^a 1.6 \pm 0.67 (1.5) ^B	^a 2.07 \pm 0.74 (2) ^A	0,099
R-Endo+ PIPS Lazer	^{ab} 2.0 \pm 0.53 (2) ^{AB}	^b 1.83 \pm 0.75 (2) ^B	^{ab} 2.23 \pm 0.68 (2) ^A	0,037*
R-Endo+ SAF	^{ab} 2.13 \pm 0.51 (2) ^A	^{bc} 2.13 \pm 0.68 (2) ^A	^{ab} 2.3 \pm 0.7 (2) ^A	0,309
R-Endo+ Ultrasonik	^{bc} 2.37 \pm 0.72 (2.5) ^A	^{bc} 2.2 \pm 0.71 (2) ^A	^{ab} 2.4 \pm 0.62 (2) ^A	0,291
² p Değeri	0,001**	0,001**	0,048*	

¹ Friedman Test ² Kruskal Wallis Test

* $p<0.05$

** $p<0.01$



Grafik 1. Grupların apikal, orta ve koronal bölgede debris tabakası skorlarının ortalama ve standart sapma değerleri

4.2. Smear Skorlarının Değerlendirilmesi

Test gruplarına göre 7 farklı noktada kalan açık dentin tübül sayılarına ait ortalama \pm standart sapma ve istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir. Tüm noktalarda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır.

4.2.1. Kök Kanallarının Koronal Bölgesindeki Smear Tabakası Skorlarının Değerlendirilmesi

Koronal bölgedeki her 3 noktada da R-Endo + CI grubu örnekleri diğer gruplardan daha az açık dentin tübülüne sahipti ($p=0.001$). R-Endo + Er YAG lazer ve R-Endo + PIPS gruplarındaki örneklerde her 3 noktada da en az smear tabakasının kaldığı bulundu ($p=0,001$). KB ve KL noktalarında R-Endo + SAF grubu ile R-Endo + PIPS grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$) (**Tablo 2**) (**Grafik 2**).

KB, KM ve KL noktalarında yapılan grup içi karşılaştırmalar istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ortaya çıkardı ($p<0.05$). R-Endo + SAF grubunda noktalar

arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamazken ($p>0.05$), R-Endo + CI grubunda en fazla smear tabakası KL noktasında kalmıştır ($p<0.05$). Diğer gruplarda açık dentin tübülü sayısı en fazla KB noktasında bulunurken KM ve KL noktalarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı (**Tablo 2**) (**Grafik 2**).

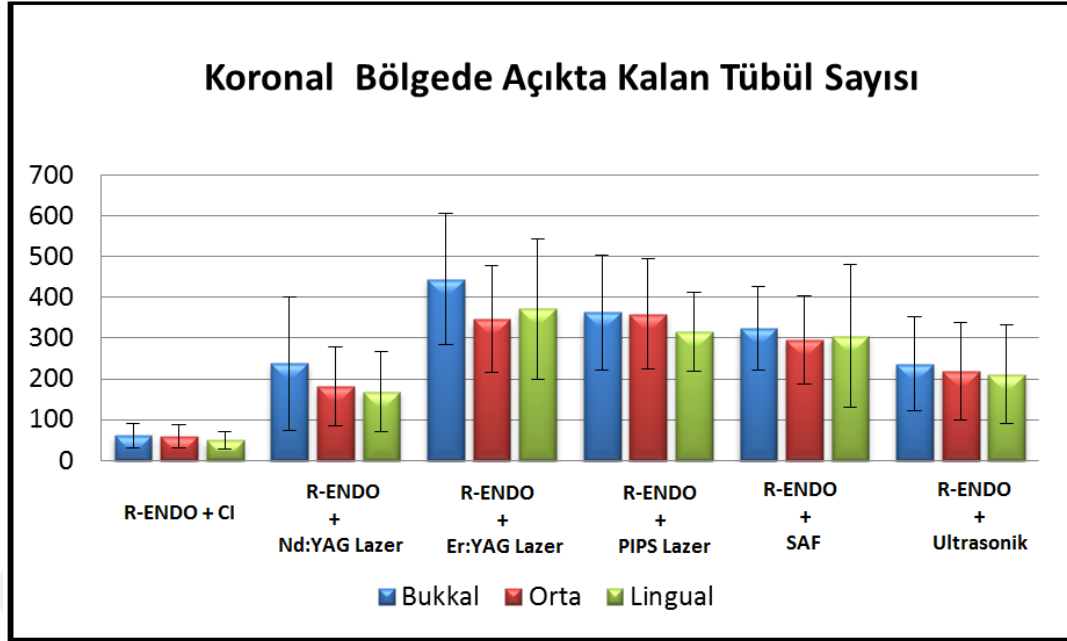
Tablo 2. Grup içi ve gruplar arası koronal bölgedeki smear tabakasında açığa kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi

	Koronal			¹ p Değeri
	Bukkal	Orta	Lingual	
	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)	
R-Endo+ CI	^d 60.9±29.05 (64) ^A	^d 60.13±28.37 (67.5) ^A	^d 49.67±21.72 (53) ^B	0,011*
R-Endo+ Nd:YAG Lazer	^c 237.97±163.6 (214) ^A	^c 181.9±97.49 (187.5) ^A	^c 168.73±99.36 (133) ^C	0,001**
R-Endo+ Er:YAG Lazer	^a 444.83±160.58 (452) ^A	^a 346.83±132.09 (354.5) ^B	^a 371.73±171.83 (332) ^B	0,001**
R-Endo+ PIPS Lazer	^b 363.43±140.54 (345.5) ^A	^a 359.6±134.88 (347) ^A	^a 315.7±96.91 (321) ^B	0,045*
R-Endo+ SAF	^b 323.03±102.71 (320.5) ^A	^{ab} 296.03±107.91 (287.5) ^A	^{ab} 304.93±175.34 (249) ^A	0,103
R-Endo+ Ultrasonik	^c 236.97±115.52 (205.5) ^A	^{bc} 218.87±118.94 (191) ^{AB}	^{bc} 211.47±121.01 (213) ^B	0,003**
² p Değeri	0,001**	0,001**	0,001**	

¹ Friedman Test ² Kruskal Wallis Test

* $p<0.05$

** $p<0.01$



Grafik 2. Grupların koronal bölgesinin bukkal, orta ve lingual kısımlarındaki açıkta kalan tübül sayıları ile smear tabakasının ortalama ve standart sapma değerleri

4.2.2. Kök Kanallarının Orta Bölgesindeki Smear Tabakası Skorlarının Değerlendirilmesi

Orta bölgedeki her 3 noktada da R-Endo + CI grubu örnekleri diğer gruplardan daha az açık dentin tübülüne sahipti ($p=0.001$). R-Endo + Er YAG lazer ve R-Endo + PIPS işlemlerinin her 3 noktadan da daha çok smear tabakasını uzaklaştırdığı bulundu ($p=0,001$). OB ve OM noktalarında R-Endo + SAF grubu ile R-Endo + PIPS grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$).

OB, OM ve OL noktalarında yapılan grup içi karşılaştırmalar istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ortaya çıkardı ($p<0.05$). R-Endo + PIPS ve R-Endo + SAF gruplarında OB ve OL noktalar arasında açık dentin tübül sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$) diğer tüm gruplarda OB noktada OL noktaya göre daha fazla açık dentin tübülü sayısı elde edildi ($p<0.01$). (**Tablo 3**) (**Grafik 3**).

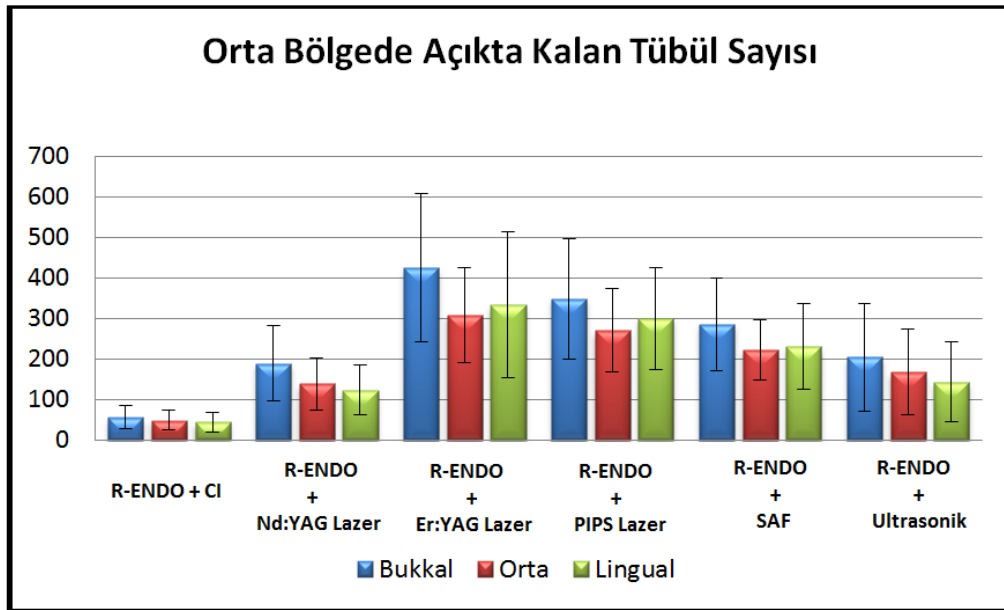
Tablo 3. Grup içi ve gruplar arası orta bölgedeki smear tabakasında açıkta kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi

	Orta			¹ p Değeri
	Bukkal	Orta	Lingual	
	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)	Ort±SS (Medyan)	
R-Endo+ CI	^d 55.53±28.14 (62.5) ^A	^e 48.47±24.54 (46) ^{AB}	^c 43.83±25.31 (41.5) ^B	0,008**
R-Endo+ Nd:YAG Lazer	^c 189.03±91.91 (194) ^A	^d 138.7±64.38 (127.5) ^B	^b 123.37±60.39 (120) ^C	0,001**
R-Endo+ Er:YAG Lazer	^a 424.37±183.08 (412.5) ^A	^a 308.13±118.18 (316.5) ^B	^a 333.33±179.77 (242.5) ^B	0,002**
R-Endo+ PIPS Lazer	^a 348.13±148.3 (304.5) ^A	^{ab} 270.07±103.38 (263.5) ^B	^a 300.67±125.79 (316) ^{AB}	0,016*
R-Endo+ SAF	^{ab} 285.23±115.56 (269.5) ^A	^{bc} 222.97±73.84 (225.5) ^B	^a 230.8±105.04 (209) ^{AB}	0,020*
R-Endo+ Ultrasonik	^{bc} 204.97±132.97 (179) ^A	^{cd} 166.73±105.79 (134) ^B	^b 143.57±98.48 (125.5) ^B	0,001**
² p Değeri	0,001**	0,001**	0,001**	

¹ Friedman Test ² Kruskal Wallis Test

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$



Grafik 3. Grupların orta bölgesinin bukkal, orta ve lingual kısımlarındaki açıkta kalan tübül sayıları ile smear tabakasının ortalama ve standart sapma değerleri

4.2.3. Kök Kanallarının Apikal Bölgesindeki Smear Tabakası Skorlarının Değerlendirilmesi

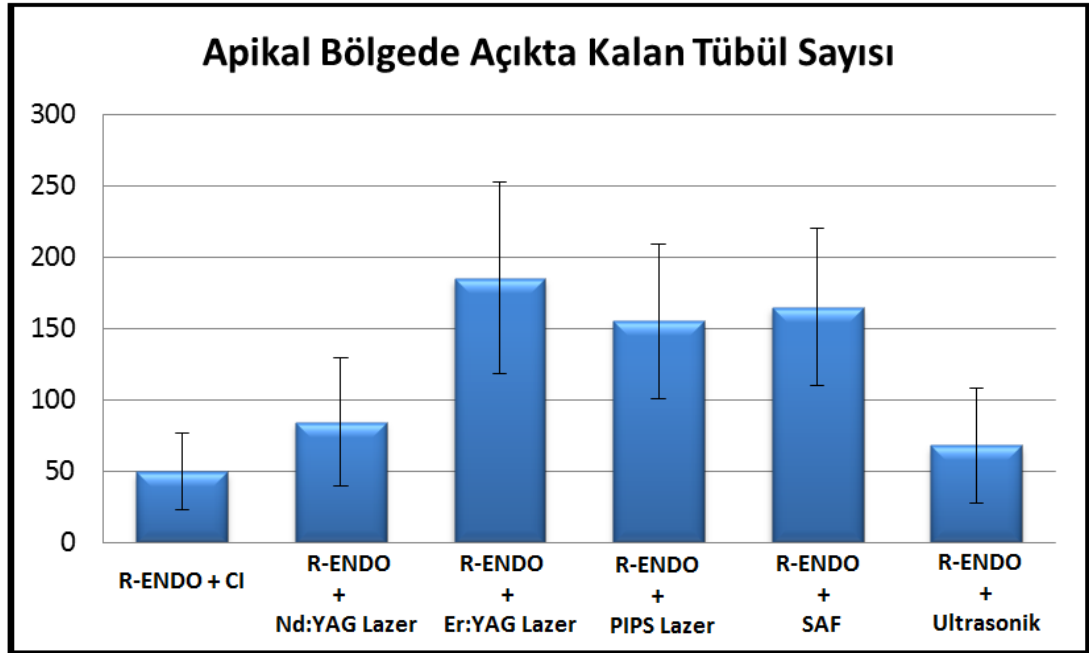
AM noktasında en fazla açık dentin tübül sayısı R-Endo + Er YAG lazer, R-Endo + PIPS ve R-Endo + SAF gruplarında elde edildi ($p=0,001$). Bu noktada R-Endo + CI ve R-Endo + PUI grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0.05$) (Tablo 4) (Grafik 4).

