

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



EĞRİ KANALLARDA KÖK KANAL DOLGUSUNUN
UZAKLAŞTIRILMASINDA FARKLI UYGULAMALARIN
ETKİNLİKLERİNİN MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Dt. Gülsen KİRAZ
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA

Bu Tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinasyon Birimi tarafından 4928-DU1-17 proje numarası ile
desteklenmiştir.

ISPARTA-2018

KABUL ve ONAY SAYFASI

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına;
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim
Dalı Başkanlığı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından
Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 08/03/2018

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bülent ÜREYEN KAYA
Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti AD.



Üye : Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ
Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti AD.



Üye : Doç. Dr. Alper KUŞTARCI
Akdeniz Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti AD.



ONAY: Bu uzmanlık tezi, Fakülte Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Timuçin BAYKUL
Dekan



BEYAN

“Eğri Kanallarda Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılmasında Farklı Uygulamaların Etkinliklerinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi” adlı Uzmanlık tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Tezi Hazırlayan

Arş. Gör. Dt. Glсен KİRAZ

İmza

Danışman

Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA

İmza

ÖNSÖZ

Bu çalışmada eğri kök kanallarında çoklu döner alet ve tekli resiprokal sistemlerin kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması esnasındaki etkinlikleri ve ilave uygulamaların kanal duvarlarının temizleme etkinliğine katkıları değerlendirilmiştir. Ayrıca kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında denenen bu yöntemlerin kanal hacminde oluşturdukları değişim de incelenmiştir. Endodonti alanında bu konu ile ilgili araştırmalar bulunmakta iken, çalışmamızda kullanılan sistem ve ilave uygulamaların etkinliklerinin eğri kök kanallarında karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışmamızda kök kanal duvarlarında kalan dolgu miktarı ve kanal hacminde meydana gelen değişiklikler kanal dolgusunun uzaklaştırılması öncesi ve sonrasında alınan mikro bilgisayarlı tomografi tarama görüntüleri ile değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada hedeflenen eğri kök kanallarında kök kanal dolgusunu etkin bir şekilde uzaklaştırabilen, klinik kullanıma uygun, pratik yöntemleri belirlemek ve hekimlere sunmaktır.

Bu çalışma 4928-DU1-17 proje numarası ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Isparta, 2018

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca tüm bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, beni cesaretlendirerek ufkumu genişleten, sabrını, hoşgörüsünü ve desteğini bu sürecin her aşamasında bana hissettiren, yanımda olduğundan güç aldığım, kendime örnek aldığım ve öğrencisi olduğum için kendimi her daim şanslı hissettiğim değerli danışman hocam sayın Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA'ya,

Tezim süresince değerli bilgilerini benden esirgemeyen tez süreci boyunca fikir ve önerileri ile bana destek olan ve tez jürimde bulunan anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ' ye,

Uzmanlık eğitimime akademik ve klinik anlamda büyük katkı veren değerli hocalarım Doç. Dr. Gül ÇELİK, Doç. Dr. Murat MADEN, Yrd. Doç. Dr. Cevat Emre ERİK'e,

Bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım ayrıca tez jürimde de bulunan Doç. Dr. Alper KUŞTARCI'ya,

Tez çalışmamın istatistiksel analizini gerçekleştiren Sayın Yrd. Doç. Dr. Özgür KOŞKAN' a,

Doktora projemizi desteklediği için Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne,

Analiz aşamalarındaki katkıları için Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyesi, Prof. Dr. Hakan Hamdi ÇELİK ve değerli asistanları Dr. Mert OCAK, Dr. Muhammet Bora UZUNER'e,

Birlikte çalışmaktan çok mutlu olduğum, tanıdığım için çok şanslı hissettiğim, klinikte yaşadığım her zorlukta sabır ve anlayışlı desteklerinden dolayı ve klinik tecrübelerinin yanında hayat tecrübeleri ile de bana birçok şey katan Dt.Arife MERSİNLİOĞLU ve Uzm.Dt.Volkan DİNÇ'e, samimiyetleri ve enerjileriyle her zaman yanımda olan, kötü anlarımda desteklerini asla esirgemeyen Dt.Güzin TÜLÜ ve Dt.Burçak GÜRSOY'a, pedodontideki çok sevdiğim arkadaşlarıma ve çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum Endodonti AD'daki tüm asistan arkadaşlarımla birlikte uzmanlık eğitimimin her döneminde desteğini hissettiren, zor

zamanlarımda sabrı, sınırsız sevgisi ve desteği ile her zaman yanımda olan Uzm.Dt. Safa KURNAZ'a,

Bilimin aydınlattığı yolda ilerlemeyi bana nasihat ederek, hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen, bugünlere gelmemdeki en büyük emeğin sahipleri, başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme,

Tüm kalbimle sonsuz saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY SAYFASI	ii
BEYAN	iii
ÖNSÖZ	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
RESİMLER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi (Retreatment)	4
2.2. Endodontik Tedavinin Başarısının Değerlendirilmesi	5
2.3. Kök Kanal Tedavisinde Başarısızlığa Neden Olan Faktörler.....	15
2.3.1. Mikrobiyolojik Nedenler	15
2.3.1.1. İntrarakiküler Enfeksiyon.....	15
2.3.1.2. Ekstrarakiküler Enfeksiyon	17
2.3.2. Non-mikrobiyolojik Nedenler	18
2.3.2.1. Kistler	18
2.3.2.2. Çatlak Dişler ve Kırıklar	19
2.3.2.3. Yanlış Teşhis ve Tedavi	19
2.3.2.4. Yabancı Cisim Reaksiyonu	19
2.3.2.5. Skar Dokusuyla İyileşme	20
2.3.2.6. Koronal Dolgunun Kalitesi	20
2.3.3. Prosedürel Hatalar	20
2.4. Kök Kanal Dolgu Maddelerinin Uzaklaştırılması.....	21
2.4.1. Fiziksel ve Mekanik Yöntemler.....	23
2.4.1.2. Paslanmaz Çelik Döner Aletler	26
2.4.1.2.1. Gates Glidden (GG) ve Peeso Reamer Frezler	26
2.4.1.3. Isı.....	29

2.4.1.4. Ultrasonik Yöntemler	31
2.4.1.5. Nikel Titanyum Döner Aletler	32
2.4.1.5.1. ProFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre).....	33
2.4.1.5.2. K3 (SybronEndo, West Collins, CA, ABD).....	35
2.4.1.5.3. Mtwo Retreatment sistemi (VDW, Antaeus, Münih, Almanya) .	36
2.4.1.5.4. R-Endo Retreatment Sistemi (Micro-Mega, Besancon, Fransa) .	37
2.4.1.5.5. ProTaper Universal Retreatment Sistemi (PTUR, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)	39
2.4.1.5.6. D-Race retreatment sistemi (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre).....	41
2.4.1.5.7. Resiproc (VDW, Münih, Almanya)	42
2.4.1.5.8. WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)	44
2.4.1.5.9. ProTaper Next (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre).....	45
2.4.1.5.10. Twisted File Adaptive (TFA, Axis/SybronEndo, Orange, CA) 46	
2.4.1.5.11. WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)	47
2.4.1.6. Kök Kanalımdan Güta Perkanın Uzaklaştırılması için Kullanılan İlave Sistemler.....	49
2.4.1.6.1. Lazer	49
2.4.1.6.1.1. Lazerin Tarihçesi	49
2.4.1.6.1.2. Lazerin Çalışma Mekanizması.....	50
2.4.1.6.1.3. Lazerin Avantaj ve Dezavantajları	52
2.4.1.6.1.4. Dişhekimliğinde Kullanılan Başlıca Lazer Çeşitleri	53
2.4.1.6.1.4.1. Nd:YAG Lazer	53
2.4.1.6.1.4.2. Diod Lazer.....	55
2.4.1.6.1.4.3. Er:YAG ve Er,Cr;YSGG Lazerler	56
2.4.1.6.1.4.4. CO ₂ Lazer.....	58
2.4.1.6.1.4.5. Argon Lazer	58
2.4.1.6.2. Self-Adjusting File (SAF, Re'dent Nova, Ra'anana, İsrail).....	59
2.4.1.6.3. XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux- de-Fonds, İsviçre)	61
2.4.2. Kimyasal Yöntemler	63
2.4.2.1. Güta Perka Çözücüler (Solventler)	64
2.4.2.1.1. Kloroform	64
2.4.2.1.2. Ökalyptol.....	65
2.4.2.1.3. Ksilol	66

2.4.2.1.4. Metil Kloroform	67
2.4.2.1.5. Halotan	67
2.4.2.1.6. Turpentin	67
2.4.2.1.7. Portakal Yağı	68
2.5. Tekrarlayan Kök Kanal Tedavisi Çalışmalarında Kanal Duvarlarının Temizliğinin İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler	69
2.5.1. Radyografik Yöntem	69
2.5.2. Şeffaflaştırma Yöntemi.....	70
2.5.3. Kesit Alma Yöntemi	70
2.5.4. Muflalama Yöntemi.....	71
2.5.5. Dental Operasyon Mikroskobu	71
2.5.6. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM).....	72
2.5.7. Bilgisayarlı Tomografi (BT).....	72
2.5.8. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)	73
2.5.9. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT, μ BT).....	73
2.6. Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılması Sonrasında Kanal Hacminde Meydana Gelen Değişiklikler.....	76
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	78
3.1. Dişlerin Seçilmesi.....	78
3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Doldurulması.....	80
3.3. Kök Kanal Hacmi ve Kanal Dolgu Hacminin μ BT ile Hesaplanması	81
3.4. Güç Analizi ve Deney Gruplarının Belirlenmesi	81
3.5. Kök Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılması	83
3.6. Kök Kanal Dolgu Maddesinin PTUR ve WOG ile Uzaklaştırılması Sonrası Dişlerin μ BT Taramaları	86
3.7. Kök Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılması Sonrası Etkinliğin Arttırılmasına Yönelik İlave Uygulamalar	86
3.8. İlave Uygulamalar Sonrası Dişlerin μ BT Taramaları	91
3.9. İstatistiksel Analiz	92
3.9.1. Kalan Dolgu Maddesi Hacimlerine Ait Verilerin İstatistiksel Analizi.....	92
3.9.2. Kök Kanal Hacim Değişimine Ait Verilerin İstatistiksel Analizi	93

3.9.3. Kök Kanal Dolgusunu Uzaklaştırma Sürelerine Ait Verilerin İstatistiksel Analizi.....	93
4. BULGULAR	94
4.1. Kalan Dolgu Maddesi Hacimlerine Ait Bulgular	94
4.2. Kök Kanal Hacim Değişikliklerine Ait Bulgular	108
4.3. Kök Kanal Dolgusunu Uzaklaştırma Sürelerine Ait Bulgular	113
5. TARTIŞMA	114
5.1. Çalışmada Kullanılan Dişlerin Seçimi	114
5.2. Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Eğe Sistemlerinin Seçimi	116
5.3. Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılma Etkinliğinin Arttırılmasında İlave Yöntemlerin Seçimi.....	125
5.4. Kök Kanal Duvarlarının Temizliğinin ve Kanal Hacminde Meydana Gelen Değişikliklerin İncelenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi	130
5.5. Eğri Kök Kanallarında Kanal Duvarlarının Temizliğinin Değerlendirilmesi	133
5.6. İlave Yöntemlerin Kök Kanal Duvar Temizliğine Etkisi.....	137
5.7. Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılması Sonrasında Kök Kanal Hacim Değişikliğinin Değerlendirilmesi	143
5.8. Kök Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemlerin Süre Açısından Değerlendirilmesi.....	146
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	150
ÖZET.....	152
ABSTRACT.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
KAYNAKLAR	156
EKLER.....	191
EK 1. Etik Kurulu Onay Formu	191
ÖZGEÇMİŞ.....	194

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

NiTi	: Nikel Titanyum
SAF	: Self Adjusting File
SEM	: Tarama Elektron Mikroskobu
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
µBT	: Mikro Bilgisayarlı tomografi
Er,Cr;YSGG	: Erbium:Yttrium Scandium Gallium Garnet
AAE	: Amerikan Endodonti Birliği
PAI	: Periapikal indeks
PTUR	: ProTaper Universal retreatment sistemi
GG	: Gates Glidden
TFA	: Twisted File Adaptive
PUI	: Pasif Ultrasonik İrrigasyon
CO₂	: Karbon Dioksit
Nd:YAG	: Neodmium:yttrium-aluminyum-garnet
Er:YAG	: Erbiyum Doped Yttrium aluminum garnet
NaOCl	: Sodyum hipoklorit
KHB	: Başlangıç kök kanal hacmi
WOG	: WaveOne Gold
KDB	: Kanal dolgu başlangıç hacmi
KD1	: PTUR ve WOG kullanımı sonrası kalan dolgu hacmi
KD2	: XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer uygulaması sonrası kalan dolgu hacmi
KHB	: Kanal başlangıç hacmi
KH1	: PTUR ve WOG kullanımı sonrası kanal hacmi
KH2	: XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer uygulaması sonrası kanal hacmi
PIPS	: Er:YAG laser–foton indüklü fotoakustik dalgalanma
FDA	: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Endodontik tedavi sonrası başarının değerlendirilmesi	8
Tablo 2. İlk kez yapılan endodontik tedavi ve/veya retreatment sonrası başarının değerlendirilmesi.....	13
Tablo 3. Dişhekimliğinde kullanılan başlıca lazer çeşitleri ve dalga boyları.....	53
Tablo 4. KDB, KD1 ve KD2 verilerinin ortalama (mm^3), standart sapma ve standart hata ortalaması değerleri	94
Tablo 5. PTUR ve WOG eğe sistemleri sonrası kalan dolgu hacmi (mm^3) ortalama, standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri.....	95
Tablo 6. İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacmi (mm^3) ortalama, standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri	96
Tablo 7. İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacmi (mm^3) ortalama, standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri	97
Tablo 8. Eğe ve ilave uygulama kombinasyonlarına ait kalan dolgu hacmi (KD2) ortalama (mm^3), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri	98
Tablo 9. Tekli ve çoklu eğe sistemleri sonrası kalan dolgu hacim yüzde ortalamaları (%), standart sapma ve standart hata ortalamaları	99
Tablo 10. İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacim yüzde ortalamaları (%), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri.....	100
Tablo 11. Eğe ve ilave uygulama kombinasyonlarına ait KD2 hacim yüzde ortalamaları (%), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri	101
Tablo 12. KHB, KH1 ve KH2 verilerinin ortalama (mm^3), standart sapma ve standart hata ortalaması değerleri	108
Tablo 13. PTUR ve WOG eğe sistemleri sonrası kanal hacmi ortalama (mm^3), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri.....	109
Tablo 14. İlave uygulamalar sonrası kanal hacmi ortalama (mm^3), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri	110
Tablo 15. İlave uygulamalar sonrası kanal hacmi ortalama (mm^3), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri	111
Tablo 16. KH2 değerleri bakımından faktöriyel düzende yapılan varyans analizi ile “eğe tipi ve ilave uygulamalar” arasındaki interaksiyonun değerlendirilmesi.....	112
Tablo 17. PTUR eğe sistemleri ile çalışma boyuna ulaşma (T1) ve kanal dolgu maddesi uzaklaştırma (T2) süreleri (sn).....	113

Tablo 18. WOG eğe sistemleri ile çalışma boyuna ulaşma (T1) ve kanal dolgu maddesi uzaklaştırma (T2) süreleri (sn)..... 113

Tablo 18. Literatürde kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler ve sonuçları 117



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. µBT'nin şematik görüntüsü	74
Şekil 2. Deney Kurgusu	82
Şekil 3. PTUR ve XP-Endo Finisher grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) µBT taramaları sonrası aksiyal kesitinin üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) µBT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri.....	102
Şekil 4. PTUR ve SAF grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) µBT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) µBT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri	103
Şekil 5. PTUR ve Er,Cr; YSGG lazer grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) µBT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) µBT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri	104
Şekil 6. WOG ve XP-Endo Finisher grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) µBT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) µBT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri	105
Şekil 7. WOG ve SAF grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) µBT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) µBT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri.....	106
Şekil 8. WOG ve Er,Cr; YSGG lazer grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) µBT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) µBT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri	107

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Gates Glidden (GG) Frez	26
Resim 2. Peeso reemer frez	29
Resim 3. ProFile eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)	33
Resim 4. K3 (SybronEndo, West Collins, CA, USA) eğesi	35
Resim 5. Mtwo retreatment eğe sistemi	36
Resim 6. R-Endo retreatment sistemi	37
Resim 7. ProTaper Universal Retreatment Sistemi	39
Resim 8. D-Race retreatment sistemi	41
Resim 9. Resiproc eğe sistemi	42
Resim 10. WaveOne eğe sistemi	44
Resim 11. ProTaper Next eğe sistemi.....	45
Resim 12. Twisted File eğe sistemi	46
Resim 13. WaveOne Gold eğesi.....	47
Resim 14. Self-Adjusting File	59
Resim 15. XP-Endo Finisher eğesi.....	61
Resim 16. Standart radyografilerin alınabilmesi için oluşturulan modifiye film tutucu.....	78
Resim 17. Standardizasyonu sağlamak için silikon kalıpların içerisine gömülen örnekler	79
Resim 18. a) Kök kanallarının preperasyonu için kullanılan ProTaper Universal eğe sistemi b) Kök kanallarının preperasyonunda kullanılan X-Smart elektrikli motor c) Kök kanallarının genişletilmesi.....	80
Resim 19. a) ProTaper Universal Retreatment eğe sistemi b) Kök kanal dolgusunun yumuşatılması için kullanılan portakal yağı c) Kök kanal dolgusunun ProTaper Universal Retreatment sistemi ile uzaklaştırılması	84
Resim 20. a) WaveOne Gold eğesi b) Kök kanal dolgusunun WaveOne Gold eğesi ile uzaklaştırılması	85
Resim 21. a) XP-Endo Finisher eğesinin soğuk sprey ile soğutulması-martensit faz b) XP-Endo Finisher eğesi c) XP-Endo Finisher eğesinin kök kanallarında kullanımı sonrasında ostenit faza geçiş son 10 mm'lik kısımda kaşık şeklini alması	87

Resim 22. a) Self-Adjusting File (SAF) b) SAF irrigasyon cihazı..... 88

Resim 23. a) Er,Cr;YSGG (2,940 nm, Waterlase Biolase®, Biolase, Inc, San Clemente, Kaliforniya, USA) lazer cihazı b) Er,Cr;YSGG lazer optik fiber uçları (RFT2-25 mm) c) RFT2 endodontik fiber uç kullanılarak kök kanallarına lazer uygulanması 90



1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin ilk hedefi, periapikal dokuları korumak amacıyla, kök kanallarının şekillendirilmesi, dezenfekte edilmesi ve sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır. İlk kez yapılan kök kanal tedavilerinde genellikle yüksek oranda başarı elde edilirken, başarısız olmuş endodontik tedaviler de rapor edilmektedir (1). Son yıllarda, ilk kez yapılan kök kanal tedavilerindeki başarı oranlarının %78-95 arasında olduğu bildirilmektedir (2).

Kök kanal tedavisi başarısız olduğunda, cerrahi olmayan retreatment, periradiküler cerrahi ve çekim tedavi seçenekleri arasındadır. Retreatment, revizyon veya tedavinin yenilenmesi olarak ifade edilmektedir (3). Cerrahi olmayan retreatment, girişimsel bir işlem olmaması ve koruyucu bir yöntem olmasında dolayı ilk tedavi seçeneği olarak görülmektedir (4, 5). Endodontik tedavideki başarısızlığın ilk nedeni, daha sonra intraradiküler biofilm enfeksiyonlarına sebep olabilen temizleme, şekillendirme ve dolum aşamasındaki yetersizliklerdir (6). Gözden kaçan kanallar, iatrojenik nedenler (kanal transportasyonu, zipping, perforasyon), kök kırıkları, kök kanal sisteminin tekrarlayan enfeksiyonu (üst restorasyondaki yetersizlikler veya restorasyon kaybı ve yetersiz kök kanal dolgusu) da başarısızlığa neden olabilmektedir (7). Daha nadir olarak da yabancı cisim reaksiyonu, radiküler kist gibi mikrobiyal olmayan sebepler ve ekstraradiküler enfeksiyonlar başarısızlık sebepleridir. Retreatment prosedürünün ilk aşaması, yeterli temizliğin, dezenfeksiyonun ve dolumun yapılabilmesi için eski kök kanal dolgusunun kanal duvarlarından tam olarak uzaklaştırılabilmesidir (7, 8). Apikal periodontitisli dişlerin retreatment sonrasındaki başarı oranlarının ilk tedaviye göre düşük olmasının sebebi, kök kanallarında kalan artıklar nedeniyle dezenfeksiyonun yeterli düzeyde sağlanamamasıdır (9).

Kök kanal dolumu esnasında en çok kullanılan materyal olan güta perkanın uzaklaştırılması amacıyla, paslanmaz çelik el eğeleri, nikel titanyum (NiTi) döner aletler, ultrasonik sistemler, sıcak yöntemler ve lazerler kullanılmaktadır. Ayrıca güta perkayı yumuşatmak için çözücülerin kullanımı da önerilmektedir (10-13). Kanal duvarlarından kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması için günümüzde kök

kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan NiTi esaslı aletlere alternatif olarak çeşitli NiTi döner retreatment sistemleri de geliştirilmiştir.

Yeni geliştirilen NiTi döner retreatment sistemleri ile birlikte kök kanal tedavisinin yenilenmesinin daha güvenli, etkili ve hızlı bir şekilde yapılabildiği iddia edilmektedir (14-17). Retreatment amacıyla en çok kullanılan aletler arasında ProTaper Universal retreatment sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), D-Race retreatment sistemi (FKG, Dentaire Sa, La Chaux- de-Fonds- İsviçre), R-Endo retreatment sistemi (Micro Mega, Besancon, Fransa), Mtwo retreatment sistemi (VDW, Münih, Almanya) , Resiproc (VDW, Münih, Almanya) sayılabilir. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın kök kanal duvarlarında gütta perka ve kanal patının tamamen uzaklaştırılması ve temiz bir kanal duvarlarının elde edilmesi zordur. Bu nedenle günümüzde lazerler, ultrasonikler, sıcak aletler, çözücüler, Self-Adjusting-File (SAF; ReDent-Nova, Ra'anana, İsrail) gibi bazı yöntemler ilave basamak olarak kök kanallarına uygulanabilmektedir (18-22).

Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında, özellikle eğri kanallarda kök kanal anatomisinde değişiklik (transportasyon, zip, perforasyon, elbow) ve alet kırıkları gibi istenmeyen durumlar düz kanallara göre daha sık meydana gelmektedir (23).

Literatürde kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılması sonrası kanal duvar temizliği, radyografik yöntem (24), şeffaflaştırma yöntemi (25), kesit alma yöntemi (26), dental operasyon mikroskobu (23), tarama elektron mikroskobu (SEM) (27), bilgisayarlı tomografi (BT) (28), konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) (29) ve mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT, μ BT) (30) yöntemleri ile değerlendirilmektedir. Mikro bilgisayarlı tomografi (μ BT), retreatment sonrasında kök kanallarında kalan dolgu miktarını üç boyutlu olarak değerlendirmeye olanak sağlamaktadır (31-35). μ BT ile elde edilen bilgiler ışığında kök kanal dolgusu uzaklaştırılmadan önce ve sonra kanalların yüzey alanları ve hacimleri hesaplanabilmektedir (31). μ BT, 3 boyutlu modellerin geliştirilmesini ve nicel verilerin elde edilmesini sağlayan ve geleneksel BT'den daha yüksek çözünürlüğe sahip olan bir cihazdır. μ BT, şeffaflaştırma veya kesit alma yöntemlerinin aksine tekrarlanabilir analizlere izin vermektedir. Tekrarlanabilir analizler sayesinde, kök

kanalında kalan dolgu maddesi de dahil olmak üzere deneysel endodonti çalışmaları kolaylıkla yapılabilmektedir. μ BT ile elde edilen görüntü kalitesi günümüzde yaygın olarak kullanılan birçok görüntüleme teknolojisinden daha üstün olarak kabul edilmektedir (36, 37).

Bu çalışmanın amacı, kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasında resiprokal hareketli tek eğe (WaveOne Gold) ile çoklu retreatment eğe sisteminin (ProTaper Universal retreatment sistemi) etkinliklerinin ve kanal dolgusunu uzaklaştırma hızlarının karşılaştırılması ile çalışma boyuna ulaşıldıktan sonra bu sistemlere ilave olarak kullanılacak olan XP-Endo Finisher, SAF ve Erbium:Yttrium Scandium Gallium Garnet (Er,Cr;YSGG) lazerin etkinliklerinin μ BT ile değerlendirilmesidir. Ayrıca kök kanal dolgularının uzaklaştırılması sonrası ve ilave yöntemlerin uygulanması sonrasında kök kanal hacim değişikliklerinin μ BT ile incelenmesi de amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi (Retreatment)

Retreatment kelimesi Amerikan Ulusal Tıp Kütüphanesi tarafından bir hastadaki aynı hastalığın aynı, ilave veya alternatif bir yöntemle tedavisi olarak tanımlanmaktadır (38). Amerikan Endodonti Derneği ise retreatment terimini, dişten kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması, şekillendirmenin revize edilmesi ve kök kanallarının üç boyutlu olarak doldurulması olarak ifade etmektedir (39).

Kök kanal tedavisi modern diş hekimliğinde rutin olarak uygulanan bir tedavi şeklidir. Son zamanlarda endodonti alanındaki teknik ve bilimsel gelişmelerle birlikte ağızda kalan diş sayısı günden güne artmaktadır. Cerrahi ve protez alanındaki gelişmeler sayesinde diş çekimi sonrası tedavi seçenekleri artsa da iyi prognozlu bir doğal dişin ağızda tutulması en iyi seçenek olarak kabul edilmektedir (40, 41).

Günümüzde endodontik tedavinin başarısızlık oranları oldukça düşük olsa da, bu başarısız olgularda ilk olarak cerrahi uygulamalar yerine endodontik tedavinin konservatif olarak yenilenmesi yani tekrarlayan endodontik tedavi (retreatment) tercih edilmektedir (41). Bunun nedeni non-invaziv tedavi seçeneği olan cerrahi olmayan kök kanal dolgusunun yenilenmesi sonrasında, başarısızlığın en önemli nedenlerinden biri olan intraradiküler enfeksiyonun ortadan kaldırılması, komplikasyon riskinin cerrahi uygulamalardan daha düşük olması, hasta açısından daha az travmatik olması ve cerrahi uygulamalara göre daha yüksek oranda başarı elde edilmesidir (40).

Kök kanal tedavisini yenilemenin asıl amacı, kök kanallarındaki dolgu materyallerini uzaklaştırıp kanalların kemomekanik dezenfeksiyonu ile tekrar sağlıklı periapikal doku oluşturabilmek ve hastanın var olan semptomlarını giderebilmektir (42).

Kök kanal tedavisinin yenilenmesi; kök kanal dolgusu yapılan dişte enflamasyon bulguları, fistül, şişlik veya ağrı varsa, radyografik olarak yetersiz kök kanal dolgusu gözlemlendiğinde, yeni oluşan veya inatçı apikal periodontitis

varlığında ve koronal restorasyonun değiştirileceği olgularda kök kanal dolumu yetersiz ise endikedir (43).

Başarılı bir kök kanal tedavisi yenileme işlemi yapılabilmesi için kanal duvarlarından dolgu maddesinin tamamının uzaklaştırılması önemlidir ancak özellikle eğri kanallarda bu işlem oldukça zordur. Kök kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında kanal duvarlarında kalan artık gütta perka ve kanal patı, mikroorganizmaların ortamdan etkili bir şekilde uzaklaştırılmalarını engellediği için istenmeyen bir durum olarak kabul edilmektedir (8, 44).

2.2. Endodontik Tedavinin Başarısının Değerlendirilmesi

Endodontik tedavinin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan yöntemler; klinik semptom ve bulguların incelenmesi için yapılan klinik muayene, periapikal dokuların incelenmesi için yapılan radyografik değerlendirme ve biyopsi örneklerinin incelenmesi amacıyla yapılan histolojik değerlendirmelerden oluşmaktadır (45).

Spontan ağrı, perküsyon, palpasyon, şişlik ve fistül klinik bulgular arasında sayılmaktadır (46, 47). Ancak hastada klinik semptom ve bulguların gözlenmemesi dişin kesinlikle sağlıklı olduğu anlamına gelmez. Klinik bulgular nadiren ortaya çıktığı için, biyolojik değerlendirme yapılırken öncelikle radyografik bulgulara dayanılmalıdır (48).

Klinik uygulamada, endodontik tedavinin sonuçlarını değerlendirmede en önemli noktalar klinik bulgular ve periapikal radyografi ile değerlendirilen periyodonsiyumun durumudur. Bu radyografik değerlendirmeler sırasında periapikal lezyonun densitesinde meydana gelen değişikliklerin objektif olarak incelenmesi çok önemlidir. Endodontik sonuçların değerlendirilmesi için günümüzde kullanılan en önemli kriterler Strindberg kriterleri ve Amerikan Endodonti Birliği (AAE) sınıflandırmasıdır ve her iki analizde de en önemli basamak radyografik değerlendirmedir (49, 50). Bu kadar önemli bir inceleme yöntemini daha etkili kullanabilmek için ve başarı/başarısızlığı tanımlayan çalışmalarda güvenilir, tekrarlanabilir bir değerlendirme yapılabilmesi için periapikal indeks (PAI) adında

bir skortlama sistemi geliştirilmiş ve günümüzde radyografi değerlendirmelerinde kabul edilmiştir (51).

Periapikal indeks (PAI), apikal periodontitisin radyografik özelliklerini kategorize etmek için geliştirilmiş beş dereceli bir skortlama sistemidir (51, 52):

1. Normal periapikal yapılar
2. Deminerilizasyon olmaksızın kemik yapısındaki küçük değişiklikler
3. Bazı diffüz demineralizasyonlar ile birlikte kemik yapısındaki değişiklikler
4. İyi sınırlı radyolusent alanlı apikal periodontitis
5. Ağır apikal periodontitis

PAI, endodontik tedavisi yapılan dişlerin periapikal durumlarının radyografik olarak değerlendirilmesi için objektif kriterler sağlamaktadır. Bu yüzden radyografik değerlendirme yapılırken birçok çalışmada periapikal indeks (PAI) skalasından yararlanılmış ve başarıyı değerlendirirken "PAI skorunda artış veya azalma" olarak ifade edilmiştir. Bazı çalışmalarda ise PAI 1 ve PAI 2 "sağlıklı", PAI 3, 4 ve 5 ise "hastalıklı" (PAI 3-5) olarak kabul edilmiştir (53, 54)

Periapikal dokuları radyografik olarak değerlendirebilmek için geleneksel iki boyutlu görüntüleme sistemleri günümüzde kullanılan en uygun yöntemdir (55). Ancak bu yöntemde üç boyutlu cisimlerin iki boyutlu olarak görüntülenmesi başarı değerlendirilmesinde yanılıtcı bir faktör olabilmektedir (56). Bu nedenle son yıllarda KIBT'in, kök kanal tedavisi yapılan dişlerin başarısının değerlendirilmesinde karar verilemeyen durumlarda kullanımı önerilmektedir. Bir çalışmada konvansiyonel periapikal radyografi ile saptanamayan posterior dişlerle ilişkili lezyonları % 34'ünün KIBT ile saptanabileceği ne srlmştir (57). Köpeklerin dişlerine kök kanal tedavisi yapıldıktan 180 gün sonra periyodonsiyumun değerlendirilmesinde periapikal radyografi ve KIBT'in kullanıldığı çalışmada, apikal periodontitisin teşhis edilmesinde KIBT daha üstün bulunmuştur (58).

Histolojik değerlendirmede ise; şiddetli iltihabın devam ediyor olması, rezorbsiyonla birlikte kemik yapımındaki eksiklik, semetteki aktif olarak devam eden rezorbsiyon, granülasyon dokusu ve epitel proliferasyonun devam etmesi gibi durumlar başarısızlık açısından önemli kriterlerdir. Ancak her kanal tedavisi yapılan

dişten cerrahi kesit alıp histolojik olarak değerlendirmek mümkün değildir (47, 59, 60).

Kök kanal tedavisinin başarısı, araştırmacı, diş hekimi ve hasta gözünden bakıldığında farklı kriterler göz önünde bulundurularak değerlendirilir. Klinisyenler, genellikle hem klinik ve hem de radyografik kriterleri inceleyerek periapikal hastalığın durumunu değerlendirirler. Hastanın bakış açısına göre ise, semptomların gerilemesi/yokluğu, dişin fonksiyon durumu ve hayat kalitesi başarı için önemlidir. İngilterede Ulusal Sağlık Sistemi'ne göre, hastaların belirttiği başarı sonuçları, kalite ölçütü için önemli bir faktör olarak sayılmaktadır, ancak henüz bu durum çalışmalarda başarı kriteri olarak yer almamaktadır (47, 59, 60).

Endodontik tedavi sonrası başarının değerlendirilme kriterleri literatürde kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Tablo 1).

Strindberg'in hem klinik hem de radyografik bulgulara göre değerlendirdiği başarı/başarısızlık tanımları endodontik tedavide başarı değerlendirme çalışmalarının yürütülmesine zemin hazırlamıştır (61-66).

Friedman ve Mor ise 'başarı/başarısızlık' terimleri yerine hastayı tedirgin etmeme amacıyla 'iyileşmiş', 'iyileşiyor', 'hastalıklı' terimlerini kullanmanın daha uygun olduğunu belirtmişlerdir (67).

Tablo 1. Endodontik tedavi sonrası başarının değerlendirilmesi

Strindberg (50)	Friedman & Mor (67)
<p>BAŞARILI</p> <p>Klinik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Semptom yok <p>Radyografik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Periodontal aralığın kontürü, eni ve yapısı normal veya periodontal aralık taşkın kök kanal dolgusunun etrafında genişlemiş	<p>İYİLEŞMİŞ</p> <p>Klinik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Normal görünüm <p>Radyografik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Normal görünüm
<p>BAŞARISIZ</p> <p>Klinik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Semptom var <p>Radyografik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Periradiküler dokulardaki radyolusenside azalma❖ Periradiküler dokulardaki radyolusensinin aynı kalması❖ Yeni radyolusensi oluşması ya da artması	<p>HASTALIKLI</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Radyolusensi oluşumu veya var olan radyolusensinin aynı kalması ve klinik görünüm normal❖ Radyografik görünüm normal olmasına rağmen klinik semptomlar mevcut
<p>BELİRSİZ</p> <p>Radyografik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Filmde belirsizlikler varsa veya kontrol radyografileri yetersiz❖ 3 yıllık takipler sonucunda dişin farklı kökünün başarısız tedavisi sonrası dişin çekimi	<p>İYİLEŞİYOR</p> <p>Klinik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Normal görünüm <p>Radyografik</p> <ul style="list-style-type: none">❖ Azalan radyolusensi

Son yıllarda kök kanal tedavisi ile diş çekimi sonrasında yapılan implant tedavisinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, başarı/başarısızlık için 'fonksiyonel retansiyon' durumu değerlendirilmiştir (67). Bir diş, periapikal radyolusensi varlığına ya da yokluğuna bakılmaksızın klinik belirti ve semptomların yokluğunda "fonksiyonel" olarak kabul edilmektedir (68, 69).

Çalışmalarda kullanılan bir başarı değerlendirme ölçütü olan 'kök kanal tedavisi sonrası ağızda kalım', 'fonksiyonel retansiyon' ile benzer bir terimdir ancak değerlendirme yapılırken klinik durum göz ardı edilmektedir (62, 70).

Kök kanal tedavisi sonuçlarının nadiren kullanılan diğer ölçütleri ise "yaşam kalitesi" ve "hasta memnuniyeti"dir (71). Ağrının kesilmesi ve normal uyku düzenine dönmesine izin verilmesi nedeniyle hastaların yaşam kalitesinin kök kanal tedavisinden sonra belirgin olarak arttığı bulunmuştur. Ancak yayınlanmış hiçbir çalışmada, bu ölçüt kök kanal tedavisinin başarısını değerlendirmek için kullanılmamıştır (71).

Kök kanal tedavisinin başarısının değerlendirildiği çalışmalarda takip süreleri 6 aydan (72, 73) 27 yıla (74) kadar çeşitlilik göstermektedir. Avrupa Endodonti Birliği Kalite Rehberi en az bir yıllık klinik ve radyografik takip önerirken, bir olgunun başarısız olduğuna karar verilmeden önce 4 yıllık takip yapılmasının önemini vurgulamaktadır. Dört yıllık takip süresi istenmesinin sebebi, Strindberg'in çalışmasında periapikal iyileşmenin stabil hale gelmesinin tedaviden 3 yıl sonraya kadar devam ettiğini göstermesidir (50). Ørstavik'in 1996 yılındaki çalışmasında ise; iyileşme insidansının özellikle ilk yılda olabileceği bildirilmiştir (75). Byström ve ark. iyileşmeyi değerlendirdikleri çalışmalarında, tamamen iyileşmiş lezyonların başlangıç büyüklüğüne bakılmaksızın 2 yıl içinde yaklaşık 2 mm'ye düştüğünü belirtmişlerdir (76). 2011 tarihli prospektif bir çalışmada da, retreatment yapılan lezyonlu dişlerin %96'sının 2 yıl içinde iyileştiği gözlemlenmiştir (62).

Günümüze kadar endodontik tedavi yapılan dişlerin başarı oranlarını farklı kriterlere göre inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda % 74-98 arasında değişen başarı oranları bildirilmiştir (69, 77-81) (Tablo 2).

Ingle ve ark. endodonti literatüründe 'The Washington Study' adında kapsamlı bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada hastalar endodontik tedaviden

sonraki 6. ayda, 1., 2. ve 5. yılda radyografik ve klinik olarak değerlendirilmiştir. Başarılı olarak ifade edilen gruba periapikal dokularda iyileşme gösteren veya periapikal sağlığını devam ettiren dişler alınmıştır. Başarısız olan gruba ise, önceden lezyonu olup iyileşme göstermeyen dişler ve sonradan lezyon oluşan dişler alınmıştır. İkinci yıldaki başarı oranı %91 iken, 5. yılda gözlenen başarı oranı ise %93 olarak bildirilmiştir (82).

Barbakow ve ark.'nın çalışmasında ise; kök kanal tedavili dişlerin 1. yıl sonundaki başarı oranları değerlendirilmiştir ve dişlerin %89'u başarılı olarak bildirilmiştir. Ayrıca, ideal çalışma boyunda tamamlanan kök kanal tedavilerinin 1. yıl sonundaki başarısı %92 iken, taşkın kök kanal dolgusuna sahip kök kanallarındaki başarı oranı %91 olarak ifade edilmiştir. Apikalden kısa kök kanal dolgusu olan kök kanallarında ise başarı oranının %82'ye düştüğü bildirilmiştir (77).