Tablo 4. Grup içi ve gruplar arası apikal bölgedeki smear tabakasında açıkta kalan tübül sayılarının değerlendirilmesi

	Apikal-Orta
	Ort±SS (Medyan)
R-Endo+ CI	^b 49.53±26.5 (49)
R-Endo+ Nd:YAG Lazer	^c 84.27±44.68 (70.5)
R-Endo+ Er:YAG Lazer	^a 185.27±67.3 (164)
R-Endo+ PIPS Lazer	^a 154.8±53.82 (149.5)
R-Endo+ SAF	^a 164.73±55.38 (162)
R-Endo+ Ultrasonik	^{bc} 67.8±40.39 (49)
<i>P</i>	0,001**

¹ Friedman Test

** $p<0.01$



Grafik 4. Grupların apikal bölgesinde açıkta kalan tübül sayıları ile smear tabakasının ortalama ve standart sapma değerleri

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavilerinin başarısız olduğu durumlarda cerrahi tedavi öncesi endodontik tedavinin yenilenmesi düşünülmektedir. Bu gibi durumlarda kök kanal sisteminin tamamen boşaltılıp, temizlenerek yeniden doldurulması yani retreatment ile başarılı sonuçlar alınmaktadır (180).

Kanal tedavisinin tekrarlanması işleminde hedef, kanal dolgu materyalinin tamamını çıkartarak, kök kanal sisteminin apikal foramene kadar dezenfeksiyonunu sağlayabilmek ve böylece periradiküler iyileşmeyi gerçekleştirecek ortamı temin etmektir (181, 182). Kanal tedavisinin tekrarlanması işleminde kök kanal dolgu maddesinin mümkün olduğunca çok miktarda uzaklaştırılması geride kalan nekrotik dokunun ve mikrobiyal popülasyonun elimine edilmesi açısından şarttır (2, 181, 183). Ne yazık ki, birçok rapor; solvent ek olarak kullanılsın veya kullanılsın, mekanik yöntemler kullanılarak yapılan kanal tedavisinin tekrarlanması işleminden sonra kök kanalında kalan kök kanal dolgu maddesinin önemli miktarda olduğunu göstermiştir (184-186).

Barbizam ve ark. şekillendirme sonrasında kök kanallarında kalan debris miktarının, dişin anatomik özelliklerine bağlı olduğunu bildirmişlerdir (187). Oval şekilli kanallarda, döner eğeler kanalın merkezini bularak yuvarlak preparasyon yaratma eğilimindedirler ve temizleme ve şekillendirmenin yapılamadığı bukkal ve lingual alanlar bırakırlar (174, 178, 185, 188). Çalışmamızda oval şekilli kanallarda döner aletlerin kullanımından sonra debris ve smear tabakasının kök kanallarının hangi bölgesinde daha çok kaldığı incelenmiştir.

Versiani ve ark. yaptıkları bir çalışmada, oval şekilli mandibular kanin dişlerinde kullanılan çeşitli yöntemlerin dentin uzaklaştırma miktarları Mikro-BT kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, oval şekilli kanallarda prepare edilmiş ve prepare edilmemiş alanlar değerlendirildiğinde, dokunulmamış alanların dişin orta bölgesinde lingual kısımda olduğu tespit edilmiştir (189). Ribeiro ve ark. SAF ve döner aletlerin oval şekilli kanallardaki smear tabakasını uzaklaştırma miktarının histolojik olarak ve optik mikroskop ile değerlendirildikleri

çalışmalarında, oval şekilli kanallarda döner aletler kullanılmasından sonra debrisin en fazla lingual alanda biriktiği gözlenmiştir (190). Çalışmamızda da oval şekilli mandibular kanin dişleri SEM ile incelendiğinde debrisin ve smear tabakasının en fazla koronal ve orta bölgelerin lingual kısmında biriktiği gözlenmiştir.

Eğeleme esnasında ulaşılamayan bu alanlar ve düzensizlikler debrislere için bir sığınak görevi görmektedir (5, 187, 191-194). Kök kanallarının dezenfeksiyonu ve temizlenebilmesi için yalnızca mekanik enstrümantasyon yeterli olmayıp preparasyon işleminin irrigasyon işlemi ile desteklenmesi önem arz etmektedir (10). Kök kanal tedavisi esnasında yapılan irrigasyon işlemi ile kanal debrislere ve smear tabakası uzaklaştırılabilir, organik doku artıkları çözülebilir ve mekanik preparasyon metodları ile ulaşılamayan alanlar temizlenebilir (11). Irrigasyon oval şekilli kök kanallarında preparasyonu sırasında aletlerin ve tekniğin oluşturduğu sınırlamaları telafi edebilir (195). Ancak kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkili olabilmesi için yüzeye direk temas edecek şekilde uygulanması gerektiği rapor edilmiştir (51).

Yapmış olduğumuz çalışmadaki tüm deney gruplarında eşit sürede irrigasyon işlemi uygulandı. Tüm gruplarda farklı irrigan ajitasyon protokolleri aynı hacimde irrigasyon solüsyonları (%5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA) kullanılarak gerçekleştirildi. NaOCl endodonti pratiğinde en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonu olup güçlü bir organik doku çözücü özelliğe ve geniş antimikrobiyal spektruma sahiptir (50). NaOCl ve EDTA solüsyonlarının kombine kullanımı, kök kanallarını temizleme ve dezenfekte etme amacıyla önerilen ve genel kabul gören bir irrigasyon rejimidir (34).

Kök kanallarında etkili bir irrigasyon sağlanması iki faktör ile direkt ilişkilidir. Bunlardan birincisi kullanılan irrigasyon solüsyonunun etkinliği ve diğeri de irriganın iletim sistemidir (63, 196). İdeal kök kanal irrigasyon solüsyonlarının, biyofilm yapıları içerisinde organize olmuş haldeki anaerob ve fakültatif mikroorganizmalara karşı geniş bir antimikrobiyal spektrum ve yüksek bir etkinliğe sahip olması, nekrotik pulpal doku artıklarını çözebilmesi, endotoksini inaktive edebilmesi ve enstrümantasyon sonrasında gelişen smear tabakasını

uzaklaştırabilmesi istenir. İrrigasyon solüsyonunun sahip olduğu fizikokimyasal özelliklere ilaveten, kanal preparasyonu sırasında solüsyonun devamlı olarak tazelenmesini sağlayan farklı ajitasyon yöntem ve cihazlarının kullanımı da gerekmektedir. Bu amaçla irrigasyon solüsyonunu çalışma boyutuna kadar ileten ve aktive eden değişik yöntem ve cihazlar geliştirilmiştir (197). Bu nedenle oval şekilli kök kanallarında kanal tedavisinin tekrarlanmasından sonra dolgu artıklarının uzaklaştırılmasında irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinden yararlanılması amacıyla değişik tekniklerle mevcut solüsyonların ajitasyonlarının sağlanması bu çalışmada amaçlandı.

Kök kanallarının irrigasyonu sırasında şu hususlar önemlidir: (a) iletim sisteminin kullanılan irrigasyon solüsyonunu kök kanal sisteminin her yerine özellikle de apikal bölgeye iletebilme yeteneği (196), (b) lateral kanal ve istmus gibi mekanik enstrümantasyon ile ulaşılamayan bölgeleri temizleyebilme kapasitesi (196), (c) debrisin kök kanallarından uzaklaştırılabilmesine imkân tanıyacak biçimde kanal lümeni içerisinde güçlü bir akım oluşturabilmesi (198) ve (d) apikal bölgenin irrigasyonu değerlendirilirken ‘vapor lock etkisi’ adı verilen fenomenin de dikkate alınması. Çünkü kök kanal sistemi periodonsiyum, kemik ile çevrili olduğundan dolayı ucu kapalı bir sistemdir ve sonuçta apikal bölgesinde gaz kabarcığı oluşumu gerçekleşir. Bu durum apikal bölgeye irrigasyon solüsyonu akışını önleyerek tam bir temizleme işleminin yapılabilmesi güçleşir (199). İrrigasyon çözeltisinin apikal bölgeden taşma riskinin önlenmesi ve bir buhar kilidi etkisinin elde edilmesi için kapalı uçlu kök kanalları oluşturmak amacı ile numuneler mum ile sızdırmaz hale getirildi. Böylece, her bir ajitasyon prosedüründe tüm faktörler mümkün olduğunca klinik şartları sağlayabilecek şekilde standardize edildi.

Gu ve ark, güncel irrigan ajitasyon yöntemlerini ve bu yöntemlerin kök kanal sistemlerini temizleme etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında, ajitasyon sağlayan cihaz ve teknikleri manüel ve makine destekli olmak üzere iki ana gruba ayırmışlardır. Manüel teknikler arasında; farklı çaplara sahip iğne veya kanüller ile uygulanan geleneksel şırınga irrigasyonu, etrafı fırça ile kaplı irrigasyon iğneleri ve şekillendirilmiş kök kanallarının apikal final ebadına en uygun guta perka konlar

kullanılarak elle ajitasyonun uygulandığı manüel dinamik irrigasyon yöntemleri sıralanmıştır. Makine destekli sistemler ise; döner fırçalar, döner enstrümantasyon sırasında uygulanan sürekli irrigasyon, sonik ve ultrasonik irrigasyon yöntemleri ve basınç değişimi sağlayan cihazlar şeklinde sınıflandırılmıştır (63). Bizim çalışmamızda ise, oval şekilli kanallarda aynı irrigasyon solüsyonları kullanılarak farklı ajitasyon protokollerinin kök kanal temizliği üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlandı.

Geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi günümüzde hala yaygın kabul gören bir irrigan iletim yöntemidir. Ancak bu yöntem kök kanallarının koronal bölgelerini temizleyebilmekle birlikte, apikal bölgelerde temizleme etkinliği yeterli değildir (200). Bu yöntemde irrigasyon solüsyonunun iğne ucunun bir mm apikalinden daha öteye ilerleyemediği bildirilmiştir (201). Bu sebeple geleneksel şırınga iğnesi ile irrigasyon işlemi uygulanırken iğne ucunun kök kanalı içerisinde kanal duvarları arasında herhangi bir sıkışma hissi olmaksızın mümkün olduğunca apikal bölgeye yakın bir mesafede konumlandırılması ve nispeten daha büyük bir pozitif basınç uygulanması gerekmektedir (63). Ancak bu durum irriganların periapikal dokular içerisine doğru itilmesine ve bu dokuların irritasyonuna sebep olma riskini artırmaktadır (74). Ayrıca kontrol grubunda sadece şırınga iğnesi ile irrigasyon yöntemi kullanılmış ve oval şekilli kanallarda diğer ajitasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında yeteri kadar etkinlikte temizliğin sağlanamadığı gözlemlendi.

Ultrasonik enerji ile kombine kullanılan NaOCl solüsyonlarının düşük konsantrasyonlarında veya %2-4 gibi yüksek konsantrasyonlarında kök kanallarındaki debris uzaklaştırabildiği bildirilmiştir (81). İrrigandaki akustik akım tarafından üretilen kesme stresi kök kanal duvarından dentin debrisini, pulpa dokusunun ve biyofilmi uzaklaştırabilir (202, 203). Ultrasonik ve lazer aktivasyonu, irrigasyon solüsyonunun kimyasal ve mekanik etkilerini artırmak için kullanılmıştır (68-70). Kök kanalında aktive edilen irriganın akış modelleri farklıdır; kök kanalında fiber ile LAI süresince açığa çıkan enerji irrigasyon solüsyonu içine hem lateral hem de vertikal olarak iletilir ve enerji buhar baloncukların genişlemesine neden olurken bu işlem, kök kanallarının sınırları içinde basıncın artması ile sonuçlanır (155).

İrriganın ultrasonik aktivasyonu ise dairesel ve girdap gibi hızlı bir hareket ile akustik akıma neden olur (70).

Bazı çalışmalarda PUI ile oluşturulan akustik akımın aletlerin ulaşamadığı alanlarda bulunan dentin debrisini uzaklaştırmada şırınga irrigasyonuna göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (79, 204, 205). Çalışmamızda bu sonuçları destekler niteliktedir.

Araştırmacılar, lazerle aktive edilen irrigasyon işleminin kök kanallarından debrisi uzaklaştırma etkisi geleneksel irrigasyon ve PUI yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla kanal duvarı üzerinde oluk hazırlama modeli kullanılmıştır. Buna göre, kök kanal duvarlarından bir yarımı üzerinde kanalın son noktasına 2-6 mm'lik mesafeler arasında dikey bir oluk açılmış ve içerisine dentin debrisi yerleştirilmiştir. Daha sonra irrigasyon yöntemleri uygulanarak oluk içerisinde geriye kalan debris miktarı hesaplanmıştır. Araştırmacılar, değerlendirilen diğer yöntemlere kıyasla lazer ile aktive edilen irrigasyon yönteminin kök kanallarından istatistiksel açıdan belirgin biçimde daha fazla miktarda debris uzaklaştırdığını bildirmişlerdir (69).

De Moor ve ark. tarafından 2010 yılında yapılan bir çalışmada, 20 sn kullanılan Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer sistemlerinin kök kanal duvarları üzerindeki yapay oluklardaki dentin debrisini uzaklaştırma etkinliği 20 sn ve 60 sn kullanılan PUI yöntemi ile karşılaştırılmıştır. İrrigasyon öncesi ve sonrasında kanal duvarı üzerindeki oluktan fotoğraflar alınmış ve değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, erbiyum lazerlerin kullanıldığı lazer ile aktive irrigasyon işleminin 60 sn kullanılan PUI yöntemi kadar etkin olduğu bildirilmiştir (157). Literatür raporları, bir dk'lık ultrasonik irrigasyonun smear tabakasını uzaklaştırmada etkisiz olduğunu, buna karşın üç ve beş dk'lık sürelerin temiz kök kanalları elde edilmesinde yeterli olduğunu göstermiştir (84). Yapmış olduğumuz çalışmada ise PUI 2 dk. kullanıldı. Bu sürenin PUI için özellikle apikal bölgede smear tabakasını uzaklaştırmada etkisiz olduğu görülmektedir.

Endodontik tedavide kök kanallarının dezenfeksiyonu aşamasında değişik lazer sistemleri kullanılarak kanaldaki artık dokular buharlaştırılabilir, apikal bölgelerdeki rezidüel doku elimine edilebilir ve smear tabakası uzaklaştırılabilir (39, 40, 147). Lazer sistemleri bu özelliklerini; kanal geometrisi, dokular tarafından absorbe edilen ışık miktarı, lazer ucu ile hedef arasındaki mesafe ve uygulama süresi gibi değişik faktörlere bağlı olarak sergilemektedirler (131). Araştırmanın sonuçları hiçbir tekniğin kök kanalının apikal bölgesindeki debrisini tam olarak uzaklaştırmayı başaramadığını belirtmekle birlikte Er: YAG sistemin kayda değer seviyede daha çok debrisini ortadan kaldırdığını rapor etmiştir.

Lazer sistemlerinin smear tabakası üzerine olan etkileri bazı çalışmalarda incelenmiştir (39, 99). Bu çalışmaların sonuçları, lazerin smear tabakası oluşturmadığı yönünde olsalar da bazıları durumlarda dentinin tamamen eridiği ve rekristalize olduğu yönünde rapor edilmiştir. Takeda ve ark (39) ile Kimura ve ark (146) yaptıkları çalışmalarda, Er: YAG lazer kullanmışlar ve başka lazer tiplerinin kullanımında görülen dentinin erime veya rekristalizasyonu gibi bulgular olmaksızın smear tabakasının optimum seviyede uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir. Ancak araştırmacıların smear tabakasının uzaklaştırılabildiğini göstermesine karşın, elde edilen mikroskopik görüntülerde peritübüler dentinin de yıkıma uğradığı gözükmektedir. Çalışmada kullanılan Er: YAG lazer ile elde edilen mikroskopik görüntülerde de peritübüler dentin yıkımı ile ilgili bulguların mevcudiyeti ile karşılaşılmıştır. Elde edilen bulgular smear tabakasının apikal bölgeden uzaklaştırılmasının güç olduğu ve temizlik etkinliğinin koronalden apikale doğru azaldığını bildiren çalışmaları destekler niteliktedir.

Blanken ve ark tarafından gerçekleştirilen bir çalışma serisinde, lazer enerjisi kullanımının kök kanallarının irrigasyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir (155). Araştırmacılar, endodontik irrigasyon solüsyonu içerisindeki buharlaşma ve kavite oluşumu ile ilgili literatürde yeterli veri olmadığını ve fiber uçların solüsyon içerisinde hareketli mi yoksa statik halde mi olduğunun yeterince bilinmediğini belirtmişlerdir. Bu amaçla yaptıkları çalışmanın ilk bölümünde Er, Cr: YSGG lazer kullanımı ile oluşan etki mekanizmasını ve akışkan hareketlerini

incelemişlerdir (155). Farklı enerji seviyelerinde kullanılan Er, Cr: YSGG lazer ile cam modelden imal edilen yapay kök kanalları içerisindeki gaz kabarcığı oluşumunu yüksek çözünürlüğe sahip bir görüntüleme tekniği ile kaydetmişlerdir. Bu çalışmada akışkan hareketi, yapay kanallar içerisindeki boyanın yer değiştirmesi ve gaz kabarcığı oluşumunun gözlenmesi ile tespit edilmiştir. Sonuç olarak, kök kanal irrigasyon solüsyonu içerisinde kullanılan lazerin çalışma mekanizmasının kavitasyon etkisine bağlanabileceğini belirtmişlerdir. Söz konusu bu kavitasyon etkisi solüsyonun yüksek hızda hareketine sebep olmaktadır. Ayrıca fiber uçların kök apeksine yaklaştırılmasının da zorunlu olmadığı ifade edilmiştir (155). LAI temizleme etkinliği lazer atılımı ile oluşan kabarcık dinamiği ile açıklanabilmektedir.

Er: YAG lazer ışınlaması hidroksiapatit ve su tarafından emilir (134). Er: YAG lazer su tarafından absorbe edildiğinde, enerji buharlaşmaya neden olur (135). Ayrıca bu lazerin termal etkisi, kök kanal sıvılarında ikincil bir kavitasyon etkisi üreterek, irrigasyon çözeltinin su moleküllerinde genişleme ve patlama oluşturur. Bu buhar kabarcıkları genişler ve lazer ışınının önünde bir boşluk oluşturmaya başlar. Sıvı içerisinde bir boşluğun oluşmasıyla oluşan su kabarcıkları kavitasyonun temelini oluşturur. Bizim çalışmamızda, LAI ile gözlenen etkili temizleme etkinliğini oluşan ikincil kavitasyon etkisi ile açıklayabilir. Bu aktarımı gerçekleştirmek için, Er: YAG lazerin fiber ucu apeksten 5 mm kısa olacak şekilde kanalın orta bölgesine sabit olarak yerleştirilmiştir (69). Ancak uç apeksin içine doğru tam olarak yerleştirilmemesine rağmen, apekte sıkışmış kabarcık (büyük olasılıkla daha önceki lazer atımından kalan) kök kanalının apikal bölgesindeki temizliğe yardımcı olabilir (154). İrrigan içindeki her lazer atımı küçük kabarcıklar oluşturur ve bu kabarcıklar sıvıda akustik akıma neden olur ve bu akım durgun sıvıyı harekete geçirir; oysa ki konvansiyonel irrigasyon ve PUI ile uygulanan devamlı irrigasyon viskoz bir stres oluşturur (154). Bu, LAI apikal bölgede neden daha yüksek etki görüldüğünü; PUI ve konvansiyonel irrigasyon ile apikal neden daha düşük etki görüldüğünü açıklayabilir.

Kök kanalına çalışma boyundan daha kısa yerleştirilen iğne, apikal bölgede solüsyonun çökmesine ve kök kanalında gazın kalmasına neden olur. Sıkışan hava

apikal bölgede solüsyonun değişimine engel olan bir gaz kilidi etkisi oluşturur. Bu da apikal bölgenin temizlenmesini engeller (206). Peeters ve ark. kök kanalında durgun irriganın lazer ile aktive edilmesinin, apikale ilerlemesine izin vererek apikal bölgede iğne ile irrigasyon sırasında oluşan gaz kabarcığının uzaklaştırılabileceğini ileri sürmüşlerdir. Yüzey gerilimi, bir sıvının yüzey alanını azaltmak için hareket eden moleküller arasındaki çekim kuvveti olarak tanımlanmaktadır (207). Bu, irriganın apikale ilerlemesini engeller. Kabarcıkların içe doğru patlaması ile yüzey geriliminin bozulması gaz kabarcığının uzaklaşmasını engelleyerek irriganın apikale ilerlemesine neden olur. Çalışmamızın sonuçları, Blanken ve ark. (155) ve Peeters ve ark. (207) çalışmaları ile uyum içindedir Apikal bölgenin LAI ile etkili bir şekilde temizlenmesini açıklayabilir.

Buna ek olarak, Peeters ve ark., kök kanalının ara yüzeyinde ultrasonik olarak aktive edilen irrigasyonun iki fazlı karşı akışın oluşması ile aktif bir temizleme gerçekleştirilebileceğini ileri sürmüşlerdir. Ancak irrigasyon solüsyonu çalışma boyunun tamamında etkili olamamaktadır (208). Bazı araştırmacılar, sonik veya ultrasonik aktivasyon sırasında aktive edilen eğenin irrigasyon solüsyonunu terk edip apikaldeki gaz kabarcığı ile temas ettiği durumlarda akustik akım ve kavitasyon etkisinin ortadan kalktığını iddia etmiştir (209). Dalga oluşturmak için kullanılan güç titreşen eğeden irrigana aktarılır ve dağılım noktasından solüsyon-gaz arayüzeyine doğru hareket eden akustik basınç dalgası üretilir. Titreşen eğenin çevresindeki mikro akım gaz baloncukları üretebilir, ancak bu gaz baloncukları eğenin etrafında kavitasyon etkisi oluşturmaktadır ve ultrasonik olarak üretilen kavitasyon kök kanalının debridmanında etkili bir rol oynayamaz (81, 208). İrrigasyon solüsyonunun aktivasyonu süresince irrigan apikal olarak ilerlemesine rağmen kök kanalının tümünde etkili değildir. Bunun nedeni titreşimli eğenin sadece enine salınım hareketi yapması ve kök kanalı boyunca apikal yönde titreşim yapmamasıdır (210, 211).

Ultrasonik olarak aktive edilen irriganda, irriganın penetrasyonu sadece ultrasonik enerji ile ilişkilidir (211). Özellikle apikal bölgedeki yetersiz etkinlik cihazın en düşük güç yoğunluğunda kullanılması ve sonuçta ultrasonik aktivasyonun düşük yoğunluğu sonucu üretilen kavitasyon etkisinin yetersizliği ile açıklanabilir.

Jiang ve arkadaşları, ultrasonik aktivasyonun daha yüksek enerjide kullanılmasına paralel olarak temizleme etkinliğinin artacağını belirtmişlerdir (211). Uroz-Torres ve ark., NaOCl ve EDTA kombinasyonu ile irrigasyon metoduna ek olarak PUI kullanmışlardır. Smear tabakasının koronal bölgede etkili bir şekilde uzaklaştırıldığını, orta bölgede kısmen uzaklaştırıldığını ve apikal bölgede %10-20 başarı sağlandığı göstermişlerdir (212). Bu çalışma, düşük enerjili ultrasonik irrigasyonun koronal ve orta bölgenin temizlenmesi için kısmen yeterli olduğunu oysa apikal bölgede yetersiz olduğunu ortaya koymaktadır.

1 dk'lık PUI ve lazerin apikal bölgedeki etkinliğinin incelendiği bir çalışmada, PUI grubunda numunelerin çoğunda boyanın apikale iletilmediği gözlenmiştir. Boş alan derinliği, yani, apeks ile boya penetrasyonunun seviyesi arasındaki mesafe milimetre olarak sunulmuştur. Kısa mesafe ($0,1 \pm 0,44$ mm) lazer grubunda gözlenirken; PUI grubunda $4,37 \pm 1,86$ mm mesafe uzaklaştırmış. PUI 1 dk boyunca kanal içinde apekse doğru 1,63 mm kadar ilerlemektedir. Kök kanalının tamamına çözeltilinin penetrasyonu 7 dk sürmüştür. Ayrıca çalışma göstermektedir ki lazer ile apikal bölgedeki gaz kilidi PUI'a göre daha etkili bir şekilde uzaklaştırılmıştır (61).

Smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmasında lazer sistem kullanımına ilişkin esas sorun, günümüzdeki mevcut lazer uçları ile kök kanal tümüne erişim imkanının kısıtlı olmasıdır (33). Ayrıca, George ve Walsh, optik fiber ile Er: YAG ve Er,Cr:YSGG lazerin kullanımı sonrasında kök kanal irriganlarının apikal ekstrüzyonunun gözlenebileceğini ortaya çıkarmışlardır (213). Peeters and Mooduto'ya göre, LAI ile periapikal dokulardaki zararın azaltılması için fiber ucun kök kanalının girişinde kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir (214). Deleu ve ark., kök kanallarındaki olukların LAI ile temizleme miktarını inceledikleri çalışmalarında, fiberin kanal girişine konumlandırılmasının kanal içinde fiberin temizleme etkinliğini artıracağı göstermişlerdir (215). Matsumoto ve ark. PIPS lazer kullanarak yaptıkları bir çalışmada, 300-µm lazer ucu kullanıldığında 220 µs'de 1800 µm boyutuna ulaşan kabarcık boyutunun oluştuğunu göstermişlerdir. Lazer ucunun, yapay bir cam kanal modelinin en alt noktasından 2 mm ve 5 mm kısa yerleştirildiği zaman, ikinci

kavitasyon kabarcıklarının kök kanal modelinin en alt noktasında açıkça görüldüğünü gözlemlemişlerdir. Bu nedenle kavitasyon kabarcıklarının apikal bölgeyi temizlemeye yardımcı olduğu göz önüne alınırsa lazer ucunun kanalın en son noktasına kadar uzatılmasının gerekli olmadığını söylemişlerdir (159). Bu amaç için üretilen PIPS uç, sadece kanal ağzına yerleştirilmektedir.