Hession'un Avustralya'da 151 kök kanal tedavili dişte yaptığı çalışmada %98.7 ile o güne kadarki en yüksek başarı oranı bildirilmiştir (79).

Meeuwissen ve ark.'nın 845 hastada 2 ayrı grupta yaptığı çalışmada ise literatürde bildirilen en düşük başarı oranı gözlemlenmiştir. 1. hasta grubunda gütaperka veya gümüş kon dolgu materyali kullanılırken, 2. hasta grubunda kök kanal dolgusu için özel kimyasal bileşikler kullanılmıştır. 17 yıl sonra, 1. gruptaki kök kanal tedavili dişlerde başarı oranı %93 iken, 2. grupta %55 olarak bildirilmiştir (78).

Lazerski ve ark.'nın 2001 yılında yaptığı retrospektif çalışmada 44.613 tane kök kanal tedavisi yapılan vaka 3,5 yıl boyunca takip edilmiş ve bu süre sonunda vakaların %94.44'ü başarılı olarak bildirilmiştir (80).

Friedman ve ark.'nın çalışmasında apikal periodontitisin iyileşmeye etkisi değerlendirilmiş ve apikal periodontitis olmayan dişlerde başarı %92 iken, başlangıçta apikal periodontitis teşhisi konulan dişlerde başarı oranı %74 bulunmuştur (69).

Doyle ve ark.'nın 2006 yılındaki tek diş implant ve kök kanal tedavisi yapılan dişlerin başarısını karşılaştırdığı çalışmasında da implantlar için başarı oranı %73.5 iken kök kanal tedavisi yapılan dişlerde ağızda kalma oranı %82.1 olarak bildirilmiştir (81).

Retreatment sonrası başarıyı değerlendiren çalışmalarda ise ilk kez tedavi edilen dişlere göre oranlar genellikle daha düşük bildirilmiştir (%67-%94).

Imura ve ark.'nın 2007 yılında yaptığı çalışmada tek bir endodontist tarafından ilk kez yapılan kök kanal tedavili ve retreatment yapılan 2000 diş değerlendirilmiştir. Genel başarı oranı % 91.45 olarak bildirilirken, ilk kez tedavi edilen gruptaki dişlerde retreatment yapılan gruba göre başarı oranı anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (83).

Moazami ve ark.'nın 2011 yılındaki periapikal lezyonlu dişlerin başarısını inceledikleri çalışmada 104 tane ilk kez tedavi edilen ve retreatment yapılan diş incelenmiştir. 7 yıl sonra kontrol edilen dişlerde ilk kez tedavi edilen dişlerdeki başarı oranı %89.7 iken, retreatment yapılan dişlerde bu oran %85.7 olarak bildirilmiştir (84).

Burry ve ark.'nın kök kanal tedavisi yapılan 487.476 diş incelediği çalışmada bu dişlerin ağızda kalma oranları 1. yıl, 5.yıl ve 10. yıl olmak üzere sırasıyla %98, %92 ve %86 olarak bulunmuştur (85).

Ramey ve ark.'nın 2017 yılındaki çalışmalarında 2262 adet ilk kez kök kanal tedavisi yapılan posterior diş değerlendirilmiştir. Bu dişler farklı eğitim seviyesindeki dişhekimleri tarafından tedavi edilmişlerdir. Dişlerin 47 ay takip sonrası ağızda kalma oranları endodontistlerin tedavi ettiği grupta %94.4 iken, ilave eğitim almış askeri dişhekimlerinin tedavi ettiği grupta %95.3, ilave eğitim almamış askeri dişhekimlerinin tedavi ettiği grupta %87.9, serbest diş hekimlerinin tedavi ettiği grupta ise %78.4 olarak bildirilmiştir (2).

Bergenholtz ve ark. 556 retreatment vakasının %50'sinde 2 yıl sonra tamamen iyileşme görüldüğünü ve vakaların %30'unda da lezyon boyutunda küçülme olduğunu bildirilmişlerdir (86). Yine Bergenholtz ve ark.'nın 2 yıllık takip çalışmasında, sadece tek bir sebeple retreatment yapılan dişler değerlendirildiğinde %94 başarı oranı bildirilmiştir (87).

Friedman ve ark. periradiküler lezyonu olmayan dişlerde ve yetenekli klinisyenler tarafından kök kanallarının yenilenmesi sonucu başarı oranını %100 bulmuştur. Ancak, retreatment öncesinde periradiküler lezyon var ise başarının %70 civarına düşebileceği sonucuna varılmıştır (88).

Salehrabi ve ark.'nın 2010 yılında 4744 tane retreatment yapılan dişi incelediği çalışmada 5 yıllık takipler sonrasında ağızda kalma yzdesi %89 olarak bildirilmiştir (70).

Neskovic ve ark.'nın 2016 yılında yaptıkları çalışmada başlangıçta periapikal lezyonu olan ve periapikal lezyonu olmayan kök kanal tedavisi yenilenmesi yapılan dişlerin 2 yıl sonraki klinik ve radyografik durumları değerlendirilmiştir. Periapikal lezyonu olmayan dişlerde başarı oranı %93.3 iken, periapikal lezyonu olan dişlerde ise % 67.6'dır (89).

He ve ark.'nın 2017 yılındaki çalışmalarında 63 hastanın 1. molarlarına retreatment yapılmış ve 6., 12. ve 24. aylarda hastalar takip edilmiştir. İyileşme ve iyileşiyor durumları başarılı, iyileşmeme durumu ise başarısızlık olarak kabul edilmiştir. Vakaların %9.6'sı başarısız olarak kabul edilirken, %91.4'ü başarılı kabul edilmiştir (90).

Tablo 2. İlk kez yapılan endodontik tedavi ve/veya retreatment sonrası başarının değerlendirilmesi

Yazar-Yıl	Hasta/Diş Sayısı	Tedavi	Takip Süresi	Başarı Oranı (%)
Ingle ve ark. (82) 1965	3678 hasta	İlk kez yapılan KKT	2 yıl 5 yıl	% 91,1 % 93
Barbakow ve ark. (77) 1981	192 diş	İlk kez yapılan KKT	1 yıl	% 89
Hession ve ark. (79) 1981	105 diş	İlk kez yapılan KKT	6 ay-20 yıl	% 98.7
Meeuwissen ve ark. (78) 1983	845 hasta	İlk kez yapılan KKT	17 yıl	% 93
Lazerski ve ark. (80) 2001	44.613 diş	İlk kez yapılan KKT	3,5 yıl	% 94.44
Friedman ve ark. (69) 2003	450 diş	İlk kez yapılan KKT	4-6 yıl	% 92 (Apikal periodontitis +) %74 (Apikal periodontitis -)
Doyle ve ark. (81) 2006	196 diş	İlk kez yapılan KKT	10 yıl	% 82.1
Imura ve ark. (83) 2007	2000 diş	İlk kez yapılan KKT ve retreatment	1,5-2 yıl	Genel →% 91.45
Moazami ve ark. (84) 2011	104 diş	İlk kez yapılan KKT retreatment	7 yıl	% 89,7 % 85,7
Burrry ve ark. (85) 2016	487.476 diş	İlk kez yapılan KKT	1 yıl 5 yıl 10 yıl	% 98 % 92 % 86

Ramey ve ark. (2) 2017	2262 diş	İlk kez yapılan KKT	47 ay	% 94,4 (Endodontistlerin tedavi ettiği dişler) % 95,3 (Eğitim almış askeri diş hekimleri) % 87,9 (Eğitim almamış askeri dişhekimleri) % 78,4 (Serbest diş hekimleri)
Bergenholtz ve ark. (87) 1979	556 diş	Retreatment	2 yıl	% 94
Friedman ve ark. (88) 1998	42 diş	Retreatment		% 100
Salehrabi ve ark. (70) 2010	4744 diş	Retreatment	5 yıl	% 89
Neskovic ve ark. (89) 2016	49 diş	Retreatment	2 yıl	%93.3 (Periapikal lezyon -) %67.6 (Periapikal lezyon +)
He ve ark. (90) 2017	63 hasta	Retreatment	2 yıl	%91.4

* KKT: Kök Kanal Tedavisi

2.3. Kök Kanal Tedavisinde Başarısızlığa Neden Olan Faktörler

Kök kanal tedavilerinde başarısızlık sebepleri iki ana grupta incelenmektedir. Bunlar mikrobiyolojik ve non-mikrobiyolojik nedenlerdir.

2.3.1. Mikrobiyolojik Nedenler

Kök kanal tedavisinde, tedavi sonrasındaki hastalıkların ve başarısızlıkların en önemli sebebi, kök kanal sisteminden elimine edilemeyen mikroorganizmalardır. İlk kez kök kanal tedavisi yapılan dişlerde gram (-) anaerobik çubuklar baskın iken, sekonder enfeksiyonlardaki mikroorganizmalar birkaç türün birleşimiyle oluşmaktadır (91-95).

Enterococcus faecalis, inatçı bir mikroorganizmadır. Bu mikroorganizma tedavi edilmemiş dişlerde floranın küçük bir kısmını oluştururken, kök kanal tedavisi yapılmış olan dişlerde inatçı periradiküler lezyonlardan sorumludur (96). Bunun yanında; artık nekrotik pulpa, kırık alet, kök kırıkları, perforasyonlar, periradiküler lezyonlar ve periodontal hastalıklar da başarıyı olumsuz yönde etkilemektedir (91-95).

Ekstraradiküler enfeksiyonlar nadir de olsa başarısızlığa neden olabilmektedir. Non-mikrobiyal sebepler bu hastalıklar için potansiyel etken olabilir ancak bu durum ile oldukça az vakada karşılaşmıştır (97).

Mikrobiyal nedenlere bağlı olan enfeksiyonlar iki alt grupta incelenmektedir:

2.3.1.1. İntraradiküler Enfeksiyon

Apikal periodontitisli dişlerde enfeksiyon genellikle intraradiküler kaynaklı olup, nadiren ekstraradiküler kaynaklı olmaktadır. Bakterinin kök kanalına girme zamanına bağlı olarak intraradiküler enfeksiyon persistant veya sekonder olarak adlandırılabilir. Persistant enfeksiyon kök kanal tedavisi yapıldığı andan itibaren kök kanalında bulunur ve tedavi sırasında elimine edilememiştir. Sekonder enfeksiyon ise kök kanal tedavisi yapılmadan önce kök kanallarında bulunmazken, tedavi sırasında

aseptik koşulların ihlali veya tedavi sonrasında koronal sızdırma sebebi ile kök kanallarına giriş yapan bakteriler tarafından meydana gelmektedir (98, 99).

Periradiküler lezyonların patogeneğinde en önemli rolü mikroorganizmalar oynamaktadır (98, 100-105). Bunun için endodontik tedavinin esas amacı, kanal içerisinde bulunan mikroorganizmaları uzaklaştırmaktır. Pek çok vakada iyi tedavi edilmiş dişlerde bile endodontik başarısızlığın nedeni olarak, apikal üçlüde bulunan temizlenemeyen mikroorganizmalar düşünölmektedir. Kök kanalındaki apikal üçlünün, preperasyon sırasında sıklıkla yeterli temizlenemediğı gözlemlenmiştir. Radyografik olarak kök kanal dolgusu yeterli görölse bile, bu alanlar bakteri ve nekrotik alan içerebilmekte ve burada bulunan bakteriler enfeksiyona sebep olabilmektedir (46, 93, 98, 106-109). Kök kanal tedavisi uygun koşullarda yapıldığı zaman tedavi sonrası apikal periodontitis görölme oranı % 5-15 arasında bildirilmiştir (50, 61, 110, 111).

Güta perkanın uzunluğu ve kondensasyon kalitesi, yapılan irrigasyon hakkında bilgi vermese de ilk tedavinin tatmin edici bir standartta tamamlanıp tamamlanmadığı hakkında ipucu veren önemli kriterler olarak kabul edilir (43, 112). Zayıf kondanse edilmiş veya apekse ulaşmayan kök kanal dolgularında, kemomekanik temizlemeden etkilenmeyen rezidual bakteriler bulunmaktadır (93). İdeal olarak tedavi edilmiş dişlerde de bazen apikal periodontitis devam edebilir veya kötü yapılmış olarak nitelendirilen kök kanal tedavileri beklenenden daha iyi sonuçlar verebilir (113). Bu durum hem ilk hem de ikinci tedavide oldukça önemli olan koronal yapının kalitesi ile ilişkilidir (93, 112-115) .

Gillen ve ark.'nın çalışmasında, bakteri ve tükürük girişini önleyen sağlam koronal restorasyonların kök kanal dolgularının kalitesine bakılmaksızın başarılı endodontik sonuçları sağlayabileceğı bildirilmektedir (113).

İdeal olarak yapılmış kök kanal tedavilerinde mikroorganizmaların hayatta kalabilmeleri ve üremeleri için dirençli olmaları gerekmektedir. Bu zor şartlarda hayatta kalabilecek ve başarısızlığa neden olabilecek birkaç tür vardır (116-120). *Enterococcus faecalis* enfekte kök kanallarından en sık izole edilen mikroorganizmadır. Bu mikroorganizma primer enfeksiyonlarda % 4-40 izole edilirken, bu oran inatçı periradiküler lezyonlarda daha yüksektir. Başarısız olmuş

kök kanal tedavilerinde *E. Faecalis* izole etme oranı 9 kat daha fazla bulunmuş (117) ve *E. Faecalis*'in periradiküler lezyonlu ve kök kanal tedavili dişlerden izole edilme sıklığının % 24-77 arasında olduğu bildirilmiştir (117, 121-131). Siquara ve Roças, PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) tekniğini kullandıkları çalışmalarında, bu tekniğin daha hassas ve güvenilir olmasından dolayı literatürdeki en yüksek oran (%77) rapor edilmiştir (130).

Apikal periodontitisi olan, kök kanal tedavisi tamamlanmış dişlerde en sık izole edilen mantar türü ise *Candida albicans*'tır. Bunun nedeni bu mantar türünün endodontide kullanılan dezenfektanlara karşı oldukça dirençli olmasıdır (98, 121, 122, 132-134).

2.3.1.2. Ekstraradiküler Enfeksiyon

Apikal periodontitis, intraradiküler enfeksiyona karşı enflamatuar bir yanıt olmakla birlikte, konak hücrenin alveolar kemik ve diğer yapılara enfeksiyonun yayılmasını engellemesi ile karakterizedir. Çoğu durumda bu enflamatuar bariyer enfeksiyonu sınırlamayı başarır, ancak bazı durumlarda enfeksiyon sınırlandırılmaz ve apikal foramen den periradiküler dokulara ulaşır (135).

Ekstraradiküler enfeksiyonlar genellikle ağrı ve şişlik ile karakterize akut, veya fistül yolu ile karakterize kronik enfeksiyonlar şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bazı durumlarda eksternal kök yüzeyinde dıştaşı şeklinde kalsifikasyonlar, lezyon içinde aktinomiçes kolonileri ile birlikte biofilm formasyonu da görülebilmektedir (97, 136-138).

Aktinomikozis; *Actinomyces* ve *Propionibacterium propionicum* türlerinden kaynaklanan, kronik, granülamatöz ve enfeksiyöz bir hastalıktır. Servikofasiyal, torasik ve abdominal olarak üç türü vardır. Periapikalde görülen aktinomikoz, servikofasiyal türe girmektedir ve insanlarda en çok izole edilen *Actinomyces* türü *Actinomyces israelii* olarak gösterilmiştir (94, 118, 120, 139, 140).

Nair, *Actinomycotic* organizmaların ekstraradiküler dokulara yerleşme kabiliyetleri olduğunu, bu nedenle periapikaldeki enflamasyonun radyografik olarak yeterli görülebilecek bir kök kanal tedavisinden sonra bile devam etmesine neden

olduklarını bildirmiş, periapikal *Actinomyces*'in endodontide başarısızlığın sebeplerinden biri olduğunu vurgulamıştır (94).

Periyodonsiyuma ilerlemiş olan enfeksiyonlarda, mikroorganizmalara karşı bariyer oluşturularak mikroorganizmaların daha da ilerlemeleri engellenir ancak *Actinomyces* ve *Propionibacterium propionicum* gibi mikroorganizmalar ve ürünleri bu bölgelere ulaşabilmektedir ve bu nedenle dezenfeksiyon bu bölgede yetersiz kalarak tedaviler başarısız sonuçlanmaktadır (107, 141). Böyle durumlarda, periradiküler cerrahi daha uygun bir seçenek olurken, yapılan retreatment tedavileri başarısızlık ile sonuçlanabilmektedir.

2.3.2. Non-mikrobiyolojik Nedenler

Günümüzde moleküler biyoloji teknikleri, apikal periodontitis oluşumunun esas nedeninin intraradiküler veya ekstraradiküler enfeksiyonlar olduğunu göstermiştir (130, 142, 143). Bu çalışmalar ayrıca, intraradiküler enfeksiyonun tedavi sonrası hastalıkların oluşumunda esas sebep olduğunu da kanıtlamaktadır (6, 144). Ancak nadir da olsa bazı durumlarda, lezyonlar endojenöz ve eksojenöz nedenlerden dolayı iyileşmemektedir (97). Endojenöz nedenler, kolesterol kristalleri ve gerçek kistler iken, eksojenöz nedenler arasında yabancı cisim reaksiyonu, taşkın kök kanal dolgusu, apekten taşan paper point veya besin parçaları sayılmaktadır. Bu vakaların çoğunda esas sebebe eşlik eden enfeksiyon bulunmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir vakada tedavi başarısızlığının tek nedeninin mikrobiyal olmayan faktörler olarak gösterilmesi doğru değildir (6, 145). Başarısızlığa neden olan non-mikrobiyal sebepler şu şekilde sıralanabilir:

2.3.2.1. Kistler

Radiküler kistlerin, endodontik tedavilerde başarısızlık nedeni olup olmadığı hala tartışmalıdır. Kök kanal tedavisinden sonra kistlerin iyileşmediği iddiasına rağmen iyileşen birçok vaka vardır. Bu durum gerçek kistlerin kendi kendini idame ettiren, kök kanalındaki iritanların varlığından bağımsız olmaları teorisine dayanmaktadır. Ayrıca günümüzde, kistlerin oluşumundan sorumlu olan apikal periodontitis lezyonları, enflamatuvar hiperplazik formasyonla ilişkilidir. Hiperplazi

kendi kendini sınırlayan bir süreçtir ve sebep ortadan kaldırılırsa geri dönebilir. Bu yüzden apikal kistlerin de kanal tedavisi ile iyileşebildikleri öngörülmektedir (146, 147).

Nair ve ark.'nın endodontik tedaviye cevap vermeyen bir vakalarında, lezyon cerrahi olarak çıkartıldıktan sonra mikroskop altında incelenmiş ve periradiküler kist tanısı konulmuştur. Kistik epitelin etrafında çok sayıda kolesterol kristali gözlemlenmiş ve ortamda mikroorganizma bulunmadığı için başarısızlık kolesterol kristallerine karşı oluşan yabancı cisim reaksiyonuna bağlanmıştır (148).

2.3.2.2. Çatlak Dişler ve Kırıklar

Özellikle kök kanal tedavili dişlerde kron veya kökün farklı seviyelerinde çatlak ya da kırıklar bulunabilir. Yapılacak tedavilerde parçaların birleştirilebilmesi, stabilizasyonu ve koronal restorasyonun başarısı önemlidir. Bu yüzden kök kanal tedavisini yenileme kararı almadan önce dişte kırık veya çatlaktan şüpheleniliyorsa dental operasyon mikroskobu veya luplar ile kanal tedavili diş dikkatlice incelenmeli, şüphelenilen durumlarda KIBT ile değerlendirilmelidir (149).

2.3.2.3. Yanlış Teşhis ve Tedavi

Başarısızlıkla sonuçlanan endodontik tedaviler sıklıkla hatalı teşhis, hatalı yapılan tedavi planlaması, hatalı vaka seçimi veya kötü prognozlu dişlerin tedavisinden kaynaklanmaktadır. Hatalı teşhise genellikle vakayı yeterli değerlendirmemek neden olmaktadır. Radyografik olarak yetersiz inceleme ve pulpa anatomisi bilgisinin yetersiz olması tedavinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir (150, 151). Tedavi sırasında gözden kaçan kanallar, kırık aletler ve perforasyonlar da kök kanal tedavilerinin başarı oranlarını düşürmektedir (149).

2.3.2.4. Yabancı Cisim Reaksiyonu

Tedavi sırasında kullanılan bazı kök kanal dolgu materyalleri periapikal dokulara taşıdığı zaman yabancı cisim reaksiyonu oluşturabilirler (94, 95, 149). Ayrıca, paper pointler, pamuk peletler ve bazı bitkisel kaynaklı yiyeceklerin

içeriğinde bulunan selüloz periradiküler dokularda yerleşip kök kanal tedavisi sonrasında lezyonun iyileşmesini engelleyebilir (93, 95, 145, 152).

2.3.2.5. Skar Dokusuyla İyileşme

Periapikal skar, kök ucu ve periradiküler dokularda bulunan yumuşak bağ doku hücrelerinden oluşan, radyografide radyolüsent ve düzensiz olarak görülen alandır. Genellikle endodontik cerrahi sırasında ortaya çıkmaktadır (153).

2.3.2.6. Koronal Dolgunun Kalitesi

Kök kanal dolgusunun tamamlanmasından sonra, ortamda bulunan mikroorganizmanın kök kanalından içeri girmesinin engellenmesi için iyi bir koronal restorasyon önemlidir (154). Swanson ve Madison (155) çalışmalarında koronal yönden sızıntının endodontik başarısızlıkta önemli bir faktör olduğunu vurgulamışlardır. Ray ve Trope (156) da, bu konu üzerinde birçok çalışma yapmış ve son olarak 1001 dişin kullanıldığı retrospektif çalışmada, kalitesiz restorasyona sahip dişlerdeki başarının, kaliteli kök kanal dolgusu ve koronal restorasyona göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (157). Ancak bu çalışmada, kök kanal dolgusunun kalitesinin koronal restorasyonun kalitesinden daha önemli olduğu da vurgulanmıştır. Ng ve ark. ise yaptıkları meta-analiz çalışmasında kaliteli restorasyonlara sahip dişlerin, kalitesiz restorasyona sahip dişlerden daha yüksek başarı oranına sahip olduğunu göstermişlerdir (112).

2.3.3. Prosedürel Hatalar

Alet kırığı, basamak, perforasyon, taşkın dolgu gibi prosedürel hatalar tedavi sonrasındaki başarısızlıkların direkt sebebi değildir (7, 93). Bu vakaların çoğunda enfeksiyon vardır ve bu enfeksiyon persistent veya yeni gelişen enflamasyonun sebebi olarak gösterilir. Kemomekanik temizleme sırasında ortaya çıkan bir prosedürel hata sebebiyle kök kanalının apikal üçlüsü temizlenemediği zaman asıl problem ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden, tedavi sırasında meydana gelen bir hata sebebiyle başarısızlıkla sonuçlanan tedavi, asıl olarak enfekte kök kanalları ile

ilişkilidir. Örneğin tedavi sırasında meydana gelen kırık alet veya basamak oluşumu gibi prosedürel bir hata nedeniyle irrigasyon ajanları kök kanalının apikal bölgesine ulaşamayacağı için bu bölgede uzaklaştırılmayan bakteriler bulunmaya devam edecektir.

Taşkın dolgunun neden olduğu başarısızlık konusu ile ilgili bilinen bir yanlış vardır. Eskiden apikalden taşan kök kanal dolgu materyalinin persistent enflamasyonun sebebi olabileceği düşünülürken, Sjögren ve ark. ile Lin ve ark.'nın çalışmaları apikalden taşan kök kanal dolgu maddesinin başarısızlıkla direkt olarak ilişkisinin olmadığını kanıtlamıştır (91, 158, 159). Kök kanal dolgusu için günümüzde kullanılan materyallerin birçoğu biyouyumludur ve sadece sertleşmeden önce sitotoksikite gösterirler (160, 161). Dolayısıyla apikalden taşan materyal sonrasında doku zedelenmesi geçici olacaktır. Taşkın dolgu yapılmış kök kanallarındaki başarısızlık genellikle apikal sızdırmazlığın yetersiz olduğu kök kanallarında, kök kanalından bakterilerin yeterli temizlenemediği ve rezidual bakterilerin kök kanalında hayatını sürdürmeye devam ettiği kök kanallarında veya enfekte dentin debrislerinin overenstürmantasyon ile kök kanalından dışarıya taşırılması gibi durumlarda meydana gelmektedir (9).

2.4. Kök Kanal Dolgu Maddelerinin Uzaklaştırılması

Günümüzde kök kanal dolgu maddesi amacıyla en sık kullanılan materyal olan güta-perka, ilk kez 1843'te Sir Jose d'Almedia tarafından bulunmuş, diş hekimliğinde ise 1867'de Bowman tarafından ilk kez kullanılmıştır. Ancak diş hekimliği literatürüne bu materyal 1918'deki Price ve Miller'ın çalışmaları ile birlikte girmiştir (162).

Güta perka alfa, beta ve amorf form olmak üzere üç farklı formda bulunmaktadır. Doğal olarak elde edilen güta perka alfa formunda iken, piyasada bulunan ve kök kanal dolgusu olarak kullandığımız güta perka beta formundadır. Güta perka 42-49°ye kadar ısıtılırsa beta fazına, 53-59° ye kadar ısıtılırsa da amorf faza dönüşmektedir (162).

Klinikte kullandığımız güta perka konları şu bileşenlerden oluşmaktadır (162):

- Çinko oksit %59-76
- Güta perka %17-22
- Radyopak madde %1-18
- Mum %1-4

Güta perka günümüzde kök kanal dolgusu amacıyla yaygın olarak kullanılan termoplastik bir materyaldir. Genellikle kanal patı veya bağlayıcı bir ajanla birlikte kullanılmaktadır. Güta perka kullanılarak kök kanal dolgusu yapıldığında, klinik ve radyografik olarak materyali ayırt etmek diğer materyallere göre oldukça kolaydır. Ayrıca güta perkanın kullanılmasının en büyük avantajı, tedavi başarısız olduğunda diğer materyallere göre kök kanalından daha kolay uzaklaştırılabilmesidir (163).

Güta perka, mekanik olarak el aletleri veya döner aletlerle; ısı, kimyasal çözücüler, ultrasonik titreşim ve lazer yardımı ile uzaklaştırılabilir (164, 165). Bütün bu tekniklerin ve kombinasyonlarının kullanımı hekimin tercihinine ve vakanın klinik durumuna bağlıdır. Ayrıca kök kanal dolgu kalitesi vakanın zorluk derecesini belirlemektedir (163).

Kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması sırasında uygun tekniğe karar vermek için dikkat edilmesi gereken faktörler şunlardır:

Kanal dolgusunun kondansasyonu: İyi kondanse edilmiş kanallar mekanik olarak uzaklaştırılamıyorsa, çözücülerden yardım alınabilir.

Obturasyon uzunluğu: Apikaldeki güta perkanın uzaklaştırılması için çözücü kullanıldığında taşma ve periradiküler dokulara zarar verme riski vardır.

Kök kanal eğimi: Eğri kök kanallarında mekanik yöntemler kullanılırken zip, elbow, alet kırığı, perforasyon gibi komplikasyonların meydana gelme riski vardır, bu yüzden yardımcı olarak çözücüler kullanılabilir (166).

Güta perkanın kök kanalından uzaklaştırılması için kullanılan yöntemler; fiziksel/mekanik yöntemler ve kimyasal yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.4.1. Fiziksel ve Mekanik Yöntemler

2.4.1.1. Paslanmaz Çelik El Aletleri

Günümüzde güta perkayı uzaklaştırmada en sık kullanılan paslanmaz çelik el aletleri K tipi ve H tipi eğelerdir.

K tipi eğeler, ilk kez Kerr firması tarafından tasarlanmıştır. Bu yüzden ismini Kerr sözcüğünden almıştır. Bu eğelerin enine kesiti, kare veya üçgendir ve çelik bir telin saat yönünün tersine doğru bükülmesiyle oluşur. Eğer bu bükülme daha az aralıklarla olup, spiralleri daha az sayıda ise reamer adını alır. K tipi eğelerin uzun aksları boyunca yivleri arasındaki açı 25-40°'dir (167).

H tipi eğelere aynı zamanda Hedström ege adı da verilir. Enine kesiti yuvarlak olan çelik bir telin üzerinde çentikler açılmasıyla üretilirler. Bıçaklarının kesme açısı yaklaşık 90°'dir ve itme-çekme hareketi ile kullanılırlar (168). Paslanmaz çelik aletler arasında güta perkayı en iyi uzaklaştıran alet grubudur (169, 170).

Retreatment sırasında K tipi eğeler kullanılabilir de, H tipi eğeler tasarımları sayesinde güta perkayı kanal dışına taşımada daha kullanışlıdır (171).

Güta perkanın uzaklaştırılma biçimi, kök kanalının dolmuş tekniğine göre değişiklik göstermektedir. Tek konla veya zayıf olarak doldurulmuş kök kanallarında sadece el aletleri kullanılarak mekanik yöntemler yeterli olurken, iyi kondanse edilmiş kök kanalları, uzun kanallar, eğri kök kanalları ve farklı anatomideki kanallar güta perkaların uzaklaştırılmasını zorlaştıracaktır. Bu gibi durumlarda el aletlerine ilave olarak diğer uzaklaştırma yöntemlerinden de yararlanılmalıdır (172).

El aletleri kullanılarak kök kanalından güta perkanın uzaklaştırılırken güta perka el aleti ile çekilip çıkartılmaya çalışılmalıdır. H tipi ege saat yönünde çeyrek tur döndürüldükten sonra koronale doğru çekilerek güta perkanın gelmesi için uğraşılmalıdır. Özellikle homojen olmayan ve zayıf bir şekilde doldurulmuş kanallarda bu yöntem elverişlidir (171). Hekim Hedström tipi eğeyi güta perkaya saplar ve geri çekerek tek parça halinde gelmesini sağlar. Bu yöntemi daha rahat uygulayabilmek için, güta perka küçük boy K tipi eğelerle 'by-pass' edilmelidir (166). Taşkın güta perkanın sökülmesi sırasında da benzer yöntem kullanılır, kanal

aleti apikalden bir miktar taşırılarak geri çekilir ve güta perkanın eğyle birlikte tek parça halinde gelmesi için uğraşılır. Bu yöntem kanalda güta perka kalmayana kadar büyük boy eğelerle eğelenerek tekrarlanmalıdır (16).

Kök kanal dolgusu kanal boyunda sonlanmış, dolum sırasında standart tek kon yöntemi kullanılmış veya homojen olmayan bir kök kanal dolgusu mevcut ise mekanik yöntemler tek başına yeterli olabilir. Bu iki durumda da kök kanal duvarı ve kök kanal dolgu materyali arasında H tipi eğenin sığabileceği bir boşluk sağlanabilmektedir (16).

Keçeci ve ark. tek köklü dişlerde kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında el aletleri, döner aletler, çözücü ve bunların kombine kullanımlarını karşılaştırmışlardır. En etkili kanal duvar temizliği el aletleri ile elde edilirken, en yavaş teknik el aletleri ile olmuştur. Döner aletlerle uzaklaştırma bütün gruplardan daha hızlı bulunmuştur (173).

Gu ve ark. kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında ProTaper Universal retreatment sistemi (PTUR; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre); gates glidden, H tipi eğe ve çözücü kombinasyonu; gates glidden, K tipi eğe ve çözücü kombinasyonunu karşılaştırmışlardır. Dişler şeffaflaştırma yöntemi ile değerlendirilmiş ve kök kanal duvarlarında kalan dolgu maddesi en az olan ve en hızlı sonuç veren grup PTUR grubu olarak bildirilmiştir (15).

elik Ünal ve ark.'nın 2008 yılında eğri dişlerde paslanmaz elik el aletleri ve nikel titanyum aletlerinin kök kanal dolgu materyalini uzaklaştırma etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında K ve H tipi eğeler, Profile (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre), R-Endo (Micro-Mega, Besancon, Fransa) ve PTUR kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan tekniklerin hiçbirisinin kök kanal dolgu materyalinin tamamını uzaklaştıramadığı gözlemlenmiştir, ancak bukkolingual yönden alınan radyografilerde el aleti kullanılan grupta daha az kanal dolgu artığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, el aletleri kullanılan grupta kanal dolgu maddesi uzaklaştırılması daha hızlı gerçekleşmiştir (174).

Giuliani ve ark.'nın 2008 yılındaki çalışmasında, ProTaper Universal, Profile ve K tipi el aletlerinin kök kanal dolgu materyalini uzaklaştırılmasındaki etkinlikleri değerlendirilmiştir. Kırk iki dişin kullanıldığı çalışmada ProTaper Universal sistemi

temizleme açısından en etkin grup olarak bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada döner aletlerin el aletlerine göre retreatment sırasında daha hızlı oldukları gösterilmiştir (19).

Takahashi ve ark.'nın kök kanal yenileme amacıyla çözücü kullanarak veya kullanmayarak NiTi döner aletlerle paslanmaz çelik el aletlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında kanal duvarlarında kalan artık dolgu maddesi açısından istatistiksel bir fark bulunmamasına rağmen, nikel titanyum döner alet kullanılan grup, el aletlerine göre daha hızlı olarak bildirilmiştir (175).

Rödig ve ark. 77 adet eğri dişte kök kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılması için D-Race (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre), ProTaper Universal ve Hedström tipi eğeler kullanmışlardır. Kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasından önce ve sonra alınan μ BT taramalarına göre D-Race retreatment sistemi, ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre), ve Hedström eğelerine göre kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında daha etkili bulunmuştur (34).

Medeiros ve ark. 2014 yılında el aleti ile çözücü; el aleti, gates glidden ve çözücü; ProTaper Universal; ProTaper Universal ve çözücünün birlikte kullanıldığı grupları birbirleriyle kıyaslamışlar ve el aleti, gates glidden ve çözücünün birlikte kullanıldığı grubun en hızlı etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Aralarında kök kanal temizliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen en temiz kök kanal duvarları ProTaper Universal ve çözücünün birlikte kullanıldığı grupta gözlemlenmiştir (176).

Kesim ve ark. 2017 yılında el aleti ve döner aletlerin taşkın yapılmış kök kanal dolgularının uzaklaştırılma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında Mtwo (VDW, Antaeus, Münih, Almanya) ve H tipi el aletinin, diğer döner sistemlerden (Resiproc ve ProTaper Universal) daha üstün olduğunu iddia etmişlerdir (177).

2.4.1.2. Paslanmaz Çelik Döner Aletler

2.4.1.2.1. Gates Glidden (GG) ve Peeso Reamer Frezler



Resim 1. Gates Glidden (GG) Frez

<http://www.medidenta.com/gates-glidden-drills-p-162.html>

Gates Glidden frezler, kök kanalının koronal üçlüsünü genişletmek, koronal bölgedeki dolgu maddesini uzaklaştırmak ve post boşluğu yaratmak için tasarlanmıştır. Gates-Glidden frezler shaftın en yakın kısmında zayıf bir noktaya sahip olacak şekilde tasarlanmıştır, böylece alet ayrılırsa ayrılan parça kanaldan kolaylıkla çıkartılabilmektedir. Bu aletin boyutları ISO alet boyutlarına ve renklerine dönüştürülebilmekle birlikte, 1'den 6'ya kadar olan boyutlarda üretilmiştir (162) (Resim 1).

Kök kanalının yenilenmesi sırasında da, kök kanalının koronal kısmındaki gütta perkanın uzaklaştırılması ve koronal üçlünün genişletilmesi amacıyla Gates Glidden (GG) frezler oldukça yaygın kullanılmaktadır. Ancak GG frezlerin fazla genişletme ve dişi zayıflatma gibi riskleri de bulunmaktadır (167, 178).

GG frezlerin uçları ve yan kısımları gütta perkayı etkili bir şekilde uzaklaştırmak için tasarlanmıştır (171). NiTi aletlerin aksine, paslanmaz çelik aletler daha rijittir ve kök kanalının sadece düz segmentlerinde kullanılmalıdır. Dar kanallar

için GG #3 ve #4 numaralı frezler önerilmekte iken, geniş kanallar için GG #4 ve #5 numaralı frezler önerilmektedir (87, 179).

Wu ve ark. eğri kök kanallarına sahip mandibular molar dişlerde kök kanalının koronal ve orta üçlüsünün bir kısmında #2 ve #3 numaralı GG frez kullanmışlar ve kalan dentin kalınlığının 2 mm'in altında olduğunu bildirmişlerdir (180). Diğer çalışmalarda da GG kullanımı sonrası kökün distal kısmından daha fazla dentin miktarı kaldırıldığı ve bu durumun perforasyon riskini artırabileceği belirtilmiştir (181-183).

Isom ve ark. nın GG ile paslanmaz çelik aletleri karşılaştırdıkları çalışmalarında da, GG frezlerinin diğer aletlere göre kökten daha fazla dentin kaldırdığı bildirilmiştir (182). Zucherman ve ark. ise kök kanalının koronal kısımdan madde uzaklaştırmak için düz kanallarda GG #2 frezlerin kullanımının güvenli olduğunu iddia etmişlerdir (184).

Kök kanal dolgusunun yenilenmesi sırasında, GG #2 ve #3 numaralı frezlerin kullanımı step-down ve crown-down tekniklerine benzer şekilde kök kanalının koronalindeki dolgu maddesini uzaklaştırmayı amaçlamaktadır. Gates Glidden frezleri kullanırken, koronal üçlüde flaring şekli meydana gelmekte ve koronal bölgedeki dolgu maddesi daha hızlı uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca, GG frezler kanal dolgu maddesini yumuşatmak için kullanılan çözücüler için rezervuar alan yaratmakta ve çözücünün rezervuar alanında güta perka ile temas etmesi sağlanmaktadır (178). Çalışmalarda kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırma amacıyla GG kullanımı genellikle el aletleri ile kanal dolgusunu uzaklaştırma sırasında ve çözücüler için rezervuar oluşturma amacıyla kullanılmıştır (15, 34, 173, 176).

Rödig ve ark.'nın farklı materyallerin kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırılma etkinliğini değerlendirdikleri çalışmasında, el aleti ve farklı döner aletler kullanılmıştır. Sadece el aleti ile kanal dolgusunun uzaklaştırıldığı örneklerde koronal üçlüdeki dolgu maddesini uzaklaştırmak için GG #2 ve #3 numaralı frezler 200 rpm'de kullanılmıştır (15).

Keçeci ve ark.'nın çalışmasında ise, kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında el aletleri, döner aletler, çözücü ve bunların kombine

kullanımları karşılaştırılmış ve bütün gruplarda kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması GG #2 ve #3 numaralı frezlerin kullanımıyla başlamıştır. Çözücü kullanılan gruplarda GG yardımıyla rezervuar oluşturulup çözücüler bu haznenin içerisine damlatılmıştır (173).