Bu teknikte, subablative güç PIPS uç ile merkezden yayılan bir şekilde kullanılır. PIPS ile oluşturulan dalga boyları debridmanları ve kök kanalı yüzeylerini temizlemede etkili sonuçlar göstermektedir ve aynı zamanda dentin duvarında karakteristik morfolojik değişimlere neden olmamaktadırlar. Diğer lazerlerde gözlenen olumsuz etkileri azaltabilir. Kök kanallarındaki temizleme etkisi lazer ışınlaması ile irriganın reaksiyon kinetiği artırılarak oluşturulabilir (154). Her bir darbe su molekülü ile etkileşime geçer ve su moleküllerinde ekspansiyon ve güçlü şok dalgaları yaratır. Böylece irrigasyon solüsyonunun üç-boyutlu hareketini kolaylaştırır ve güçlü bir akış oluşturur (139). Ancak ısı etkisi oluşmazken irrigasyon aktivasyonu ile temizleme aktivitesi artırılır (216).

Divito ve ark. yaptıkları bir çalışmada, konvansiyonel yıkama prosedürlerine göre PIPS kullanılarak lazerle aktive edilmiş solüsyonlar ile önemli ölçüde daha temiz kök kanal duvarları elde edilmiştir (139). Yapılan son çalışmalarda, PIPS standart iğne irrigasyonları ile karşılaştırıldığında kanal isthmuslarında organik debris daha etkili bir şekilde uzaklaştırmıştır (161). Çalışmamız da bu bulguları destekler niteliktedir. PIPS ile aktive edilen irrigasyonun smear tabakasını ve debris konvansiyonel yöntemlere göre daha etkili bir şekilde uzaklaştırdığı gözlemlendi.

Diğer çalışmalarda lazerle aktive edilen irriganların geleneksel teknikler ve ultrasonik ile aktive edilenlerle karşılaştırıldığında kök kanallarındaki smearı ve debris istatistiksel olarak daha iyi uzaklaştırdığı bildirilmiştir. Ayrıca, PIPS'in kanal içindeki sıvılarda güçlü bir ajitasyon etkisi oluşturduğu videolar ile gösterilmiştir (157). PUI ile karşılaştırıldığında üç kat uzağa hızlı bir akış üreten LAI tekniğin, daha derin fotoakustik ve fotomekanik bir etki oluşturması (139) ve ısı etkisi sayesinde NaOCl'in klor ve oksijen iyonu üretimini artırma yoluyla solüsyonun

reaksiyon hızını daha da güçlendirdiğini (158) ve böylece smear tabakasını ve debris daha etkili bir şekilde uzaklaştırdığı düşünülmektedir. Ancak kök kanalında smear tabakasını Er: YAG lazere göre daha etkisiz olmasının nedeni düşük darbeli enerjili lazerlerden kaynaklanan, subablative güç seviyelerinin, termal etkileri azaltması olabilir (161, 215).

Arslan ve ark. apikalde yer alan debrisin uzaklaştırılmasında sonik, ultrasonik ve PIPS tekniklerinin etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarında PIPS, sonik ve ultrasonik tekniklere göre daha etkili bulunmuştur (217). Çalışmamızda da PIPS, PUI göre kök kanalının tümünde daha etkili bulunmuştur.

Çeşitli sistemlerin kök kanallarındaki düzensizliklerden debris uzaklaştırma etkinliklerini değerlendiren çalışmada, Er: YAG lazerin PIPS' ten daha etkili olduğu gözlenmiştir (215). Hiçbir lazer tipinin kök kanallarından debris ve smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramadığı gözükmektedir (39, 40, 147). Ancak etkinlik açısından değerlendirildiğinde test edilen cihazlar arasında, PIPS ve Er: YAG lazerin smear tabakasını önemli miktarda daha fazla uzaklaştırdığı gözlenmiştir. Er: YAG lazerin çıkışında fototermal ve fotoablasyon mekanizmalarına dayalı bir su kaynaklı foton mekanik ilişkisi vardır (218). Fototermal etki dentin yüzeyinde karbonizasyon ile sonuç verebilir (218). Ancak, çalışmamızda karbonizasyon sahalarına rastlanılmadı. Ayrıca, Er:YAG lazerin irrigasyon ile birlikte kullanılması ile fotoablasyon mekanizması oluşmaktadır. Bu sayede, kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılması kolaylaşır (219).

Dalga boyu düşük ve diş sert dokuları tarafından absorpsiyonu daha az olmasına rağmen, Nd: YAG lazer de smear tabakasının uzaklaştırılması amacı ile kullanılmıştır (125, 220). Diğer lazer tiplerine göre daha kısa dalga boyuna sahip olması nedeniyle sert dokular tarafından absorpsiyonu daha azdır ve dolayısıyla daha az ısı oluşturmaktadır (221). Bunun yanında kök kanallarının karmaşık anatomik yapısı göz önüne alındığında, Nd: YAG lazerlerin esnek ve çok ince olan fiber optik ucunun apikal bölgeye kolaylıkla ilerleyebilmesi bir avantaj olarak düşünülebilir. Bu

nedenle çalışmada 200 mikron çapında fiber uç Nd: YAG lazer iletiminde kullanılmıştır.

Goya ve ark. 100 mJ, 20 Hz, 2 W parametrelerinde kullandıkları Nd: YAG lazerin dentin yüzeyinde smear tabakasını tamamen ortadan kaldırdığını, erimiş ve rekristalize dentinin kaldığını izlemişlerdir. Sözü geçen çalışmada kök kanalları lazer uygulamasından önce %14 EDTA solüsyonu ile yıkanmıştır (125). Bu uygulama kök kanalından smear tabakası ve dentinin uzaklaştırılmasında Nd: YAG lazerin tek başına etkinliğini arttırmış olabilir. Dederich ve ark. dentin yüzeylerine 10-90 W arasında değişen değerlerde 0.1-0.9 saniye süreler ile Nd: YAG lazer uyguladıkları çalışmalarında düşük parametrelerde herhangi bir etki oluşmadığını, güç arttırıldığında ise kök dentininin eriyip camsı görünümde bir dokuya dönüştüğünü bildirmişlerdir (99). Harashima ve ark. 100 mJ, 10 Hz, 1 W parametrelerini kullandıklarında Nd: YAG lazerin smear tabakasını uzaklaştıramadığını ancak 100 mJ, 20 Hz ve 2 W parametrelerinde smear tabakasının buharlaştığını, eridiğini ya da rekristalize olarak uzaklaştığını bulmuşlardır (130). Biz de çalışmamızda Nd: YAG lazeri 1 W, 20 Hz parametrelerinde güvenli sınırlar içerisinde kullandık.

Nd: YAG lazerin kök kanal duvarındaki etkilerinin, dentinde meydana gelen morfolojik değişiklikler, smear tabakasının uzaklaştırılması, erime ve rekristalizasyon olduğu ayrıca krater, karbonizasyon sahaları, camsı ve parlak yüzey oluşumlarına rastlandığı bildirilmiştir (129, 222). Düşük enerjide kullanılmasına rağmen elde edilen SEM bulgularında bazı numunelerin kök kanal duvarının çeşitli bölgelerinde krater oluşumları izlenmiştir. Krater içerisinde smear tabakasının buharlaştığı; dentinde erime, rekristalizasyon sahalarının oluştuğu izlenmiştir. Ancak, hiçbir örnekte karbonizasyon sahalarına rastlanmamıştır.

Anic ve ark., Nd: YAG lazer uygulamasından sonra dentin yüzeyinde erime alanlarının fiber optik ucun kanal duvarı ile temas ettiği yerlerde izlenebildiğini bildirmişlerdir. Lazer ışını paralel ve dik olarak uygulandığında dentin yüzeyindeki etkilerini incelemişlerdir. Paralel uygulama sonrasında erozyondan erimeye kadar çeşitli etkiler meydana geldiğini, dikey uygulandığı zaman ise daha düzgün şekilli

kraterler oluştuğunu bildirmişlerdir (223). Benzer bir çalışmada Santos ve ark. farklı parametreler ve açılarda uyguladıkları Nd: YAG lazerin kök kanal dentini üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Elde edilen SEM bulgularında lazer ışınının paralel uygulandığı numunelerde smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmadığı görülmüştür. Dikey uygulanan örnekler de ise önceden EDTAC uygulanan numunelerde smear tabakası ve debrisin uzaklaştırıldığı, diğer dikey örneklerde ise sadece dentinde meydana gelen morfolojik değişikliklerin izlendiği bildirmişlerdir (222). Kök kanalı içerisine Nd: YAG lazerin sirküler hareketlerle dış yüzeyine paralel olarak uygulanmasının kök kanal dentininde sınırlı miktarda morfolojik değişiklik meydana getirdiği gösterilmiştir (123). Ancak lazer kullanılarak kök kanal yüzeyi boyunca her zaman düzgün bir temas alanı elde etmek mümkün değildir ve Nd:YAG lazerin en önemli sınırlaması kök kanalında düz bir şekilde ilerlemesidir ve lateral olarak ışınlama imkansızdır. Bu çalışmada Nd: YAG lazer uygulaması paralel ve dairesel hareketlerle yapılmıştır. Ancak uygulama sırasında apikalden koronale doğru fiber ucun geri çekilmesi sırasında, kök kanal duvarıyla dike yakın bir açıyla temas ettiği alanların olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle orta ve koronal bölgelerdeki bu alanlarda smear tabakasının uzaklaştırıldığı, içerisinde erime ve rekristalizasyon sahalarının bulunduğu düzgün şekilli kraterlerin oluştuğu gözlenmiştir. Fiber ucun kanal duvarına paralel olarak hareket edebildiği, apikal bölgede ise smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmadığı görülmüştür.

Nd: YAG lazerin smear tabakasını uzaklaştırmada kısmen etkili olduğunu gözlenmiştir. Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular, kullanılan Nd: YAG lazer sisteminin kök kanallarından debrisi uzaklaştırmada başarısız olduğunu belirtmektedir.

Endodontide lazer uygulamalarında önemli bir tartışma konusu da in vivo uygulamalar sırasında pulpa ve periodontal dokularda meydana gelebilecek hasarlardır. Kanal içi lazer uygulamaları sırasında oluşan ısının kökün dış yüzeyine ve çevre dokulara herhangi bir termal hasar vermeden iletilmesi gerekir. Aksi halde periodontal doku nekrozuna, kök rezorpsiyonuna ya da etkilenen dişin ankilozuna neden olabilir. Kullanılan parametreler ve soğutma bu bakımdan önem taşımaktadır.

Eriksson ve Albrektsson, kemikte meydana gelecek maksimum ısı artışının 1 dk süre içerisinde 47°C olabileceğini bildirmişlerdir (224). Bu da 1 dk süre ile 10°C 'lık bir ısı artışını temsil etmektedir. Aynı araştırmacılar kemikte geri dönüşümsüz etkinin 53°C ' de meydana geldiğini bildirmişlerdir. Kimura ve ark. Er: YAG lazerin kanal içerisinde 136- 230 mj, 2 Hz gibi yüksek enerjilerde, su soğutması altında 1 dk süre ile kullanıldığı ve kök kanallarının şekillendirildiği in vitro çalışmalarında, ısı artışının apikal bölgede 60°C ' den, orta bölgede ise 30°C 'den az olduğunu bildirmişlerdir (146). Mazeaki ve ark. kök kanal ağızlarını Er: YAG lazer ile su soğutması altında şekillendirdikleri çalışmalarında ısı artışının 20°C 'den az olduğunu belirtmişlerdir (225).

Bu çalışmada lazer uygulaması sırasında meydana gelen ısı artışı monitorize edilmemiştir. Ancak mevcut çalışmalar incelendiğinde, kullanılan parametre ve süreler güvenli sınırlar içersindedir. Bunun yanında elde edilen SEM görüntülerinde, dentinde karbonizasyon ve ebulisyon oluşumu gibi termal yan etkiler sonucunda oluşan morfolojik değişikliklere rastlanmamış olması da yapılan çalışmada termal zararın minimum olduğunu göstermektedir.

Uzun-oval kanallı dişlerde SAF ve döner eğelerin preparasyon etkinliğini Mikro-BT kullanarak karşılaştıran çalışmalarda, SAF'ın kanal içinde homojen olarak daha çok kanal duvarını şekillendirdiği bildirilmiştir (173, 174, 188, 192). Paque ve ark. kanal duvarında SAF'ın ulaşamadığı yüzey alanının ortalama $\%23.5 \pm \%8.9$ olduğunu ve SAF tarafından ortalama $4.84 \pm 1.73 \text{ mm}^3$ dentin uzaklaştırıldığını göstermişlerdir (188). Versiani ve ark. SAF preparasyonu sonrasında kanal hacmindeki artışın ortalama $2.32 \pm 1.0 \text{ mm}^3$ olduğunu ve bu değerın döner eğelerle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunduğunu (174) ve SAF preparasyonunun ileri geri hareket eden veya döner aletler ile karşılaştırıldığında daha homojen dentin uzaklaştırıldığı bildirmişlerdir (189). Şimdiye kadar yapılan bu çalışmaların sonuçlarına göre SAF, oval kanalların ilk şeklini bozmadan yine oval olarak, homojen ve çevresel genişletme sağlamıştır. Oval kanallarda SAF ile şekillendirme ve irrigasyon yapıldığında, döner eğelere göre oldukça fazla miktarda pulpa dokusu artığını uzaklaştırdığı histolojik kesitlerle

gösterilmiştir. Bu sonuç, hem döner eğelerin oval kanal uzantılarına ulaşamamasına, hem de iğne ile NaOCl irrigasyonunun yetersizliğine bağlanabilir (226). Çalışmamızın sonuçları da SAF eğesinin döner eğeler ile karşılaştırıldığında daha fazla kanal yüzeyine temas edebileceği ve böylece oval şekilli kanalların bukkal ve lingual alanlarda daha etkili bir şekilde debris uzaklaştırabileceğini göstermektedir. SAF, titreşim hareketi ile devamlı irrigasyonun birlikte kullanımı eğenin temizleme yeteneği üzerinde bir etkiye sahip olabilir. Metzger ve ark. NaOCl ve EDTA ile kombine SAF sisteminin kullanımının kök kanalının her yerinde smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştırabileceği gösterilmiştir (166). SAF'ın yassı ve oval kanalların enine kesitine adaptasyonu ile girintili alanlarda olası tüm debris yığılmasını kısıtlaması beklenir. Eğe boyunca irrigantın devamlı akışı titreşim hareketiyle birleştiğinde, genel olarak kök kanalında ve özellikle de temizlenmesi zor olan kanalın apikal bölgesinde temizlemeyi olumlu yönde etkileyebilir.

Keleş ve ark. yaptıkları çalışmada, R-Endo retreatment eğesinin kullanımından sonra oval şekilli kök kanallarında kalan artık kök dolgusunun ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında SAF eğesinin etkinliği SEM kullanılarak değerlendirilmiştir. Tekniklerin hiç biri kök dolgu kalıntılarını ve smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamıştır. Ancak, kanal tedavisinin tekrarlanması prosedüründen sonra SAF'ın ek kullanımı oval şekilli kök kanallarının koronal ve orta bölgelerinde daha temiz kök yüzeyleri elde edilmesini sağlayabilmektedir (78). Metzger ve ark.'nın SAF kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonu sonrası uzunlamasına kesilen dişleri SEM ile inceledikleri bir çalışmada x200 büyütmede tüm kanalların koronal, orta ve apikal bölgesindeki debris yönünden temiz bulunurken x1000 büyütmede smear tabakası incelendiğinde koronal bölge %100, orta bölge %80 ve apikal bölge %65 oranında temiz bulunmuştur (166). Çalışmamızda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Özellikle temizlenmesi zor olan kanalın apikal bölgesinde debris ve smear tabakası bakımından temiz dentin duvarlarının elde edilebilmesi, hem apikal bölgede şelatörün etkili şekilde sürekli replasmanına ve hem de bu bölgede SAF'ın mekanik titreşim hareketine dayandırılabilir. Bu kombinasyon, diğer bildirilen çoğu yöntemle ulaşılabilenden daha temiz bir apikal kanal yüzeyini netice vermiştir (166, 172). Ancak SAF'ın kök kanalının koronal ve orta bölgelerinin

lingual noktasında smear tabakasının uzaklaştırılması açısından homojen olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin SAF'ın esnek yapısı sayesinde oval şekilli kanalın kesitine uyum sağlaması olduğu düşünülmektedir.

Ancak karşılaştırılan yöntemlerin etkinlikleri arasındaki farklılıklara rağmen yine de hiçbir yöntem apikal bölgedeki kök kanal duvarlarından smear tabakasını tam olarak uzaklaştırmayı başaramadı. Apikal bölgede koronal ve orta bölgelere kıyasla dentin tübüllerinin hem sayıca daha az ve düzensiz yapıda (227) hem de ebatlarının daha küçük ve çoğunlukla skleroze yapıda olması nedeniyle bu bölgede smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliği az olabilmektedir (227). Ayrıca kök kanal dentin sertliğinin koronalden apikale doğru arttığı görülmektedir (228). Elde edilen bulgularda apikal bölgede etkinin daha az olması kök kanal dentinin koronal, orta ve apikal bölgesi arasındaki yapısal farklılıktan kaynaklanmış olabilir.

Kök kanallarının her zaman konik yapıda ve dairesel şekilde değildir, daha oval veya uzun oval bir forma sahip olabilirler. Kanalların enine kesitleri; yuvarlak, oval, uzun oval, yassı veya düzensiz seklinde sınıflandırılmıştır (229, 230). Yapılan çalışmalarda, diş köklerinin apikal seviyelerinde bile, yüksek oranda oval ve uzun oval kanal varlığının saptandığı bildirilmiştir (231). Wu ve ark. yaptıkları bir çalışmada, diş köklerinin apikal kısımlarında uzun oval kanal bulunma sıklığı tüm kesitlerde %25 iken %75 oranında daha yuvarlak veya hafif oval formda kanal şekli tespit edilmiştir (232).

Laboratuvar çalışmalarında ana amaç belirli bir faktörü karşılaştırabilmek için uygun koşulların yerine getirilmesidir. İn vitro çalışmalarda dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da, çalışmada kullanılacak dişlerin standardizasyonunun sağlanmasıdır. Aynı diş grubunda çalışılmış olsa bile, her dişin kendi kök kanal anatomisine özgü morfolojik farklılıklar gösterebileceği bilinmektedir ve kök kanal anatomisindeki değişiklikler çalışmanın sonuçlarını etkileyebilir (233). Mümkün olduğunca benzer anatomik ve morfolojik özelliklere sahip dişlerin seçilmesi ve deney gruplarının homojen bir şekilde oluşturulabilmesi için mandibular kanin dişler çalışmamızda kullanıldı. Zira, Versiani ve ark., mikro bilgisayarlı tomografi ile 100

tek köklü mandibular kanin dişlerini incelemişler ve bütün örneklerin iç anatomisinde sadece bir tek kök kanalı olduğunu; dişlerin orta ve koronal bölgede oval olduğu ve apikal bölgeye gittikçe yuvarlaklığın arttığı göstermişlerdir (234). Kanin dişlerinin kök kanalları geniştir (232) ve mesiodistal olarak daha kolay ikiye ayrılabilir (157). Ayrıca, oval kök kanalları ile ilgili yapılmış birçok çalışmada öncelikle, oval kanal varlığının tespiti için her diştten bukko-lingual ve mesio-distal yönden radyoğrafler alınmış ve apeksin 5 mm yukarısındaki seviye kriter olarak alınarak bu seviyeden kanal çapı ölçümleri yapılmıştır. Çalışmaların çoğunda uzun kanal çapının kısa kanal çapına oranı genel olarak 1,5 katından yüksek olan dişlerde oval kanal varlığı kabul edilerek diş örnekleri seçilmiştir (9, 193). Yapılan çalışmalarda bukko-lingual çapın mesio-distal çapa oranı kanalın ovallik derecesini tanımlamakta ve bu oranın artması ovallik derecesinin arttığını göstermektedir. Dişlerde oval kanal varlığının tespiti için, apeksin 5mm yukarısından ölçümler yapıp köklerdeki uzun çap kısa çapa oranlanmış ve oran >1,5 olanlarda oval kanal varlığı kabul edilmiş dişler çalışmaya alınmıştır.

Kök kanal sistemlerinin temizleme etkinliğinin değerlendirilmesi amacı ile kullanılan standart teknik, enine ya da boyuna kesitleri alınan kök yüzeylerinin SEM ile incelenmesidir. Ayrıca SEM kök kanal duvarları üzerindeki hem debris hemde smear tabakasının varlığının görüntülenmesine olanak tanır (235). Farklı ajitasyon yöntem ve cihazlarının debris ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini değerlendirebilmek amacıyla bu çalışmada $\times 2000$ ve $\times 100$ büyütmede SEM kullanıldı. Sonuçların güvenilirliği açısından elde edilen SEM görüntülerinin analizi tek bir endodonti uzmanı gözlemcisi tarafından farklı tarihlerde gerçekleştirildi.

SEM çalışmalarında kullanılan büyütmele de araştırmanın gerçekçiliğinin yansıtılması açısından önem taşımaktadır. Hülsmann ve ark. SEM ile kök kanalının küçük bir alanının incelenmesi için kullanılan yüksek büyütmelelerin, araştırmacılarda çalışmanın sonuçlarını etkileyecek bir önyargı oluşturabileceğini ileri sürmüşlerdir (236). Araştırmamızda $\times 2000$ 'lik yüksek büyütmelelerde çalışıldı. Aynı zamanda bu olumsuzluğun önüne geçmek için gruplardaki her numuneden $\times 100$ büyütmede SEM görüntüleri alındı. Bu çalışmada dişler ikiye ayrıldıktan sonra dişin her iki yarımını da

SEM ile incelendi. Böylece, örnek sayısı artırıldı. Ayrıca, her kök kanalının 7 farklı noktası smear tabakası ve debrisin değerlendirilmesi için incelendi.

Çalışmalardan bazıları elde edilen görüntüleri sadece temiz ya da değil şeklinde tanımlarken, diğerleri önceden belirlenmiş skorlama sistemlerini kullanmaktadır. Bu çalışmada kök kanal duvarında kalan debris miktarının değerlendirilmesi için SEM bulgularının skorlanması amacı ile kriterleri önceden Keleş ve ark. tarafından belirlenmiş üç skorlu bir sistem kullanılmıştır (78).

SEM araştırmalarının gerçekliğini etkileyebilecek bir başka önemli faktör de, SEM çalışmalarında elde edilen görüntülerin araştırmacı ya da teknisyen tarafından seçilmiş rastgele bölgelerden elde edilmiş olabileceğidir. Araştırmacıların çoğunluğunda, smear tabakası ve debrisin bulunduğu alanlardan çok, daha temiz olan ve açık dentin kanallarının izlenebildiği alanlardan görüntü alma eğilimi vardır. Bu çalışmada, bu olumsuzluğun önüne geçilebilmesi için ve buna ek olarak lazer gruplarında, lazerin kök kanal dentininde yarattığı morfolojik görüntülerin yansıtılabilmesi amacı ile gruplardaki numunelerin her iki yarımında da daha önce belirlenen çok sayıda bölgelerden SEM görüntüleri alındı.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre;

1. Oval şekilli kök kanallarında debrisin ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacı ile yapılan aktivasyon, yıkama işleminin etkinliğini artıracaktır.
2. Test edilen sistemlerin hiç birisi oval yapıdaki kök kanallarından smear tabakası tam olarak uzaklaştırılmadı.
3. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacı ile uygulanan tekniklerin etkinliklerinin korondan apikale doğru azaldığı belirlendi.
4. Mandibular kanin dişlerinde döner aletlerin kullanılmasından sonra debrisin en fazla lingual ekstansiyonda biriktiği ve son yıkamanın ardından debrisin ve smear birikiminin en fazla lingual ekstansiyonda kaldığı bulundu.

7. KAYNAKLAR

1. Paik, S., Sechrist, C.Torabinejad, M. (2004). Levels of evidence for the outcome of endodontic retreatment. *J Endod.* 30 (11). 745-750.
2. Schirrmeister, J. F., Wrbas, K. T., Schneider, F. H., Altenburger, M. J.Hellwig, E. (2006). Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotary instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 101 (4). 542-547.
3. Hulsman, M., Schade, M.Schafers, F. (2001). A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 34 (7). 538-546.
4. Taha, N. A., Ozawa, T.Messer, H. H. (2010). Comparison of three techniques for preparing oval-shaped root canals. *J Endod.* 36 (3). 532-535.
5. De-Deus, G., Barino, B., Zamolyi, R. Q., Souza, E., Fonseca, A., Jr., Fidel, S. ve diğeri. (2010). Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. *J Endod.* 36 (11). 1897-1900.
6. Masiero, A. V.Barletta, F. B. (2005). Effectiveness of different techniques for removing gutta-percha during retreatment. *Int Endod J.* 38 (1). 2-7.
7. Peters, L. B., Wesselink, P. R.Moorer, W. R. (1995). The fate and the role of bacteria left in root dentinal tubules. *Int Endod J.* 28 (2). 95-99.
8. Siqueira, J. F., Jr.Rocas, I. N. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod.* 34 (11). 1291-1301 e1293.
9. Wu, M. K.Wesselink, P. R. (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J.* 34 (2). 137-141.
10. Peters, O. A. (2004). Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 30 (8). 559-567.
11. Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W.Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 54 (2). 291-312.
12. Takahashi, C. M., Cunha, R. S., de Martin, A. S., Fontana, C. E., Silveira, C. F.da Silveira Bueno, C. E. (2009). In vitro evaluation of the effectiveness of

- ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. *J Endod.* 35 (11). 1580-1583.
13. Kfir, A., Tsesis, I., Yakirevich, E., Matalon, S. Abramovitz, I. (2012). The efficacy of five techniques for removing root filling material: microscopic versus radiographic evaluation. *Int Endod J.* 45 (1). 35-41.
 14. Gu, L. S., Ling, J. Q., Wei, X. Huang, X. Y. (2008). Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *Int Endod J.* 41 (4). 288-295.
 15. Vertucci, F. J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 58 (5). 589-599.
 16. Friedman, S., Stabholz, A. Tamse, A. (1990). Endodontic retreatment--case selection and technique. 3. Retreatment techniques. *J Endod.* 16 (11). 543-549.
 17. Robert, S.R., Bradley, H.G.(2011). *Nonsurgical retreatment.* Pathways of the Pulp, 10th ed, ed. Cohen S, Kenneth M.H. p.911-940.
 18. Yilmaz, Z., Karapinar, S. P.Ozcelik, B. (2011). Efficacy of rotary Ni-Ti retreatment systems in root canals filled with a new warm vertical compaction technique. *Dent Mater J.*
 19. Simsek, N., Keles, A., Ahmetoglu, F., Ocak, M. S.Yologlu, S. (2014). Comparison of different retreatment techniques and root canal sealers: a scanning electron microscopic study. *Braz Oral Res.* 28 (1).
 20. Hulsmann, M., Gressmann, G.Schafers, F. (2003). A comparative study of root canal preparation using FlexMaster and HERO 642 rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 36 (5). 358-366.
 21. Pirani, C., Pelliccioni, G. A., Marchionni, S., Montebugnoli, L., Piana, G.Prati, C. (2009). Effectiveness of three different retreatment techniques in canals filled with compacted gutta-percha or Thermafil: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 35 (10). 1433-1440.
 22. Baratto Filho, F., Ferreira, E. L.Fariniuk, L. F. (2002). Efficiency of the 0.04 taper ProFile during the re-treatment of gutta-percha-filled root canals. *Int Endod J.* 35 (8). 651-654.