Medeiros ve ark.'nın çalışmasında, kök kanal dolgusunun uzaklaştırma etkinliğini değerlendirme amacıyla el aleti, GG frezler, çözücüler ve PTUR kombine edilerek kullanılmıştır. GG frezler, sadece el aleti ve çözücünün kullanıldığı grupta koronal dolgu maddesini uzaklaştırma amacıyla kullanılmıştır (176).

Gu ve ark.'nın çalışmasında kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmek amacıyla üç grup karşılaştırılmıştır. Sadece çözücü ile birlikte el aleti kullanılan grupta çözücü için rezervuar oluşturabilmek amacıyla GG frezlerden yararlanılmıştır (15).

Takahashi ve ark.'nın çözücü kullanılarak veya kullanılmadan güta perkanın kök kanalından uzaklaştırılmasını değerlendiren çalışmalarında, el aleti ve PTUR çözücü ile birlikte veya çözücü olmadan kanal dolgusunu uzaklaştırma amacıyla kullanılmıştır. Sadece el aleti kullanılan grupta ve el aleti ile birlikte çözücü kullanılan grupta GG #2 ve #3 numaralı frezlerden yararlanılmıştır (175).

Madani ve ark.'nın çalışmasında, el aletleri ve farklı retreatment döner aletleri kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla kullanılmıştır. Sadece el aleti ile kanal dolgu maddesi uzaklaştırılan örneklerde GG #2 ve #3 numaralı frezler 2000 rpm'de koronal bölgedeki kök kanal dolgusunu uzaklaştırma amacıyla kullanılmıştır (44).

Çelik Ünal ve ark.'nın çalışmasında ise, el aletleri ve farklı döner aletlerin kök kanal dolgu maddesi uzaklaştırma etkinlikleri değerlendirilmiştir. Kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması esnasında sadece el aleti kullanılan grupta çözücü için rezervuar alanı yaratmak amacıyla GG #2 ve #3 numaralı frezler kullanılmıştır (174).



Resim 2. Peeso reemer frez

<http://www.maillefer.com/product/peeso-reamers/>

Peeso reemer (Dentsply Maillefer; Tulsa, Okla) genellikle bir post yuvası oluşturmak amacıyla kök kanalının koronal kısmından güta perkanın uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu esnada lateral perforasyondan kaçınmak için güvenli uçlu Peeso reemer kullanılması önerilmektedir (162) (Resim 2).

Louisiana Eyalet Üniversitesi'nde, post boşluğu yaratmak amacıyla güta perkanın uzaklaştırma yöntemini, dolgu materyalini ve kök kanal dolumu yapılmasının ardından kanal dolgusunun uzaklaştırılmasına kadar geçen süreyi değerlendirmişlerdir. Dolgu maddesini uzaklaştırmak için ısıtılmış alet, Peeso reemaer, kloroform ve K tipi eğeler kullanılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, sızdırmazlık açısından değerlendirildiğinde gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmazken, kanal dolgu maddesini uzaklaştırma zamanı açısından elde edilen sonuçlar oldukça önemli bulunmuştur. Isıtılmış alet kullanıldığında, kök kanal dolgusunun yapılmasından hemen sonra post boşluğu yaratıldığında en iyi sonuçlar gözlemlenirken, Peeso reemar veya K tipi eğe ile birlikte kloroform kullanıldığında 1 hafta sertleşme süresinin beklenilmesi önerilmiştir (185, 186).

2.4.1.3. Isı

İyi kondanse edilmiş güta perkaların kök kanalından uzaklaştırılabilmesi için, pluggerlar ve ısı taşıyıcılar kullanılabilir. Bu ısı taşıyıcılar, ateş ile ısıtılarak kök kanalının içine yerleştirilir. Bu esnada hastaya herhangi bir zarar vermemek için oldukça dikkatli davranılmalıdır. Bu yöntemin dezavantajlarından birisi, aleti hasta ağzına götürene kadar ısının azalması ve tekrar ısıtma gerekliliğinin doğabilmesidir. Ayrıca güta perka zayıf bir iletken olduğu için kök kanal dolgusunun tamamı yumuşamayacaktır. (187-189). Bu dezavantajlardan dolayı alternatif olarak elektrikle ısınan spreaderlar veya pluggerlar kullanılabilir. Bunlara örnek olarak; Touch'n Heat

(Sybron Endo, Orange, CA, USA) ve Sistem B ısı kaynağı (Sybron Endo, Orange, CA, USA) gibi aletler gösterilebilir (190). Bu aletler, güta perkanın uzaklaştırılması için kullanıldığında daha yararlı ve güvenlidir. Bu yöntemde, spreader veya plugger kanal içine yerleştirilir ve ısı vermesi için aktive edilir. Yumuşamış olan güta perka, soğuyan alet ile birlikte geri alındığında kanaldan uzaklaştırılmış olur. Kalan yumuşamış güta perka ise yine el ve/veya döner aletler ile temizlenir. Devamında ısı uygulanarak, aynı prosedür tekrarlanır (187-189)

Bu yöntemleri uygularken, periodontal ligamente zarar vermemek için oldukça dikkatli davranılmalıdır. Kanala ısı olabildiğince kesik kesik ve kanal doğrultusunda uygulanmalıdır (191-193).

Güta perkanın direkt olarak ısıtılarak uzaklaştırılması dışında gates gliddenlar, frezler, özel güta perka uzaklaştırıcı aletler, döner aletler ve irrigasyon solüsyonsuz şekilde ultrasoniklerin kullanımı sürtünme sonrası indirekt ısı yaratabilir. Bu sürtünme ısı güta perkanın yumuşaması açısından avantaja dönüşmektedir (187-189).

Kök kanal tedavisinin yenilenmesi esnasında kök içinde meydana gelen ısı artışı kök dentini boyunca periodontal ligamente ve semente iletilmektedir (194). Bu dokulara iletilen yüksek ısıların dokularda ve kemikte hasar oluşturacağı düşünülmektedir (195). Genel olarak normal vücut ısısının 10°C üzerindeki bir ısı artışının diş çevresindeki dokularda hasara neden olacağı kabul edilmiştir (191, 192, 196). Retreatment esnasında ısı kullanılmasıyla ve ısıtılmış güta perka tekniklerinde kökün dış yüzeyinde oluşan ısı artışı, birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Isıtılmış güta perka ile dolun tekniklerinde, kök dış yüzeyinde oluşan ısı artışının 3°C – 9,6°C olduğunu bildiren çalışmaların yanında (196-199), kök yüzeyi ısı artışının 12,3°C -35°C arasında olduğunu bildiren çalışmalar da yayınlanmıştır (191, 200-202).

Lipski ve ark.'nın Sistem B ısı kaynağı kullanarak retreatment sırasındaki kök yüzeyinde meydana gelen artış miktarını inceleyen çalışmasında, Sistem B ısı kaynağı kullanılarak 225°C'deki pluggerlar ile Thermafil dolgu maddeleri uzaklaştırılmıştır (193). Termal kamera ile yapılan değerlendirmeler sonrasında, kökteki ısının 26.7°C'den 46°C'ye yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu bulgulara göre, ısı

kullanılarak yapılan retreatment sonrasında fazla ısı artışının periodontal ligamante hasara sebep olabileceği vurgulanmıştır (193).

Lisa ve Wilcox'un iki farklı kanal patı kullanılarak gütâ perka ile doldurulan kök kanallarında dolgu maddelerinin farklı tekniklerle uzaklaştırılma etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında sıcak aletle birlikte kloroform ve el eğeleri kullanılmıştır (203). Ayrıca ultrasoniklerle birlikte kloroform veya sodyum hipoklorit de kullanılmıştır. Farklı kanal patı ve irrigasyon ajanları gruplarının arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunamamış ve birçok dişin etkili şekilde temizlendiği rapor edilmiştir. Isının ve kloroformun dolgu maddesinin uzaklaştırılması amacıyla kullanılması ile birlikte ilave olarak ultrasonik aletlerin kloroform veya sodyum hipoklorit ile kullanımı sonrasında iyi temizlenmiş kök kanal duvarlarının elde edilebildiği gözlemlenmiştir (203).

2.4.1.4. Ultrasonik Yöntemler

Retreatment esnasında ultrasonik aletlerin kullanılmasının amacı, sert patlar veya cam iyonomer esaslı kanal patları ile doldurulmuş kök kanallarından dolgu maddesini uzaklaştırmak ve dezenfeksiyonu sağlamaktır (166, 188, 189, 204-207). Ultrasonik uçlar, ultrasonik enerji ile aktive edildiği zaman ısınır ve gütâ perkanın uzaklaştırılmasına yardımcı olur (208). Ayrıca, ultrasonik kullanımının gütâ perkanın bir bütün olarak gelme olasılığını arttırdığı gözlemlenmiştir (11, 188).

Kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılması sonrası ilave basamak olarak ultrasonik kullanılması, el aletleri ile uzaklaştırma ile kıyaslandığında bir fark yaratmamıştır (203, 207). Ancak başka bir çalışmada gütâ perkanın uzaklaştırılmasında ultrasonikler en az el aletleri kadar veya daha üstün etki göstermişlerdir (11).

Pirani ve ark. ise iki farklı kök kanal dolgu materyalinin ultrasonik uçlar, NiTi döner aletler ve el aletleri kullanılarak uzaklaştırılma miktarlarını karşılaştırmışlar ve test edilen uygulamalardan hiçbirisi kök kanalındaki dolguyu tamamen uzaklaştıramamış ve gruplar arasında bir farklılık bulunamamıştır (10).

Geleneksel tekniklerle birlikte frez ve çözücülerin kullanılması ile bu tekniklere ilave olarak dental operasyon mikroskobu ve ultrasonik uçların kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasındaki etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada ultrasonik uçlar ve dental operasyon mikroskobu kullanılan dişlerde kanal duvarlarının daha iyi temizlendiği rapor edilmiştir. Ancak her iki grupta da kök kanal duvarlarında artık materyal gözlemlenmiştir (189).

Ultrasonik aletlerin kullanımının en önemli dezavantajları eğri kök kanallarında, basamak, tıkanma ve perforasyon gibi komplikasyonlara neden olabilmesidir (11, 188).

2.4.1.5. Nikel Titanyum Döner Aletler

Nitinol olarak tanımlanan nikel titanyum W. F. Buehler tarafında 1960'lı yılların başında Naval Ordnance Laboratuvarı'nda Amerika Birleşik Devletleri'de üretilmiştir. Nitinol ismi, içeriğindeki elementlerden etkilenecek kullanılmaya başlanmıştır; nikel için "Ni", titanyum için "Ti" ve Naval Ordnance Laboratory için de "NOL" eki kullanılmıştır (209, 210).

Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan nikel-titanyum alaşımları yaklaşık olarak % 56 nikelden, % 44 titanyumdan oluşurken, bazı Ni-Ti alaşımlarında (%2 den az) kobalt ilavesi olabilmektedir (209).

NiTi alaşımların karakterlerini ve metallerin mekanik özelliklerini belirleyen üç mikroyapısal faz bulunmaktadır (martensit faz, ostenit faz ve R-fazı) (211). NiTi aletlerdeki "şekil hafızası özelliği" sayesinde, bu aletler martensit (düşük sıcaklıkta) ve ostenit (yüksek sıcaklıkta) olarak adlandırılan iki farklı kristal yapıda bulunabilirler. Bu kristal yapı sıcaklık veya stres ile birlikte değişmektedir. Materyal martensit fazda, yumuşak ve kolayca deforme olabilirken, ostenit fazda daha sert ve güçlü olmaktadır (212).

Nikel titanyum döner aletler ilk yıllarda sadece kök kanallarının şekillendirilmesi için kullanılırken, son yıllarda bu eğelerin retreatment amacıyla kullanımı artmıştır. Bu aletlerin kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla

kullanıldığında oldukça etkili oldukları ve çalışma zamanını kısalttıkları gözlemlenmiştir (16, 23, 147).

NiTi döner aletlerin, güta perkanın uzaklaştırılmasında el aletlerine göre daha kolay kullanılabilir olması, kanal temizliği açısından el aletleriyle benzer sonuçlar vermesi, eğri kök kanallarında da paslanmaz çelik kanal aletlerinden daha etkili sonuçlar vermesi endodontide tercih edilmesinin başlıca sebeplerindedir. Geçmişte şekillendirme için kullanılan aletler, retreatment sırasında da kullanılmış ancak son yıllarda retreatment için özel olarak NiTi eğe sistemleri de geliştirilmiştir (213).

Kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılma işlemi için uygun boyuttaki NiTi retreatment sistemi seçildiğinde eğenin kesici kenarlarının kanal duvarlarından madde kaldırmayıp güta perkayı kavrayacak şekilde adapte olabileceği iddia edilmektedir. Döner aletlerin güta perka uzaklaştırma sırasında kullanılmasındaki ana risk diğer durumlarda olduğu gibi alet kırığı riskidir. Bu riskten, apikal yönde aşırı kuvvet uygulamadan çalışılması ile ve döner sistem üreticisinin hız ve tork önerilerine uyularak kaçınılmalıdır (187).

Son 10 yılda, en son üretilen NiTi döner aletlerin kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması açısından değerlendirildiği birçok çalışma yayınlanmıştır. Bazı çalışmalarda NiTi döner aletlerin, el aletlerine göre daha etkili olduğu sonucu bulunmuşken, bazı çalışmalar bu sonucu desteklememiştir (187, 214-216).

Kök kanal tedavisinin yenilenmesinde literatürde etkinliği en çok değerlendirilen NiTi döner alet sistemleri şunlardır:

2.4.1.5.1. ProFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)



Resim 3. ProFile eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)

http://www.qedendo.co.uk/acatalog/ProFile_04_06_Taper.html

İlk NiTi 0.02 tepe açısına sahip döner alet Dr. John McSpadden tarafından üretilmiş ve 1992'de satışa sunulmuştur. Bu alet diş hekimlerinin aletlere bakış açısını değiştirirse de, alet kırığı problemi oldukça sık rastlanmıştır. 1994 yılında ise, Dr. Johnson, ProFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) isminde 0.04 tepe açısına sahip yeni bir alet tasarlamıştır. Kısa bir süre sonra ProFile 0.04 tepe açılı eğe ve "Orifice Shapers" eğesi üretilmiştir. Kesit şekilleri, tepe açısına sahip bir NiTi telin şaftı çevresinde eşit yerleştirilen üç adet U-şekilli oluğun işlenmesiyle tasarlanmıştır. Bu tasarımda, her oluğun yanında 'radyal alan' isminde daha alçak seviyede alanlar bulunmaktadır. Bu alan, eğenin dentine saplanmasını engellemekte ve aletin kök kanalının merkezinde kalmasını sağlamaktadır. ProFile aletlerine enine kesitten bakıldığında üç radyal alanı ve her radyal alanın iki yönlü negatif kesme açısına sahip kenarları olduğu görülmektedir (217).

Profile sistemi sap kısmında üç kırmızı kuşak bulunan ProFile Orifice Shapers (.05-.08 tepe açılı ve #20-#80 apikal boyutta), sap kısmında iki kırmızı kuşak bulunan (.06 tepe açılı ve #15-#40 apikal boyutta), sap kısmında bir kırmızı kuşak bulunan (.04 tepe açılı ve #15-#90 apikal boyutta) ve sap kısmında bir mavi kuşak bulunan (.02 tepe açılı ve #15-#40 apikal boyutta) eğelerden oluşmaktadır. Üretici tarafından ProFile aletlerinin 150-350 devir/dk hızla kullanılmaları tavsiye edilmiştir (217) (Resim 3).

Profile aletleri genellikle kök kanallarının şekillendirmesinde kullanılsa da, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla da oldukça sık kullanılmıştır (19, 35, 173, 174).

Keçeci ve ark.'nın çalışmasında kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında el aletleri, Profile 0.04/35 ve 40 numaralı eğeler, çözücü ve bunların kombine kullanımları karşılaştırılmıştır. Radyografik değerlendirmelere göre, el aletlerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırmada kanal duvar temizliği açısından etkinliği en üstün bulunurken, Profile ile kök kanal dolgusunu uzaklaştırma diğer bütün tekniklerden daha hızlı bulunmuştur (173).

Solomonov ve ark.'nın retreatment sonrasında kalan dolgu maddesinin μ BT yardımıyla değerlendirdikleri çalışmalarında PTUR sistemi ardından Protaper F1 ve F2 eğeleri; diğer grupta ise Profile eğeleri ardından SAF kullanılmıştır. Profile ve

SAF'ın kullanıldığı grupta diğer örneklere göre daha temiz kanal duvarları gözlemlenmiştir (35).

Guiliani ve ark.'nın çalışmasında PTUR, Profile #0.06 ve K tipi eğelerin kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırma etkinlikleri kesit alma tekniği ile değerlendirilmiştir. PTUR ve Profile, K tipi eğeye göre daha hızlı etki ederken, en temiz kök kanal duvarları PTUR uygulanan gruplarda gözlemlenmiştir (19).

Çelik Ünal ve ark.'nın çalışmasında el aletleri, Profile, R-Endo, PTUR kök kanal dolgusunu uzaklaştırma amacıyla kullanılmış ve etkinlikleri radyografik yöntem ile karşılaştırılmıştır (174). Eğri kök kanallarındaki çalışmanın sonucuna göre, el aletleri ve Profile kullanılan gruplarda kök kanal duvarlarında daha az artık dolgu maddesi gözlemlenmiştir (174).

Yılmaz ve ark.'nın retreatment yapılan üst molar dişlerde kalan dolgu maddesini µBT ile değerlendirdikleri çalışmalarında PTUR, Mtwo ve Profile aletleri kullanılmıştır. Profile aletinin kalan dolgu maddesi ve çalışma süresi açısından en üstün olduğu bildirilmiştir (218).

2.4.1.5.2. K3 (SybronEndo, West Collins, CA, ABD)



Resim 4. K3 (SybronEndo, West Collins, CA, USA) eğesi

<https://www.kerrdental.com/kerr-endodontics/k3-nickel-titanium-files-shape>

K3 (SybronEndo, West Collins, CA, USA) pozitif kesme açısına, kesici olmayan uca, değişken tepe açısına sahip bir NiTi eğe sistemidir. Bu özelliklerin eğenin kesme etkinliğini, debris uzaklaştırmasını ve dayanıklılığını arttırdığı iddia edilmiştir. Dr. John Mcspadden tarafından geliştirilen bu aletin 200-300 devir/dakika'da kullanılması önerilmektedir (219).

Vidal ve ark. Protaper, K3 ve Mtwo eğelerinin kök kanal dolgu maddelerini uzaklaştırma etkinliklerini SEM yardımıyla değerlendirmişlerdir. Kullanılan hiçbir teknik ile kök kanal duvarlarında tam bir temizlenme sağlanamamış ve aralarında bir fark bulunamamıştır (219).

Samiei ve ark. K3 eğesi ve Nd:YAG lazerin retreatment esnasındaki etkinliklerini KIBT ile değerlendirmişlerdir. Nd:YAG lazer uygulanan grupta debridman miktarı daha az gözlenirken, kök yüzeyinde oluşan ısı artışları açısından gruplar arasında bir fark gözlenmemiştir. Lazer uygulanan grupta dişlerin koronal bölgesinin daha temiz olduğu ve bu grupta kanal transportasyonunun daha az meydana geldiği görülmüştür (220).

2.4.1.5.3. Mtwo Retreatment sistemi (VDW, Antaeus, Münih, Almanya)



Resim 5. Mtwo retreatment eğe sistemi

<https://www.vdw-dental.com/sortiment/mtwo-instrumente/>

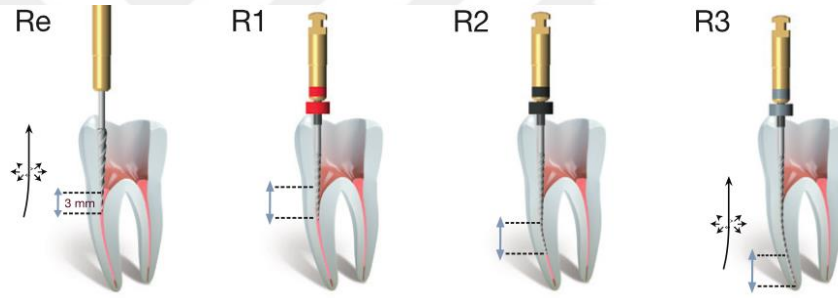
Mtwo sistemi 2003 yılında Prof. Dr.Vito Malagnino tarafından geliştirilmiştir. Bu sistem aktif uca sahip 2 adet eğeden oluşmaktadır: R1 (#15.05) ve

R2 (#25.05) (221, 222). Diğer eğelerin aksine S şekilli kesite sahiptir. Ayrıca dentini daha etkili bir şekilde kesmesini sağlayan 2 adet kesici kenar bulunmaktadır (223).

Sommo ve ark. 2008 yılındaki çalışmasında kök kanal dolgu uzaklaştırma sırasında Mtwo kullanımının PTUR ve Twisted File (Axis/SybronEndo, Orange, CA)'a göre daha hızlı olduğunu belirtmiştir (221).

Bramante ve ark.'nın PTUR ve Mtwo retreatment sisteminin temizleme etkinlikleri ve kanal dolgusu uzaklaştırma sırasında çalışma sürelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında kullanılan her iki alet ile de kanal dolgusunun tamamen kaldırılamadığı ancak PTUR'un daha etkin ve hızlı olduğu gözlemlenmiştir (224).

2.4.1.5.4. R-Endo Retreatment Sistemi (Micro-Mega, Besancon, Fransa)



Resim 6. R-Endo retreatment sistemi

http://micro-mega.com/en/wp-content/uploads/2012/10/Protocole-R-Endo2_60300474-C_vecto.pdf

Micro-Mega tarafından üretilen R-Endo retreatment sistemi (Micro-Mega, Besancon, Fransa) 4 farklı eğeden oluşmaktadır: Re (#25.12) olarak adlandırılan ilk eğe kök kanalının ilk birkaç mm'sinde kullanılırken R1 (#25.08), R2 (#25.06), ve R3 (#25.04), sırasıyla kök kanalının koronal, orta ve apikal üçlüsünde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Bu sistemin ayrıca opsiyonel olarak kullanılacak bir Rs (#30.04) bitirme eğesi de vardır. Üretici firma eğelerin 300-400 rpm'de kullanılmasını önermektedir. Bu eğe sistemi inaktif uçlu, radyal alanı olmayan ve üçgensel kesitli bir eğedir (225).

Fenoul ve ark. eğelerin retreatment etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında kök kanal dolgu maddesi olarak güta perka ve resilon kullanmışlardır.

Kök kanal dolgusunu uzaklaştırma işlemleri el eğesi ve R-Endo ile yapılmış ve bu eğelerin retreatment etkinlikleri SEM (Scanning Electron Microscope) yardımıyla değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kullanılan hiçbir eğe sisteminin kanal duvarlarını tam olarak temizleyemediği vurgulanmasına rağmen çalışmada kullanılan en etkin ve en hızlı eğe sistemi R-Endo olarak bildirilmiştir (226).

Akpınar ve ark.'nın kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında K3, R-Endo ve el aletlerinin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında kök kanallarında arta kalan dolgu miktarı şeffaflaştırma yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, gruplar arasında fark olmaması ile birlikte tüm dişlerde kanal dolgu artığına rastlanmıştır (219).

Mollo ve ark.'nın kök kanallarından dolgu maddelerini uzaklaştırmak için kullanılan aletleri değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada Mtwo retreatment sistemi, R-Endo ve K tipi eğeler ile GG frezler karşılaştırılmıştır. Diğer çalışmaları destekler şekilde bütün dişlerde kök kanal dolgu artığı gözlemlenmiştir. R-Endo eğeleri diğer eğelere göre retreatment sırasında daha etkin bulunmuştur (227).

Garg ve ark.'nın el aleti ve 3 farklı döner alet sistemini zaman açısından karşılaştırdıkları *in vitro* çalışmada R-Endo ve el eğesi kullanılan grupta çalışma süresinin daha uzun olduğu bildirilmiştir (20).

Kaşıkçı Bilgi ve ark.'nın kurvatürlü dişlerde dört farklı retreatment tekniğini kullanarak apikalden taşan debris miktarı ve retreatment etkinliğini değerlendirdikleri çalışmada el eğesi, R-Endo, Resiproc ve PTUR eğeleri kullanılmıştır. H tipi eğelerin apikalden daha çok debris taşıdığı sonucu bildirilirken, kalan dolgu miktarı açısından yöntemler arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır (228).

2.4.1.5.5. ProTaper Universal Retreatment Sistemi (PTUR, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)



Resim 7. ProTaper Universal retreatment sistemi

ProTaper retreatment sistemi; kök kanal dolgu maddelerinin ve patların kök kanalından uzaklaştırılması amacıyla Dentsply/Maillefer tarafından tasarlanan bir eğe sistemidir. D1, D2 ve D3 adında üç farklı taper ve apikal çapa sahip eğeden oluşmaktadır ve bu eğelerin sırasıyla koronal üçlü, orta üçlü ve apikal üçlüde kullanılmaları önerilmiştir (225).

ProTaper Retreatment sisteminin kök kanalından gütü perka uzaklaştırılması için 500-700 rpm torkta kullanımı önerilirken, pat uzaklaştırılması için 300 rpm torkta kullanımı tavsiye edilmektedir (175).

D1 eğesi; 16 mm uzunluğa, 0.30 mm apikal çapa ve %9 tepe açısına sahip bir eğedir. Koronal 1/3'lük kısımdaki kanal dolgu maddesini uzaklaştırabilmek için tasarlanmıştır. Protaper D1 de bulunan aktif uç ardından kullanılacak olan D2 ve D3 eğelerinin dolgu materyaline penetrasyonunu kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Eğenin sapında tek bir beyaz halka bulunmaktadır (175, 229).

D2 eğesi; 18 mm uzunluğa, 0.25 mm apikal çapa ve %8 tepe açısına sahip bir eğedir. Eğenin sapında iki beyaz halka bulunmaktadır (175).

D3 eğesi; 22 mm uzunlukta üretilmiştir ve 0.20 mm apikal çap ile %7 tepe açısına sahiptir. Eğenin sapında üç beyaz halka bulunmaktadır (175).

Kök kanal dolgusu uzaklaştırılırken PTUR tercih edildiğinde önce uygun bir çözücü, ultrasonik alet veya küçük boyutlu paslanmaz çelik bir eğe ile güta perkada bir rezervuar alan yaratılması önerilir. Sonrasında, güta perkaya hafif bir baskı yaparak koronal 1/3'te D1 eğesi kullanılır. Daha sonra orta üçlüdeki ve apikal üçlüdeki dolgu materyalini uzaklaştırmak amacıyla sırasıyla D2 ve D3 kullanılır (175).

D2 ve D3'teki aktif olmayan uçlar retreatment boyunca basamak, perforasyon ve stripping insidansını azaltmak için tasarlanmıştır. Ayrıca, bu sistem konveks olup üçgensel bir kesite sahiptir (175).

Çelik Ünal ve ark.'nın çalışmasında eğri kök kanalları sahip molar dişlerde kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırmaları K tipi ve H tipi eğe, ProFile, R-Endo ve PTUR ile yapılmış ve etkinlikleri radyografik olarak değerlendirilmiştir. Bukkolingual yönden çekilen radyografilerde el aletleri kullanılan grupta daha az artık kanal dolgusuna rastlanmıştır. Aproksimal yöndeki değerlendirmelerde ise el aletleri ve Profile daha etkin bulunmuştur. Çalışma süresi açısından en hızlı grubun ise el aletleri olduğu bildirilmiştir (174).

Marfisi ve ark.'nın 90 adet tek kanallı dişte yaptığı çalışmada Resilion ve güta perkanın uzaklaştırılmasında PTUR, Mtwo retreatment sistemi ve Twisted File (SybronEndo, Orange, CA, USA) eğeleri kullanılmış ve etkinlikleri KIBT ile değerlendirilmiştir. Sistemlerin arasında retreatment etkinliği açısından belirgin bir fark bulunmaması ile birlikte hiçbir sistemin kanal duvarlarındaki dolgu materyalini tam olarak uzaklaştıramadığı vurgulanmıştır (229).

Helvacıoğlu ve ark.'nın resiprokal aletler ve döner aletlerin el aletleri ile karşılaştırdıkları çalışmasında PTUR ile Resiproc aletlerinin kanal duvarlarından dolgu materyallerini uzaklaştırma etkinlikleri μ BT ile değerlendirilmiştir. Süre ve etkinlik açısından istatistiksel olarak aralarında fark bulunmamasına rağmen PTUR sistemi dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında daha etkin bulunmuştur (230).

Da Rosa ve ark.'nın çalışmasında üst molar dişlerde PTUR ile kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılması sonrası, ProTaper Universal ve WaveOne Gold ile tekrar şekillendirme ve ilave pasif ultrasonik irrigasyon kullanımı sonrasında kök kanal duvarlarında kalan dolgu maddesi miktarı μ BT ile değerlendirilmiştir. PTUR

ile ilave uygulamalar arasında kalan dolgu miktarı açısından bir fark bulunamamıştır (231).

Crozeta ve ark. ProTaper Universal ile kombine kullanılan PTUR, Resiproc ve Twisted File Adaptive (TFA, Axis/SybronEndo, Orange, CA) sistemlerinin kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılma etkinliklerini μ BT ile değerlendirmişlerdir. TF Adaptive aletinin kullanıldığı gruptaki dişlerde orta üçlü ve apikal üçlüde daha az dolgu maddesi miktarına rastlanmıştır. Ancak, daha önceki çalışmalarda belirtildiği gibi kullanılan hiçbir teknik ile kök kanallarından dolgu materyallerinin tamamının kaldırılmasının mümkün olmadığı savunulmuştur (37).

Kesim ve ark.'nın taşkın kök kanal dolgusu yapılmış dişlerde el aletleri ve döner aletlerin kanal dolgusunu uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında PTUR, Resiproc, Mtwo retreatment ve el aletleri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda Mtwo retreatment ve el aletlerinin kanal dolgularını uzaklaştırma etkinlikleri diğerlerine göre daha üstün bulunmuştur (177).

2.4.1.5.6. D-Race retreatment sistemi (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre)



Resim 8. D-Race retreatment sistemi

<http://www.fkg.ch/products/endodontics/retreatment/d-race>

Retreatment için geliştirilen D-Race sistemi (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, İsviçre) adını 'Reamer with alternating cutting edges'den almıştır ve DR1 (#30.10) ile DR2 (#25.04) olmak üzere 2 eğeye sahiptir (232).

DR1 eğesi; koronal ve orta üçlüde kullanılır, aktif bir uca sahiptir ve 15 mm uzunluktadır (34).

DR2 ise; apikal uçluda kullanılan inaktif uca sahip bir eğedir ve 25 mm uzunluktadır. Bu eğe sisteminin, alternatif kesici kenarları olup üçgensel kesiti bulunmaktadır (34).

Madani ve ark.'nın kurvatürlü dişlerde H tipi eğeler, PTUR ve D-Race retreatment sisteminin kanal duvarlarını temizleme etkinliğini KIBT ile değerlendirdikleri çalışmalarında gruplar arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. Ancak döner aletlerde alet kırığı riskinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (44).

Rödig ve ark. kurvatürlü dişlerde, kök kanal dolgularını PTUR, D-Race ve Hedström eğeleri ile uzaklaştırmışlardır. D-Race eğesinin diğer gruplara göre daha etkili ve hızlı olduğu sonucu bulunmuştur (34).

Göktürk ve ark. çalışmasında, mandibular premolar dişlerde Hedström eğeleri, Mtwo retreatment sistemi, R-Endo, PTUR ve D-RaCe sisteminin kanal duvarlarından dolgu materyali uzaklaştırma etkinlikleri radyografi ve kesit alma yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Hedström eğeleri, döner alet sistemlerinden daha etkin bulunmuş ve en önemli fark orta uçluda gözlemlenmiştir. Çalışma süresi açısından ise D-Race ve ProTaper Universal gruplarının daha hızlı olduğu rapor edilmiştir (232).

2.4.1.5.7. Resiproc (VDW, Münih, Almanya)



Resim 9. Resiproc eğe sistemi

<http://www.nextdental.com/products/1195-reciproc-rotary-files.aspx>

Yared tarafından üretilen ve resiprokal olarak denge prensibine göre çalışan tek eğe sistemi Resiproc (VDW, Münih, Almanya) oldukça etkili bir şekilde preperasyon yapmaktadır (233). Resiprokal hareket, dengeli harekete benzer; çünkü saat yönünün tersine olan dönme açısı, saat yönünde olan hareketten daha büyüktür ve bu durum eğenin sürekli apekse doğru hareket etmesini sağlamaktadır (234). Resiprokal aletlerdeki M-wire fazı, eğenin esnekliğini ve direncini arttırmaktadır (235). Bu aletlerin fırçalama tarzındaki eğeleme etkinliklerinden yola çıkarak retreatment esnasında kök kanalından dolgu maddesini uzaklaştırma amacı ile de kullanılması tavsiye edilmektedir (236).

Resiproc sistemi üç egeden oluşmaktadır: Dar kanallar için #25.08, orta kanallar için #40.06, geniş kök kanalları için ise #50.05 eğeleri tasarlanmıştır. Resiproc, M-two gibi S-şekilli bir kesite sahiptir (237).

Crozeta ve ark. retreatment sırasında resiprokal ve döner aletlerin kök kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasındaki etkinliklerini μ BT ile değerlendirmişler ve PTUR, WaveOne ve Resiproc aletlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre, kullanılan aletlerin hiçbirisi kök kanallarını tamamen temizleyememiş ve aletlerin etkinliklerinde istatistiksel fark bulunamamıştır (238).

Fruchi ve ark. (2014) da retreatment etkinliğini değerlendirmek için kurvatürlü dişlerde Resiproc, WaveOne ve ardından ilave olarak pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) kullanmışlardır. μ BT yardımıyla yapılan analizlerde Resiproc ve WaveOne ile sırasıyla %94 ve %93 dolgu maddesi uzaklaştırılmıştır. Kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında PUI uygulaması uzaklaştırılan dolgu miktarı oranını arttırmış ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (236)

Martins ve ark. (2017) Resiproc, Protaper Next ve ilave basamak olarak da sonik veya ultrasonik irrigasyon yöntemlerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. μ BT ile yapılan değerlendirmeler sonrasında Resiproc ve ProTaper Next kullanılan gruplar arasında kalan dolgu miktarı açısından benzer sonuçlar gözlenirken, ilave basamak uygulamaları ile istatistiksel bir fark meydana gelmemiştir (239).

2.4.1.5.8. WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)



Resim 10. WaveOne eğe sistemi

<http://www.medicalexpo.com/prod/dentsply-maillefer/product-72098-464714.html>

WaveOne NiTi eğe sistemi, preperasyonu tek eğede tamamlayan ve resiprokal hareketle çalışan 2011 yılında Dentsply tarafından üretilen bir eğedir. Bu tek eğe resiprokal sistem 21, 25 ve 31 mm uzunluklarında 3 eğeye sahiptir (240).

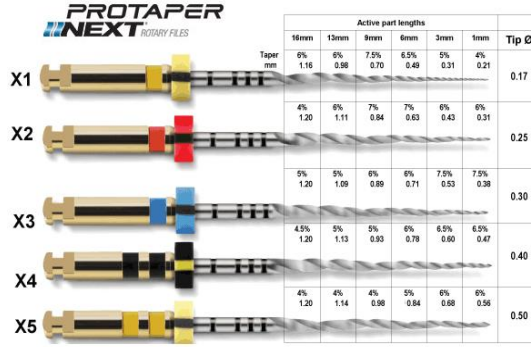
Apikal boyutu 0.21 mm ve % 6'lık tepe açısına sahip WaveOne small eğesinin dar kanallarda, apikal boyutu 0.25 mm ve % 8'lik tepe açısına sahip WaveOne primary eğesinin orta boyuttaki kanallarda, apikal boyutu 0.40 mm ve % 8'lik tepe açısına sahip WaveOne large eğesinin ise geniş kanallarda kullanımı önerilmektedir. Tüm eğeler üçgensel enine kesite sahiptir ve bu tasarımları sayesinde eğelerin esneklikleri gelişmiştir (240).

Crozeta ve ark.'nın resiprokal eğe ve tek eğe sistemini karşılaştırdıkları çalışmalarında μ BT ile değerlendirme yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, hiçbir retreatment tekniği kök kanal dolgularını tamamen uzaklaştıramamıştır. PTUR eğesi, WaveOne ve Resiproc eğeleri kök kanal duvarlarının temizlenmesinde eşit miktarda etkili olmuştur (238).

Koçak ve ark. tekli resiprokal ve çoklu döner aletlerin kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında etkilerini değerlendirmişlerdir. Tek eğe sistemi olan WaveOne kullanımından sonra kanal duvarlarında en etkin temizlik gözlemlenmiştir (241).

Jorgensen ve ark. 2 farklı dolum tekniğini kullanarak WaveOne eğesi ve PTUR ile kök kanal dolgusunun uzaklaştırılma miktarlarını değerlendirmişlerdir. WaveOne eğesinde daha fazla alet kırığı gözlemlenirken, PTUR ile benzer temizleme etkinliği bildirilmiştir (242).

2.4.1.5.9. ProTaper Next (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre)



The image shows five ProTaper Next rotary files (X1, X2, X3, X4, X5) with their respective taper percentages and active part lengths. The table below provides the detailed specifications for each file.

Taper	Active part lengths						Tip Ø
	16mm	13mm	8mm	6mm	3mm	1mm	
X1	6% 1.16	6% 0.98	7.5% 0.70	6.5% 0.48	5% 0.31	4% 0.21	0.17
X2	4% 1.20	6% 1.11	7% 0.84	7% 0.63	6% 0.43	6% 0.31	0.25
X3	6% 1.20	5% 1.09	6% 0.89	6% 0.71	7.5% 0.53	7.5% 0.38	0.30
X4	4.5% 1.20	5% 1.13	5% 0.93	6% 0.78	6.5% 0.60	6.5% 0.47	0.40
X5	4% 1.20	4% 1.14	4% 0.98	5% 0.84	6% 0.68	6% 0.56	0.50

Resim 11. ProTaper Next eğe sistemi

<https://www.dentalsky.com/protaper-next-x2-25mm-025-06-taper-3-dentsply.html>

ProTaper Next, ProTaper Universal sisteminin geliştirilmesiyle elde edilen değişken tepe açılı bir eğe sistemidir. Bu eğe, yılan benzeri hareket yapmayı sağlayan dikdörtgen şeklinde bir kesite sahiptir. Bu kesit, debrislerin bu bölgede daha çok toplanabilmesi için tasarlanmıştır. ProTaper Next sistemi, eğenin elastikiyetini ve döngüsel yorgunluk direncini arttırmaya yarayan M-wire alaşımından üretilmiştir (243).