23. Royzenblat, A. Goodell, G. G. (2007). Comparison of removal times of Thermafil plastic obturators using ProFile rotary instruments at different rotational speeds in moderately curved canals. *J Endod.* 33 (3). 256-258.
24. Sae-Lim, V., Rajamanickam, I., Lim, B. K. Lee, H. L. (2000). Effectiveness of ProFile .04 taper rotary instruments in endodontic retreatment. *J Endod.* 26 (2). 100-104.
25. Fenoul, G., Meless, G. D. Perez, F. (2010). The efficacy of R-Endo rotary NiTi and stainless-steel hand instruments to remove gutta-percha and Resilon. *Int Endod J.* 43 (2). 135-141.
26. Topcuoglu, H. S., Akti, A., Tuncay, O., Dincer, A. N., Duzgun, S. Topcuoglu, G. (2014). Evaluation of debris extruded apically during the removal of root canal filling material using ProTaper, D-RaCe, and R-Endo rotary nickel-titanium retreatment instruments and hand files. *J Endod.* 40 (12). 2066-2069.
27. Wennberg, A. Orstavik, D. (1989). Evaluation of alternatives to chloroform in endodontic practice. *Endod Dent Traumatol.* 5 (5). 234-237.
28. Hunter, K. R., Doblecki, W. Pelleu, G. B., Jr. (1991). Halothane and eucalyptol as alternatives to chloroform for softening gutta-percha. *J Endod.* 17 (7). 310-311.
29. Wourms, D. J., Campbell, A. D., Hicks, M. L. Pelleu, G. B., Jr. (1990). Alternative solvents to chloroform for gutta-percha removal. *J Endod.* 16 (5). 224-226.
30. Barbosa, S. V., Burkard, D. H. Spangberg, L. S. (1994). Cytotoxic effects of gutta-percha solvents. *J Endod.* 20 (1). 6-8.
31. Friedman, S., *Retreatment of failures*, in *Principles and Practice of Endodontics* 1996, Saunders Co.: St. Louis WB. p. 336-353.
32. Gilbert, B. O., Jr. Rice, R. T. (1987). Re-treatment in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 64 (3). 333-338.
33. Violich, D. R. Chandler, N. P. (2010). The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 43 (1). 2-15.
34. Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A. A. Bakland, L. K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 94 (6). 658-666.

35. McComb, D. Smith, D. C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1 (7). 238-242.
36. Mader, C. L., Baumgartner, J. C. Peters, D. D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 10 (10). 477-483.
37. Brannstrom, M. (1984). Smear layer: pathological and treatment considerations. *Oper Dent Suppl.* 3. 35-42.
38. Pashley, D. H. (1984). Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl.* 3. 13-29.
39. Takeda, F. H., Harashima, T., Kimura, Y. Matsumoto, K. (1998). Efficacy of Er:YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *J Endod.* 24 (8). 548-551.
40. Takeda, F. H., Harashima, T., Kimura, Y. Matsumoto, K. (1999). A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J.* 32 (1). 32-39.
41. Tay, F. R., Pashley, D. H., Loushine, R. J., Doyle, M. D., Gillespie, W. T., Weller, R. N. ve diğeri. (2006). Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. *J Endod.* 32 (3). 218-221.
42. Khedmat, S. Shokouhinejad, N. (2008). Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *J Endod.* 34 (5). 599-602.
43. Kuah, H. G., Lui, J. N., Tseng, P. S. Chen, N. N. (2009). The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. *J Endod.* 35 (3). 393-396.
44. White, R. R., Goldman, M. Lin, P. S. (1987). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod.* 13 (8). 369-374.
45. Shahravan, A., Haghdoost, A. A., Adl, A., Rahimi, H. Shadifar, F. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 33 (2). 96-105.

46. Williamson, A. E., Cardon, J. W., Drake, D. R. (2009). Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 35 (1). 95-97.
47. Zakariasen, K. L., Dederich, D. N., Tulip, J., DeCoste, S., Jensen, S. E., Pickard, M. A. (1986). Bactericidal action of carbon dioxide laser radiation in experimental dental root canals. *Can J Microbiol.* 32 (12). 942-946.
48. Siqueira, J. F., Jr., Batista, M. M., Fraga, R. C., de Uzeda, M. (1998). Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod.* 24 (6). 414-416.
49. Hariharan, V. S., Nandlal, B., Srilatha, K. T. (2010). Efficacy of various root canal irrigants on removal of smear layer in the primary root canals after hand instrumentation: a scanning electron microscopy study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 28 (4). 271-277.
50. Goldman, M., Goldman, L. B., Cavaleri, R., Bogis, J., Lin, P. S. (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod.* 8 (11). 487-492.
51. Yamada, R. S., Armas, A., Goldman, M., Lin, P. S. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod.* 9 (4). 137-142.
52. Stewart, G. G. (1998). A scanning electron microscopic study of the cleansing effectiveness of three irrigating modalities on the tubular structure of dentin. *J Endod.* 24 (7). 485-486.
53. Hulsmann, M., Heckendorff, M., Schafers, F. (2002). Comparative in-vitro evaluation of three chelator pastes. *Int Endod J.* 35 (8). 668-679.
54. Hargreaves Kenneth M, Cohens, S. (Tenth Edition, 2011). *Cohen's Pathways of the Pulp*, ed. Mosby Elsevier, S. L. 223-349.
55. Baumgartner, J. C., Brown, C. M., Mader, C. L., Peters, D. D., Shulman, J. D. (1984). A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *J Endod.* 10 (11). 525-531.

56. Meryon, S. D., Tobias, R. S., Jakeman, K. J. (1987). Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro. *J Prosthet Dent.* 57 (2). 174-179.
57. Walton RE, R. E. (2002). *Cleaning and shaping*. "Principles and Practice of Endodontics" ed. M, W. R. v. T. 206-239, .
58. Haznedaroglu, F., Ersev, H. (2001). Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *J Endod.* 27 (12). 738-740.
59. Terranova, V. P., Franzetti, L. C., Hic, S., DiFlorio, R. M., Lyall, R. M., Wikesjo, U. M. ve diğeri. (1986). A biochemical approach to periodontal regeneration: tetracycline treatment of dentin promotes fibroblast adhesion and growth. *J Periodontal Res.* 21 (4). 330-337.
60. Zmener, O., Pameijer, C. H., Banegas, G. (2005). Effectiveness in cleaning oval-shaped root canals using Anatomic Endodontic Technology, ProFile and manual instrumentation: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 38 (6). 356-363.
61. Peeters, H. H., Gutknecht, N. (2014). Efficacy of laser-driven irrigation versus ultrasonic in removing an airlock from the apical third of a narrow root canal. *Aust Endod J.* 40 (2). 47-53.
62. Senia, E. S., Marshall, F. J., Rosen, S. (1971). The solvent action of sodium hypochlorite on pulp tissue of extracted teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 31 (1). 96-103.
63. Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., Tay, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 35 (6). 791-804.
64. Hulsmann, M., Hahn, W. (2000). Complications during root canal irrigation-- literature review and case reports. *Int Endod J.* 33 (3). 186-193.
65. Sirtes, G., Waltimo, T., Schaetzle, M., Zehnder, M. (2005). The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* 31 (9). 669-671.
66. Christensen, C. E., McNeal, S. F., Eleazer, P. (2008). Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. *J Endod.* 34 (4). 449-452.

67. Lui, J. N., Kuah, H. G., Chen, N. N. (2007). Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. *J Endod.* 33 (4). 472-475.
68. Arslan, H., Capar, I. D., Saygili, G., Uysal, B., Gok, T., Ertas, H. ve diğeri. (2014). Efficacy of various irrigation protocols on the removal of triple antibiotic paste. *Int Endod J.* 47 (6). 594-599.
69. De Moor, R. J., Blanken, J., Meire, M., Verdaasdonk, R. (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* 41 (7). 520-523.
70. van der Sluis, L. W., Versluis, M., Wu, M. K., Wesselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 40 (6). 415-426.
71. van der Sluis, L. W., Gambarini, G., Wu, M. K., Wesselink, P. R. (2006). The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 39 (6). 472-476.
72. Kahn, F. H., Rosenberg, P. A., Gliksberg, J. (1995). An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *J Endod.* 21 (5). 277-280.
73. Ram, Z. (1977). Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 44 (2). 306-312.
74. Chow, T. W. (1983). Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* 9 (11). 475-479.
75. Hulsmann, M., Rummelin, C., Schafers, F. (1997). Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.* 23 (5). 301-306.
76. Brito, P. R., Souza, L. C., Machado de Oliveira, J. C., Alves, F. R., De-Deus, G., Lopes, H. P. ve diğeri. (2009). Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endod.* 35 (10). 1422-1427.

77. Brunson, M., Heilborn, C., Johnson, D. J. Cohenca, N. (2010). Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod.* 36 (4). 721-724.
78. Keles, A., Simsek, N., Alcin, H., Ahmetoglu, F. Yologlu, S. (2014). Retreatment of flat-oval root canals with a self-adjusting file: an SEM study. *Dent Mater J.* 33 (6). 786-791.
79. Lee, S. J., Wu, M. K. Wesselink, P. R. (2004). The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 37 (10). 672-678.
80. Plotino, G., Pameijer, C. H., Grande, N. M. Somma, F. (2007). Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 33 (2). 81-95.
81. Ahmad, M., Pitt Ford, T. J. Crum, L. A. (1987). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 13 (10). 490-499.
82. Ahmad, M., Pitt Ford, T. R. Crum, L. A. (1987). Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 13 (3). 93-101.
83. Ahmad, M., Pitt Ford, T. R., Crum, L. A. Walton, A. J. (1988). Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *J Endod.* 14 (10). 486-493.
84. Cameron, J. A. (1983). The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 9 (7). 289-292.
85. Stosk CJR, G. K., Walker R, Goodman JR. (1995). *Color atlas and text of endodontics*, ed. C, M. 14-18.
86. Walmsley, A. D. (1987). Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 20 (3). 105-111.
87. Guerisoli, D. M., Marchesan, M. A., Walmsley, A. D., Lumley, P. J. Pecora, J. D. (2002). Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J.* 35 (5). 418-421.
88. Cameron, J. A. (1995). Factors affecting the clinical efficiency of ultrasonic endodontics: a scanning electron microscopy study. *Int Endod J.* 28 (1). 47-53.

89. Abbott, P. V., Heijkoop, P. S., Cardaci, S. C., Hume, W. R., Heithersay, G. S. (1991). An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J.* 24 (6). 308-316.
90. Tronstad, L., Barnett, F., Schwartzben, L., Frasca, P. (1985). Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol.* 1 (2). 69-76.
91. Young, G. R., Parashos, P., Messer, H. H. (2007). The principles of techniques for cleaning root canals. *Aust Dent J.* 52 (1 Suppl). S52-63.
92. Çalışkan, M.K. (2006). Endodontide Tanı ve Tedaviler. Nobel Kitabevi
93. Baumgartner, J. C., Cuenin, P. R. (1992). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 18 (12). 605-612.
94. Tay, F. R., Gu, L. S., Schoeffel, G. J., Wimmer, C., Susin, L., Zhang, K. ve diğerleri. (2010). Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod.* 36 (4). 745-750.
95. Cunningham, W. T., Martin, H., Forrest, W. R. (1982). Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 53 (4). 401-404.
96. Stamos, D. E., Sadeghi, E. M., Haasch, G. C., Gerstein, H. (1987). An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. *J Endod.* 13 (9). 434-440.
97. Sjogren, U., Sundqvist, G. (1987). Bacteriologic evaluation of ultrasonic root canal instrumentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 63 (3). 366-370.
98. Coluzzi, D. J. (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am.* 48 (4). 751-770, v.
99. Dederich, D. N., Zakariasen, K. L., Tulip, J. (1984). Scanning electron microscopic analysis of canal wall dentin following neodymium-yttrium-aluminum-garnet laser irradiation. *J Endod.* 10 (9). 428-431.
100. Tewfik, H. M., Pashley, D. H., Horner, J. A., Sharawy, M. M. (1993). Structural and functional changes in root dentin following exposure to KTP/532 laser. *J Endod.* 19 (10). 492-497.