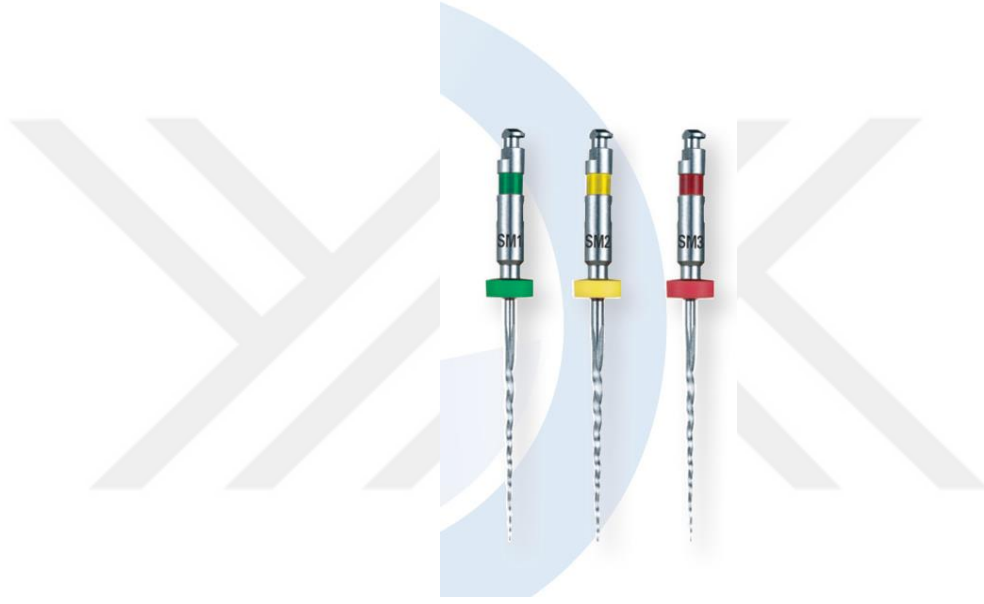
ProTaper Next sistemi X1, X2, X3, X4 ve X5 adında 5 tane farklı uzunlukta ve boyutta eğeye sahiptir. Bu eğeler sırasıyla #17/04, #25/06, #30/07, #40/06 ve #50/06 boyut ve tepe açılına sahiptir (244).

Nevares ve ark.'nın kurvatürlü dişlerde yaptığı çalışmada kök kanal duvarlarında kalan dolgu miktarı, kalan dentin hacmi ve apikal transportasyon miktarı μ BT ile değerlendirilmiştir. Kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması amacıyla ProTaper Next ve Resiproc kullanılmış ve çalışma sonucunda her iki sistem de kurvatürlü dişlerde kök kanal dolgusunun yenilenmesi amacıyla kullanıldığında etkili bulunmuş ancak kanal dolgu materyalini tamamen uzaklaştıramamışlardır (244).

2016 yılında Özyürek ve ark.'nın ProTaper Next eğelerinin de içinde bulunduğu 4 farklı nikel titanyum aletin kanal dolgu maddesini uzaklaştırma etkinliklerini inceledikleri çalışmada PTUR ve ProTaper Next en etkin bulunmuştur. Çalışma süresi açısından ise PTUR'un daha hızlı olduğu bildirilmiştir (245). 2017

yılında yine Özyürek ve ark. PTUR, ProTaper Next ve el aletlerinin eğri kanallardaki retreatment etkinlikleri karşılaştırılmışlar ve ilk çalışmalarını destekler şekilde kullanılan döner aletlerin kanal duvarlarındaki temizlik ve çalışma süresi açısından daha üstün oldukları sonucunu bildirmişlerdir (243).

2.4.1.5.10. Twisted File Adaptive (TFA, Axis/SybronEndo, Orange, CA)



Resim 12. Twisted File eğe sistemi

<http://www.dentalproductshopper.com/tf-adaptive>

Twisted File Adaptive (TFA), SbyronEndo tarafından piyasaya sürülen, kendi endodontik motoru ile birlikte kullanılan yeni bir NiTi eğe sistemidir. Eğenin hareketi kök kanalında karşılaştığı stres oranına bağlı olarak değişir. Eğe üzerinde herhangi bir stres olmadığında 600° saat yönünde döner, durur ve sonrasında tekrar saat yönünde dönmeye başlar. Eğede meydana gelen stres oranı arttığı zaman ise alette bulunan kinematik rotasyon hareketi resiprokal harekete dönüşmektedir. Bu resiprokal hareket eğede meydana gelen strese göre saat yönünün tersi yönde 370° den, saat yönünde 50°ye kadar değişebilmektedir (246).

TF Adaptive, R-Phase ısıtım teknolojisine sahiptir. Bu ısıtım işlemi sayesinde NiTi eğeleri % 70 daha esnek hale gelmektedir ve bu eğenin diğer eğelere göre dögüsel yorgunluğa 2-3 kat daha dayanıklı oldukları iddia edilmektedir (247).

Akbulut ve ark. Twisted File Adaptive (TFA), Reciproc, PTUR ve el aletlerinin kök kanal dolgusunun uzaklaştırma etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında retreatment öncesi ve sonrasında incelemeleri KIBT yardımıyla yapmışlardır. Kanal duvarlarında kalan dolgu maddesi miktarı PTUR ve Resiproc'da en az iken, el aleti ve TF Adaptive'de daha fazla bulunmuştur. Yine PTUR ve Resiproc çalışma süresi açısından en hızlı aletler olarak bildirilmiştir (247).

2.4.1.5.11. WaveOne Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)



Resim 13. WaveOne Gold eğesi

WaveOne tek eğe genişletme sistemi 2011 yılında üretilmiştir. Son günlerde ise firma daha güvenilir, daha etkili ve kolaylık sağladığını iddia eden yeni bir eğe tasarlamıştır. Bu sistem Wave One Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) olarak adlandırılmıştır (240). Araştırmacılar NiTi'dan daha üstün bir metali üretmek için martensit ve ostenit fazları arasındaki faz geçiş noktasını tespit edip ısıtım işlemi sonrasında Gold-Wire adında yeni bir süper elastik metal üretmişlerdir. Gold prosedürü, NiTi eğelerinin ısıtıldıktan sonra yavaşça soğutulmasıyla uygulanan bir üretim sonrası prosedürüdür. Bu ısıtım işlemi transformasyon sıcaklıklarını (ostenitik başlangıç ve ostenitik bitim) değiştirmekte ve aletin özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir (240). Bu ısıtım işlemi sonrasında, Primary WaveOne Gold'un, Primary WaveOne'a göre en az %80 daha esnek , dögüsel yorgunluğa %50 daha dirençli ve

şekillendirmede %23 daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu yeni eğe sistemi ile birlikte özellikle uzun, dar ve kurvatürlü kanallarda iyatrojenik hataların önüne geçilmeye çalışılmıştır (248).

WaveOne Gold'da Small (sarı 20/07), Primary (kırmızı 25/07), Medium (yeşil 35/06) ve Large (beyaz 45/05) olmak üzere 4 adet eğe çeşidi bulunmaktadır. Her eğenin, D1-D3 arasındaki tepe açısı sabittir, ancak bu eğeler D4-D16 arasında azalan oranda bir tepe açısına sahiptir. Bunun amacı ise D4-D16 kısmındaki dentini korumaktır. Bu eğe de WaveOne eğesine benzer şekilde resiprokal hareket ile kullanılmaktadır (248).

WaveOne Gold ile şekillendirme veya kök kanal dolgusu uzaklaştırma işlemi yapılırken, her zaman WaveOne Gold primary (kırmızı 25/07) ile işleme başlanmalıdır. Genel olarak bu tek eğe ile kök kanalların büyük bir çoğunluğunda yeterli bir genişletme sağlanmaktadır. WaveOne Gold Small (#20.07) eğesi şekillendirme için köprü görevi gören bir egedir. Çünkü hem dezenfeksiyon hem de kök kanal dolumu için yeterli genişletmeyi sağlayamamaktadır. Ancak primary eğesi çalışma boyuna ulaşmadığı zaman kök kanallarını şekillendirmek için bu eğenin kullanılması uygundur. Ardından Primary eğesi çalışma boyuna ulaşmak için yeniden kullanılmalıdır. Primary eğesi çalışma boyuna ulaştığı zaman, şekillendirme sonrası eğe incelenir ve oluklar debris ile dolu ise şekillendirmenin bitebileceği anlaşılır. Ancak bu eğe çalışma boyunda sıkışmıyorsa ve oluklarda debrisler gözlenmemişse şekillendirme medium ve/veya large eğeleri kullanılarak oluklarda debris gözlenene dek devam etmelidir. Ayrıca #25 ve #30 numaralı el aletleri ile apikal çap kontrol edilip Medium veya Large eğelerinin gerekliliği teyit edilebilir (240).

Wave One Gold eğesi paralel kenar şeklinde enine kesite sahiptir. Bu kesit şekli sayesinde eğe ile dentin arasındaki temas bir veya iki noktada sınırlandırılarak eğenin diş üzerindeki vida etkisini azaltılır. Araştırmalar bu yeni kesitin, güvenliği ve kesme etkinliğini artırıp, WaveOne eğesine göre debrislerin birikmesi için daha fazla alan sağladığını bildirmiştir (248).

Literatürde WaveOne Gold eğesinin kullanıldığı kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılma etkinliğinin değerlendirildiği çalışma yoktur. Ancak bu

yeni eğe sisteminin döngüsel direnci ve dentin üzerinde yarattığı çatlak oluşumunu değerlendiren çalışmalar mevcuttur (249, 250).

Pedulla ve ark.'nın dentinde çatlak oluşumunu inceledikleri çalışmalarında One Shape (Micro-Mega, Besancon, Cedex, Fransa), F6 SkyTaper (Komet Italia Srl, Milan, İtalya), HyFlex EDM (Coltene/Whaledent AG, Altstatten, İsviçre) WaveOne, Reciproc ve WaveOne Gold olmak üzere 6 tane farklı eğe sistemi karşılaştırılmıştır. Dişlerden kesit alınarak steromikroskop ile yüzey değerlendirmeleri yapıldığında bütün sistemlerin dentinde atlağa sebep olduğu ancak WaveOne Gold ve Hyflex EDM eğelerinin dentinde daha az çatlak oluşturduğu bildirilmiştir (249).

Topçuoğlu ve ark.'nın döngüsel yorgunluk üzerine yaptıkları çalışmada da WaveOne Gold, WaveOne ve Resiproc eğeleri çift kurvatüre sahip dişlerde değerlendirilmiş ve WaveOne Gold eğesinin dnsüsel yorgunluğa en dirençli eğe olduğu bildirilmiştir (251). Özyürek ve ark.'nın çalışmasında da Topçuoğlu ve ark.'nın çalışmasını destekler sonuçlar elde edilmiştir (250).

2.4.1.6. Kök Kanalından Güta Perkanın Uzaklaştırılması için Kullanılan İlave Sistemler

2.4.1.6.1. Lazer

Lazer sözcüğü; 'Radyasyonun Uyarılmış Emisyonu ile Işığın Yükseltilmesi' olarak tanımlanan 'Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation' kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır (252). Lazerin teorisi ilk kez Albert Einstein tarafından sunulmuştur.

2.4.1.6.1.1. Lazerin Tarihçesi

Lazerin ilk kez üretimi 90 yıl önce, ilk kez çekilmiş dişte kullanımını ise 47 yıl önce gerçekleşmiştir. Son 18 yıldır ise lazerler diş hekimliği pratiğinde sıklıkla yer almaktadırlar (253).

1704 yılında, Newton ışığı parçacıkların akımı olarak ifade etmiştir. 1803'teki Young'ın deneyinde ışığın polaritesinin keşfedilmesi ile diğer bilim

adamları da dalgaları ışığın yaydığına ikna olmuşlardır. 1880 yılında, Maxwell tarafından elektromagnetik radyasyon konsepti matematiksel olarak tanımlanmıştır ve bu teoriye göre, yüklü parçacıkların salınımına bağlı olarak oluşan elektromanyetik alanın hızlı titreşimleri sonrasında ışık oluşmaktadır. Yirminci yüzyılın başlarında, dalga boyu ışık teorisi ortaya atılmıştır. Bu teoriye göre, atom elektromanyetik enerjiyi alıp bir üst seviyeye yükselmekte ve kararlı aşamaya geri dönmek için enerji açığa çıkarmaktadır (253).

Hertz ve ark. tarafından yapılan katot ışın emisyonu çalışmasında fotoelektrik etki üzerine odaklanılmıştır (253). Fotoelektrik etkiden çıkan elektronların sayısı ile ışığın yoğunluğunun doğru orantılı olduğu ve ışıkla madde arasındaki etkileşimi klasik fizik terimlerinin açıklayamadığı, ışığın frekansının (dalga boyu) elektronların maksimum kinetik enerjisini belirlediği tespit edilmiştir (253).

Katı lazer türlerinin ortaya çıkmasından sonra birçok lazer türü keşfedilmeye başlanmıştır. İlk uranyum lazeri 1960 yılında IBM Laboratuvarı'nda, ilk helyum-neon lazeri 1961'de Bell Laboratuvarı'nda, ilk semikonduktör lazeri 1962 yılında Robert Hall tarafından General Electric Laboratories'de, ilk neosmium:yttrium-aluminyum-garnet (Nd:YAG) lazer ve CO₂ lazer ise 1964'te Bell Laboratories'de ve ilk kimyasal lazer 1965'te üretilmiştir. Her durumda, lazerin adı, lazer fotonlarının kaynağı ile benzerlik göstermiştir (253).

2.4.1.6.1.2. Lazerin Çalışma Mekanizması

Lazerin çalışma mekanizmasında, atomların enerji absorbe etmeleri sonucu daha yüksek enerji düzeyine çıkma özelliklerinden yararlanılmaktadır. Bu enerji transferinde meydana gelen fotonlar, aynı enerji düzeyine ve frekansa ulaşp aynı yönde hareket etmektedirler (252). Lazerlerin etki mekanizmaları şunlardır;

Fotokimyasal Etki: Lazerin fotokimyasal etkisi foton absorpsiyonu ile uyarılan atomların ve moleküllerin özelliklerinin değişmesi sonucunda oluşmaktadır. Fotokimyasal etkiler özellikle düşük enerji yoğunluklarında ve uzun ışınlama sürelerinde ortaya çıkarlar. Enerji yoğunluğu arttıkça bu etkiler fototermik etkilere dönüşmektedir (252).

Fototermal Etki: Lazer ışınının dokular tarafından emilimi ile birlikte elektromanyetik ışınlar ısıya dönüşür ve yüzey ısınır. Materyalin kaynama sıcaklığı aşıldığında ise buharlaşma meydana gelir. Sıcaklığın artmaya devam etmesi ile kimyasal parçalanma ve karbonizasyon gözlenir. Doku sıvısının buharlaşması ile dokudan su buharı açığa çıkması sonrasında dokuda hasarlar oluşur ve mine ve dentin dokusu bu şekilde uzaklaştırılabilir (252).

Fotoablatif Etki: 10^7 W/cm² den yüksek seviyede enerjiye sahip ışınların yoğun ve kısa süreli olarak gönderilmeleri sonrasında, materyallerin parçalanması şeklinde oluşmaktadır. Etkileşim süresi az olduğu için ısı enerjisinin çevreye iletilmesi de sınırlı miktardadır (252).

Fotodistribütif Etki: Çok yüksek enerji yoğunluğu ve ultra kısa lazer atımıyla lazer ışığı odağındaki yüksek elektriksel alan sayesinde materyalleri iyonlaştırılabilmektedir. Katı maddeler parçalanmak istendiğinde bu etki kullanılabilir (252).

Lazer cihazının içindeki iki aynadan bir tanesi yarı geçirgendir. İki ayna arasında dolaşan ışığın bir kısmı, yarıgeçirgen ayna sayesinde dışarı çıkar. Bu dışarı çıkan ışık 'lazer' ışığıdır. Lazer ışığının üç temel özelliği vardır:

1. Monokromasi: Işık dalgalarının tümünün aynı renkte olma özelliğidir.
2. Koherens: Bütün ışık parçacıklarının zaman ve yön bakımından aynı fazda olmasıdır.
3. Kolimasyon: Işını oluşturan dalgaların tamamen birbirine paralel ilerlemesidir (254, 255).

Lazer ışınları üretilirken istenilen dalga boyu belirlenebilmektedir. Bu dalga boyunu lazerin içerisindeki madde etkilemektedir. Lazer enerjisi sürekli, atımlı veya dalgalı şekilde ortaya çıkabilmektedir. Bu şekilde atımlı veya dalgalı şekilde kısa atımlarla ortaya çıkarsa büyük enerjiler meydana gelebilir. Ortaya çıkan enerji bir noktaya odaklandığında da kesme ve delme işlemleri uygulanabilmektedir. Lazer ışınları uygulandığı alana ulaştıktan sonra hızla kaybolduğu için sıcaklık bu alana yayılmamaktadır (256).

Lazer ışını bir dokuya temas ettiği zaman 4 ana durum oluşmaktadır:

1. Yansıma: Işının enerjisi yansıma sonrası dokudan uzaklaşmaktadır.
2. Saçılma: Işın hedef dokudan sapmış ve doku absorbe etmeden komşu dokulara saçılmaktadır.
3. Absorbsiyon: Absorbsiyon sonrası dokuda ısı artışı meydana gelmektedir.
4. İletilme: Işının enerjisi dokudan geçerek altındaki dokulara iletilmektedir (257).

2.4.1.6.1.3. Lazerin Avantaj ve Dezavantajları

Lazer günümüzde diş hekimliğinde, hem yumuşak hem de sert dokularda etkin olması, dokulara direkt olarak temas etmemesi, kanama ya da ağrı olmadan hızlı bir şekilde tedavi edebilmesi nedeniyle ilgi odağı olmuştur (254, 258).

Yumuşak doku cerrahisinde lazerin, konvansiyel yöntem ve elektrocerrahiye göre birçok avantajı vardır. Lazerle yapılan cerrahi işlemlerde dokuya direkt olarak temas etmediği için dokuda şekil bozukluğu olmamaktadır. Cerrahi işlemler tamamen steril şartlarda yapılabilmekte, hemostaz oluşumu ve yara bölgesinin iyileşmesi daha iyi sonuçlar göstermektedir. Ayrıca kullanılan lazer ucu etkinliğini yitirmemektedir. Bu gibi sebeplerden dolayı lazerler yumuşak doku cerrahisinde etkin olarak kullanılabilir. Ayrıca kalp rahatsızlığı ve kanama problemi gibi sistemik rahatsızlığa sahip hastalarda, diş hekimi korkusu bulunan hastalarda ve çocuklarda da tercih edilmektedir (258).

Ancak, lazer cihazının oldukça pahalı olması, doğru ve bilinçli bir şekilde kullanılmadığında hasara sebebiyet verebilmesi ve her vakada uygun olmaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (258).

Lazerin endodontideki kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir:

1. Pulpanın canlılık testlerinde (252),
2. Pulpitislerin ayırıcı tanısında (252),
3. Direkt pulpa kuafajında (252),
4. Vital amputasyonda (252),

5. Kök kanal tedavisinde kök kanallarının şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonu amacıyla (252),
6. Kök kanal tedavisinin yenilemesi esnasında dolgu maddesi artıklarının uzaklaştırılması amacıyla (12),
7. Dentin hassasiyetinin giderilmesinde (259),
8. Endodontik cerrahi uygulamalarında (259) kullanılmaktadır.

2.4.1.6.1.4. Dişhekimliğinde Kullanılan Başlıca Lazer Çeşitleri

Dental işlemlerde kullanılan lazerler; lazerin kullanım şekline göre; gaz veya katı lazer; uygulanan dokunun durumuna göre; sert doku veya yumuşak doku lazeri; lazerin dalga boyuna göre; 1064 nm, 810 nm , 980 nm olarak sınıflandırılabilirler (260) (Tablo 3).

Tablo 3. Dişhekimliğinde kullanılan başlıca lazer çeşitleri ve dalga boyları

LAZER TİPİ	DALGA BOYU
Nd:YAG lazer (Neodmium:Yttrium-Aluminyum-Garnet)	1.064 nm
Diod Lazer	810 nm, 980 nm
Er:YAG (Erbium:Yttrium Aluminum Garnet) lazer	2940 nm
Er,Cr:YSGG (Erbium:Yttrium Scandium Gallium Garnet) lazer	2790 nm
CO ₂ lazer	9300 nm, 9600 nm, 10600 nm
Argon lazer	488 ve 514 nm

2.4.1.6.1.4.1. Nd:YAG Lazer

Neodmium:yttrium-aluminyum-garnet lazer (Nd:YAG lazer), diş hekimliğinde ilk defa 1985'te Dr. Myers tarafından mine üzerinde kullanılmıştır. İlk zamanlarda sadece çürük lezyonlarında ve periodontal cerrahide kullanılırken sonrasında fiber optik uçlar ile kök kanal preperasyonu ve dezenfeksiyonunda da kullanılmaya başlanmıştır (255, 258, 261, 262). Ayrıca günümüzde debrisi ve smear tabakasını uzaklaştırmakta da faydalanılmaktadır (263-265).

Nd:YAG lazer 1064 nm dalga boyuna sahip kristal bir lazerdir. Suyu ve hidroksiapatite iyi absorbe olamadığı için mine ve dentin tarafından da absorbe edilememektedir (263-265).

Nd:YAG lazerler kök kanallarının dezenfeksiyonunu sağlarken, bakterileri direkt öldürerek veya bakterilerin DNA'larını bozarak etki göstermektedir. Bu etkiler ile ilgili iki mekanizma üzerinde durulmaktadır. Birincisi; lazer ışını bakterinin bağlandığı substrat tarafından (dentine 1 mm'ye kadar) absorbe olmakta ve burada meydana gelen ısı nedeniyle mikroorganizmaların canlılığını kaybetmesidir. İkincisinde ise; lazer ışını bakteri tarafından absorbe edilerek mikroorganizma hücresinde hasar meydana geldiği düşünülmektedir (266).

Moritz ve ark. kök kanallarındaki bakteri sayısının Nd:YAG lazer uygulanması ile %99.16 azaldığını gözlemlemişlerdir. Gutknecht ve ark. ise Nd:YAG lazer kullanımı sonrasında kök kanallarındaki *E. Faecalis* sayısının %99.92 azaldığını bildirmişlerdir. Bergman ve ark.'a göre, Nd: YAG lazer NaOCl için alternatif değildir ancak kök kanal dezenfeksiyonu için ilave bir protokol olarak kullanılabilir (267).

Levy ve ark.'nın çalışmasında, SEM ile yapılan değerlendirmelere göre, Nd:YAG lazer uygulamasıyla birlikte kök kanal preperasyonu yapıldığı ve konvansiyonel preperasyona göre daha temiz kök kanal duvarları elde edildiği gözlemlenmiştir (268).

Goodis ve ark. Nd:YAG lazeri kullanarak yaptıkları çalışmada smear tabakasının kaldırılma miktarı ve dentin duvarlarındaki değişiklikler incelemiş ve sonuç olarak duvarlarda yüzey değişiklikleri olduğu bildirilmiştir (264).

Kök kanalı preperasyonu amacıyla Nd: YAG lazerlerin kullanımı üzerine yapılan araştırmaların yerini günümüzde artık endodontide konvansiyonel kemomekanik preperasyona ilave olarak dezenfeksiyon amacıyla kullanımı almıştır.

Farge ve ark. Nd:YAG lazerlerin kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, Nd:YAG lazerlerin kök kanal yenilenmesi sırasında el aletleri ile birlikte kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırmada etkin olduğu ve periodontal dokulara zarar vermediği vurgulanmıştır (269).

Viducid ve ark. Nd:YAG lazerleri çözücü ile birlikte veya tek başına kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırma amacıyla kullanmışlardır. Nd:YAG lazerler güta perkayı yumuşatma açısından etkili bulunmuştur (12).

Anjo ve ark. kök kanalından güta perkayı uzaklaştırmada Nd:YAG lazeri kullanmışlar ve retreatment işlemleri için geleneksel metotlara (gates glidden ve el eğesine) göre daha hızlı bir uygulama olduğunu gözlemlemişlerdir (21).

2.4.1.6.1.4.2. Diod Lazer

Diod lazerlerin dalga boyu 810 nm ve 980 nm'dir (270, 271). Diod dalga boyları öncelikle doku pigmenti ve hemoglobin tarafından emilebilmektedir. Minede bulunan hidroksiapatit ve su tarafından emilimi ise az olduğu için sert dokularda kullanımı kısıtlıdır (272). Periodontal tedavide (abse insizyonu, implantların açığa çıkartılması, frenektomi ve implantitiste) sıklıkla kullanılmaktadır (271).

Günümüzde diod lazerlerin antimikrobiyal özelliklerinin ortaya çıkmasıyla endodontide kullanımı yaygınlaşmıştır. Esnek ve kök kanalına uygun fiber uçlar yardımıyla kök kanallarında kullanılabilir (270, 271).

Diod lazerler suya karşı yüksek (0.68-1 cm) absorpsiyon göstermelerine rağmen, Nd:YAG lazerlerle karşılaştırıldığında dentine daha düşük penetrasyon göstermektedirler (273).

Antimikrobiyal etkinliğinin değerlendirildiği araştırmada Moritz ve ark. diod lazerin (810 nm), 3w gücünde 5 kez 5 saniye (sn) aralıklarla *Esherichia coli* ve *E. Faecalis* üzerindeki antibakteriyel etkisini göstermişlerdir (274).

Asnaashari ve ark. periapikal lezyona sahip 20 hastaya kök kanal dolgusunun yenilenmesi sırasında antibakteriyel etki amacıyla 810 nm diod lazer ve fotodinamik terapi uygulamışlardır. Paper point ile alınan mikrobiyolojik örneklerin incelenmesi sonrasında kök kanal dezenfeksiyonu amacıyla 810 nm diod lazer ve fotodinamik terapi uygulamalarının her ikisinin de etkili olduğu vurgulanmıştır (275).

Jyotsna ve ark. diod lazerin apikal bölgedeki antibakteriyel etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında diod lazer uygulamasının apeksin dışındaki

bakteriler üzerinde de bir etkiye sahip olduğunu ve etki gücünün dişin apikal çap genişliğine göre değiştiğini gözlemlemiştirlerdir (276).

2.4.1.6.1.4.3. Er:YAG ve Er,Cr;YSGG Lazerler

Erbium ailesi 2 farklı dalga boyunda lazerden oluşmaktadır: Er:YAG (2940 nm- Erbium-doped yttrium aluminum garnet) ve Er,Cr:YSGG (2790 nm- Erbium-doped yttrium scandium gallium garnet). Bu lazerler hidroksiapatite ve suya karşı yüksek affinite göstermektedir. Bu yüzden de sert dokular için tercih sebebidir ve çürüğün uzaklaştırılması ile diş preperasyonunda oldukça etkindir. Bu amaçla kullanıldığında anesteziye gerek yoktur (277). Er,Cr:YSGG lazerler mine ve dentinde pürüzlendirme yapabilmektedir. Ayrıca, dentinde ve kök kanallarında da smear tabakasını uzaklaştırabilmektedir (278, 279). Sert doku işlemlerinin yanı sıra, yumuşak dokular da su içerdikleri için bu dokuların uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaları mümkündür (280, 281).

Endodontide, erbiyum lazerler kök kanalı içerisindeki smear tabakasını ve dentin duvarlarındaki biyofilm tabakasını kaldırmada oldukça etkindir (282-284). Erbiyum lazerlerin enerjisi dentin dokusuna 300-400 nm absorbe olabildiği için bakterisit etkinliği oldukça yüksektir (285).

Erbium lazerlerin fototermal ve fotoablasyon etki olmak üzere iki mekanizma ile çalıştığı düşünülmektedir (286). Keller ve Hibst'e göre; dışteki sert dokunun uzaklaştırılması, dişin yapısında bulunan su tarafından lazer ışığının emilmesine bağlı olarak ortaya çıkan mikropatlamalar sayesinde meydana gelmektedir (287). Ancak bu teori kök kanal tedavisinin uzaklaştırılmasındaki klinik koşullarla bağdaşmamaktadır. Çünkü, kök kanal dolgu maddeleri suyun penetrasyonuna izin vermeyen materyallerdir ve dokudaki sıvıyı absorbe etmezler. Bu yüzden kök kanal dolgu maddesinin erbiyum lazerler ile uzaklaştırılma işlemi materyalde bulunan su sayesinde meydana gelen mikropatlamalar ile açıklanamamaktadır. Bunun yerine Keller ve Hibst, kök kanal dolgusunu uzaklaştırma sırasında oluşan fotoablasyon mekanizmasını şu şekilde açıklamışlardır; lazer ışını ile ışınlanan yüzey irrigasyon solüsyonu veya lazer cihazından gelen su

sayesinde ablasyona uğramakta ve güta perka kök kanal duvarlarından ayrılarak kanallardan uzaklaştırılabilmektedir (287).

Ayrıca erbiyum lazerlerin termal etkisi ile kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırıldığı öne sürülmüştür (288). Gümüş içerikli maddeler gibi bazı materyaller su içermemektedir ve Senzui ve ark. bu materyali su kullanarak veya kullanmayarak lazer uygulanması ile uzaklaştırdıklarını bildirmişlerdir (288). Bu çalışmada, su püskürtmesi altında lazer ışınlamasını takiben kök kanalından bulanık kahverengimsi-siyah bir sıvı aktığı gözlemlenmiştir; bu, fotoablasyon etkisine ilave olarak fototermal bir etkinin kök kanal dolgu maddesinin ışınlanmış yüzeyde karbonize edilmesine neden olduğunu düşündürmektedir. Bu araştırma ışığında, Er:YAG ve Er,Cr;YSGG lazerler ile kök kanalı dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında hem fototermik hem de fotoablasyon etkilerinin bir kombinasyonunu içerdiği öne sürülmektedir (289).

Pek çok çalışma, farklı koşullarda kök kanal preparasyonu için erbium lazerlerin potansiyelini, etkinliğini, morfolojik değişiklikleri ve periodontal dokulara olası termal hasarı değerlendirmiştir (281, 289-291).

Shoji ve ark. çalışmalarında, kanalların genişletilmesi ve temizlenmesi için Er: YAG lazer kullanarak, lazer uygulanmadan tedavi edilen örneklerle kıyasla %13 daha temiz bir dentin yüzeyi elde etmiştir (292).

Kesler ve ark., Er: YAG lazer kullanarak yaptıkları çalışmada, çekilmiş dişler üzerinde şekillendirme ve genişletme açısından SEM yardımıyla değerlendirme yapmışlar ve geleneksel sistemden daha hızlı ve daha etkin bir şekillendirme yapıldığını gözlemlemişlerdir. SEM incelemeleri, pulpa kalıntıları ve açık dentin tübülleri olmaksızın, apeksten koronal bölgeye eşit derecede temiz bir dentin yüzeyinin olduğunu göstermiştir (284).

Tachinami ve Katsuomi'nin çalışmasında kök kanal dolgu materyallerini uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmek için Er:YAG lazer kullanılmış ve KIBT ile değerlendirmeler sonrasında Er:YAG lazer uygulaması ile birlikte kök kanalından dolgu materyalinin etkili ve hızlı bir şekilde uzaklaştırıldığı bildirilmiştir (289)

Keleş ve ark. da kanal dolgu materyalini uzaklaştırma amacı ile farklı sistemleri (Er: YAG, Nd:YAG ve foton-indüklü fotoakustik dalgalanma) µBT ile

değerlendirmişlerdir. Kök kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında, NiTi döner aletlerin kullanımı sonrasında ilave sistemler olarak lazerlerin kullanılmasının faydalı olduğunu gözlemlemişlerdir (291).

Gorduysus ve ark. retreatment sırasında kök kanalından dolgu maddelerini uzaklaştırma amacıyla farklı enerji seviyelerindeki Er:YAG lazer ve ultrasonik aletleri karşılaştırmışlardır. Er:YAG lazer, ultrasonik ile karşılaştırıldığında kök kanallarının apeksine ulaşma ve kanal dolgu maddelerini uzaklaştırma açısından yeteri kadar etkili bulunamamıştır (290).

2.4.1.6.1.4.4. CO₂ Lazer

CO₂ lazerlerin sahip olduğu 9300 nm, 9600 nm, 10600 nm dalga boylarının suya affinitesi vardır, bu yüzden de yumuşak dokuların kaldırılması ve hemostaz sağlanması sırasında derin bir penetrasyon sağlamaktadır (293). İmplantların üzerinin açılması, frenektomi, gingivektomi ve bazı ağız içi lezyonların tedavisinde kullanılabilir. Ancak kök kanal dezenfeksiyonu açısından yeterince etkin değildir (278). Absorbsiyon düzeyi diğer lazer çeşitlerinden yüksek olmasına rağmen boyutunun büyük olması, yüksek maliyeti ve sert doku yıkımı gibi dezavantajları bulunmaktadır (294).

Doorne ve ark. tarafından yapılan bir klinik çalışmada periradiküler cerrahi sonrası sterilizasyon amacıyla CO₂ lazer uygulanmıştır. On yedi ay sonra yapılan takip değerlendirmelerine göre, lazer uygulanan dişlerde iyileşme açısından istatistiksel olarak önemli bir fark görülememiştir (295).

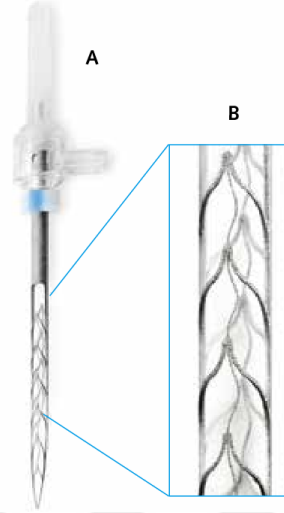
2.4.1.6.1.4.5. Argon Lazer

488 ve 514 nm dalga boyunda ve aktif maddesi argon gazı olan bir lazer çeşididir. Çürük teşhisinde kullanılabilir (296). Hemanjiyom gibi damarlanmaların fazla olduğu durumlarda etkindir (297). Beyazlatma amacıyla kullanıldığında argon lazerler CO₂ lazerlerinden daha etkindir (297).

Moshonov ve ark.'nın argon lazerleri kanal içerisindeki debrisleri uzaklaştırma amacıyla kullandıkları çalışmada, SEM ile yapılan değerlendirmeler

sonrasında, argon lazer kullanılan gruptaki debris miktarının lazer kullanılmayan örneklere göre daha az olduğu gözlemlenmiştir (298).

2.4.1.6.2. Self-Adjusting File (SAF, Re'dent Nova, Ra'anana, İsrail)



Resim 14. Self-Adjusting File (SAF, Re'dent Nova, Ra'anana, İsrail)

<http://www.redentnova.com>

SAF sistemi, minimal invaziv tedavi için tasarlanmış irrigasyon ve preperasyonu birlikte sağlayan tekli bir ege sistemidir. Bu sistem özel bir mikromotor ve egenin aç kısmına doğru sürekli irrigasyon yapılmasını sağlayan irrigasyon pompasından oluşmaktadır (299).

SAF egesi, metal bir şafta sahip olmayan ilk egedir (300, 301). Ege içi boş bir tüpten oluşmaktadır, duvarları ise ince bir nikel titanyum kafesten üretilmiştir. Ege, konvansiyonel nikel titanyum egelerindeki simetrik olarak yerleştirilmiş uçların aksine asimetric bir uca sahiptir. SAF sistemi oldukça esnek ve sıkıştırılabilir, bu yüzden sadece #20 K tipi ege ile prepare edilmiş kök kanallarında bile 1,5 mm kalınlıktaki uca sahip SAF sıkıştırılabilmektedir (300). Bu özel durum sayesinde ege kanalın enine kesitine daha kolay adapte olabilmektedir. Bu ege, 0,2 meziodistal genişliğe sahip bir oval kanala yerleştirildiğinde, 1,5 mm boyutundaki SAF mezio distal olarak sıkışmakta ve egede bukkolingual olarak 2,4 mm'lik genişlik meydana gelmektedir. Klinisyen, kanalın oval oluşunu bilmeyip herhangi bir ayarlama yapmasa bile bu durum gerçekleşir, bu yüzden egenin ismi 'Self-Adjusting File'

olarak tanıtılmıştır. Böyle şekil değiştiren bir ege rotasyon hareketi yapamadığı için RDT (RDT handpiece-heads, Re'dent Nova, Ra'anana, İsrail) motoru yardımıyla içeri ve dışarı vibrasyonlar şeklinde hareket etmektedir (300).

SAF'ın mekanizmalarından biri olan RDT motoru iki mekanik fonksiyona sahiptir. Bu mikromotor 0.4 amplitude aşağı-yukarı vibrasyonla hareket etmekte iken, aynı zamanda kanal dışında yavaşça rotasyon yapmakta ancak kök kanalı içerisinde kanal duvarlarına temas ettiği an rotasyonu durdurmaktadır.

SAF ile birlikte VATEA (Re'dent Nova, Ra'anana, İsrail) irrigasyon pompası da kullanılmaktadır. VATEA 500 ml'lik bir irrigasyon rezervuarı içeren kendi kendine irrigasyon yapabilen peristaltik bir pompadır (300). SAF egesi polietilen bir boru içermektedir, bu yüzden irrigasyon ajanı egenin içerisinden kök kanalına kolaylıkla ulaşabilmektedir. Irrigasyon ajanı tüpe dakikada 1-10 ml arasında ulaşabilmektedir, ancak önerilen hız ise dakikada 4 ml dir (299).

SAF'ın kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla veya kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında ilave olarak kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır (302-305).

Voet ve ark. kurvatürlü dişlerde yaptıkları çalışmada PTUR ile kök kanal dolgularının uzaklaştırılmaları sonrasında SAF uygulayarak veya uygulamayarak kalan dolgu artık miktarlarını kesit alma yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada kurvatürlü kök kanallarında apikalden dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasının oldukça zor olduğu vurgulanmış ve ilave basamak olarak SAF kullanımının etkili olduğu bildirilmiştir (305). Abramovitz ve ark.'nın kurvatürlü dişlerde retreatment amacıyla ilave basamak olarak SAF kullandıkları ve kalan dolgu miktarlarının radyografik yöntemle değerlendirdikleri çalışmalarında da Voet ve ark.'nın çalışmasına benzer olarak SAF'ın kök kanal dolgusu uzaklaştırmadaki etkinliği vurgulanmıştır (306) .