101. Dederich, D. N., Bushick, R. D., Affairs, A. D. A. C. o. S., Division of, S. Journal of the American Dental, A. (2004). Lasers in dentistry: separating science from hype. *J Am Dent Assoc.* 135 (2). 204-212; quiz 229.
102. Papanikolaou, N., Stefanou, N., Zeller, R. Dederichs, P. H. (1993). Can 5d and sp impurities be magnetic? *Phys Rev Lett.* 71 (4). 629-632.
103. Dederich, D. N. (1993). Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc.* 124 (2). 57-61.
104. Keller, U. Hibst, R. (1989). Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. *Lasers Surg Med.* 9 (4). 345-351.
105. Sasaki, K. M., Aoki, A., Ichinose, S. Ishikawa, I. (2002). Ultrastructural analysis of bone tissue irradiated by Er:YAG Laser. *Lasers Surg Med.* 31 (5). 322-332.
106. Schuller, D. E. (1990). Use of the laser in the oral cavity. *Otolaryngol Clin North Am.* 23 (1). 31-42.
107. Pick, R. M. Powell, G. L. (1993). Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dent Clin North Am.* 37 (2). 281-296.
108. Akçiçeği G, A. S., Uysal S. ve ark. . (2010). Diş hekimliğinde lazer uygulamaları: Derleme. *Dicle Diş Hekimliği Dergisi.* 11:24-32.
109. Beer, F., Buchmair, A., Wernisch, J., Georgopoulos, A. Moritz, A. (2012). Comparison of two diode lasers on bactericidity in root canals--an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 27 (2). 361-364.
110. Odor, T. M., Watson, T. F., Pitt Ford, T. R. McDonald, F. (1996). Pattern of transmission of laser light in teeth. *Int Endod J.* 29 (4). 228-234.
111. Stabholz, A., Sahar-Helft, S. Moshonov, J. (2004). Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am.* 48 (4). 809-832, vi.
112. Moshonov, J., Sion, A., Kasirer, J., Rotstein, I. Stabholz, A. (1995). Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 79 (2). 221-225.
113. Myers, T. D. McDaniel, J. D. (1991). The pulsed Nd:YAG dental laser: review of clinical applications. *J Calif Dent Assoc.* 19 (11). 25-30.
114. Cohen S., H. K. (2006). *Pathways of The Pulp.* 9th ed. p.240-360.

115. Farge, P., Nahas, P., Bonin, P. (1998). In vitro study of a Nd:YAP laser in endodontic retreatment. *J Endod.* 24 (5). 359-363.
116. Viducic, D., Jukic, S., Karlovic, Z., Bozic, Z., Miletic, I., Anic, I. (2003). Removal of gutta-percha from root canals using an Nd:YAG laser. *Int Endod J.* 36 (10). 670-673.
117. Friedman, S., Moshonov, J., Trope, M. (1993). Residue of gutta-percha and a glass ionomer cement sealer following root canal retreatment. *Int Endod J.* 26 (3). 169-172.
118. Kaplowitz, G. J. (1994). Effect of temperature on rectified turpentine oil as a gutta-percha solvent. *J Endod.* 20 (4). 173.
119. Anjo, T., Ebihara, A., Takeda, A., Takashina, M., Sunakawa, M., Suda, H. (2004). Removal of two types of root canal filling material using pulsed Nd:YAG laser irradiation. *Photomed Laser Surg.* 22 (6). 470-476.
120. Keles, A., Arslan, H., Kamalak, A., Akcay, M., Sousa-Neto, M. D., Versiani, M. A. (2015). Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. *J Endod.* 41 (2). 219-224.
121. Coluzzi, D. J., Convissar, R. A. (2004). Lasers in clinical dentistry. *Dent Clin North Am.* 48 (4). xi-xii.
122. Schoop, U., Kluger, W., Moritz, A., Nedjelik, N., Georgopoulos, A., Sperr, W. (2004). Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers Surg Med.* 35 (2). 111-116.
123. Gurbuz, T., Ozdemir, Y., Kara, N., Zehir, C., Kurudirek, M. (2008). Evaluation of root canal dentin after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. *J Endod.* 34 (3). 318-321.
124. Koba, K., Kimura, Y., Matsumoto, K., Takeuchi, T., Ikarugi, T., Shimizu, T. (1998). A histopathological study of the morphological changes at the apical seat and in the periapical region after irradiation with a pulsed Nd:YAG laser. *Int Endod J.* 31 (6). 415-420.

125. Goya, C., Yamazaki, R., Tomita, Y., Kimura, Y., Matsumoto, K. (2000). Effects of pulsed Nd:YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *Int Endod J.* 33 (3). 266-271.
126. Tani, Y., Kawada, H. (1987). Effects of laser irradiation on dentin. I. Effect on smear layer. *Dent Mater J.* 6 (2). 127-134.
127. Levy, G. (1992). Cleaning and shaping the root canal with a Nd:YAG laser beam: a comparative study. *J Endod.* 18 (3). 123-127.
128. Goodis, H. E., White, J. M., Marshall, S. J., Marshall, G. W., Jr. (1993). Scanning electron microscopic examination of intracanal wall dentin: hand versus laser treatment. *Scanning Microsc.* 7 (3). 979-987.
129. Saunders, W. P., Whitters, C. J., Strang, R., Moseley, H., Payne, A., McGadey, J. (1995). 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.* 28 (4). 213-220.
130. Harashima, T., Takeda, F. H., Kimura, Y., Matsumoto, K. (1997). Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *J Clin Laser Med Surg.* 15 (3). 131-135.
131. Onal, B., Ertl, T., Siebert, G., Muller, G. (1993). Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibers: a scanning and transmission electron microscopic study. *J Endod.* 19 (6). 272-276.
132. Harashima, T., Takeda, F. H., Zhang, C., Kimura, Y., Matsumoto, K. (1998). Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal walls. *Endod Dent Traumatol.* 14 (1). 26-30.
133. Ishikawa, I., Sasaki, K. M., Aoki, A., Watanabe, H. (2003). Effects of Er:YAG laser on periodontal therapy. *J Int Acad Periodontol.* 5 (1). 23-28.
134. Armengol, V., Jean, A., Rohanizadeh, R., Hamel, H. (1999). Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study. *J Endod.* 25 (8). 543-546.
135. Kivanc, B. H., Ulusoy, O. I., Gorgul, G. (2008). Effects of Er:YAG laser and Nd:YAG laser treatment on the root canal dentin of human teeth: a SEM study. *Lasers Med Sci.* 23 (3). 247-252.

136. Coluzzi, D. J. (2000). An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent Clin North Am.* 44 (4). 753-765.
137. Gutknecht, N., Behrens, V. G. (1991). Instrumentation of root canal walls with Nd-YAG laser. *ZWR.* 100 (10). 748-750.
138. Kaitsas, V., Signore, A., Fonzi, L., Benedicenti, S., Barone, M. (2001). Effects of Nd: YAG laser irradiation on the root canal wall dentin of human teeth: a SEM study. *Bull Group Int Rech Sci Stomatol Odontol.* 43 (3). 87-92.
139. DiVito, E., Peters, O., Olivi, G. (2012). Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 27 (2). 273-280.
140. Caron, G., Nham, K., Bronnec, F., Machtou, P. (2010). Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod.* 36 (8). 1361-1366.
141. Schoop, U., Goharkhay, K., Klimscha, J., Zagler, M., Wernisch, J., Georgopoulos, A. ve diğeri. (2007). 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.* 138 (7). 949-955.
142. Schoop, U., Barylyak, A., Goharkhay, K., Beer, F., Wernisch, J., Georgopoulos, A. ve diğeri. (2009). The impact of an erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers Med Sci.* 24 (1). 59-65.
143. Gordon, W., Atabakhsh, V. A., Meza, F., Doms, A., Nissan, R., RizoIU, I. ve diğeri. (2007). The antimicrobial efficacy of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial emitting tips on root canal dentin walls infected with *Enterococcus faecalis*. *J Am Dent Assoc.* 138 (7). 992-1002.
144. Sulewski JG. (22–26 April 2009,). Making the most of the 16th Annual Conference and Exhibition: a practical orientation for attendees. *Academy of Laser Dentistry 16th Annual Conference and Exhibition*,. Las Vegas, Nevada
145. Kresimir, S. (2011). Twilight Endo Treatment - How Er:YAG Completes our Nd:YAG Endoprotocol. *Journal of the Laser and Health Academy.* S15.

146. Kimura, Y., Yonaga, K., Yokoyama, K., Kinoshita, J., Ogata, Y. Matsumoto, K. (2002). Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. *J Endod.* 28 (2). 76-78.
147. Takeda, F. H., Harashima, T., Kimura, Y. Matsumoto, K. (1998). Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg.* 16 (2). 117-122.
148. Takeda, F. H., Harashima, T., Eto, J. N., Kimura, Y. Matsumoto, K. (1998). Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Endod Dent Traumatol.* 14 (6). 270-273.
149. Pecora, J. D., Brugnera-Junior, A., Cussioli, A. L., Zanin, F. Silva, R. (2000). Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application. *Lasers Surg Med.* 26 (3). 277-281.
150. Yamazaki, R., Goya, C., Yu, D. G., Kimura, Y. Matsumoto, K. (2001). Effects of erbium,chromium:YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod.* 27 (1). 9-12.
151. Ebihara, A., Majaron, B., Liaw, L. H., Krasieva, T. B. Wilder-Smith, P. (2002). Er:YAG laser modification of root canal dentine: influence of pulse duration, repetitive irradiation and water spray. *Lasers Med Sci.* 17 (3). 198-207.
152. Matsuoka, E., Jayawardena, J. A. Matsumoto, K. (2005). Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Surg.* 23 (5). 480-484.
153. Peters, O. A., Bardsley, S., Fong, J., Pandher, G. Divito, E. (2011). Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod.* 37 (7). 1008-1012.
154. de Groot, S. D., Verhaagen, B., Versluis, M., Wu, M. K., Wesselink, P. R. van der Sluis, L. W. (2009). Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J.* 42 (12). 1077-1083.
155. Blanken, J., De Moor, R. J., Meire, M. Verdaasdonk, R. (2009). Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med.* 41 (7). 514-519.

156. George, R., Meyers, I. A., Walsh, L. J. (2008). 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.* 34 (12). 1524-1527.
157. De Moor, R. J., Meire, M., Goharkhay, K., Moritz, A., Vanobbergen, J. (2010). Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod.* 36 (9). 1580-1583.
158. Macedo, R. G., Wesselink, P. R., Zaccheo, F., Fanali, D., Van Der Sluis, L. W. (2010). Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. *Int Endod J.* 43 (12). 1108-1115.
159. Matsumoto, H., Yoshimine, Y., Akamine, A. (2011). Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er:YAG laser within a root canal model. *J Endod.* 37 (6). 839-843.
160. Arslan, H., Akcay, M., Capar, I. D., Saygili, G., Gok, T., Ertas, H. (2015). An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. *Int Endod J.* 48 (3). 246-251.
161. Lloyd, A., Uhles, J. P., Clement, D. J., Garcia-Godoy, F. (2014). Elimination of intracanal tissue and debris through a novel laser-activated system assessed using high-resolution micro-computed tomography: a pilot study. *J Endod.* 40 (4). 584-587.
162. Arslan, H., Capar, I. D., Saygili, G., Gok, T., Akcay, M. (2014). Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *Int Endod J.* 47 (11). 1072-1077.
163. Metzger, Z., Teperovich, E., Zary, R., Cohen, R., Hof, R. (2010). The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod.* 36 (4). 679-690.
164. Peters, O. A., Peters, C. I., Schonenberger, K., Barbakow, F. (2003). ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J.* 36 (2). 86-92.

165. Wu, M. K., de Schwartz, F. B., van der Sluis, L. W. Wesselink, P. R. (2001). The quality of root fillings remaining in mandibular incisors after root-end cavity preparation. *Int Endod J.* 34 (8). 613-619.
166. Metzger, Z., Teperovich, E., Cohen, R., Zary, R., Paque, F. Hulsman, M. (2010). The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer-A scanning electron microscope study. *J Endod.* 36 (4). 697-702.
167. Hof, R., Perevalov, V., Eltanani, M., Zary, R. Metzger, Z. (2010). The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis. *J Endod.* 36 (4). 691-696.
168. Metzger, Z., Zary, R., Cohen, R., Teperovich, E. Paque, F. (2010). The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod.* 36 (9). 1569-1573.
169. Paque, F., Al-Jadaa, A. Kfir, A. (2012). Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *Int Endod J.* 45 (5). 413-418.
170. Dietrich, M. A., Kirkpatrick, T. C. Yaccino, J. M. (2012). In vitro canal and isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars. *J Endod.* 38 (8). 1140-1144.
171. Adiguzel, O., Yigit-Ozer, S., Kaya, S., Uysal, I., Ganidagli-Ayaz, S. Akkus, Z. (2011). Effectiveness of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and MTAD on debris and smear layer removal using a self-adjusting file. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 112 (6). 803-808.
172. Kaya, S., Yigit-Ozer, S. Adiguzel, O. (2011). Evaluation of radicular dentin erosion and smear layer removal capacity of Self-Adjusting File using different concentrations of sodium hypochlorite as an initial irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 112 (4). 524-530.
173. Peters, O. A. Paque, F. (2011). Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 37 (1). 53-57.

174. Versiani, M. A., Pecora, J. D.de Sousa-Neto, M. D. (2011). Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 37 (7). 1002-1007.
175. Voet, K. C., Wu, M. K., Wesselink, P. R.Shemesh, H. (2012). Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file. *J Endod.* 38 (7). 1004-1006.
176. Abramovitz, I., Relles-Bonar, S., Baransi, B.Kfir, A. (2012). The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files. *Int Endod J.* 45 (4). 386-392.
177. Solomonov, M., Paque, F., Kaya, S., Adiguzel, O., Kfir, A.Yigit-Ozer, S. (2012). Self-adjusting files in retreatment: a high-resolution micro-computed tomography study. *J Endod.* 38 (9). 1283-1287.
178. Keles, A., Alcin, H., Kamalak, A.Versiani, M. A. (2014). Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig.* 18 (4). 1147-1153.
179. Önal, B., Özata, F., Diekwisch, T.G.H. ((2003)). *Diş sert dokularında taramalı elektron mikroskopu atlası.*
180. Barrieshi-Nusair, K. M. (2002). Gutta-percha retreatment: effectiveness of nickel-titanium rotary instruments versus stainless steel hand files. *J Endod.* 28 (6). 454-456.
181. Stabholz, A.Friedman, S. (1988). Endodontic retreatment--case selection and technique. Part 2: Treatment planning for retreatment. *J Endod.* 14 (12). 607-614.
182. Torabinejad, M., Corr, R., Handysides, R.Shabahang, S. (2009). Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *J Endod.* 35 (7). 930-937.
183. Imura, N., Kato, A. S., Hata, G. I., Uemura, M., Toda, T.Weine, F. (2000). A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment. *Int Endod J.* 33 (4). 361-366.
184. Somma, F., Cammarota, G., Plotino, G., Grande, N. M.Pameijer, C. H. (2008). The effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the

- retreatment of three different root canal filling materials. *J Endod.* 34 (4). 466-469.
185. Zmener, O., Pameijer, C. H., Banegas, G. (2006). Retreatment efficacy of hand versus automated instrumentation in oval-shaped root canals: an ex vivo study. *Int Endod J.* 39 (7). 521-526.
186. Tasdemir, T., Er, K., Yildirim, T., Celik, D. (2008). Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J.* 41 (3). 191-196.
187. Barbizam, J. V., Fariniuk, L. F., Marchesan, M. A., Pecora, J. D., Sousa-Neto, M. D. (2002). Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod.* 28 (5). 365-366.
188. Paque, F., Peters, O. A. (2011). Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file. *J Endod.* 37 (4). 517-521.
189. Versiani, M. A., Leoni, G. B., Steier, L., De-Deus, G., Tassani, S., Pecora, J. D. ve diğeri. (2013). Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod.* 39 (8). 1060-1066.
190. de Melo Ribeiro, M. V., Silva-Sousa, Y. T., Versiani, M. A., Lamira, A., Steier, L., Pecora, J. D. ve diğeri. (2013). Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *J Endod.* 39 (3). 398-401.
191. Elayouti, A., Chu, A. L., Kimionis, I., Klein, C., Weiger, R., Lost, C. (2008). Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J.* 41 (12). 1088-1092.
192. Paque, F., Balmer, M., Attin, T., Peters, O. A. (2010). Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 36 (4). 703-707.
193. Ruttermann, S., Virtej, A., Janda, R., Raab, W. H. (2007). Preparation of the coronal and middle third of oval root canals with a rotary or an oscillating system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 104 (6). 852-856.

194. Wu, M. K., van der Sluis, L. W. Wesselink, P. R. (2003). The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod J.* 36 (3). 218-224.
195. Weiger, R., ElAyouti, A. Lost, C. (2002). Efficiency of hand and rotary instruments in shaping oval root canals. *J Endod.* 28 (8). 580-583.
196. de Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., Paranjpe, A. Cohenca, N. (2010). Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *J Endod.* 36 (7). 1216-1221.
197. Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *J Endod.* 32 (5). 389-398.
198. Boutsoukis, C., Verhaagen, B., Versluis, M., Kastrinakis, E., Wesselink, P. R. van der Sluis, L. W. (2010). Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod.* 36 (5). 875-879.
199. de Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., Heilborn, C. Cohenca, N. (2009). Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *J Endod.* 35 (6). 891-895.
200. O'Connell, M. S., Morgan, L. A., Beeler, W. J. Baumgartner, J. C. (2000). A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod.* 26 (12). 739-743.
201. Mayer, B. E., Peters, O. A. Barbakow, F. (2002). Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 35 (7). 582-589.
202. Jiang, L. M., Verhaagen, B., Versluis, M. van der Sluis, L. W. (2010). Influence of the oscillation direction of an ultrasonic file on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 36 (8). 1372-1376.
203. Burleson, A., Nusstein, J., Reader, A. Beck, M. (2007). The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod.* 33 (7). 782-787.
204. Cheung, G. S. Stock, C. J. (1993). In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *Int Endod J.* 26 (6). 334-343.

205. Goodman, A., Reader, A., Beck, M., Melfi, R., Meyers, W. (1985). An in vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod.* 11 (6). 249-256.
206. Peeters, H. H., De Moor, R. J., Suharto, D. (2014). Visualization of removal of trapped air from the apical region in simulated root canals by laser-activated irrigation using an Er,Cr:YSGG laser. *Lasers Med Sci.*
207. Giardino, L., Ambu, E., Becce, C., Rimondini, L., Morra, M. (2006). Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod.* 32 (11). 1091-1093.
208. Peeters, H. H., Iskandar, B., Suardita, K., Suharto, D. (2014). Visualization of removal of trapped air from the apical region of the straight root canal models generating 2-phase intermittent counter flow during ultrasonically activated irrigation. *J Endod.* 40 (6). 857-861.
209. Schoeffel, G. J. (2008). The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. *Dent Today.* 27 (1). 82, 84, 86-87.
210. Malki, M., Verhaagen, B., Jiang, L. M., Nehme, W., Naaman, A., Versluis, M. ve diğeri. (2012). Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy. *J Endod.* 38 (5). 657-661.
211. Jiang, L. M., Verhaagen, B., Versluis, M., Langedijk, J., Wesselink, P., van der Sluis, L. W. (2011). The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 37 (5). 688-692.
212. Uroz-Torres, D., Gonzalez-Rodriguez, M. P., Ferrer-Luque, C. M. (2010). Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. *J Endod.* 36 (2). 308-311.
213. George, R., Walsh, L. J. (2008). Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *J Endod.* 34 (6). 706-708.
214. Peeters, H. H., Mooduto, L. (2013). Radiographic examination of apical extrusion of root canal irrigants during cavitation induced by Er,Cr:YSGG laser irradiation: an in vivo study. *Clin Oral Investig.* 17 (9). 2105-2112.

215. Deleu, E., Meire, M. A.De Moor, R. J. (2015). Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers Med Sci.* 30 (2). 831-835.
216. Olivi G., D. E. (2012). Photoacoustic Endodontics using PIPS: experimental background and clinical protocol *Journal of the Laser and Health Academy.* S22-25.
217. Arslan, H., Capar, I. D., Saygili, G., Gok, T.Akcay, M. (2014). Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *Int Endod J.*
218. Kimura, Y., Wilder-Smith, P.Matsumoto, K. (2000). Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J.* 33 (3). 173-185.
219. Mohammadi, Z. (2009). Laser applications in endodontics: an update review. *Int Dent J.* 59 (1). 35-46.
220. Barbakow, F., Peters, O.Havranek, L. (1999). Effects of Nd:YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study. *Quintessence Int.* 30 (12). 837-845.
221. Judy, M. M., Matthews, J. L., Aronoff, B. L.Hults, D. F. (1993). Soft tissue studies with 805 nm diode laser radiation: thermal effects with contact tips and comparison with effects of 1064 nm Nd:YAG laser radiation. *Lasers Surg Med.* 13 (5). 528-536.
222. Santos, C., Sousa-Neto, M. D., Alfredo, E., Guerisoli, D. M., Pecora, J. D.Comelli Lia, R. F. (2005). Morphologic evaluation of the radicular dentine irradiated with Nd:YAG laser under different parameters and angles of incidence. *Photomed Laser Surg.* 23 (6). 590-595.
223. Anic, I., Segovic, S., Katanec, D., Prskalo, K.Najzar-Fleger, D. (1998). Scanning electron microscopic study of dentin lased with argon, CO₂, and Nd:YAG laser. *J Endod.* 24 (2). 77-81.
224. Eriksson, A. R.Albrektsson, T. (1983). Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *J Prosthet Dent.* 50 (1). 101-107.

225. Mazeki, K., Kimura, Y., Yokoyama, K., Matsumoto, K. (2003). Preparation of root canal orifices by Er:YAG laser irradiation: in vitro and clinical observations. *J Clin Laser Med Surg.* 21 (2). 85-91.
226. De-Deus, G., Souza, E. M., Barino, B., Maia, J., Zamolyi, R. Q., Reis, C. ve diğeri. (2011). The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *J Endod.* 37 (5). 701-705.
227. Parente, J. M., Loushine, R. J., Susin, L., Gu, L., Looney, S. W., Weller, R. N. ve diğeri. (2010). Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J.* 43 (11). 1001-1012.
228. Pashley, D., Okabe, A., Parham, P. (1985). The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol.* 1 (5). 176-179.
229. Jou, Y. T., Karabucak, B., Levin, J., Liu, D. (2004). Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin North Am.* 48 (1). 323-335.
230. Caliskan, M. K., Pehlivan, Y., Sepetcioglu, F., Turkun, M., Tuncer, S. S. (1995). Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *J Endod.* 21 (4). 200-204.
231. Grande, N. M., Plotino, G., Pecci, R., Bedini, R., Pameijer, C. H., Somma, F. (2008). Micro-computerized tomographic analysis of radicular and canal morphology of premolars with long oval canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 106 (3). e70-76.
232. Wu, M. K., R'Oris, A., Barkis, D., Wesselink, P. R. (2000). Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 89 (6). 739-743.
233. De-Deus, G. (2012). Research that matters - root canal filling and leakage studies. *Int Endod J.* 45 (12). 1063-1064.
234. Versiani, M. A., Pecora, J. D., Sousa-Neto, M. D. (2013). Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. *Int Endod J.* 46 (9). 800-807.
235. Ribeiro, E. M., Silva-Sousa, Y. T., Souza-Gabriel, A. E., Sousa-Neto, M. D., Lorencetti, K. T., Silva, S. R. (2012). Debris and smear removal in flattened

root canals after use of different irrigant agitation protocols. *Microsc Res Tech.* 75 (6). 781-790.

236. Hülsmann M, P. O., Dummer PM,. (2005). Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics.* 10 (1). 30-76.



EKLER

EK.1: Etik Kurul Onayına Dair Belge

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU					
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Tekrarlayan kanal tedavileri sonrası Gutta-Perka artıklarının, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında lazer, self-adjusting file, ultrasonik tekniklerinin etkinliğinin incelenmesi			
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU		2014/109			
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	MALATYA KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU			
	AÇIK ADRESİ:	İnönü Üniversitesi Merkez Kampüsü, 44280, Malatya, Türkiye			
	TELEFON	+90 422 341 06 60 / 1219			
	FAKS	+90 422 341 00 36			
	E-POSTA	inu.dhek@inonu.edu.tr			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Yrd.Doç.Dr. Ali KELEŞ			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	MALATYA			
	DESTEKLEYİCİ				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 4	<input type="checkbox"/>		
		Gözlemsel ilaç çalışması	<input type="checkbox"/>		
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
DİĞER İSE BELİRTİNİZ					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	
<p>Etik Kurul Başkanının Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Rifat KARLIDAĞ İmza:</p>					

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Tekrarlayan kanal tedavileri sonrası Gutta-Perka artıklarının, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında lazer, self-adjusting file, ultrasonik tekniklerinin etkinliğinin incelenmesi
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	2014/109

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili			
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>	
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>	
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>	
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama					
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>					
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input type="checkbox"/>					
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>					
	İLAN	<input type="checkbox"/>					
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>					
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>					
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>					
DİĞER:	<input type="checkbox"/>						
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2014/109	Tarih: 02.07.2014					
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmannın/çalışmanın gereke, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmannın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.						

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Rıfat KARLIDAĞ

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
			E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Rıfat KARLIDAĞ	Psikiyatri	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Metin GENÇ	Halk Sağlığı	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Saim YOĞLU	Biyoistatistik	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Türkan TOĞAL	Anesteziyoloji ve Rea.	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. İbrahim ŞAHİN	İç Hastalıkları	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Seda TAŞDEMİR	Tıbbi Farmakoloji	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Derya DOĞAN	Çocuk Sağlığı ve Hast.	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Özden KAMIŞLI	Nöroloji	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Hakan HARPUTLUOĞLU	Onkoloji	İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Rıfat KARLIDAĞ
İmza:

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Ankara’da doğdu. İlkokul ve orta öğrenimini Ankara Hüseyin Güllüoğlu İlköğretim Okulu’nda; lise öğrenimini ise Ankara Kalaba Anadolu Lisesi’nde tamamladıktan sonra 2006 yılında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ni kazandı. 2011 yılında Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden mezun oldu. 2012 yılında İnönü Üniversite Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimine başladı.