Solomonov ve ark.'nın farklı egelelerin kullanıldığı iki grubu karşılaştırdığı retreatment çalışmasında, ilk grupta PTUR sonrası ProTaper Universal egeleleri, 2. grupta ise Profile sonrası SAF uygulanmıştır. Yüksek çözünürlüklü μ BT ile değerlendirilen dişlerde Profile ve SAF'ın uygulandığı grupta anlamlı derecede daha

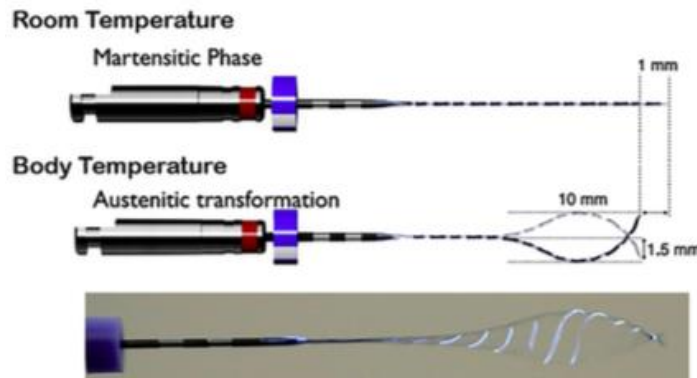
temiz kanal duvarları gözlemlenmiş ve ilave adım olarak SAF'ın kullanımı önerilmiştir (35).

Keleş ark.'nın çalışmasında oval kök kanalına sahip dişlerde kök kanal dolgusu R-Endo eğeleri ile uzaklaştırıldıktan sonra, SAF'ın kök kanal dolgu artıklarını ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği SEM ile incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, tekniklerin hiçbiri smear tabakasını ve kök kanal dolgusunu tamamen uzaklaştırabilmiştir, ancak ilave olarak SAF kullanımı kök kanallarının koronal ve orta üçlüsünde kök kanal temizliğini önemli miktarda arttırmıştır (307).

Pawar ve ark. kök kanal dolgusunun PTUR ile uzaklaştırılması sonrasında ilave basamak olarak WaveOne eğesi ve SAF kullanmışlardır. KIBT yardımıyla yapılan değerlendirmeler sonrasında SAF'ın kullanıldığı grupta önemli miktarda daha az dolgu artığına rastlanmıştır (308).

Yürüker ve ark. yaptıkları çalışmada, PTUR ile kök kanal dolguları uzaklaştırılan dişlerin ilave basamak sonrasında kanal duvar temizliklerini karşılaştırmışlardır. İlave basamak olarak SAF, Resiproc ve H-tipi eğeler kullanılmış ve değerlendirmeler KIBT yardımıyla yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, SAF'ın ilave olarak kullanıldığı grupta istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmediği ancak diğer gruplardaki eğelerden daha etkin olduğu belirtilmiştir (302).

2.4.1.6.3. XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre)



Resim 15. XP-Endo Finisher eğesi

<http://www.fkg.ch/products/endodontics/canal-shaping-and-cleaning/xp-endo-finisher>

Son günlerde XP-Endo Finisher adında yeni bir NiTi ilave temizleme aleti üretilmiştir. XP-Endo Finisher, 0,25 mm apikal boyutunda, tepe açısız bir eğedir ve NiTi MaxWire alaşımından (Martensite-Austenite Electropolish FleX) üretilmiştir. Bu özel alaşımdan dolayı 30 derecenin altında martensit fazda ve düz iken, kök kanalının içerisine yerleştirildiğinde, vücut sıcaklığında alet ostenit faza geçer ve apikal 10 mm de kaşık şeklini alarak lateral olarak 1,5 mm genişir (Resim 15). Bu özelliği, sayesinde, kanal aletinin kök kanal temizliğini dentinden madde kaldırmayarak sağladığı iddia edilmektedir (309).

XP-Endo Finisher eğesinin asıl amacı, kök kanalındaki geleneksel eğelerle zor ulaşılabilen veya ulaşılamayan alanlara temas edip etkili bir şekilde temizleyebilmektir. Endodontide, kalsiyum hidroksit gibi kanal içi medikamentlerin kök kanalından temizlenmesini sağlamak, kök kanalındaki üçlü antibiyotik patını uzaklaştırmak, kök kanalından kalan dolgu artıklarını uzaklaştırmak, smear tabakası ile debris uzaklaştırmak ve kök kanalındaki biofilm tabakasını uzaklaştırıp antibakteriyel etkinliği arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (310).

XP-Endo Finisher'ın kök kanal preparasyonu sonrasında (apikal boyut #25 veya daha fazla), 800 rpm torkta kullanılması önerilmektedir (makale 84). Bu ilave temizleme eğesi, rotasyon sırasında son 10 mm'de, 3 mm boyut artışı gösterebilmektedir. Üretici firmaya göre, aletin ucu sıkıştırıldığında aletin çapı 6 mm kadar genişlemektedir. Bu yüzden XP-Endo Finisher eğesi, kök kanalının içerisine doğru 7-8 mm hareket ettirildiğinde, kök kanalındaki doğal daralmalar ve genişlemeler, aletin ucunda da genişleme ve daralmalara neden olmaktadır. Bu durum aletin kök kanal duvarlarında daha etkili temasını ve irrigasyon solüsyonunun türbülansını sağlamaktadır. Bu yüzden XP-Endo Finisher aleti retreatment vakalarında maksimum dolgu materyalinin uzaklaştırılması için ilave prosedür olarak da tercih edilebilir (237).

Günümüze kadar XP-Endo Finisher eğesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda eğenin debris uzaklaştırma yeteneği (311), bakteriyel ortama etkisi (312-314), kalsiyum hidroksit patlarını (309, 315, 316) ve kök kanal dolgusunu uzaklaştırmadaki etkisi (237) değerlendirilmiştir.

Alves ve ark. kök kanal dolgu mateyalinin uzaklaştırılması üzerine yaptıkları çalışmada, eğri kök kanallarında resiprokal ve döner alet sistemlerinin kullanımı sonrası ilave basamak olarak XP-Endo Finisher'ı uygulamışlardır. Kök kanallarında kalan dolgu artıklarının μ BT ile incelendiği çalışmada, döner aletler, resiprokal aletlere göre daha etkili ve hızlı bulunmuştur. Ayrıca XP-Endo Finisher eğesinin ilave basamak olarak uygulanması sonrasında kök kanal duvarlarından uzaklaştırılan kök kanal dolgu miktarı anlamlı derecede artmıştır (237).

Silva ve ark. oval kanallarda ilave basamak olarak uygulanan eğelerin (XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R) kök kanal dolgusunu uzaklaştırma etkinliklerini μ BT yardımı ile araştırmışlardır. Araştırmanın sonucuna göre, her iki eğe de önemli miktarda kök kanal dolgusu uzaklaştırmış ancak daha önceki araştırma sonuçlarına benzer şekilde kök kanal dolgusunun tamamı uzaklaştırılmamıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre, XP-Endo Finisher eğesi kalan kök kanal dolgu artıklarını %66 azaltmaktadır (317).

Karamifar ve ark. retreatment sırasında kullanılan aletlerin etkinliklerini inceledikleri çalışmada el aletleri, RaCe eğesi ve RaCe eğesi sonrasında ilave basamak olarak XP-Endo Finisher eğesi kullanmışlardır. Kesit alma yöntemi ile yapılan incelemeler sonrasında, döner aletler kök kanallarının uzaklaştırılmasında el aletlerine göre daha etkili bulunmuştur. Ayrıca, XP-Endo Finisher eğesi uygulanan grupta daha temiz kök kanal duvarları gözlemlenmiştir (318).

2.4.2. Kimyasal Yöntemler

İyi kondanse edilmiş güta perkanın uzaklaştırılması için mekanik yöntemlerden yararlanılması, güta perkanın bir bütün olarak çıkartılması için daha etkilidir. Ancak, bazen güta perka çözücülerin kullanılmasını gerektiren durumlar olabilir. İyi kondanse edilmemiş kanal dolgularında, çözücülerin kullanımı, ısı kullanımına göre daha etkili ve hızlıdır (166).

2.4.2.1. Güta Perka zcler (Solventler)

Güta perka çözücülerinin, güta perkanın yumuşaması ve uzaklaştırılmasına yardım ettiği için kullanımı uzun yıllardır savunulmaktadır (166).

2.4.2.1.1. Kloroform

Kloroform, güta perkanın uzaklaştırılmasında yıllardır en etkili çözücü olarak gösterilmektedir. Ancak araştırmacılar tarafından bu çözücünün periapikal dokular üzerinde sitotoksik ve karsinojen etkileri olduğu bilinmektedir (166, 319-321). Ancak bu konu ile ilgili yeterli kanıt yoktur ve kloroform kullanımını üreticiler hala önermektedirler (322).

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) 1976 yılında kloroformun grup 2B karsinojen olduğunu bildirmiş ve ilaç ve kozmetikte kullanımını yasaklamıştır. Ancak diş hekimliğinde bu çözücünün kullanımıyla ilgili herhangi bir yasak bulunmaktadır (323).

Chutich ve ark. kloroform, ksilen ve halotan'ın retreatment sırasında apikalden taşan miktarları ile toksik etkilerini incelemişler ve taşan miktarların toksik dozun altında olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, dikkatli kullanıldığında kloroform'un güvenli ve etkili bir çözücü olduğunu göstermişlerdir (324).

Mc Donald ve Vire, kloroform'un klinik kullanımda çalışanların sağlığı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, dikkatli kullanımda kloroform'un diş hekimi ve yardımcılarının sağlığı üzerinde herhangi bir zararlı bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir (322).

Tamse ve ark. ile Wennberg ve Orstavik farklı güta perka çözücülerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, kloroform'un en etkili çözücü olduğunu belirtmişlerdir (164, 319).

Keçeci ve ark. döner sistemlerle birlikte kloroform kullanıldığında, işlemlerin hızlandığını ve alet kırılma riskinin azaldığını göstermişlerdir (325).

Jain ve ark. kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında çekilmiş dişlerde kloroform kullanarak veya kullanmayarak ultrasonik irrigasyon

uygulamışlar ve kanal duvarlarının temizliğini SEM ile değerlendirmişlerdir. Kloroform kullanılmayan grupta kök kanal duvarlarının daha temiz olduğu bildirilmiştir (326).

Sağlam ve ark.'nın kurvatürlü dişlerin kullanıldığı retreatment çalışmasında Endosolv R ve kloroform çözücülerinin etkinlikleri μ BT ile değerlendirilmiştir. Kalan dolgu miktarı açısından iki grup arasında fark olmadığı gözlemlenmiştir (327).

Khalilak ve ark. el aletleri ve döner aletlerine ilave olarak kloroform kullanarak veya kullanmadan kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmıştır. Bütün gruplar arasında kalan dolgu maddesi miktarı açısından bir fark gözlenmezken, kloroform kullanımının tedavi süresini kısalttığı vurgulanmıştır (328).

Kloroformdan daha az toksik etkisi olan çözücüler ise şu şekilde sıralanabilir (11, 16, 164, 319, 320, 329-334):

- ökaliptol
- ksilen/ksilol
- metil kloroform
- tetrahidrafuran
- metilen klorid
- halotan
- turpentin
- portakal yağı

2.4.2.1.2. Ökaliptol

Çalışmalar ökaliptolün kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması açısından değerlendirildiğinde en az etkili olan çözücü olduğunu bildirmektedir. Antibakteriyel ve antienflamatuar etkisi ile birlikte toksik etkisi de bulunmaktadır (164, 319).

Trevisan ve ark. farklı kanal patları kullanılan örneklerde pasif ultrasonik irrigasyon ile birlikte ökaliptol ve portakal yağının kanal patlarını çözme etkinliğini incelemişlerdir. Kullanılan her iki çözücü ile pasif ultrasonik irrigasyon uygulanması çinko oksit esaslı kanal patlarının çözünmesinde etkili bulunmuştur (335).

Karataş ve ark. retreatment sırasında çözücü olarak kloroform, portakal yağı ve ökaliptol kullanarak kök kanallarında oluşan transportasyon miktarlarını değerlendirmiştir. KIBT ile değerlendirilen kök kanallarında en fazla transportasyon kloroform kullanılan grupta gözlemlenmiştir (336).

Horvath ve ark. güta perkanın uzaklaştırılmasının ardından dentin tübüllerinin temizliğini SEM ile değerlendirmiştir. Çözücü olarak ökaliptol ve kloroform kullanılmış ve her iki çözücünün kök kanal duvarlarında ve dentin tübüllerinde daha fazla artık madde kalmasına neden olduğu vurgulanmıştır (337).

Scelza ve ark. retreatment esnasında GG frezlerle oluşturulan rezervuarlara kloroform, portakal yağı ve ökaliptol uygulamışlar ve arta kalan dolgu maddesini SEM ile değerlendirmişlerdir. Kalan dolgu miktarı açısından çözücüler arasında fark gözlenmemiştir (338).

Zakariasen ve ark. ısı kullanımı ile birlikte ısıya dayanıklı bir ökaliptol formunu retreatment esnasında kullanmışlar ve bu kombinasyonun kök kanal dolgu maddesini daha hızlı ve daha fazla miktarda uzaklaştırdığını bildirmişlerdir (320).

2.4.2.1.3. Ksilol

Ksilol, kloroforma göre daha az toksik olup kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında alternatif olarak gösterilebilir. (164, 319).

Della Nina ve ark. kloroform, ksilol, ökaliptol, turpentin, eter, aseton ve benzinin 30 dakikada güta perkayı yumuşattığını bildirmişler ve en etkili olan çözücünün ksilen, en yavaş etkiye sahip olanların ise turpentin ve aseton olduğu vurgulanmıştır (339).

Filho ve ark. portakal yağı, ksilol, ökaliptol ve d-limon çözücülerini güta perkanın yumuşama etkinliği açısından değerlendirmişler ve ksilolün en etkili çözücü olduğunu bildirmişlerdir (340).

2.4.2.1.4. Metil Kloroform

Wennberg ve Orstavik'in çalışmasında, kloroformun kanıtlanmış sitotoksik etkilerinden dolayı, kloroforma alternatif olarak kullanılabilir çözücülerden metil kloroform, metilen klorid, tetrahidrofuran, ksilol ve ökaliptol test edilmiştir. Hem sağlık açısından hem de güta perka çözünürlüğü açısından, metil kloroform kloroforma en iyi alternatif olarak gösterilmiştir (319).

Friedman ve ark. göre ise, metil kloroformun çözücülük etkisi kloroformdan az, ksilen ve ökaliptoldan ise daha yüksektir (166).

2.4.2.1.5. Halotan

Halotan, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kullanıldığında toksik değildir ve kloroforma oranla daha güvenlidir. Ancak, solunum depresyonu oluşturma riski nedeniyle dikkatli kullanılmalıdır (331).

Ladley ve ark. kloroform ve halotan ile ultrasonik alet veya el aletleri ile kanal dolgu maddesi uzaklaştırılmış ve taşan debris ile kalan dolgu maddesi miktarı açısından fark bulamamıştır. Halotan, kloroforma alternatif olarak gösterilmiş, hız ve temizleme etkinliği açısından en az onun kadar etkili bulunmuştur. Ökaliptol ile karşılaştırıldığında ise ondan iki kat daha etkili olduğu görülmüştür (11).

Görduysus ve ark. da halotanın kloroform ve ksilene eşit miktarda ve kabul edilebilir bir alternatif olduğunu belirtmişlerdir (341).

2.4.2.1.6. Turpentin

Turpentin çözücülük etkisi çok az ve kloroform ve halotandan daha toksik olan bir çözücüdür (329).

Kaplowitz ve ark. 17 adet organik çözücüyü dişlerde 37⁰C de 10 dakika boyunca bekletip güta perkanın çözünme miktarını test etmişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre kloroform ve turpentin güta perkayı çözmede oldukça etkili bulunmuştur. Yine Kaplowitz oda sıcaklığında turpentinin güta perkayı yumuşatma

etkinliğini değerlendirmiş, ancak oda sıcaklığında etkili olmadığını ve sıcaklığın 158⁰F'a yükseltildiğinde güta perkanın tamamının yumuşadığını bildirmiştir (342).

Barbosa ve ark. 5 ml kloroform, halotan ve turbentinin içerisinde 2.5 gram güta perka çözdürüp ve fare fibroblast hücre kültürü üzerine yaymışlardır. Çalışmanın sonucunda tüm çözücülerin toksik olduğu bildirilirken turbentinin, kloroform ve halotandan daha yüksek toksisiteye sahip olduğu gözlemlenmiştir (329).

2.4.2.1.7. Portakal Yağı

Hansen, ökaliptol, portakal yağı, kloroform ve ksilen'in güta-perka ve farklı kanal patları üzerindeki çözücülük etkinliklerini incelemiştir. Araştırmacı, kullanılan çözücülerin hepsinin güta perka'yı kabul edilebilir düzeyde çözdüğünü, ancak AH 26 kanal patını sadece kloroformun çözdüğünü bildirmiştir (334).

Limongi ve ark. ökaliptol ve portakal yağının etkilerini kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılması açısından değerlendirmişlerdir ve ökaliptol, portakal yağına göre daha etkili bulunmuştur (343).

Oyama ve ark. güta perka ve kanal patı ile doldurulan kök kanallarında kloroform, ksilol, halotan, ökaliptol ve portakal yağını 5 dakika boyunca bekletmişlerdir. Ksilol ve halotan kök kanalının apeksine doğru en az miktarda penetre olan çözücüler olmuştur (344).

Pecora ve ark. portakal yağı ve kloroformun etkinliklerini güta perka ve kanal patı ile doldurulan dişlerde değerlendirmişler ve portakal yağı kullanılarak kök kanal dolgusunun çözünmesinin daha hızlı olduğu bildirilmiştir (345). Scelza ve ark.'nın fareler üzerinde yaptıkları araştırmaya göre kloroform, ökaliptol ve portakal yağına fareler 30 dakika boyunca maruz bırakılmıştır. Tüm çözücülerin sitotoksik olduğu bildirilirken, portakal yağı daha az sitotoksikite göstermiştir (346).

Philips ve Vizioli, kloroform, ökaliptol ve portakal yağının etkilerini farelerdeki subkütanöz dokularda değerlendirdiklerinde portakal yağı en az iritan madde olarak tanımlanmıştır (347).

Rehman ve ark. retreatment esnasında kloroform ve portakal yağının etkinliklerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir (348).

2.5. Tekrarlayan Kök Kanal Tedavisi Çalışmalarında Kanal Duvarlarının Temizliğinin İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

2.5.1. Radyografik Yöntem

Günümüze kadar yapılan çalışmaların birçoğunda kök kanal duvarlarındaki artık dolgu miktarını incelemek amacıyla radyografik yöntemler kullanılmıştır (349).

Bu yöntemde bukkolingual ve mezio-distal yönden alınan radyografiler dijital ortama aktararak bilgisayar üzerinde incelemeler yapılmaktadır. Aktarılan görüntüler kök kanal boşluğu ve kalan dolgu maddesi miktarının sınırları belirlenerek değerlendirilmektedir. Ancak bu yöntemin en önemli dezavantajı üç boyutlu yapıların, iki boyutlu olarak aktarılmasıdır. Ayrıca üst premolar gibi dişlerde anatomik varyasyonlar nedeniyle kalan dolgu maddesi gerçekte olduğundan daha fazlaymış gibi görüntü verebilir ve bu durum hatalı değerlendirmelere neden olabilir (24).

Keçeci ve ark. kalan kök kanal dolgusunu radyografik yöntemle değerlendirirken, bu yöntemin iki boyutlu değerlendirmeye olanak tanıdığını ancak çalışmada çekilmiş dişlerde çalıştıkları için üçüncü boyutun meziodistal açıdan görüntülendiğini belirtmişlerdir (173).

Schirrmeister ve ark.'na göre, radyografiler iki boyutlu olduğundan gerçek değerlendirmeler yapılamaz, kanal patı güta perkadan ayırt edilemez ve görüntüde distorsiyonlar olabilir. Ayrıca radyografilerin kalan tüm dolgu maddesini gösteremediği de bilinmektedir (350).

Cunha ve ark.'nın çalışmasında retreatment sonrası kök kanal duvar temizliği değerlendirilirken bukkalingual ve meziodistal yönlerden çekilen radyografilere ilave olarak SEM ile de incelemeler yapılmıştır. İlave değerlendirme yöntemi kullanılmasınensebabini ise radyografik yöntemlerin kök kanal sisteminde kalan dolgu miktarını belirlemede yetersiz kalması ile açıklamaktadırlar (351).

2.5.2. Şeffaflaştırma Yöntemi

Şeffaflaştırma yöntemi dişlerin anatomisini (352), eğerlerin preperasyon etkinliklerini (353), post tasarımı ve dişlerde kırık oluşumuna etkilerini (354), kök kanal dolgusunun kalitesini (355), retreatment sonrası kalan dolgu miktarını (15) incelemek için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır. Bu yöntem ile dişler, nitrik asit ile dekalsifikasyon, alkol ile dehidrasyon ve metil salisilat ile şeffaflaştırılmaktadır. Dişlerin bukkolingual ve meziodistal yönlerde steromikroskop altında büyütme ile fotoğrafları alınıp analiz programında incelenerek kanal duvarlarında kalan dolgu miktarları değerlendirilmektedir (25).

Şeffaflaştırma yönteminin dezavantajları arasında, diş yapısında invaziv değişiklikler yapması ve kök kanalı morfolojisi ile kalan dolgu madde miktarını doğru bir şekilde yansıtamayabilecek şekilde artefaktlar yaratması sayılmaktadır (356).

Schirrmeister ve ark.'na göre şeffaflaştırma yöntemi kalan dolgu maddesini değerlendirmek için ucuz ve etkili bir yöntemdir. Ayrıca kanal duvarlarındaki gütü perka ve kanal patını ayırt etmek için yeterli hassaslığa sahiptir (350).

2.5.3. Kesit Alma Yöntemi

Bramente tarafından geliştirilen bu teknikte, apiko-koronal yönde köklerden kesitler alınır ve bu kesitlerden steromikroskop altında görüntüler alınıp yazılım programı ile ölçümler yapılmaktadır. Ancak kesit alma sırasında dolgu maddesinde meydana gelebilecek kayıplar ve uygulamaların tekrarlanamaması bu yöntemin dezavantajları arasında gösterilmektedir (26).

De Carvalho ve ark. kalan dolgu maddesini belirleme amacıyla kesit alma yönteminin, radyografik yöntemi göre daha kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir. Endodonti alanında kesit alma yöntemi kullanılarak yapılan araştırmalarda dişlerden genellikle horizontal yönde kesitler alınmışken (357), Yücel ve ark. daha büyük alanın incelenmesine olanak vermesi açısından kesitleri kanalın uzun aksı boyunca vertikal olarak, kanalın tam orta noktasından geçen hat boyunca almışlardır (358).

2.5.4. Muflalama Yöntemi

Bu yöntem, dişler rezin blok içerisine gömüldükten sonra bu bloğu saran alçı ile birlikte bir mufla oluşturma işlemidir. Dişlerden yatay kesitler alınarak bu kesitler tekrar mufla içerisine konulur ve preperasyon öncesi ve sonrasında alınan görüntüler ile ölçüm yapılmaktadır. Bu yöntem genellikle kanal sapmaları hakkında bilgi verse de retreatment çalışmaları için de kullanılabilir (359).

Rodrigues ve ark. ile Aydın ve ark. kalan kök kanal dolgusunu incelemek amacıyla bu yöntemden yararlanmışlardır (359, 360).

2.5.5. Dental Operasyon Mikroskobu

Dental operasyon mikroskobu, görünürlüğü ve aydınlatmayı artırması nedeniyle rutin endodontik işlemler için sıklıkla kullanılmaktadır (361-363). Endodontik amaçlı dental operasyon mikroskobu kullanmanın avantajları, operatörün kök kanal sistemini incelemesini ve daha etkili bir şekilde temizleyip şekillendirmesini sağlayıp kök kanal anatomisinin büyütülmüş şekilde görüntüleyebilmesidir (364). Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasından sonra kalan dolgu maddesi artıkları mikroskop kullanılarak görüntülenebilmektedir. Kök kanal yenilenmesi sonrasında dental operasyon mikroskoplarını kullanarak kalan dolgu maddesinin tespit edilmesine ilişkin literatürde çok az bilgi bulunmaktadır (365, 366).

Baldassari-Cruz ve Wilcox'un çalışmalarında, dental operasyon mikroskobu kullanılmadan yapılan retreatment tedavileri sonrasında kök kanal duvarlarının % 8.3'ünde kanal dolgu maddesi bulunduğu ancak dental operasyon mikroskobu kullanıldığında bu farkın %7.3 olduğu bildirilmiştir (365).

Dental operasyon mikroskobu yönteminde dişlerden kesit alınması veya şeffaflaştırılması sonrasında da mikroskobun geliştirilmiş büyütme (15X) ve aydınlatma özelliklerinden faydalanılarak görüntüler alınıp kök kanalı değerlendirilebilmektedir. Dental operasyon mikroskobu özellikle eğri kanallarda kalan güta perka miktarının incelenmesinde pratik bir yöntem değildir, daha doğru sonuç için ilave olarak radyografik değerlendirmeler de gerekmektedir (23).

2.5.6. Tarama Elektron Mikroskobu (SEM)

Tarama Elektron Mikroskobu (SEM), görüntülerin bölgesel olarak detaylı incelenmesi esasına dayanarak çalışmaktadır.

SEM ile görüntü alma işlemi yüksek hızlardaki elektronların, incelenecek örnek üzerine gönderilmeleri esasına dayanmaktadır. Bu hızlandırılmış elektronlar yüzey üzerinden saçılırlar. İncelenecek cismin elektron akışına izin verebilmesi için iletken bir materyal olması gerekmektedir. Eğer cisim iletken değilse 20-1000 nm kalınlığındaki Au veya Cu ile kaplanmaktadır (367).

SEM endodontide özellikle preparasyon ve retreatment çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (27). Literatürde özellikle, dentin tübüllerindeki dolgu maddesini değerlendirmek amacıyla farklı büyütmelerde alınan SEM görüntülerinden faydalanılmaktadır (221, 337, 338).

Keleş ve ark. kalan dolgu miktarını değerlendirmek amacıyla SEM ile yaptıkları incelemede X100 büyütme kullanmışlardır (307).

Bernardes ve ark. kalan dolgu maddelerini incelemek amacıyla μ BT ve SEM analizlerini kullanmışlardır. μ BT analizleri birçok yönde gelişmiş olsa da, dentin tübüllerindeki smear tabakası ve debris miktarını değerlendirmede SEM'den de yararlanılmalıdır (16, 221).

2.5.7. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Endüstri ve tıpta birçok alanda yaygın olan BT, ilk kez 1990'lı yıllarda Tachibano ve Matsumoto (28) tarafından diş hekimliğinde dişlerden kesit alma amacıyla kullanılmıştır (368). 1993 yılında BT ile dişlerden 1 mm kalınlığındaki kesitler elde edilebilmiş ve devamında yapılan çalışmalarda da BT yardımı ile mine kalınlığı, yüzey alanı, hacmi, transportasyon değişimleri incelenebilmiştir (369-373). BT'nin diş hekimliği ile ilgili en önemli dezavantajı, rezolusyonunun ve odaklanmasının diş için yetersiz kalmasıdır. Bu yüzden elde edilen kesitler en düşük 0,6 mm boyutunda alınabilmekte, ancak bu kesit kalınlığı üç boyutlu rekonstrüksiyon açısından yetersiz kalmaktadır (28).

2.5.8. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

KIBT, bir X-ışını kaynağı ve sabitlenen dedektörden meydana gelmektedir. İyonize radyasyon kaynağı, hastanın veya cismin karşı tarafındaki alanın orta noktasına yönlendirilmektedir. X-ışını kaynağı ve dedektörü sabit bir dayanak etrafında dönmekte ve görüntü ortaya çıkmaktadır. KIBT, 2 boyutlu görüntülerin yerini almak yerine, daha özel uygulamalar ve araştırmalar için tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılmaktadır (374, 375). Normal BT'den 15 kat az radyasyon dozu ve daha kısa sürede (10-70 saniye) kesit alabilen KIBT klinik uygulama için daha uygundur (374, 375). KIBT endodontide, preoperatif değerlendirme, periapikal patolojileri incelemede, kök kırıklarında ve kök rezorbsiyonlarında, postoperatif değerlendirmede, kök morfolojilerini ve kök kanal sayılarını incelemede, kök kanalındaki artık madde miktarının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (29).

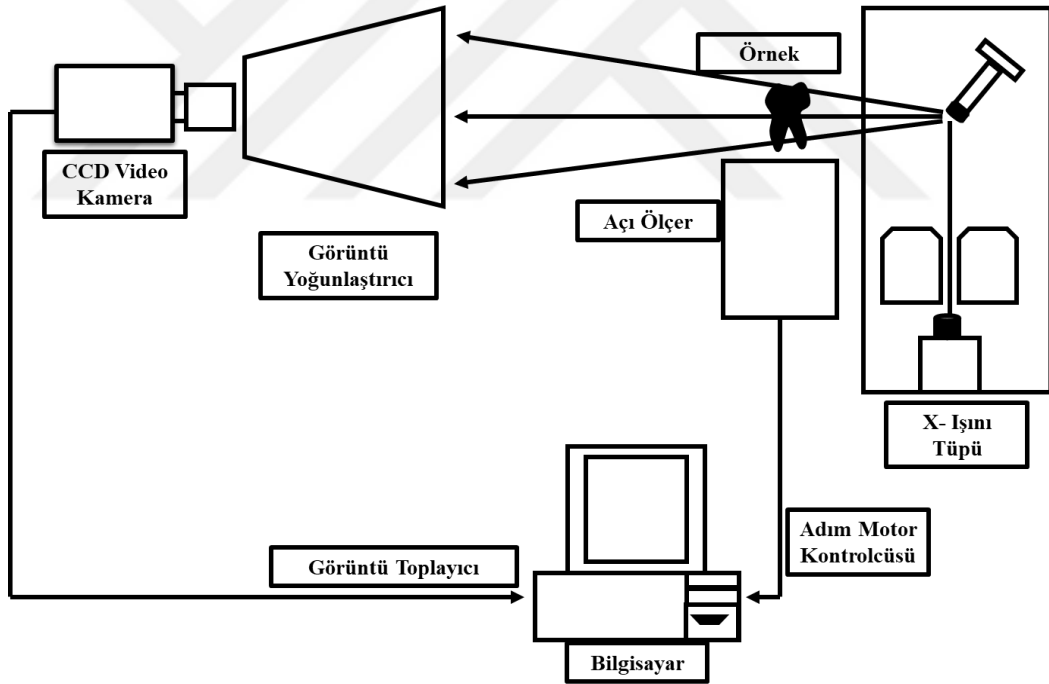
KIBT, kalan dolgu maddeleri ayırt edebilmek için kolay, etkili ve hassas bir yöntemidir. Dişlerde herhangi bir hasar meydana gelmeden üç boyutlu değerlendirmelere izin vermektedir. Kalan kanal dolgu maddesinin miktarını değerlendirirken retreatment öncesinde ve sonrasında görüntüler alınarak değerlendirmeler yapılmaktadır (376).

2.5.9. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT, μ BT)

İlk üç boyutlu görüntülemeler iki boyutlu aksiyel kesitlerin üst üste eklenerek üç boyutlu rekonstrüksiyonlarının yapılmasıyla gerçekleşmekteydi. Bu durum tarama zamanının uzamasına, görüntü distorsiyonlarına, artefaktlara ve görüntünün çözünürlüğünün çok düşük olmasına neden olmaktaydı. İlerleyen yıllarda daha az radyasyon dozu ile birlikte daha iyi görüntü kalitesine sahip cihazlar geliştirilmeye başlanmıştır (377). 1980'lerin başında Jim Elliott tarafından geliştirilen mikro bilgisayarlı tomografi (μ BT, mikro-BT) cihazlarında 5-50 nanomikron kalınlıkta kesitlerle yüksek çözünürlüklü tarama yapılabilmektedir (30, 378). Jim Elliot μ BT ile ilk kez tropik bir yılını 50 nanomikron çözünürlükle incelemiştir. 1999 yılında ise Rhodes endodontide μ BT'yi heyecan verici bir alet olarak tanımlamış ve ilk kez kesit almada kullanmıştır (379).

Bilgisayarlı tomografilerde, X-ışınının meydana getirdiği görüntüyü bilgisayara aktararak vücut kesitler şeklinde görüntülenebilmektedir. Bu tomografiler 1-2 mm kalınlıkta kesit meydana getirmektedirler. Örneklerden alınan kesit sayısının çokluğu (kesitlerin kalınlığının ince olması) görüntü çözünürlüğünde artış sağlamaktadır (378). Bilgisayarlı tomografilerle 1 mm^3 voksel boyutlarında tarama yapılırken, mikro bilgisayarlı tomografilerle $5-10 \text{ }\mu\text{m}^3$ voksel boyutlarında tarama yapılarak daha iyi bir çözünürlük sağlanmaktadır. Bu da μBT ile alınan görüntülerde bilgisayarlı tomografiden 1.000.000 defa daha küçük alanların görülebilmesine olanak tanımaktadır. Bu, devrim niteliğinde bir gelişme olarak kabul edilmiştir (380, 381).

μBT cihazı X-ışını tüpü, örneği düzenli olarak çeviren bir motor, görüntü yoğunlaştırıcı, X-ışınlarını görüntüye çeviren bir CCD kamera, görüntü toplayıcısı ve bilgisayardan meydana gelmektedir (379) (Şekil 1).



Şekil 1. μBT 'nin şematik görüntüsü

μBT ile BT karşılaştırıldığında; BT'de X-ışını kaynağı ve dedektör hasta etrafında dönerek vibrasyon meydana gelmektedir, μBT 'de ise bunlar sabit olup, görüntüsü çekilmek istenen cisim kendi etrafında döndürülür. Bu yüzden vibrasyon azalarak, çözünürlük artmaktadır (382).

μ BT'den elde edilen görüntüler bilgisayar programları aracılığıyla üç boyutlu görüntülere dönüştürülmektedir. Bu işleme rekonstrüksiyon aşaması denilmektedir (30). Rekonstrüksiyon aşamasında yüzey modellemesi ve katı modelleme olmak üzere iki ayrı modelleme biçimi seçilebilmektedir. Sıklıkla kullanılan yüzey modellemesi sırasında kesitleri oluşturan dış kenarlar her kenar için ayrı ayrı tesbit edilip bu kenarlar bilgisayar ortamında tamamlanarak cisim tekrar oluşturulmaktadır. Bilgisayardaki programlar kullanılarak modelleme işlemi bitirildikten sonra üç boyutlu örnekler ile kalitatif ve kantitatif ölçümler yapılabilmektedir (368).

Günümüzde μ BT, kök kanal morfolojisini değerlendirmede (383, 384), kök kanal preperasyonu incelemesinde (385-387), retreatment işlemleri sonrasında kök kanalında kalan artık madde miktarını değerlendirmede (31, 388), kafa ve yüz gelişiminin incelenmesinde (389), implant ve çevresindeki kemiğin değerlendirilmesinde (390, 391) ve mine kalınlığının ölçülmesi (370) gibi birçok alandaki *in vitro* çalışmalarda kullanılabilir. Kaya, kemik, seramik, metal ve yumuşak doku gibi dokuları inceleme yeteneğine sahiptir (392).

μ BT'nin maksillofasial bölgede diğer kullanım alanları ise; *in vitro ve in vivo* küçük boyuttaki hayvanların görüntülenmesi (393), insan derisi örneklerinin incelenmesi, trabeküler kemik yapısının görüntülenmesi (394), membranöz kemik yapısının incelenmesi (395), tümör görüntülenmesi (396) olarak sıralanabilir.

μ BT son yıllarda doku iskeletini değerlendirme, polimerik ve kalsiyum fosfat iskeletlerde kemik büyümesini incelemek için kullanılmıştır. Aynı zamanda, bu taramalar ile doku yıkımı esnasında materyalin tam olarak nerede kaybedildiği incelenerek yapısal değişikliklerin belirlenmesi de sağlanmaktadır (397).

Kök kanal duvar temizliğini incelerken μ BT yardımıyla elde edilen veriler ile, kök kanal dolgu maddesi uzaklaştırılmadan önce ve sonra, kök kanalları hacim ve yüzey alanı açısından değerlendirilebilmektedir. Ayrıca μ BT, preperasyon ve kök kanal yenileme öncesi ve sonrasında kök kanal konfigürasyonu ve kanal anatomisindeki değişiklikler, kalan dentin miktarı, kök kanal dolgusunun homojenitesi hakkında da bilgi verebilmektedir (30).

Kanal dolgu materyallerinin kök kanalından uzaklaştırılmasının, dolguların uzaklaştırılması için kullanılan aletlerin etkinliğinin, uzaklaştırma öncesi ve

sonrasında kaldırılan dentin miktarı ve kanal hacminin niceliksel değerlendirilmesi kullanım alanlarındandır (31, 32).

μ BT yöntemi, *in vitro* endodontik çalışmalarda tercih ediliyor olmasına rağmen, klinik uygulama için kullanılamamaktadır. *In vivo* çalışmalara uygun olabilmesi için çalışmalara devam edilmektedir (398). Bunun dışında, μ BT taraması ve rekonstrüksiyon oluşturulması için uzun bir süreye ihtiyaç duyulması ve yöntemin pahalı olması, örnek sayısının azaltılmasına yol açan bir dezavantajdır (379).

Hammad ve ark. (31), Roggendorf ve ark. (32), Ma ve ark. (33), Rodig ve ark. (34), Solomonov ve ark. (35), Rechemberg ve ark. (399), Asheibi ve ark. (400), Cavenago ve ark. (401), Fruchi ve ark. (236), Helvacıoğlu Yiğit ve ark. (230), Keleş ve ark. (307), Rödig ve ark. (402), Sağlam ve ark. (327), Şimsek ve ark. (303), Keleş ve ark. (291), da Rosa ve ark. (231), Bernardes ve ark. (403), Jiang ve ark. (404), Monguillot Crozeta ve ark. (238), Monguillot Crozeta ve ark. (37), Zuolo ve ark. (405) kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında farklı materyallerin ve uygulamaların etkinliklerini μ BT yardımıyla değerlendirmişlerdir (406).

2.6. Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılması Sonrasında Kanal Hacminde Meydana Gelen Değişiklikler

Retreatment vakalarında kök kanallarının ilave preperasyonu etkili temizleme, irrigasyon ve kök kanal dolgusunun ideal olarak tamamlanması için gereklidir. Ancak kök kanallarının aşırı zayıflamasını, vertikal kök kırıklarını ve perforasyonları engellemek için kanal hacminin fazla artışından ve fazla dentin uzaklaştırılmasından kaçınılmalıdır (184).

Kök kanallarının ilk kez preperasyonunda kanal hacim artışı ve dentin uzaklaştırılma miktarı μ BT kullanılarak birçok çalışmada araştırılmıştır (379, 387, 407-409).

Rhodes ve ark. 9 adet alt molar dişte kök kanal tedavisi öncesi ve sonrasında μ BT görüntülemeleri yaparak hacim artış miktarlarını değerlendirmiştir. Yapılan incelemeler sonrasında preperasyon sonrasında kanal hacminde ortalama %28 artış olduğunu bildirmişlerdir (379).

Rubio ve ark. WaveOne Gold eğesi ile birlikte 10 eğenin kesme etkinliğini AutoCAD programı yardımıyla kıyaslamışlardır. Neoniti (Neolix, Chatres-La-Forêt, Fransa) ve Hyflex EDM (Coltene, Altstätten, İsviçre) eğelerinin kök kanalından daha fazla dentin uzaklaştırdığı bildirilmiştir (410).

Lacerda ve ark. SAF, TRUShape (Dentsply Sirona, Tulsa, OK), ve XP-Endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) eğelerini temizleme ve preperasyon etkinliklerini μ BT ve histolojik çalışma ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre kök kanallarındaki hacim artış miktarları arasında bir fark bulunamamıştır (411).

Zuolo ve ark. BioRace, Reciproc, SAF and TRUShape eğelerinin ilk preperasyondaki etkinliklerini değerlendirmişlerdir. BioRace eğesi kullanıldığında dokunulmadan kalan bölge fazla iken, Resiproc ile en fazla dentin uzaklaştırılmış ve kanal hacminde en fazla artış meydana gelmiştir (412).

μ BT kullanılarak kök kanallarının retreatment sonrasında kanal hacim artışı ve dentin uzaklaştırılma miktarı literatürde daha az araştırılmıştır (34, 402).

Rödig ve ark. (34), PTUR, D-Race ve Hedström eğelerinin retreatment sırasındaki dentin uzaklaştırma miktarlarını μ BT ile değerlendirmişlerdir. PTUR, D-Race kullanılan dişlerde, Hedström eğe kullanılan örneklere göre iki kat daha fazla dentin uzaklaştırıldığı bildirilmiştir. Yine Rödig ve ark. (402), PTUR, Resiproc ve Hedström eğelerinin retreatment sırasındaki dentin uzaklaştırma miktarlarını μ BT ile değerlendirmişler ve Hedström eğesinin, PTUR eğesine göre daha fazla dentin uzaklaştırdığı ve kanal hacminde artış meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir.

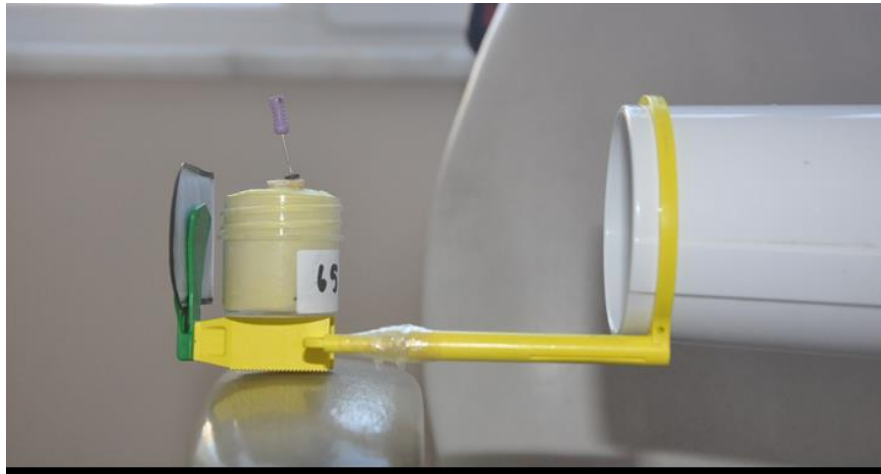
Literatürde, çoklu döner retreatment sistemleri ve son yıllarda üretilmiş olan tekli resiprokal eğe sistemlerinin eğri kök kanallarındaki kök kanal dolgusunu uzaklaştırma yetenekleri ve ilave uygulamaların kök kanal duvarlarını temizleme etkinliği hakkında çok az bilgi mevcuttur. Çalışmamızda; ProTaper Universal retreatment sistemi ve WaveOne Gold eğeleri ile ilave basamak olarak XP-Endo Finisher, SAF ve Er,Cr:YSGG lazer uygulamalarının eğri kök kanallarındaki kök kanal dolgusunu uzaklaştırma esnasındaki etkinlikleri ve kanal hacmi değişikliği üzerine etkilerinin μ BT görüntüleme tekniği kullanılarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu *ex-vivo* çalışma; Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti ve Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalları'nda gerçekleştirilmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Çalışma Projeleri Danışma ve Koordinasyon Kurulu'nun 18.01.2017 72867572/050/22780 tarih/sayılı kararı ile etik kurul izni alınmıştır.

3.1. Dişlerin Seçilmesi

Bu çalışma için; Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi ve Isparta Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi kliniklerinden periodontal nedenlerle çekilmiş, 175 adet mandibular molar diş toplandı. Kök kanallarının anatomisi bukkal-lingual ve mezio-distal yönde alınan periapikal radyografiler yardımıyla değerlendirildi. Kırık ve çatlak hattı bulunan, kök gelişimi tamamlanmamış, iç rezorbsiyona sahip, ilave kanal ve kalsifikasyon bulunan, kök kanallarının apikal boyutları #15 K nolu eğden daha büyük ve daha önceden kök kanal tedavisi yapılmış olan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Kökler üzerinde bulunan yumuşak doku artıkları ve diş taşları mekanik olarak temizlendi. Standart dijital radyografilerin alınabilmesi için film tutucu (Hawe-Neos Dental, Bioggio, İsviçre) modifiye edilerek kullanıldı (Resim 16).



Resim 16. Standart radyografilerin alınabilmesi için oluşturulan modifiye film tutucu

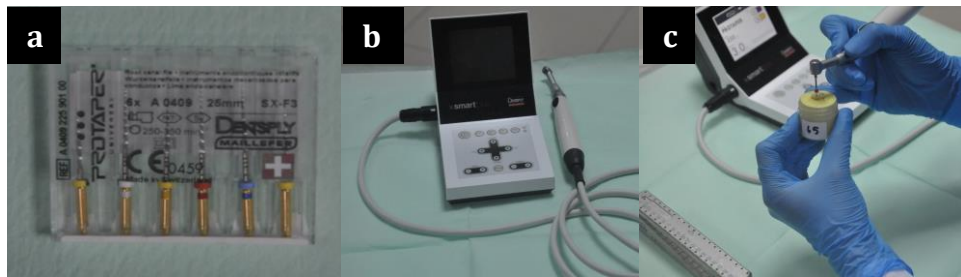
Bukkolingual ve aproksimal açılardan 65 kVP'de ve 0.16 saniye ışınlama süresinde standart dijital radyografiler (Visualix Gendex Dental Systems, Monza, İtalya) alındı. Bu görüntüler bilgisayara aktarılarak kanal kurvatür hesaplamaları Schneider yöntemine göre yapıldı (413). Bu yöntem kullanılırken, AutoCAD programına (Autocad 2015, San Rafael, CA, ABD) aktarılan radyografiler üzerinde ilk olarak kök kanalının uzun aksına paralel olarak bir çizgi çizildi. İkinci doğru ise, apikal foramenden başlayıp kök kanalının dişin uzun aksını terk ettiği ilk noktaya doğru çizildi. Bu iki doğru arasındaki açı, programın açı ölçeri yardımıyla ölçüldü. Bu hesaplamalara göre meziobukkal kanalı ileri derecede kurvatürlü (30° - 40°) olan 66 adet mandibular molar diş çalışmaya dahil edildi. Seçilen dişlerin kronları, çalışma boyu apeksten itibaren 14 mm olacak şekilde karbon separe yardımıyla uzaklaştırıldı ve elmas rond frez yardımıyla giriş kaviteleri açıldı, apikal açıklık #10-K eğesi ile kontrol edildi. Eğenin, apikal foramende görüldüğü noktanın 0,5 mm eksiği çalışma boyu olarak belirlendi. Sonrasında standardizasyonu sağlamak için seçilen dişlerin kökleri silikon kalıpların (Zetaplus Soft, Zhermack, Badia Polesine, İtalya) içerisine gömüldü (Resim 17).



Resim 17. Standardizasyonu sağlamak için silikon kalıpların içerisine gömülen örnekler

3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Doldurulması

Mandibular molar dişlerin meziobukkal kanalları ProTaper Universal döner sistem eğeleri (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) (Resim 18a) ile apikal ana eğe F2 olacak şekilde tek bir operatör tarafından üretici firmanın talimatları doğrultusunda şekillendirildi. Genişletme işlemleri 300 rpm hızda, 3 N/cm tork ayarında ve 'auto-reverse' fonksiyonu aktifleştirilmiş bir elektrikli motor (X-Smart, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) (Resim 18b) yardımı ile yapıldı. Kanalların koronal üçlüsü SX eğesi ile şekillendirildikten sonra sırasıyla S1, S2, F1 ve F2 eğeleri çalışma boyunca preperasyon amacı ile kullanıldı (Resim 18c). Her alet değişiminde kök kanalları 2 ml % 2.5'luk NaOCl ile yıkandı ve apikal açıklık ISO a#10-K-eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kontrol edildi. Final yıkamada sırasıyla 3 ml NaOCl, %17'lik EDTA solüsyonu ve distile su ile 1'er dakika kullanıldı. Kanallar kağıt konlar ile kurulandı ve tek kon tekniği ile F2 Protaper güta perka konu (Dentsply-Maillefer, Petrópolis, Rio de Janeiro, Brezilya) ve AH Plus kanal patı (DeTrey Dentsply, Kontanz, Almanya) kullanılarak kök kanalları dolduruldu. Kök kanal dolgusunun radyografik kalitesi bukko-lingual ve mezio-distal açılardan alınan periapikal radyografiler ile kontrol edildi. Kök kanal girişleri geçici dolgu maddesi (Cavit, 3M ESPE, Almanya) ile kapatıldı ve % 0,1 lik sodyum azid (NaN_3) içeren nemli gazlı bez içinde 37°C de 2 hafta süre ile kanal dolgu patının sertleşmesi için bekletildi.



Resim 18. a) Kök kanallarının preperasyonu için kullanılan ProTaper Universal eğe sistemi b) Kök kanallarının preperasyonunda kullanılan X-Smart elektrikli motor c) Kök kanallarının genişletilmesi

3.3. Kök Kanal Hacmi ve Kanal Dolgu Hacminin μ BT ile Hesaplanması

Örnekler μ BT'nin tutucu kısmına her taramada aynı konumda görüntü alınmasına olanak sağlayacak şekilde hazırlanan silikon kalıplarda sabit olarak yerleştirildi. Daha sonra örnekler, kök kanallarının ve kök kanal dolgularının retreatment öncesi hacmini değerlendirilmek için Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'ndaki μ BT cihazı (SkyScan, Kontich, Belçika) ile tarandı. μ BT taramaları SkyScan 1174 μ BT cihazı (SkyScan, Kontich, Belçika) ile 33 μ m izotropik çözünürlük, 50 kV ve 800 mA'da yapıldı. Taramalar, 0,7° dönme açısı ve toplam 360° dikey dönme açısı ile gerçekleştirildi. Bir örneğin taraması, ortalama 70 dk sürdü. Taramalar sonunda her örnek için 600-700 adet ham görüntü elde edilerek TIFF formatında kaydedildi. Görüntü rekonstrüksiyonu NRecon yazılımı (Versiyon 1.6.9.4, Bruker-mikroBT, Skyscan) kullanılarak yapıldı. Bu yazılım ile görüntü kirlilikleri ve radyolojik artefaktlar elimine edildi ve matematiksel analiz için hazır hale getirildi. Başlangıç kök kanal hacmi (KHB) ve kanal dolgu hacmi (KDB) değerleri kaydedildi.

3.4. Güç Analizi ve Deney Gruplarının Belirlenmesi

Çalışmaya başlamadan önce, güç analizi yapılarak, %85 güç hedeflendiğinde, literatürdeki çalışmalarda en küçük değer 0.03, en yüksek değer 0.31 alındığı ve popülasyon standart sayısının (sigma) 0.14 olarak alındığı durumda her bir alt gruptaki sayının en az 9 olması gerektiği görüldü ve her bir alt gruptaki diş sayısının 11 olmasına karar verildi. Dişler rastgele kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kullanılacak ege sistemine (PTUR, WOG) göre 2 (n=33), ardından kullanılacak ilave yöntemlere (XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) göre de her grupta 11 diş olacak şekilde 3 gruba ayrıldı (Şekil 2).

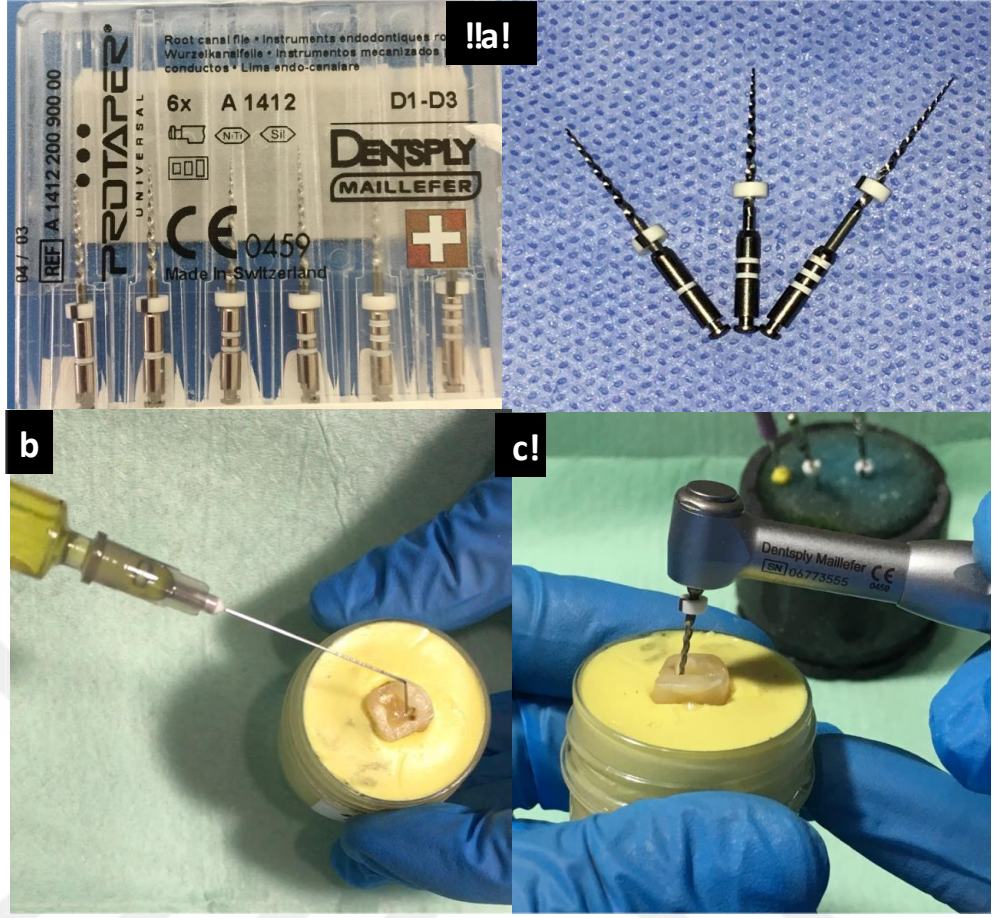


Şekil 2. Deney Kurgusu

3.5. Kök Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılması

Grup 1. ProTaper Universal Retreatment Sistemi, PTUR (N=33)

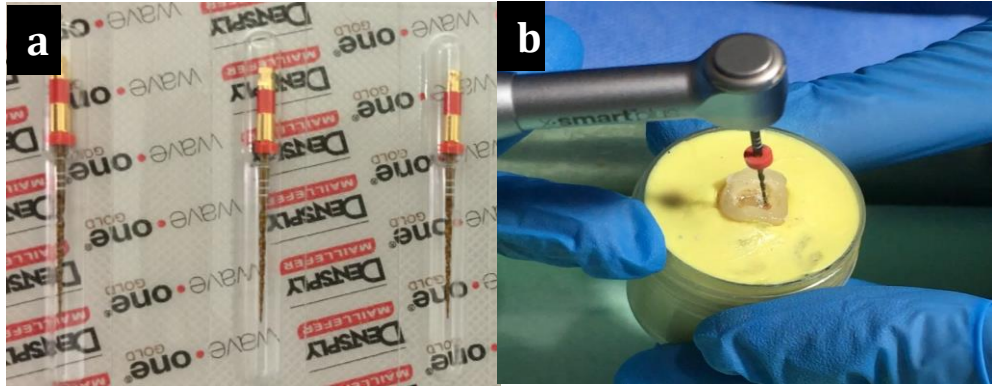
Bu gruptaki dişlerin kök kanal dolgu maddeleri ProTaper Universal retreatment sistemi ile uzaklaştırılmıştır. D1 ProTaper eğesi (30/.09) kök kanalının koronal üçlüsünden kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırmak için kullanıldı ve oluşturulan rezervuarın içerisinde 3 dakika boyunca 0,1 ml portakal yağı (Mecitefendi, İzmir, Türkiye) bekletildi. Daha sonra D2 ProTaper eğesi (25/.08) ile kök kanalının orta üçlüsündeki dolgu materyali uzaklaştırıldı. Apikal üçlüdeki kanal dolgu maddesi D3 ProTaper eğesinin (20/.07) hafif baskı ile çalışma boyuna ulaşıncaya kadar kullanılması ile uzaklaştırıldı. D3 eğesi ile çalışma boyuna ulaşıldıktan sonra çalışma süresi kayıt edildi (T1). Son olarak kök kanalından artık madde gelişi izlenmeyene kadar D2 Protaper eğesi çalışma boyunda kullanılarak kök kanalı temizlendi ve toplam süre kaydedildi (T2) (Resim 19). Tüm eğeler endodontik motor (X-Smart, Dentsply Mallefer, Ballaigues, İsviçre) ile birlikte 500 rpm sabit hızda ve 3 Ncm tork kuvvetinde üreticinin talimatları doğrultusunda kullanıldı. Her eğe değişiminden sonra kök kanalları 2 ml % 2.5'lik NaOCl ile irrije edildi. Final irrigasyon olarak 10 ml % 2.5'lik NaOCl kullanıldı. Çalışma esnasında oluşan alet kırılmaları ve deformasyonları kaydedildi. Her bir eğe sadece iki dişte kullanıldı (174, 302).



Resim 19. a) ProTaper Universal retreatment eğe sistemi b) Kök kanal dolgusunun yumuşatılması için kullanılan portakal yağı c) Kök kanal dolgusunun ProTaper Universal retreatment sistemi ile uzaklaştırılması

Grup 2. Wave One Gold sistemi, WOG (N=33)

Bu gruptaki dişlerin kök kanal dolgu maddeleri WaveOne Gold 25.07 primary eğesi ile uzaklaştırıldı. Kök kanal girişlerine 0,1 ml portakal yağı damlatıldı ve 3 dk bekletildikten sonra WaveOne Gold Primary eğesi (#25.07) hafif bir apikal basınç ve lateral duvarlara karşı fırçalama hareketi ile birlikte 3 mm'lik ileri geri hareketlerle kullanıldı. Kök kanal dolgu materyali uzaklaştırılırken 3 mm'lik ileri geri hareketler en fazla 3 kez yapıldı, alet kök kanalından çıkartıldı ve gazlı bez ile temizlendi. Kök kanalları 2 ml %2.5'luk NaOCl ile yıkandı. Bu prosedür eğe çalışma boyuna ulaşınca kadar devam etti ve çalışma boyuna ulaşma süresi kaydedildi (T1). Çalışma boyuna ulaşıldıktan sonra kök kanalından artık madde gelişini izlenmeyene kadar WaveOne Gold Primary eğesi (#25.07) ile retreatment işlemine devam edildi ve çalışma süresi kaydedildi (T2) (Resim 20). Wave One Gold Primary eğesi, Wave One Gold fonksiyonu aktifleştirilen elektrikli motor (X-Smart, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile üretici firmanın talimatları doğrultusunda kullanıldı. Final irrigasyon olarak 10 ml % 2.5'lik NaOCl kullanıldı. Çalışma esnasında oluşan alet kırılmaları ve deformasyonları kaydedildi. Her eğe sadece iki dişte kullanıldı.



Resim 20. a) WaveOne Gold eğesi b) Kök kanal dolgusunun WaveOne Gold eğesi ile uzaklaştırılması

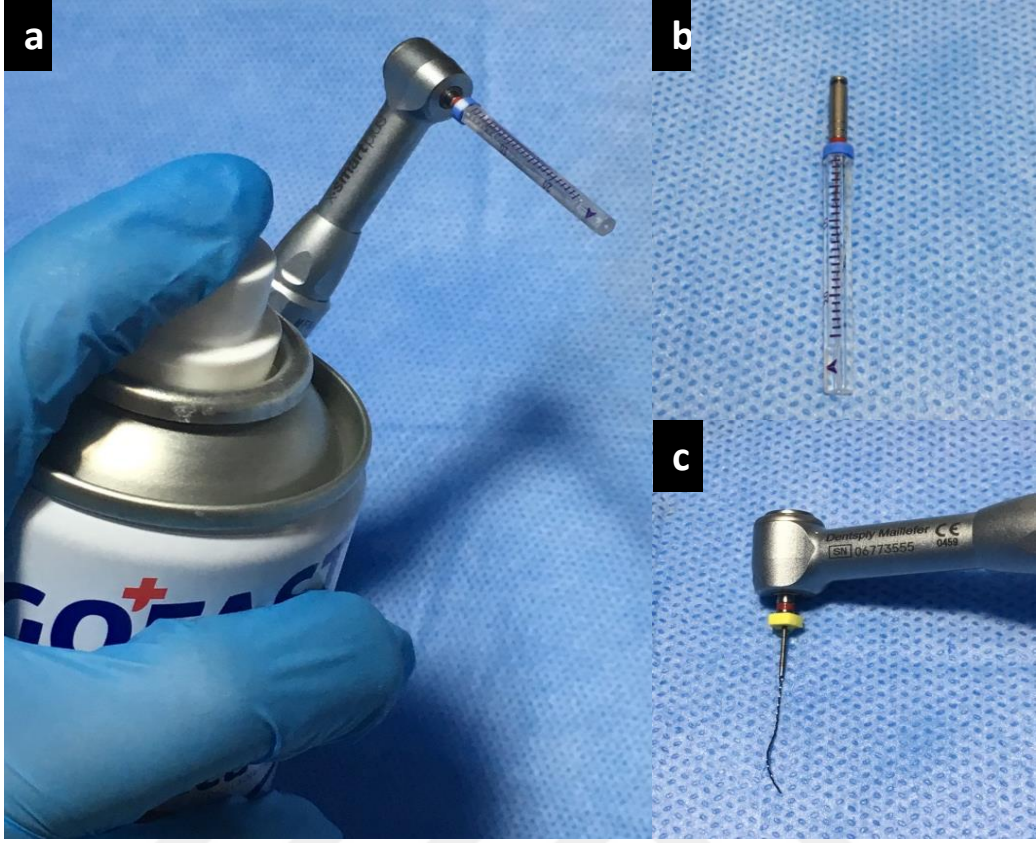
3.6. Kök Kanal Dolgu Maddesinin PTUR ve WOG ile Uzaklaştırılması Sonrası Dişlerin µBT Taramaları

Grup 1 ve grup 2'deki dişlerin kök kanal dolgu maddelerinin PTUR ve WOG eğeleri ile uzaklaştırılması sonrasında kök kanallarında kalan artık dolgu miktarının ve kök kanal hacim değişikliklerinin değerlendirilmesi amacıyla tüm örnekler ikinci kez SkyScan 1174 µBT cihazı ile tarandı. µBT taramaları SkyScan 1174 µBT cihazı ile 33 µm izotropik çözünürlük, 50 kV ve 800 mA'da yapıldı. Taramalar, 0,7° dönme açısı ve toplam 360° dikey dönme açısı ile gerçekleştirildi. Bir örneğin taraması, ortalama 70 dk sürdü. Taramalar sonunda her örnek için 600-700 adet ham görüntü elde edilerek TIFF formatında kaydedildi. Görüntü rekonstrüksiyonu NRecon yazılımı kullanılarak yapıldı. Bu yazılım ile görüntü kirlilikleri ve radyolojik artefaktlar elimine edildi ve matematiksel analiz için hazır hale getirildi. Kök kanal hacmi (KH1) ve arta kalan dolgu maddesi hacimleri (KD1) hesaplandı ve veriler kaydedildi.

3.7. Kök Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılması Sonrası Etkinliğin Arttırılmasına Yönelik İlave Uygulamalar

Grup 1a. PTUR + XP Endo Finisher eğesi (n=11)

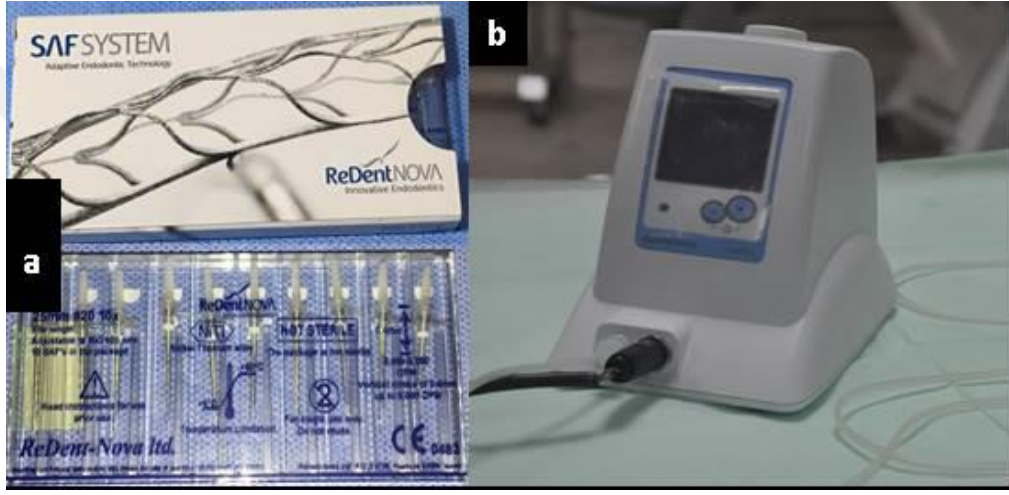
ProTaper Universal retreatment sistemi ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılan dişlerde ilave olarak XP-Endo Finisher eğesi kullanıldı. XP-Endo finisher eğesi tork kontrollü motor X-Smart ile 800 rpm hızda ve 1 Ncm tork kuvvetinde üretici firmanın talimatları doğrultusunda kullanıldı. Çalışma boyu stoper yardımıyla belirlenerek sabitlendi. Daha sonra eğeye soğuk sprey (Frigofast, Calderara Di Reno, İtalya) uygulandı. Eğe kök kanalına yerleştirilmeden önce eğenin faz değişimini sağlamak için eğe 35°-37° C'deki sıcak suya batırıldı ve çalışma boyunca kök kanalına yerleştirildi (Resim 21). Eğe 60 saniye boyunca 7-8 mm'lik ileri-geri yavaş hareketler ile kullanıldı. Bu işlem sırasında 5 ml %2,5'lük ısıtılmış NaOCl ile devamlı irrigasyon yapıldı ve işlem sonrası son yıkamada 5 ml %2,5'lük NaOCl kullanıldı.



Resim 21. a) XP-Endo Finisher eğesinin soğuk sprey ile soğutulması-martensit faz
b) XP-Endo Finisher eğesi c) XP-Endo Finisher eğesinin kök kanallarında kullanımı sonrasında ostenit faza geçip son 10 mm'lik kısımda kaşık şeklini alması

Grup 1b. PTUR + Self Adjusting File (SAF) (n=11)

ProTaper Universal retreatment sistemi ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılan dişlerde ilave uygulama olarak Self-Adjusting File kullanıldı. Çapı 2.0 mm olan SAF düşük hızlı ve vibrasyon özellikli RDT3-NX (NSK, Tokyo, Japonya) başlığına takılarak, üretici firmanın talimatları doğrultusunda 83.3 Hz frekansında, 5000 rpm hızında 0.4 mm amplitude (genlik) değerlerinde kullanıldı. Eğe çalışma boyunca ileri geri hareketler ile 2 dakika boyunca sistemin kendine ait irrigasyon cihazı (VATEA; ReDent- Nova, Ra'anana, İsrail) ile dakikada 5 ml %2.5'lük NaOCl ile irrigasyon yapılacak şekilde çalışıldı (307) (Resim 22).



Resim 22. a) Self-Adjusting File (SAF) b) SAF irrigasyon cihazı

Grup 1c. PTUR + Erbium, Chromium:Yttrium Scandium Gallium Garnet lazer (Er,Cr:YSGG) (n=11)

ProTaper Universal retreatment sistemi ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılan dişlerde ilave olarak Er,Cr:YSGG (2,940 nm, Waterlase Biolase®, Biolase, Inc, San Clemente, Kaliforniya, ABD) lazer 20 Hz, 1.5 W modunda kullanıldı. 25 mm uzunluktaki endodontik fiber uçların (Biolase, Inc, San Clemente, Kaliforniya, ABD) stoperları çalışma boyuna ayarlandı ve lazer cihazındaki hava ve su seçenekleri kapatıldı. Kök kanalları %2,5'luk NaOCl ile doldurularak fiber uç (RFT2 fiber optik uç) çalışma boyuna yerleştirildi (Resim 23). Fiber optik uç apiko-koronal yönde helikal hareketler ile tüm kanal duvarlarını dolaşacak şekilde kullanılırken aynı zamanda 5 ml %2,5 NaOCl ile devamlı irrigasyon yapıldı. Lazer 10 saniye boyunca aktif olarak kullanıldıktan sonra 10 sn süre ile deaktive edildi, bu uygulama 1 dakika boyunca 6 kez tekrarlandı ve bu süre içerisinde kök kanalları 5 ml %2,5 NaOCl ile yıkandı. Bu prosedür toplamda 2 dakika olacak şekilde tekrarlandı (291).



Resim 23. a) Er,Cr;YSGG (2,940 nm, Waterlase Biolase®, Biolase, Inc, San Clemente, Kaliforniya, USA) lazer cihazı b) Er,Cr;YSGG lazer optik fiber uçları (RFT2-25 mm) c) RFT2 endodontik fiber uç kullanılarak kök kanallarına lazer uygulanması

Grup 2a. WOG + XP Endo Finisher (n=11)

Wave One Gold sistemi ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılan dişlerde ilave olarak XP-Endo Finisher eğesi Grup 1a'da anlatıldığı gibi uygulandı.

Grup 2b. WOG + SAF (n=11)

Wave One Gold sistemi ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılan dişlerde ilave uygulama olarak SAF eğesi Grup 1b'de anlatıldığı gibi uygulandı.

Grup 2c. WOG + Er,Cr:YSGG lazer (n=11)

Wave One Gold sistemi ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılan dişlerde ilave olarak Er,Cr:YSGG lazer Grup 1c'de anlatıldığı gibi uygulandı.

3.8. İlave Uygulamalar Sonrası Dişlerin µBT Taramaları

İlave uygulamalar sonrası dişlerde kalan artık dolgu maddesi miktarının ve kök kanal hacim değişikliklerinin değerlendirilmesi amacıyla üçüncü kez SkyScan 1174 µBT cihazı ile tarandı. µBT taramaları SkyScan 1174 µBT cihazı ile 33 µm izotropik çözünürlük, 50 kV ve 800 mA'da yapıldı. Taramalar, 0,7° dönme açısı ve toplam 360° dikey dönme açısı ile gerçekleştirildi. Bir örneğin taraması, ortalama 70 dk sürdü. Taramalar sonunda her örnek için 600-700 adet ham görüntü elde edilerek TIFF formatında kaydedildi. Görüntü rekonstrüksiyonu NRecon yazılımı kullanılarak yapıldı. Bu yazılım ile görüntü kirlilikleri ve radyolojik artefaktlar elimine edildi ve matematiksel analiz için hazır hale getirildi. Kanal hacmi (KH2) ve kalan dolgu hacmi (KD2) değerleri hesaplandı ve kaydedildi.

3.9. İstatistiksel Analiz

3.9.1. Kalan Dolgu Maddesi Hacimlerine Ait Verilerin İstatistiksel Analizi

Tekli ve çoklu retreatment sistemleri veya ilave uygulamalar dikkate alınmaksızın KDB ve KD1; KDB ve KD2; KD1 ve KD2 verileri arasındaki farklar t testi ile analiz edildi ($p<0.05$).

PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra elde edilen kalan dolgu hacmi verilerinin (KD1) değerlendirilmesinde, iki tip eğenin (PTUR ve WOG) kıyaslanması amacıyla başlangıç kanal dolgu hacmi (KDB) ölçümleri kovaryant alınarak varyans analizi uygulandı ($p<0.05$).

İlave uygulamalar (XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) sonrasında kalan dolgu maddesi hacmi verileri (KD2) varyans analizi ile değerlendirildi ($p<0.05$). Analizde ilk olarak başlangıç kanal dolgu hacmi ölçümleri (KDB) kovaryant, daha sonra PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra kalan dolgu maddesi hacim değerleri (KD1) kovaryant olarak alındı.

Tekli ve çoklu ege sistemlerinin uygulanması sonrası kalan dolgu hacmi (KD1) verileri, başlangıç dolgu hacmi (KDB) verilerine oranlanarak kalan dolgu maddesinin hacim yüzdeleri hesaplandı. İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacmi (KD2) verileri, başlangıç dolgu hacmi (KDB) verilerine oranlanarak kalan dolgu maddesinin hacim yüzdeleri hesaplandı. Hacim yüzde verileri kullanılarak PTUR ve WOG ege tiplerinin karşılaştırılmasında t testi, ilave uygulamaların karşılaştırılmasında ise faktöriyel düzende varyans analizi yapıldı ($p<0.05$).

Çalışmada kullanılan ege (PTUR ve WOG) ve ilave uygulama (XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) kombinasyonları dikkate alındığında 6 farklı grupta KD2 hacim yüzde ortalamaları arasındaki fark faktöriyel düzende varyans analizi ile değerlendirildi ($p<0.05$).

3.9.2. Kök Kanal Hacim Değişimine Ait Verilerin İstatistiksel Analizi

Tekli ve çoklu retreatment sistemleri veya ilave uygulamalar dikkate alınmaksızın KHB ve KH1; KHB ve KH2; KH1 ve KH2 verileri arasındaki farklar t testi ile analiz edildi ($p<0.05$).

PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra elde edilen kanal hacmi verilerinin (KH1) değerlendirilmesinde, iki tip eğenin (PTUR ve WOG) kıyaslanması amacıyla başlangıç kanal hacmi ölçümleri (KHB) kovaryant alınarak varyans analizi uygulandı ($p<0.05$).

İlave uygulamalar (XP Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) sonrasında kanal hacmi (KH2) verileri varyans analizi ile değerlendirildi ($p<0.05$). Analizde ilk olarak başlangıç kanal hacmi ölçümleri (KHB) kovaryant, daha sonra PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra elde edilen kanal hacmi değerleri (KH1) kovaryant olarak alındı. Varyans analizleri sonrasında uygulamalar arasındaki farklar belirlenirken çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Tukey testi kullanılmıştır ($p<0.05$).

Çalışmada kullanılan eğe (PTUR ve WOG) ve ilave uygulama (XP Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) kombinasyonları dikkate alındığında 6 farklı grupta KH2 ortalamaları arasındaki fark faktöriyel düzende varyans analizi ile değerlendirildi ($p<0.05$).

3.9.3. Kök Kanal Dolgusunu Uzaklaştırma Sürelerine Ait Verilerin İstatistiksel Analizi

Tekli ve çoklu eğe sistemlerinin kullanılması ile elde edilen çalışma boyunca ulaşma (T1) ve kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılma (T2) sürelerine ait veriler Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi ve verilerin normal dağılım göstermediği tespit edildi ($p<0.05$). Eğe sistemleri arasındaki çalışma sürelerine ait farklar t testi ile karşılaştırıldı ($p<0.05$). PTUR ve WOG eğelerinin rank ortalamaları arasındaki fark Mann Whitney- U testi ile belirlendi.

4. BULGULAR

4.1. Kalan Dolgu Maddesi Hacimlerine Ait Bulgular

Kök kanal dolgusu uzaklaştırılmadan önce μ BT taraması sonucu elde edilen kök kanal dolgu hacmi ölçümleri (KDB) ile PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra kalan dolgu maddesi hacim değerleri (KD1) ve ilave uygulamalar (XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) sonrası kalan dolgu maddesi hacim değerlerine (KD2) ait veriler Tablo 4’da gösterilmiştir. KD1 ve KDB değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ve kanal dolgusunu uzaklaştırmada kullanılan eğe sistemleri kanal dolgu maddesinin hacminde azalmaya neden olmuştur ($p<0.01$). Tekli ve çoklu eğe sistemlerinin kullanılması sonrası ölçülen kanal dolgu hacim (KD1) ortalamaları ile ilave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacim ortalamaları (KD2) arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$) (Tablo 4). İlave uygulamalar kanal duvarlarının temizleme etkinliğini arttırmıştır.

Tablo 4. KDB, KD1 ve KD2 verilerinin ortalama (mm^3), standart sapma ve standart hata ortalaması değerleri

Kanal dolgu hacmi	Ortalama (mm^3)	Adet (n)	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
KDB	4,7073 ^c	66	1,1685	0,1438
KD1	0,8487 ^b	66	0,6669	0,0821
KD2	0,4666 ^a	66	0,4130	0,0508

* KDB: Kanal dolgu başlangıç hacmi;

KD1: PTUR ve WOG kullanımı sonrası kalan dolgu hacmi;

KD2: XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer uygulaması sonrası kalan dolgu hacmi

*Aynı sütundaki farklı üst simgeler istatistiksel açıdan gruplar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p<0.01$).

Başlangıç kanal dolgusu hacim değerleri kovaryant alınarak (hacim=4,707350 mm³) KD1 verilerinin ANOVA ile değerlendirilmesi sonucunda PTUR ve WOG eğe tiplerinin uygulandığı gruplardaki kalan dolgu maddesi hacim ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (p>0.05). PTUR ve WOG eğeleri benzer miktarda kanal dolgu maddesi uzaklaştırmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. PTUR ve WOG eğe sistemleri sonrası kalan dolgu hacmi (mm³) ortalama, standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Ege Tipi	Ortalama (mm ³)	Standart Sapma	% 95 Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
PTUR	0,849 ^a	0,113	0,622	1,076
WOG	0,849 ^a	0,113	0,622	1,075

* İstatistiksel modelde KDB: 4,7073 mm³ kovaryant olarak alınmıştır.

PTUR ve WOG ile kök kanal dolgularının uzaklaştırılması sonrasında ilave uygulamaların KD2 verilerine etkisi değerlendirilirken KDB verileri kovaryant alındığında ilave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacim ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$) (Tablo 6).

Tablo 6. İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacmi (mm^3) ortalama, standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Uygulama Tipi	Ortalama	Standart Sapma	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
XP-Endo Finisher	0,385 ^a	0,085	0,214	0,555
SAF	0,536 ^a	0,084	0,367	0,704
Er,Cr;YSGG lazer	0,479 ^a	0,086	0,307	0,652

* İstatistiksel modelde KDB: $4,7073 \text{ mm}^3$ kovaryant olarak alınmıştır.

Tablo 7’de gösterildiği üzere, PTUR ve WOG ile kök kanal dolgularının uzaklaştırılması sonrasında ilave uygulamaların etkisi değerlendirilirken KD1 ölçümleri kovaryant alınarak (hacim=0,848722 mm³) KD2 verilerine uygulanan varyans analizi testi sonucunda ilave uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir (p>0.05). Test sonuçlarına göre istatistiksel fark bulunmamasına rağmen Er,Cr;YSGG lazer en fazla dolgu maddesini uzaklaştırılan uygulama olmuştur (Tablo 8).

Tablo 7. İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacmi (mm³) ortalama, standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Uygulama Tipi	Ortalama	Standart Sapma	%95 Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
XP-Endo Finisher	0,480 ^a	0,051	0,378	0,583
SAF	0,542 ^a	0,051	0,440	0,645
Er,Cr;YSGG lazer	0,377 ^a	0,051	0,274	0,479

* İstatistiksel modelde KD1: 0,8487 mm³ kovaryant olarak alınmıştır.

KD2 değerleri bakımından faktöriyel düzende yapılan varyans analizi sonucunda “eğe tipi ve ilave uygulamalar” arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). Çalışmada kullanılan eğe (PTUR, WOG) ve ilave uygulama (XP Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) kombinasyonları dikkate alındığında altı farklı grup (PTUR+XP-Endo Finisher, PTUR+SAF, PTUR+Er,Cr;YSGG lazer, WOG+ XP-Endo Finisher, WOG+SAF, WOG+ Er,Cr;YSGG lazer) arasında kalan dolgu maddesi hacmi açısından istatistiksel fark yoktur ($p>0.05$) (Tablo 8).

Tablo 8. Eğe ve ilave uygulama kombinasyonlarına ait kalan dolgu hacmi (KD2) ortalama (mm^3), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Eğe ve Uygulama Tipleri		Ortalama (mm^3)	Standart Sapma	%95 Güven Aralığı	
				Alt Sınır	Üst Sınır
PTUR	XP-Endo Finisher	0,428 ^a	0,126	0,175	0,681
	SAF	0,433 ^a	0,126	0,180	0,686
	Er,Cr;YSGG lazer	0,449 ^a	0,126	0,196	0,702
WOG	XP-Endo Finisher	0,419 ^a	0,126	0,166	0,672
	SAF	0,666 ^a	0,126	0,413	0,919
	Er,Cr;YSGG lazer	0,405 ^a	0,126	0,152	0,658

Tekli ve çoklu eğe sistemlerinin uygulanması sonrası kalan dolgu hacmi (KD1) verileri, başlangıç dolgu hacmi (KDB) verilerine oranlanarak elde edilen değerler (yüzde) tablo 9’da verilmiştir. Tekli ve çoklu eğe sistemlerinin *t* testi ile karşılaştırılması sonucunda kalan dolgu maddelerinin hacim yüzdeleri açısından sistemler arasında istatistiksel fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 9. Tekli ve çoklu eğe sistemleri sonrası kalan dolgu hacim yüzde ortalamaları (%), standart sapma ve standart hata ortalamaları

Eğe Tipi	Adet (n)	Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
PTUR	33	18,0199 ^a	14,1671	2,4662
WOG	33	18,4839 ^a	14,1060	2,4555

İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacmi (KD2) verileri, başlangıç dolgu hacmi (KDB) verilerine oranlanarak elde edilen değerler (yüzde) tablo 10'da verilmiştir. İlave uygulamalar arasında kalan dolgu maddelerinin hacim yüzdeleri açısından istatistiksel fark yoktur ($p>0.05$).

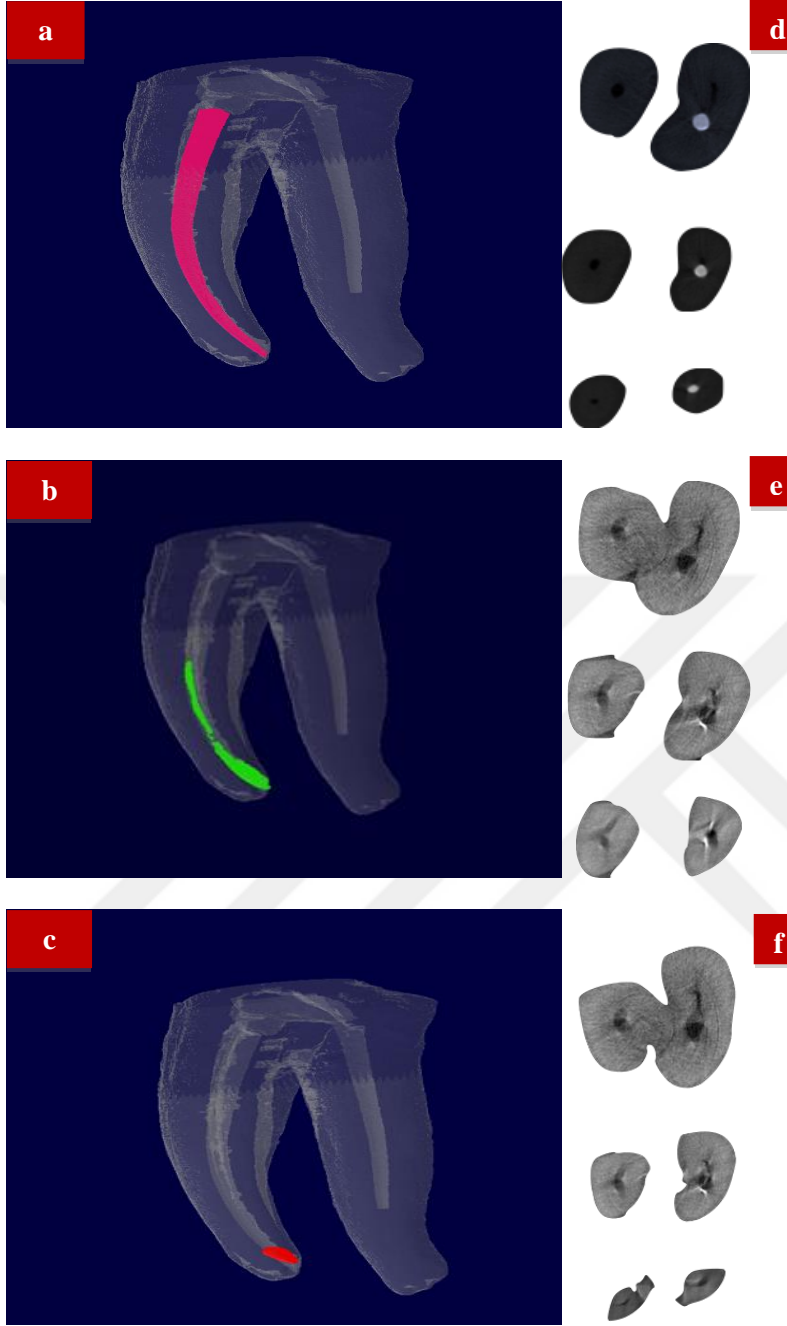
Tablo 10. İlave uygulamalar sonrası kalan dolgu hacim yüzde ortalamaları (%), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

İlave Uygulama	Ortalama (%)	Standart Sapma	%95 Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
XP-Endo Finisher	8,242 ^a	1,896	4,450	12,034
SAF	10,888 ^a	1,896	7,096	14,680
Er,Cr;YSGG lazer	10,401 ^a	1,896	6,609	14,193

KD2 yüzde ortalamaları bakımından faktöriyel düzende yapılan varyans analizi sonucunda “eğe tipi ve ilave uygulamalar” arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$). Çalışmada kullanılan eğe (PTUR ve WOG) ve ilave uygulama (XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) kombinasyonları dikkate alındığında altı farklı grup (PTUR+XP-Endo Finisher, PTUR+SAF, PTUR+Er,Cr;YSGG lazer, WOG+ XP-Endo Finisher, WOG+SAF, WOG+ Er,Cr;YSGG lazer) arasında kalan dolgu maddesi hacim yüzdeleri açısından istatistiksel fark yoktur (Tablo 11).

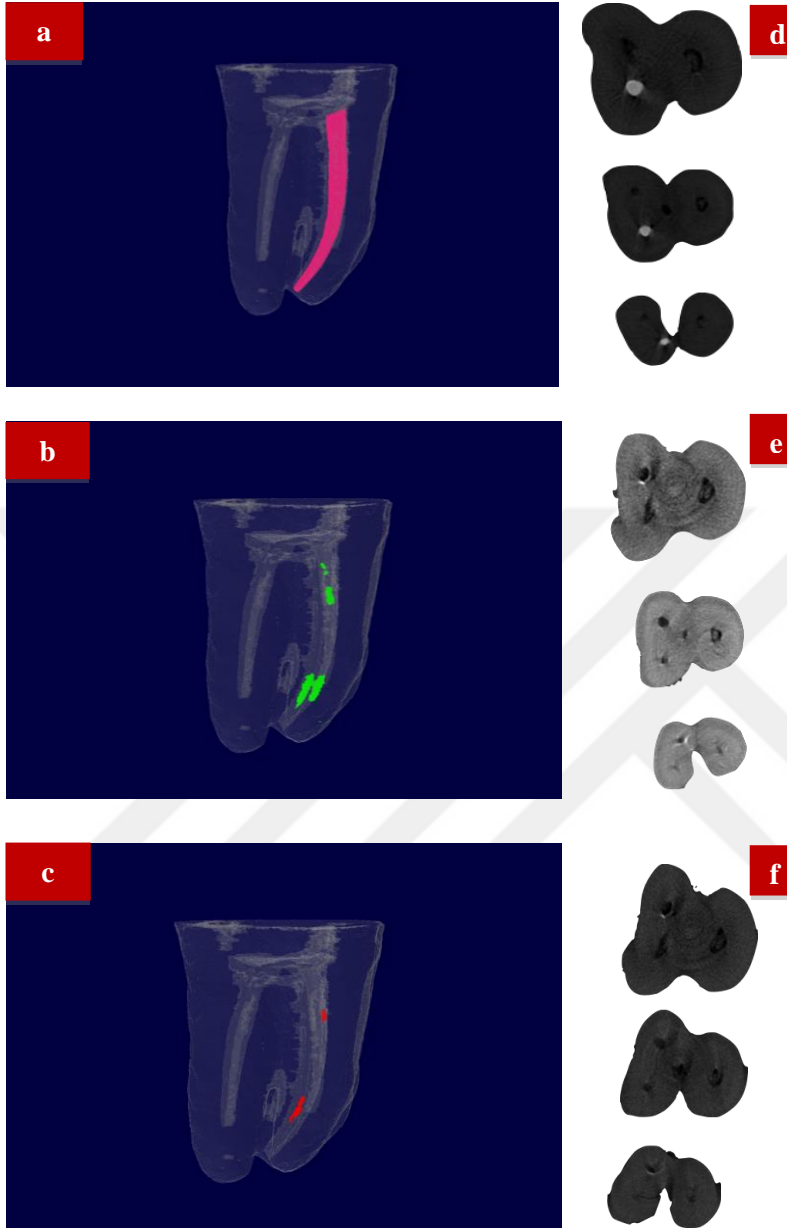
Tablo 11. Eğe ve ilave uygulama kombinasyonlarına ait KD2 hacim yüzde ortalamaları (%), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Eğe tipi ve Uygulama Tipi	Ortalama (%)	Standart Sapma	%95 Güven Aralığı		
			Alt Sınır	Üst Sınır	
PTUR	XP-Endo Finisher	7,785 ^a	2,681	2,423	13,148
	SAF	8,309 ^a	2,681	2,946	13,671
	Er,Cr;YSGG lazer	10,725 ^a	2,681	5,363	16,088
WOG	XP-Endo Finisher	8,699 ^a	2,681	3,336	14,062
	SAF	13,468 ^a	2,681	8,105	18,830
	Er,Cr;YSGG lazer	10,077 ^a	2,681	4,715	15,440



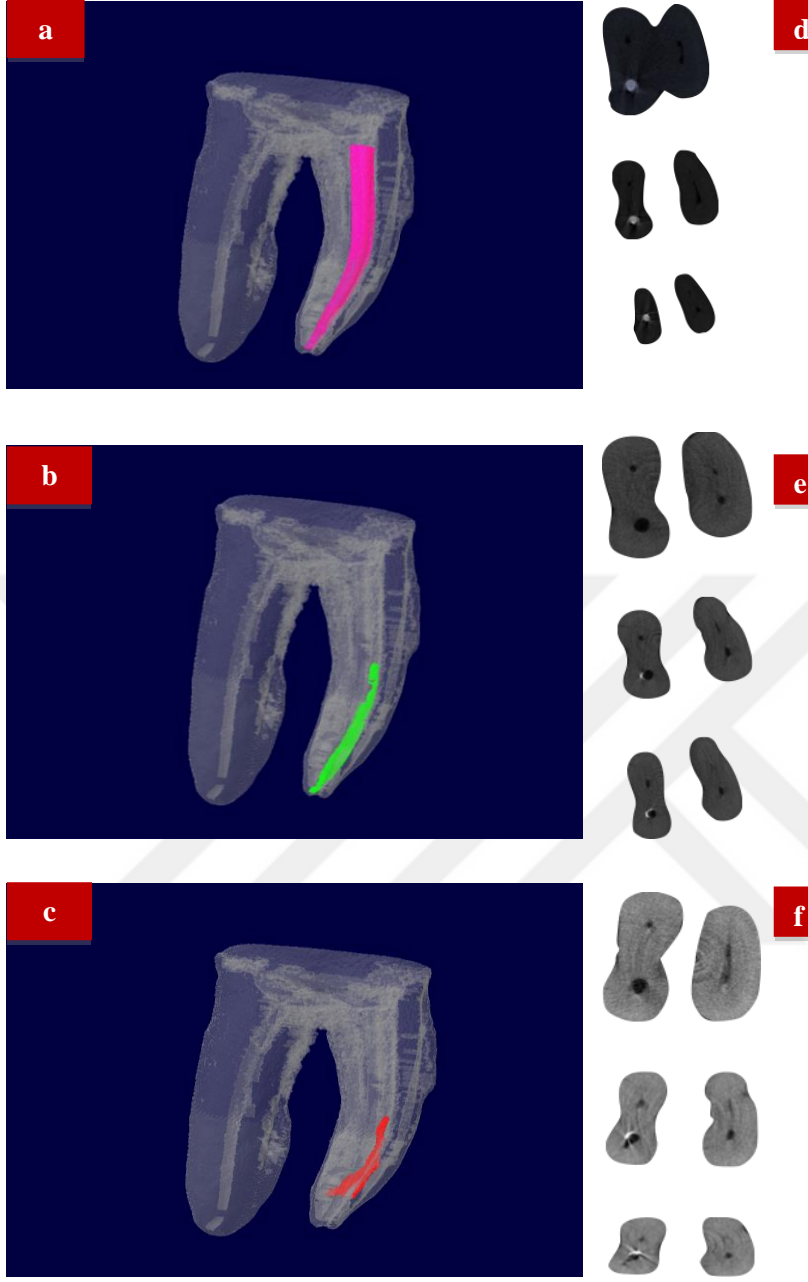
Şekil 3. PTUR ve XP-Endo Finisher grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) μ BT taramaları sonrası aksiyal kesitin üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) μ BT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri

- a) Pembe ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- b) Yeşil ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- c) Kırmızı ile boyanmış alanlar ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- d) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- e) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- f) Radyopak alanlar (gri) ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.



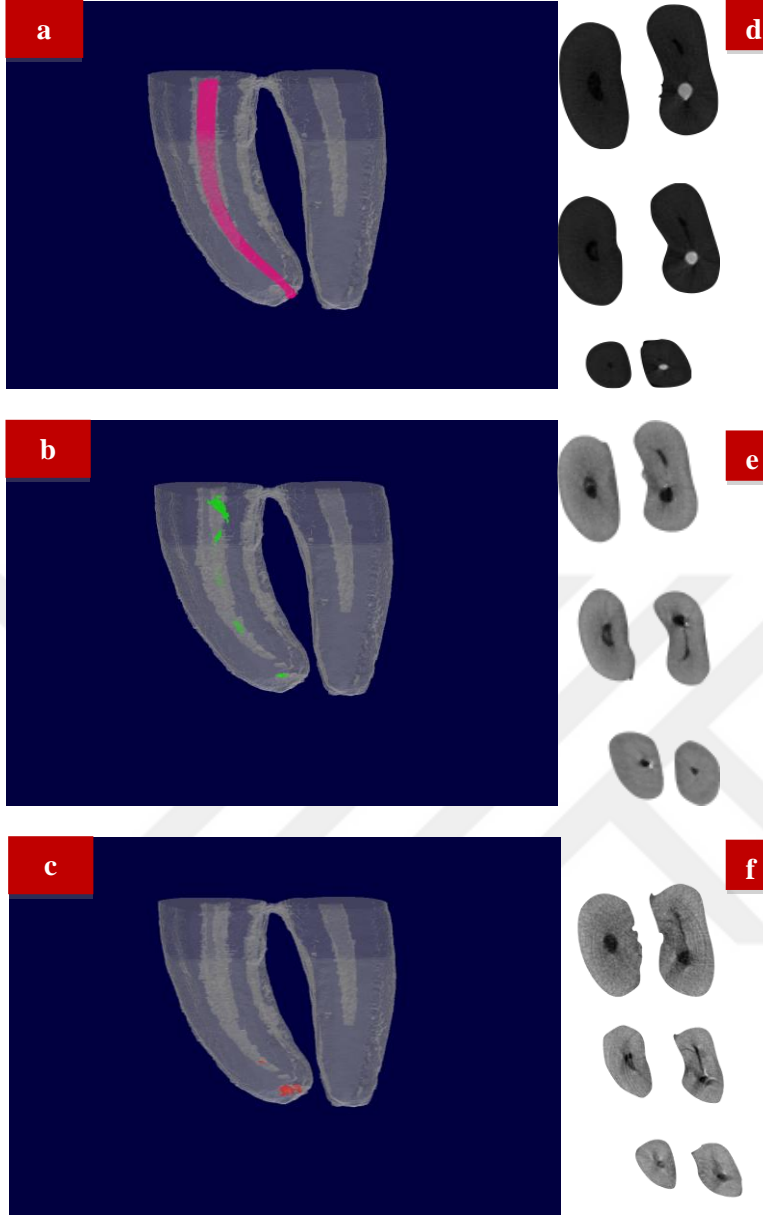
Şekil 4. PTUR ve SAF grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) μ BT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) μ BT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri

- a) Pembe ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- b) Yeşil ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- c) Kırmızı ile boyanmış alanlar ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- d) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- e) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- f) Radyopak alanlar (gri) ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir



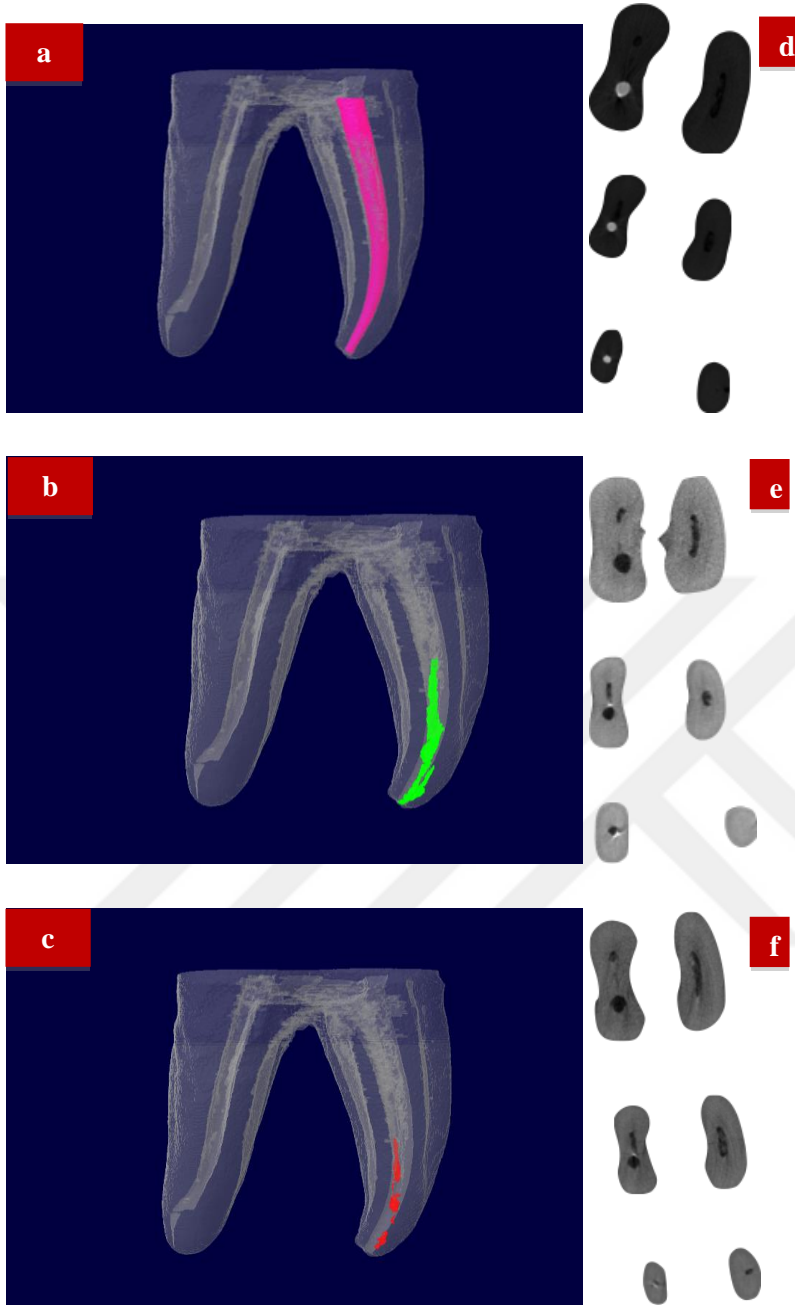
Şekil 5. PTUR ve Er,Cr; YSGG lazer grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) μ BT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) μ BT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri

- Pembe ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- Yeşil ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- Kırmızı ile boyanmış alanlar ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- Radyopak alanlar (gri) ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.



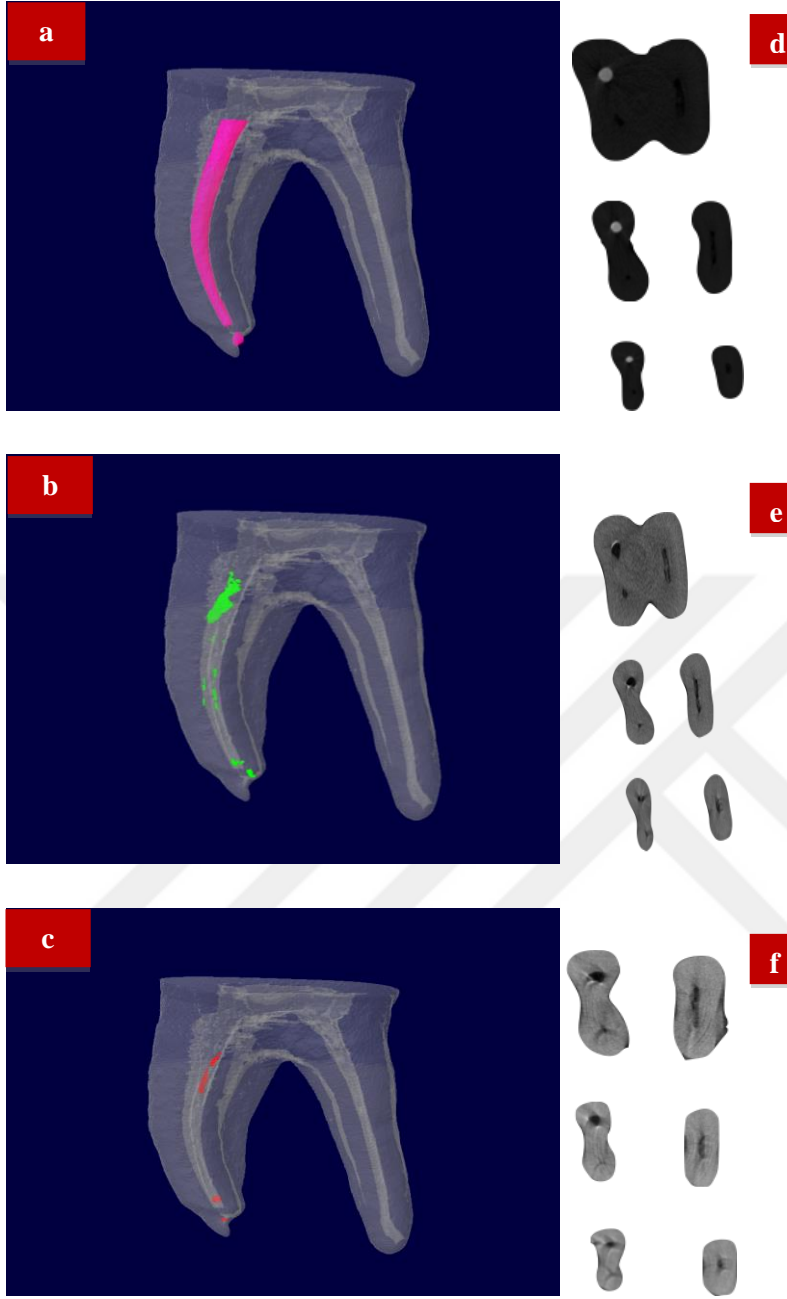
Şekil 6. WOG ve XP-Endo Finisher grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) μ BT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) μ BT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri

- a) Pembe ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- b) Yeşil ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- c) Kırmızı ile boyanmış alanlar ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- d) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- e) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- f) Radyopak alanlar (gri) ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.



Şekil 7. WOG ve SAF grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) μ BT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) μ BT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri

- a) Pembe ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- b) Yeşil ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- c) Kırmızı ile boyanmış alanlar ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- d) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- e) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- f) Radyopak alanlar (gri) ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.



Şekil 8. WOG ve Er,Cr; YSGG lazer grubuna ait bir örneğin 1. (a), 2. (b) ve 3. (c) μ BT taramaları sonrası bukkal üç boyutlu rekonstruksiyon görüntüleri ve 1. (d), 2. (e) ve 3. (f) μ BT taramaları sonrası koronal, orta ve apikal bölge horizontal kesit görüntüleri

- a) Pembe ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- b) Yeşil ile boyanmış alanlar kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- c) Kırmızı ile boyanmış alanlar ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- d) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- e) Radyopak alanlar (gri) kök kanal dolgusu sökümü sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir.
- f) Radyopak alanlar (gri) ilave uygulama sonrası arta kalmış kök kanal dolgusunu göstermektedir

4.2. Kök Kanal Hacim Değişikliklerine Ait Bulgular

Kök kanal dolgusu uzaklaştırılmadan önce μ BT taraması sonucu elde edilen kanal hacmi ölçümleri (KHB) ile PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra elde edilen kanal hacmi değerleri (KH1) ve ilave uygulamalar (XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) sonrası elde edilen kanal hacmi değerlerine (KH2) ait veriler Tablo 12’de gösterildi.

KH1 ve KHB değerleri, KH2 ve KH1 değerleri ile KH2 ve KHB değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ve kanal dolgusunu uzaklaştırmada kullanılan yöntemler kanal hacminde artışa neden olmuştur ($p < 0.01$) (Tablo 12)

Tablo 12. KHB, KH1 ve KH2 verilerinin ortalama (mm^3), standart sapma ve standart hata ortalaması değerleri

Kanal Hacmi	Ortalama (mm^3)	Standart Sapma	Standart Hata Ortalaması
KHB	4,7074 ^a	1,1685	0,1438
KH1	5,8416 ^b	1,3879	0,1708
KH2	6,0264 ^c	1,4049	0,1729

* KHB: Kanal başlangıç hacmi;

KH1: PTUR ve WOG kullanımı sonrası kanal hacmi;

KH2: XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer uygulaması sonrası kanal hacmi

*Aynı sütundaki farklı üst simgeler istatistiksel açıdan gruplar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir ($p < 0.01$).

Başlangıç kanal hacim değerleri (KHB) kovaryant alınarak (hacim=4,707350 mm³) KH1 verilerinin ANOVA ile değerlendirilmesi sonucunda PTUR ve WOG eğe tiplerinin uygulandığı gruplardaki kanal hacim ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.01). WOG, PTUR'a göre daha fazla miktarda dentin kaldırmıştır (p<0.01) (Tablo 13).

Tablo 13. PTUR ve WOG eğe sistemleri sonrası kanal hacmi ortalama (mm³), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Eğе Tipi	Ortalama (mm ³)	Standart Sapma	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
PTUR	5,611 ^a	0,160	5,291	5,932
WOG	6,072 ^b	0,160	5,752	6,392

* İstatistiksel modelde KHB: 4,7073 mm³ kovaryant olarak alınmıştır.

*Aynı sütundaki farklı üst simgeler istatistiksel açıdan gruplar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p< 0.01).

İlave uygulamaların KH2 verilerine etkisi değerlendirilirken KHB verileri kovaryant alındığında ilave uygulamalar sonrası hacim ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0.05$) (Tablo 14).

Tablo 14. İlave uygulamalar sonrası kanal hacmi ortalama (mm^3), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Uygulama Tipi	Ortalama (mm^3)	Standart Sapma	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
XP-Endo Finisher	5,864 ^a	0,210	5,444	6,284
SAF	6,153 ^a	0,208	5,738	6,567
Er,Cr;YSGG lazer	6,063 ^a	0,212	5,638	6,487

*İstatistiksel modelde KHB: $4,7073 \text{ mm}^3$ kovaryant olarak alınmıştır.

Tablo 15’de gösterildiği üzere, KH1 ölçümleri kovaryant alınarak (hacim=5,841643 mm³) KH2 verilerine uygulanan varyans analizi sonucunda ilave uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.01). XP-Endo Finisher kullanılan gruptaki kanal hacmi değişimi, SAF ve Er,Cr;YSGG lazer uygulanan gruplara göre daha azdır, en fazla dentin SAF uygulanan örneklerde uzaklaştırılmıştır (Tablo 15).

Tablo 15. İlave uygulamalar sonrası kanal hacmi ortalama (mm³), standart sapma ve % 95 güven aralığı değerleri

Uygulama Tipi	Ortalama	Standart Sapma	95% Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
XP-Endo Finisher	5,948 ^a	0,025	5,897	5,999
SAF	6,089 ^b	0,025	6,038	6,140
Er,Cr;YSGG lazer	6,042 ^b	0,026	5,991	6,093

* İstatistiksel modelde KH1: 5,8416 mm³ kovaryant olarak alınmıştır.

* Aynı sütundaki farklı üst simgeler istatistiksel açıdan gruplar arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p< 0,01).

KH2 değerleri bakımından faktöriyel düzende yapılan varyans analizi sonucunda “eğe tipi ve ilave uygulamalar” arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli değildir ($p=0,575$). Çalışmada kullanılan eğe (PTUR ve WOG) ve ilave uygulama (XP-Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) kombinasyonları dikkate alındığında altı farklı grup (PTUR+XP-Endo Finisher, PTUR+SAF, PTUR+Er,Cr;YSGG lazer, WOG+ XP-Endo Finisher, WOG+SAF, WOG+ Er,Cr;YSGG lazer) arasında kanal hacmi artışı açısından istatistiksel fark yoktur ($p>0.05$) (tablo 16).

Tablo 16. KH2 değerleri bakımından faktöriyel düzende yapılan varyans analizi ile “eğe tipi ve ilave uygulamalar” arasındaki interaksiyonun değerlendirilmesi

Eğe ve Uygulama Tipleri	Ortalama (mm ³)	Standart Sapma	95% Güven Aralığı		
			Alt Sınır	Üst Sınır	
PTUR	XP-Endo Finisher	6,328 ^a	0,429	5,470	7,186
	SAF	6,086 ^a	0,429	5,228	6,944
	Er,Cr;YSGG lazer	5,424 ^a	0,429	4,566	6,282
WOG	XP-Endo Finisher	5,974 ^a	0,429	5,116	6,832
	SAF	6,419 ^a	0,429	5,560	7,277
	Er,Cr;YSGG lazer	5,927 ^a	0,429	5,069	6,785

4.3. Kök Kanal Dolgusunu Uzaklaştırma Sürelerine Ait Bulgular

Tablo 17 ve 18’de tekli ve çoklu eğe sistemlerine ait T1 ve T2 değerleri izlenmektedir. PTUR ve WOG grupları arasında çalışma boyuna ulaşma süresi (T1) ve kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılma süresi (T2) açısından istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.01$). WOG eğesi, PTUR eğe sistemine göre hem çalışma boyuna ulaşma, hem de kanal dolgu maddesini uzaklaştırma süreleri açısından daha hızlıdır.

Tablo 17. PTUR eğe sistemleri ile çalışma boyuna ulaşma (T1) ve kanal dolgu maddesi uzaklaştırma (T2) süreleri (sn)

Süre	Eğe Tipi	Ortalama (sn)	Standart Sapma	Standart Hata Oranı
T1 (sn)	PTUR	132,58 ^a	70,286	12,624
T2 (sn)	PTUR	170,75 ^b	44,2140	7,6967

Tablo 18. WOG eğe sistemleri ile çalışma boyuna ulaşma (T1) ve kanal dolgu maddesi uzaklaştırma (T2) süreleri (sn)

Süre	Eğe Tipi	Ortalama (sn)	Standart Sapma	Standart Hata Oranı
T1 (sn)	WOG	73,06 ^x	20,371	3,659
T2 (sn)	WOG	122,45 ^y	27,5444	4,7949

5. TARTIŞMA

Kök kanal dolgusunun yenilenmesinde en önemli aşama, irrigasyon solüsyonlarının ve kök kanal aletlerinin mikroorganizmalar ve debrisler üzerinde etkili olabilmeleri için dolgu maddesinin kök kanallarından etkili bir şekilde uzaklaştırılmasıdır (94). Kök kanalında kalan herhangi bir artığın, tedavinin başarısızlığına neden olacağı kesin olarak kanıtlanmamış olmasına rağmen, artık maddelerin mümkün olduğunca kök kanalından uzaklaştırılması inatçı enfeksiyonların engellenmesi açısından önemlidir (94). Kök kanalından artık maddeleri etkili bir şekilde uzaklaştırabilmek amacıyla son yıllarda kök kanallarının preperasyonu için geliştirilmiş NiTi döner aletlerin yanı sıra sadece retreatment için özel olarak tasarlanmış sistemler de tavsiye edilmektedir (15).

NiTi döner sistemler ve el aletlerinin kök kanal tedavisinin yenilenmesindeki etkinliklerini inceleyen çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen tekli resiprokal eğe ve çoklu döner eğe sistemlerinin karşılaştırıldığı araştırma sayısı azdır. Aynı zamanda ulaşılabilen kaynaklar tarandığında bu sistemlerin kullanımı sonrası ilave uygulamaların μ BT kullanılarak karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Seçilen ilave yöntemler tamamen birbirlerinden farklı çalışma prensiplerine (yıkama, kanal duvarlarındaki düzensizliklerin ortadan kaldırmaya çalışan mekanik enstrümantasyon ve fotoablasyon/fototermal etki) sahiptirler. Bu nedenle bu çalışmada, kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasında resiprokal hareketli tek eğe ile çoklu retreatment döner eğe sisteminin etkinliklerinin karşılaştırılması ve kök kanal boyuna ulaşıldıktan sonra bu sistemlere ilave olarak kullanılacak farklı uygulamaların etkinliklerinin μ BT ile *ex-vivo* olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması ve ilave yöntemlerin uygulanması sonrasında kök kanal hacminde meydana gelen değişiklikler ile alet ve uygulamaların dentin uzaklaştırma miktarları da μ BT yardımıyla değerlendirilmiştir.

5.1. Çalışmada Kullanılan Dişlerin Seçimi

Kök kanal preperasyonunun değerlendirildiği çalışmalarda çekilmiş insan dişleri ve yapak akrilik bloklar kullanılmıştır. Weine ve ark. çalışmalarda çekilmiş

insan dişi kullanımının standardizasyon açısından sorun yaratabileceğini bildirmiş ve bunun sonrasında bazı çalışmalarda kanalın genişliği, eğimi ve boyutunun sabitlenebileceği Őeffaf akrilik bloklar kullanılmaya başlanmıştır (414). Ancak Craig ve ark. dentinin mikrosertlik derecesinin akrilik bloklarda daha fazla olduğunu ve preperasyon sırasında aletlerin kesme etkinliğini etkileyebileceğini bildirmişlerdir (415). Yapay kanalların kullanılmasının; kök kanal eğiminin sadece tek yönde olması, kusursuz yapısı ile yapay bir ortamda çalışılması (416), preperasyon sırasında ortaya çıkan ısının akriliği yumuşatması (417) gibi dezavantajları vardır. Yapay kanalların klinik koşulları yansıtması ile birlikte, Şekillendirme sonrası yapılan değerlendirmelerin güvenilir ve hassas olmadığı da dşnlmektedir (416).

Tekrarlayan kök kanal tedavisi çalışmalarında kök kanal Őekillendirilmesinin yanında kök kanal dolgularının uzaklaştırılması esastır. ekilmiş insan dişlerine ait gerçek kök kanalları, kanal duvarlarındaki düzensizliklere adapte olan kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasının klinik koşulları yansıtacak Şekilde değerlendirilmesini olanaklı kılmaktadır. Bizim alışmamızda da Őeffaf akrilik blokların dezavantajları düşünülerek ve daha önce yapılan *in vitro* retreatment çalışmaları göz önüne alınarak çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır (237, 402, 418).

Birçok çalışmada kök kanal anatomisinin karmaşıklığı vurgulanmıştır. Kök kanal morfolojisindeki farklılıklar, kanal içi düzensizlikler ve kanal kurvatrleri endodontik işlemler esnasında hata oluşma riskini arttıran faktörlerdir (408, 419). Lee ve ark. mandibular molar dişlerin mezial köklerinin ‘eğri kanallar ve konkav distal yüzeyler’ gibi özelliklerini, strip perforasyon ve kök kırıkları açısından potansiyel risk oluşturan özellikler olarak tanımlamıştır (420). Siqueira ve ark. ise, mandibular molarların mezial köklerinin yüksek oranda komplikasyon oluşturma riski olduğunu, Şekillendirme ve temizleme kabiliyeti açısından ideal sonuçlar elde etmeyi zorlaştırdığını belirtmiştir (421). Klinik olarak kök kanal tedavisi ve retreatment sırasında genellikle eğri kök kanallarına rastlanmasına rağmen, bu dişlerin karmaşık anatomileri nedeniyle literatürde eğri köklü dişleri içeren az sayıda çalışma bulunmaktadır (303).

Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla kullanılan NiTi döner aletlerin etkinliklerinin değerlendirildiği *in-vitro* alışmaların birçoğunda düz ve tek

köklü dişler kullanılmıştır (15, 16, 24, 147, 169, 171, 187, 215, 229, 422, 423). Madani ve ark. (44), Rödig ve ark. (34), Şimşek ve ark. (303), Alves ve ark. (237), Rödig ve ark. (402), Fruchi ve ark. (236), Özyürek ve ark. (243), Çelik Ünal ve ark. (174) ise kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılma etkinliğini eğri köklü dişlerde değerlendirmiştir. Bu çalışmada da, kök kanal tedavisi tekrarında farklı uygulamaların daha zorlu koşullarda kök kanal temizliği etkinliklerini değerlendirmek amacıyla Alves ve ark.'nın (237) çekilmiş dişlerde kullandıkları kurvatür derecesine benzer şekilde Schneider sınıflandırmasına (413) göre ileri derecede eğime sahip (30-40°) mandibular molar dişlerin meziobukkal kanallarının kullanılması tercih edilmiştir. Eğri dişlerde bulunan karmaşık anatomik özellikler ve ileri derecede kurvatür miktarı retreatment sırasında zorluk teşkil edeceği için çalışmada diş seçimi için temel oluşturmuştur (237). Ayrıca standardizasyon için, tüm örneklerin kök kanal boyları Cruzeta ve ark.'nın çalışmasına benzer şekilde 14 ± 0.05 mm olarak eşitlenmiştir (238).

5.2. Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Eğe Sistemlerinin Seçimi

Günümüzde endodontik tedavinin yenilenmesi işleminde kök kanal dolgusunun kök kanallarından etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmesi için el aletleri (19, 34, 173), ultrasonikler (10, 11), lazerler (12, 269, 289, 291), ısıtılmış aletler (207), kök kanallarını şekillendirmek için tasarlanmış nikel titanyum aletler (37, 230, 236-238, 245, 247, 302, 402, 424, 425) ve nikel titanyum retreatment döner aletler (15, 19, 20, 34, 44, 174, 175, 213, 229, 230, 232, 243, 303) kullanılmaktadır (Tablo 18).

Tablo 18. Literatürde kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kullanılan yöntemler ve sonuçları

Yazar- Yıl	Değerlendirme Yöntemi	Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntem	Sonuç	
			Etkin	Hızlı
Keçeci ve ark. 2006 (173)	Radyografik	<ul style="list-style-type: none">• El aletleri• Çözücü + el aletleri• Döner aletler• Çözücü + döner aletler• El aletleri + döner aletler• Çözücü + el aletleri + döner aletler	El aletleri	Profile
Gu ve ark. 2008 (15)	Şeffaflaştırma	<ul style="list-style-type: none">• PTUR• GG + H tipi eğe + çözücü• GG + K tipi eğe + çözücü	PTUR	PTUR
Çelik Ünal ve ark. 2008 (174)	Radyografik	<ul style="list-style-type: none">• K ve H tipi eğeler• Profile• R-Endo• PTUR	El aletleri	El aletleri ve PTUR
Giuliani ve ark. 2008 (19)	Kesit alma	<ul style="list-style-type: none">• PTUR• Profile• K tipi el aletleri	El aletleri	PTUR ve Profile
Sommo ve ark. 2008 (221)	SEM	<ul style="list-style-type: none">• Mtwo• PTUR• Twisted File	Benzer etkinlik	Mtwo

Takahashi ve ark. 2009 (175)	Kesit alma	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR • El aletleri 	Benzer etkinlik	PTUR
Marfisi ve ark. 2010 (229)	KIBT	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR • Mtwo • Twisted File 	Benzer etkinlik	Mtwo
Fenoul ve ark. 2010 (226)	SEM	<ul style="list-style-type: none"> • El eğesi • R-Endo 	R-Endo	R-Endo
Bramante ve ark. 2010 (224)	Kesit alma	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR • Mtwo 	PTUR	PTUR
Madani ve ark. 2011 (44)	KIBT	<ul style="list-style-type: none"> • H tipi eğeleri • PTUR • D-Race 	Benzer etkinlik	Benzer etkinlik
Akpınar ve ark. 2011 (219)	Şeffaflaştırma	<ul style="list-style-type: none"> • K3 • R-Endo • El aletleri 	Benzer etkinlik	---
Rödig ve ark. 2012 (34)	µBT	<ul style="list-style-type: none"> • D-Race • Protaper Universal • H tipi eğe 	D-Race	D-Race
Voet ve ark. 2012 (305)	Kesit alma	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR + SAF • PTUR 	PTUR + SAF	---
Abramovitz ve ark. 2012 (306)	Radyografik	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR + SAF • PTUR 	PTUR + SAF	---
Helvacıoğlu ve ark. 2013 (230)	µBT	<ul style="list-style-type: none"> • Resiproc • PTUR • El aletleri 	Benzer etkinlik	Benzer etkinlik
Medeiros ve ark. 2014	Kesit alma	<ul style="list-style-type: none"> • El aleti + çözücü 	Benzer etkinlik	Benzer etkinlik

(makale 33)

		<ul style="list-style-type: none">• El aleti + GG + çözücü• Protaper Universal• Protaper Universal + çözücü		
Göktürk ve ark. 2014 (232)	Radyografik ve kesit alma	<ul style="list-style-type: none">• H tipi eğe• Mtwo• R-Endo• PTUR• D-RaCe	H tipi eğe	D-Race ve PTUR
Fruchi ve ark. 2014 (236)	µBT	<ul style="list-style-type: none">• Resiproc• WaveOne• Resiproc +PUI• WaveOne +PUI	Benzer etkinlik	---
Keleş ark. 2014 (307)	SEM	<ul style="list-style-type: none">• R-Endo• R-Endo + SAF	R-Endo + SAF	---
Da Rosa ve ark. 2015 (231)	µBT	<ul style="list-style-type: none">• PTUR• PTUR + Protaper• PTUR + Wave One	Benzer etkinlik	---
Crozeta ve ark. 2015 (37)	µBT	<ul style="list-style-type: none">• PTUR• Resiproc• TFA	Benzer etkinlik	---
Kaşıkcı Bilgi ve ark. 2016 (228)	Radyografik	<ul style="list-style-type: none">• El eğesi• R-Endo• Resiproc• PTUR	Benzer etkinlik	---
Martins ve ark. (239)	µBT	<ul style="list-style-type: none">• Resiproc + sonik/ ultrasonik• Protaper Next + sonic/ ultrasonik	Benzer etkinlik	---
Akbulut ve ark. 2016	KIBT	<ul style="list-style-type: none">• TFA	PTUR ve	PTUR ve

(247)		<ul style="list-style-type: none"> • Reciproc • PTUR • El aletleri 	Resiproc	Resiproc
Nevares ve ark. 2016 (244)	μBT	<ul style="list-style-type: none"> • Protaper Next • Resiproc 	Benzer etkinlik	---
Alves ve ark. 2016 (237)	μBT	<ul style="list-style-type: none"> • Mtwo • Resiproc • Mtwo + XP • Resiproc + XP 	Mtwo+ XP	Mtwo
Pawar ve ark. 2016 (308)	KIBT	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR + WaveOne • PTUR + SAF 	PTUR + SAF	---
Yürüker ve ark. 2016 (302)	KIBT	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR + SAF • PTUR + Resiproc • PTUR + H-tipi eğeler 	PTUR + Resiproc	PTUR + H-tipi eğeler
Özyürek ve ark. 2017 (245)	Kesit alma	<ul style="list-style-type: none"> • PTUR • PTN • El aletleri 	PTUR ve PTN	PTUR
Karamifar ve ark. 2017 (318)	Kesit alma	<ul style="list-style-type: none"> • RaCe • RaCe 	RaCe +XP	---
Silva ve ark. 2018 (317)	μBT	<ul style="list-style-type: none"> • Resiproc+ XP-Endo Finisher • Resiproc+ XP-Endo Finisher R 	Benzer etkinlik	---

Kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında el eğelerine göre, çalışma süresini kısaltması, hasta ve hekim açısından daha pratik olması gibi avantajlarından dolayı NiTi döner aletlerin kullanımı hızla artmıştır (163, 173, 244).

Çalışmamızda kullanılan PTUR üç farklı uzunluğa ve tepe açısına sahip D1, D2 ve D3 isimli eğelerden oluşmaktadır. Bu alet sistemi kök kanal dolgusunun yenilenmesi sırasında sadece güta perkaya temas etmeyip aynı zamanda dentinin yüzeyel tabakasını da temizlemektedir. Ayrıca spesifik tasarım ve dönme hareketi sayesinde güta perkayı kavrayıp koronale doğru yönlendirmektedir (215).

Giuliani ve ark.'nın çalışmasında PTUR, Profile döner aleti ve K-tipi el aletlerine göre daha etkin ve hızlı bulunmuştur. PTUR'un etkinliğinin daha iyi olmasının aletin enine kesitinin tasarım özelliklerine bağlı olduğu düşünülmektedir (19). Özyürek ve ark. ise aynı amaçla 4 farklı döner aleti kıyasladıkları çalışmada Protaper Next ve PTUR'u kök kanal duvar temizliği açısından daha etkin bulurken, PTUR'un diğer aletlerden hızlı olduğunu vurgulamışlardır (245). Gu ve ark. da kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasını inceledikleri çalışmada PTUR'un oldukça etkin olduğunu belirtmişler ve bu sistemin el eğelerinden daha iyi temizleme etkinliği göstermesini aletin tasarım özelliklerine bağladıklarını bildirmişlerdir (15).

Takahashi ve ark. herhangi bir çözücü kullanılmadan PTUR'un kök kanal dolgusunun yenilenmesi sırasında el eğesine göre daha hızlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu sistemin daha hızlı olmasını, D1 aletinin güta perkaya penetrasyonunun oldukça iyi olması ve aletlerin sabit bir konikliğe sahip olmasına bağlamaktadırlar (175). Da Rosa ve ark.'nın çalışmasında ise döner ve resiprokal sistemler karşılaştırılmış ve PTUR kök kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında en etkin eğe olarak bildirilmiştir (231). Helvacıoğlu ve ark. resiprokal ve döner aletleri kıyasladıklarında, PTUR kullanıldığında daha fazla dolgu maddesinin uzaklaştırıldığını ancak iki alet arasında istatistiksel bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir (230). Bramente ve ark. retreatment sırasında oluşan ısı, aletlerin temizleme kabiliyeti ve temizleme hızını değerlendirdikleri çalışmada PTUR'un etkili ve hızlı olduğunu bildirirken, bu aletin aynı zamanda servikal üçlüde fazla miktarda ısı ortaya çıkardığını göstermiştir. Bu durum; aletin tepe açısının M-two'ya göre daha fazla olması ve bu yüzden aletin metalik kısmının daha büyük bir hacim kaplaması ile bağlantılı bulunmuştur (224).

Literatürde PTUR'un kök kanal dolgusunu uzaklaştırma açısından başarı oranı yüksektir. Bu nedenle çalışmamızda WaveOne Gold etkinliği bilinen PTUR ile karşılaştırılmıştır.

WaveOne sisteminin geliştirilmesiyle üretilen WaveOne Gold, 4 adet farklı boyuta sahip eğden oluşmaktadır; Small (sarı 20/07), Primary (kırmızı 25/07), Medium (yeşil 35/06) ve Large (beyaz 45/05) (248). WaveOne Gold, NiTi aleti elastikiyeti artırmak için Gold ısıl teknolojisi ile resiprokasyon modunu birleştirmiştir. Ayrıca diğer eğe sistemlerinden farklı olarak kesme etkinliğini ve debris uzaklaştırılmasını sağlayan paralelkenar enine kesit şekline sahiptir (426).

Literatürde Wave One Gold'un kök kanal dolgu maddesini uzaklaştırma etkinliğini değerlendiren bir çalışma mevcut değildir. Ancak WaveOne Gold'un tasarım farklılığı düşünülerek dişlerdeki çatlak formasyonu (249, 427), döngüsel yorgunluk direnci (250, 251, 426, 428-431), kesme etkinliği (432), dentin defect oluşumu (433-435), kanal transportasyonu (436) ve apikalden taşan debris miktarı (437) gibi etkileri değerlendirilmiştir.

Pedulla ve ark.'nın WaveOne Gold ile birlikte 6 farklı tek eğe sisteminin dentin çatlak formasyonuna etkisini incelediği çalışmada WaveOne Gold eğesi diğer eğelere göre %58.3 daha az mikroçatlak oluşturmuştur. WaveOne Gold eğesinin, WaveOne ile aynı resiprokal hareketi yapmasına rağmen aynı sonuçları göstermemesi, mikroçatlak oluşumunda eğe hareketinin önemli bir rolü olmadığını göstermiştir (249).

Karataş ve ark.'nın ProTaper Gold, WaveOne Gold, ProTaper Universal ve WaveOne aletlerini kullanarak apikalden taşan debris değerlendirildikleri çalışmanın sonucuna göre WaveOne Gold sisteminin WaveOne'a göre, Protaper Gold sisteminin ise Protaper Universal sistemine göre daha az apikalden debris taşıdığı bildirilmiştir. Üreticiye göre; WaveOne Gold'un paralelkenar şeklindeki tasarımı sayesinde bir veya iki kesme kenarına sahip olması ile daha az vidalama etkisi ve daha çok kesme etkinliği sağlanmıştır. Ayrıca WaveOne Gold'un tepe açısının az olması elastikiyetinin artmasını sağlamıştır. Bu çalışmada da WaveOne Gold'un kesitsel tasarımının, tepe açısının ve elastikiyetinin diğer aletlerden farklı olması nedeni ile apikalden taşan debris miktarının azaldığı bildirilmiştir (437).

Topçuoğlu ve ark.'nın WaveOne Gold, Resiproc ve WaveOne eğelerini kullanarak döngüsel yorgunluk direnci açısından değerlendirme yaptıkları çalışmada WaveOne Gold eğesinin diğer 2 sisteme göre daha fazla döngüsel direncine sahip olduğu bildirilmiştir (251). Özyürek ve ark.'nın farklı aletlerde döngüsel yorgunluk direncini karşılaştırdığı çalışmanın sonucuna göre, WaveOne Gold Primary tek eğe sistemi, WaveOne Primary ve Resiproc R25 tek eğe sistemlerine göre daha dirençli bulunmuştur (250). Elnaghy ve ark.'nın çalışmasında WaveOne Gold ve Resiproc eğelerinin, sodyum hipoklorit ve salin kullanımı ile birlikte döngüsel yorgunluk dirençleri karşılaştırılmıştır. Her iki eğenin de sodyum hipoklorit ve salin kullanımı ile birlikte döngüsel yorgunluk dirençleri azalsa da WaveOne Gold eğesinin direnci, Resiproc'a göre daha yüksek bulunmuştur (428). Bu sonuçlar aletlerdeki farklı materyal içeriğine ve kesitsel tasarıma bağlanmıştır. WaveOne Gold altın alaşımından, Resiproc ise M-wire NiTi alaşımından üretilmiştir (251). WaveOne Gold aletleri gelişmiş metalurjik sistemler kullanılarak ısı işlem teknolojisi ile üretilmektedir. Altın renkleri termal siklus sayesinde meydana gelmektedir ve üretici altın teknolojisinin aletin esnekliğini arttırdığını iddia etmektedir (438). Adıgüzel ve ark.'nın WaveOne ve WaveOne Gold eğelerinin Small, Primary ve Large eğelerinin döngüsel yorgunluk direncini karşılaştırdıkları çalışmada WaveOne Gold eğeleri WaveOne'a göre çok daha fazla dirençli bulunmuştur. WaveOne Gold'un daha dirençli olması bu aletin tasarımından dolayı alet ile kök kanal duvarları arasındaki temas noktalarının azalmasına bağlanmıştır (431). Keskin ve ark. nın çalışması da diğer benzer çalışmaları destekler biçimde WaveOne Gold eğesinin, WaveOne ve Resiproc'a göre döngüsel direnç açısından daha üstün olduğunu vurgulamıştır (429).

Bu bilgiler ışığında, WaveOne Gold kullanılarak dişlerdeki çatlak formasyonu (249, 427), döngüsel yorgunluk direnci (250, 251, 426, 428-431) kesme etkinliği (432), dentin defektleri (433-435), kanal transportasyonu (436) ve apikalden taşan debris miktarı açısından yapılan değerlendirmelerde bu aletin olumlu sonuçlar ortaya koyması ve kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması açısından etkinliğini değerlendiren çalışma bulunmaması nedeniyle çalışmamızda bu yeni sistemin kök kanal dolgusu uzaklaştırılmasında etkinliği değerlendirilmiş ve PTUR ile karşılaştırılmıştır.

Madani ve ark. (44), Rödig ve ark. (34), Solomanow ve ark. (35), Şimşek ve ark. (303), Crozeta ve ark. (238), Özyürek ve ark. (243), eğri köklü dişlerde yaptıkları kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasını değerlendiren çalışmalarda NiTi döner aletlerin kullanılmasının öncesinde Gates Glidden frez kullanmamışlardır. NiTi döner aletlerin güta perkaya penetrasyonun iyi olması, Gates Glidden frezlerin dentini zayıflatma riski ve mikroçatlaklara sebep olabilme riski nedeniyle bizim çalışmamızda da diğer çalışmalara benzer şekilde Gates Glidden frezlerden yararlanılmamıştır.

Kök kanal dolgusunun yenilenmesi sırasında apikal çapın genişletilmesinin artık dolgu maddesinin miktarını azalttığı iyi bilinmektedir (422). Bununla birlikte, kök kanallarının ek olarak genişletilmesi, kalan dentin kalınlığına bağlı olarak kök kanallarının direncini düşürebilmekte, vertikal kök kırıklarına neden olabilmekte ve özellikle kurvatürlü kanallarda alet kırığı ve kök kanal transplantasyonu gibi komplikasyonlara sebep olabilmektedir (184). Ayrıca kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında apikal çap genişliği arttırılmadan çalışmamızda uygulanan ilave basamakların (XP-Endo Finisher, SAF ve Er, Cr:YSSG lazer) etkilerinin daha net olarak gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, çalışmamızda kök kanallarının apikal çaplarının genişliği Özyürek ve ark.'nın çalışmasına (243) benzer şekilde ilk genişletmede ulaşılan çapta bırakılmıştır. Helvacıoğlu ve ark.'nın çalışmasına benzer şekilde kullanılan aletlerde apikal çap ISO standartlarına göre 0.25 mm'de standartize edilmiştir (230).

Çalışmamızın standardizasyonu açısından; üretici firma önerileri ve konu ile ilgili çalışmalar göz önünde bulundurularak, uygulanan yöntemler aynı operatör tarafından gerçekleştirilmiştir. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılma işlemi, alet çalışma boyuna ulaştığında ve gözle görülür dolgu maddesi kalmadığında tamamlanmıştır.

Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması ile ilgili yapılan birçok çalışmada örnekler, kök kanal dolgusu yapıldıktan sonra uzaklaştırılana kadar 1 hafta ve 1 yıl arasında değişen sürelerde bekletilmiştir. Oliveira ve ark. (321), Guiliani ve ark. (19), Taşdemir ve ark. (222), Marfisi ve ark. (229) 2 hafta, Bramente ve ark. (224), Zmener ve ark. (216) 1 ay, Vinicius ve ark. (439), Sae-Lim ve ark. ise 3 ay

bekletmiştir. Bizim çalışmamızda kök kanal dolguları uzaklaştırılmadan önce örnekler Guiliani ve ark.'nın (19) çalışmasına benzer şekilde kök kanal dolgu patının sertleşmesi amacıyla %100 nemli ortamda 2 hafta boyunca bekletilmiştir.

Kök kanalındaki gütü perka ve kanal dolgu patlarının yumuşatılması ve çözülmesi amacıyla çözücüler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çözücülerden biri de portakal yağıdır. Portakal yağı gibi esansiyel yağların gütü perkanın çözülmesinde oldukça etkili olduğu bilinmektedir (348). Ayrıca portakal yağının kloroform ve okalipütüs yağına göre daha biyouyumlu olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (334, 346, 440). Topçuoğlu ve ark. retreatment esnasında kullanılan portakal yağının, dentine bağlanma dayanımında bir değişikliğe (441), Karataş ve ark.'nın çalışmasında ise portakal yağının kök kanal preperasyonu sırasında kanal transportasyonuna neden olmadığını göstermiştir. (336). Başka bir çalışmada da bu çözücünün kök dentin yüzeyinin histokimyasal yapısında bir değişiklik oluşturmadığı gösterilmiştir (442). Bu bilgiler ışığında çalışmamızda kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasında gütü perka ve kanal patının yumuşatılması amacıyla portakal yağı kullanılmıştır.

5.3. Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılma Etkinliğinin Arttırılmasında İlave Yöntemlerin Seçimi

Teknolojideki hızlı gelişmeler sayesinde her alanda olduğu gibi, endodontide de gün geçtikçe yenilikler gündeme gelmektedir. Kanal tedavisinin yenilenmesinde başarıyı artırmak için kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında kalan dolgu miktarının azaltılması için yeni uygulamalar ve teknikler kullanılmaktadır.

Son günlerde kök kanal duvarlarının daha etkin temizliğini amaçlayan ilave temizleme egesi olarak XP-Endo Finisher üretilmiştir. Farklı sıcaklık seviyelerinde farklı tepki veren patentli bir NiTi MaxWire alaşımına (Martensite-Austenite Electropolish Flex FKG Dentaire) sahip olan bu ege ısıya göre şekil değiştirebilmektedir (317). Ege oda sıcaklığında (25⁰C) martensit fazda (M fazı) ve düz iken, vücut sıcaklığında (kanal içerisinde 37⁰C'de) moleküler hafızasına bağlı olarak ostenit faza (A fazı) geçer, kök kanalı içerisinde genişir ve son 10 mm'sinde konveks şekilde kaşık şeklini alır. (310). Bu yeni tasarlanan ege endodontide ümit

verici bir alet olarak görülmesine rağmen, çok az sayıda makalede etkinliği değerlendirilmiştir (237, 311, 314, 316, 317).

XP-Endo Finisher'in kök kanallarından kalsiyum hidroksit uzaklaştırılmasındaki etkisini (309, 315), kök kanallarındaki dezenfeksiyonunu (312), smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmasındaki etkisini (311), kök kanallarından biyofilm tabakasının uzaklaştırılmasını (314) ve dentin tübüllerindeki bakteri kolonizasyon miktarına etkisini (313) inceleyen araştırmalar mevcuttur. Ancak kök kanallarından dolgu maddesinin uzaklaştırılması sonrasında ilave basamak olarak kullanımını değerlendiren yalnızca 3 çalışma mevcuttur (237, 317, 318).

Kök kanallarından kalsiyum hidroksit uzaklaştırılmasında, XP-Endo Finisher konvansiyonel irrigasyona göre daha etkin bulunurken, ultrasonik kullanımı ile benzer sonuçlar göstermiştir. (309, 315)

Mandibular molar dişlerde kök kanallarının kemo-mekanik şekillendirilmesi sonrası ilave basamak olarak XP-Endo Finisher kullanımı kök kanallarından daha fazla bakteri uzaklaştırılmasına olanak sağlamıştır. Bu durumu Alves ve ark. tarafından aletin tasarım biçimi ve helical hareketi sayesinde ulaşılamayan bölgeleri temizlemesi, bu sayede bakteriyel biyofilm tabakasını uzaklaştırması ile açıklanmaktadır (312). Aynı zamanda XP-Endo Finisher'in irrigasyon ile birlikte olan mekanik etkisinin kök kanal duvarlarından bakterileri uzaklaştırmada etkili olduğunu vurgulayan araştırmalar mevcuttur (313, 314).

Smear ve debrisi uzaklaştırma etkinliğini değerlendiren çalışmalarda da XP-Endo Finisher'in üstün özellikleri, eğenin vücut ısısı ile ostenit faza geçerek kök kanallarındaki ulaşılması zor olan alanlara temas etmesi ile açıklanmaktadır (311).

Alves ve ark. kök kanallarından dolgu maddesinin uzaklaştırılması amacıyla çoklu döner alet sistemleri ile tekli resiprokal ege sistemlerinin etkilerini eğri köklü dişlerde kıyaslamışlar ve ilave temizleme amacıyla XP-Endo Finisher egesinin etkisini değerlendirmişlerdir. Çoklu döner alet sistemleri, tekli resiprokal sistemlere göre kök kanal temizliği açısından daha etkin ve hızlı bulunmuş, ayrıca XP-Endo Finisher egesi ilave olarak önemli miktarda kök kanal dolgu maddesi uzaklaştırmıştır. Araştırmacılar, bu eğenin kök kanallarından dolgu maddelerini

uzaklaştırma etkinliği, eğenin vücut sıcaklığında genişmesi sayesinde kanal duvarlarına ve dolgu maddesine daha etkin temas etmesine bağlamaktadırlar (237).

Silva ve ark. kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasında XP-Endo Finisher ve XP-Endo Finisher R eğelerinin etkilerini düz ve tek köklü dişlerde μ BT ile değerlendirmişlerdir. Kök kanal dolgu maddelerinin uzaklaştırılmasından sonra ilave uygulama olarak XP-Endo Finisher ve XP-Endo Finisher R kullanmışlar ve bu eğelerin ikisinin de kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması açısından eşit miktarda etkin olduğunu vurgulamışlar ancak kullanılan hiçbir yöntemle kök kanal dolgu maddelerinin tamamen uzaklaştırılmadığını belirtmişlerdir (317).

Karamifar ve ark.'nın kök kanal dolgusunun uzaklaştırma etkinliği ile ilgili çalışmasında, el aletleri, RaCe eğesi ve RaCe eğesi ile birlikte XP-Endo Finisher eğesi ilave olarak kullanılmıştır. Kök kanal duvarlarının temizliği kesit alma yöntemi ile düz ve tek köklü dişlerde değerlendirilmiştir. Rotary eğeleri kök kanal duvarlarından güta perkanın uzaklaştırılmasında daha etkin bulunmuş ve XP-Endo Finisher eğesi kullanıldığında özellikle koronal üçlüde daha temiz duvarlar elde edilmiştir. XP-Endo Finisher'in kök kanallarından dolgu maddesinin uzaklaştırma etkinliği bu çalışmada da diğer araştırmalara benzer olarak, eğenin metalurjik özellikleri ve kök kanalındaki eliptik hareketine bağlanmaktadır. Bu tasarım ve eliptik hareket sayesinde, eğe ulaşılması zor alanlara daha rahat ulaşabilmektedir (318).

Çalışmamızda yukarıda değerlendirilen araştırmaların sonuçları göz önüne alınarak XP-Endo Finisher, eğri kök kanallarından dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında ilave uygulama olarak seçilmiştir.

SAF'ın piyasaya sürülmesi ile birlikte kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında ilave basamak olarak kullanımı gündeme gelmiştir. Tek başına SAF, dolgu maddesini kök kanallarından uzaklaştırma yeteneğine sahip değildir, çünkü oldukça esnektir ve kanal dolgusuna penetre olamamaktadır (306). SAF, kanal duvarlarına sıkı bir şekilde uyum sağlamak ve fırçalama etkisini sağlayan bir metal örgüden oluşmaktadır (300, 443-445).

Yürüker ve ark. farklı aletlerin kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırma etkinliğini değerlendirdikleri çalışmada PTUR, PTUR ve SAF, PTUR ve Resiproc,

PTUR ve H-tipi eğe olmak üzere 4 farklı grubu kıyaslamışlardır. SAF kullanımı sonrası kalan dolgu miktarında istatistiksel olarak bir fark olmamasına rağmen, kök kanal duvarlarında bulunan dolgu maddesi miktarında bir miktar azalma gözlemlenmiştir. Bu durum SAF eğesinin kesit şeklinden dolayı kök kanallarına daha iyi adapte olmasına ve aletin kök kanala duvarlarını fırçalama etkisi ile temizlemesine bağlanmıştır (302).

Solomonov ve ark. SAF'ın kanal duvarlarını temizleme etkisini değerlendirdikleri çalışmada PTUR ve ilave ProTaper eğeleri ile Profile ve SAF olmak üzere 2 ayrı grubu incelemiştir. Profile ve SAF'ın kullanıldığı gruptaki kök kanallarında daha az kanal dolgu artığı gözlemlenmiştir ve SAF'ın kök kanal dolgusunun yenilenmesi sırasında etkin olduğu vurgulanmıştır. Solomonov ve ark. SAF'ın kesit şekli sayesinde kök kanallarına adaptasyonu ve kök kanallarını fırçalama etkisi ile kök kanal duvarlarında etkin bir temizleme sağladığını düşünmüşlerdir (35).

Şimşek ve ark. kurvatürlü dişlerde kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında D-Race ve sonrasında ilave olarak kullanılan SAF'ın etkisini μ BT yardımıyla değerlendirmişlerdir. SAF'ın ilave basamak olarak kök kanallarını temizleme amacıyla kullanıldığında kalan kök kanal dolgusu miktarı anlamlı derecede azalmıştır (303).

Keleş ve ark. ilave olarak SAF kullanımı ile birlikte veya SAF kullanılmadan NiTi döner eğelerin dolgu maddelerini uzaklaştırma etkinliklerini μ BT ile değerlendirmişlerdir. İlave basamak olarak SAF kullanımı ile kök kanal dolgusu miktarında önemli miktarda azalma meydana gelmiştir. Bu sonuç diğer araştırmacıların görüşlerine benzer şekilde SAF'ın kesit şeklinden dolayı kök kanallarına daha iyi adapte olmasına ve aletin kök kanal duvarlarını fırçalama etkisi ile temas etmesine bağlanmıştır (makale 56). Yine Keleş ve ark. kök kanal dolgusunun R-Endo eğeleri ile uzaklaştırılmasından sonra SAF eğesini kullanarak kalan dolgu artığı ve smear tabakasını SEM'de incelemiştir. Yöntemlerin hiçbirisinin kök kanallarını tam olarak temizleyemediği ancak, ilave olarak SAF kullanımının kalan dolgu miktarını azalttığı vurgulanmıştır (307).

Voet ve ark. kurvatürlü dişlerde PTUR kullanılarak kök kanal yenilenmesi sonrasında ilave olarak SAF kullanımının kanal duvar temizliği açısından etkisini değerlendirmişlerdir. SAF kullanılan örneklerde kök kanal duvarlarında, sadece ProTaper kullanılan gruba göre daha etkin bir temizlik gözlemlendiğini vurgulanmıştır. Araştırmacılara göre, bu sonuç SAF'ın diğer eğelere kıyasla kök kanal duvarlarına daha fazla temas etmesi ile ilişkilendirilmiştir (305).

Abramovitz ve ark.'nın kök kanal duvarlarında retreatment sonrasında kalan dolgu miktarını inceledikleri çalışmada, dolgu maddelerinin PTUR ile uzaklaştırılması sonrasında SAF kullanılması kalan dolgu maddesi miktarını azaltmıştır (306).

Çalışmamızda kök kanal dolgusu PTUR ve WOG sistemleri ile uzaklaştırıldığında apikal çap 0,25 mm genişliktedir. Üretici firma seçilecek SAF boyutunun kanal ile uyumlu olmasını ve bu sayede eğenin kanalın kesitine adapte olacağı ve kanal duvarlarında fırçalama etkisi yapabileceğini belirtmektedir (300, 444-446). Gerçekten de Peters ve ark. geniş kanallarda 1.5 mm çaplı SAF kullanımının 2.0 mm çaplı SAF'a göre daha az etkin olduğunu göstermiştir (447). Bu nedenle çalışmamızda, 1,5 mm çaplı SAF yerine Abramovitz ve ark. tarafından da denenilen 2.0 mm çaplı SAF ilave basamak olarak kullanılmıştır (306).

Son yıllarda, kök kanal dolgusunun Nd:YAG lazer kullanılarak etkin bir şekilde uzaklaştırılabildiğini gösteren çalışmalar yapılmıştır (21, 448), ancak bu çalışmalarda lazer uygulaması sonrası çevre dokularda ısı oluşumuna bağlı sıcaklık artışlarının yanı sıra erimiş dentin ile dentin tübüllerinin tıkanması gibi belirgin sıcaklık bulguları da gözlemlenmiştir (21, 448). Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerin dalga boyları 2940 nm ile 2790 nm'dir ve suda yüksek absorpsiyon hızına sahiptir, dolayısıyla çevresindeki dokular üzerinde diğer lazerlere göre daha küçük bir termal etki oluşturmaktadır (449, 450). Bu olumlu özelliklerinden dolayı Erbiyum lazerler endodontide çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (451, 452). Çalışmalar Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerin kök kanal dolgu maddesini eritebildiğini ve uzaklaştırılabildiğini göstermiştir (288, 453). Bu bilgiler ışığında bu çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerlerin kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında ilave basamak olarak kullanımının etkisi değerlendirilmiştir.

Abad-Gallegos ve ark. kök kanalında farklı güçteki (1W ve 2W) Er,Cr:YSGG lazerleri kullanarak kökün dışında oluşan ısı artışını değerlendirmişler ve lazerin gücüneki artış ile birlikte kök çevresinde de ısı artışı olduğunu (1W için 3,84 °C ve 2W için 5,01 °C), ancak bu ısı artışının geri dönüşümsüz bir hasara neden olmayacağı bildirilmiştir (454). Tachinami ve ark. 30, 40, 50 mJ olmak üzere üç farklı enerji seviyesinde 10 Hz modda kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılması için kök kanal duvarlarına çalışma boyunca Er: YAG lazer uygulamışlardır. Lazerin üç farklı güç seviyesi kıyaslandığında, kök kanal dolgu maddesi miktarı ve kanal duvarlarındaki dentin ablasyon miktarı açısından belirgin bir fark bildirilmemiştir (289). Keleş ve ark. ise erbiyum lazerler ile kök kanal dolgusu uzaklaştırmayı ve retreatment sonrasında smear tabakasını uzaklaştırmayı amaçladıkları çalışmalarında lazeri çok kısa atım modunda, 1 W, 20 Hz, ve 50 mJ modda uygulamışlardır (291, 304). Biz de çalışmamızda Er,Cr:YSGG lazerleri Keleş ve ark.'nın (291) yöntemine benzer şekilde 10 saniye dinlenme aralıkları ile birlikte toplam 2 dakika boyunca 1 W, 20 Hz ve 50 mJ modda endodontik fiber optik uçları kullanarak uyguladık. Fiber optik uçların çalışma boyu Tachinami ve ark.'nın uygulamalarına benzer şekilde kök kanalının çalışma boyunda ayarlandı ve lazer kök kanalı %2,5'lük NaOCl ile dolu iken uygulama yapıldı (289).

5.4. Kök Kanal Duvarlarının Temizliğinin ve Kanal Hacminde Meydana Gelen Değişikliklerin İncelenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi

Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında kanal duvarlarında kalan dolgu miktarını değerlendirmek için kesit alma yöntemi, şeffaflaştırma yöntemi, radyografik yöntem, muflalama yöntemi, BT ve μ BT gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır (19, 31, 33, 34, 170, 173, 226, 455). Ayrıca kök kanallarında meydana gelen alan ve hacim değişimlerini incelemek için de radyografik yöntem, BT ve μ BT yöntemleri araştırmalarda kullanılmıştır (34, 402).

Önceki yıllarda kalan madde miktarı en sık kesit alma yöntemi ile değerlendirilmiştir (19, 187, 207, 321, 456). Kesit alma sonrasında örnekler steromikroskop yardımıyla incelenmektedir. Ancak bu yöntemin kesit alma işlemlerinin kalan dolgu maddesinde kayıplara neden olabildiği, başlangıç dolgu

miktarı ile kıyaslamaya imkan tanımaması gibi dezavantajları sayılabilir (230). Ancak radyografik tekniklerle karşılaştırıldığında; radyografik görüntülemelerde üç boyutlu bir cismin iki boyuta taşınarak görüntüde büyütme ve bozulma meydana gelebilmesi nedeniyle daha avantajlı bulunmaktadır (223, 349). Ayrıca, dişin aksına paralel alınan kesitlerin kalan dolgu maddesi açısından görüntü analiz programları (Image J 1.33u Program, AutoCAD) ile değerlendirilmesi objektiviteyi arttırmaktadır (19, 174).

Çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir diğer yöntem şeffaflaştırma yöntemidir; özellikle kök kanal sisteminin morfolojisinin değerlendirilmesinde altın standart olarak gösterilmektedir (457, 458). Schirmermeister ve ark. na göre bu yöntem maliyet açısından uygun ve kanal duvarlarında kalan dolgu maddelerinin küçük parçalarını ayırt edecek kadar hassastır (350). Ancak yeni geliştirilen üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ile kıyaslandığında, diş yapısında geri dönüşümsüz değişiklikler yapmakta ve erimiş metal, jelatin veya mürekkep ile şeffaflaştırma sonrasında analizi zorlaştıran artefaktlar meydana gelmektedir (356). Ayrıca, bu teknik ile üç boyutlu değerlendirme yapılabilmesine rağmen, değerlendirme yönteminin subjektif olması dezavantajlar arasında sayılmaktadır (16).

Kök kanal duvar temizliğinin incelenmesi amacıyla araştırmalarda SEM'den de yararlanılmıştır. Fenoul ve ark.'a göre, SEM ile yapılan incelemelerde genellikle görsel skorlama sistemi kullanılmakta ve kalan dolgu artığı miktarı kanal duvarının her iki yarısının tüm uzunluğunda değerlendirilebilmekte ancak hacimsel olarak ölçüm yapılamamaktadır (226).

Noninvaziv yöntemlerden olan radyografik değerlendirme ise iki boyutlu bir görüntüleme yöntemidir (24, 170, 459). Bu yöntem ile çok küçük dolgu kalıntıları ayırt edilemeyebilir ve kalan dolgu miktarı olduğundan az hesaplanabilir (350). Radyografilerin iki boyutlu olmasının yanında, röntgen tüpünün açılmasında, veya örneğin standart olarak yerleştirilememesi gibi farklılıklardan kaynaklanan hataların ölçümleri olumsuz etkilemesi ve analizler sırasında sadece alan hesaplaması yapılabilmesi de dezavantajlar arasındadır (460).

Günümüzde yukarıda sayılan yöntemlerin invaziv olmaları, dişlerde doku değişikliği ve madde kaybına sebep olmaları, sayısal ölçüme izin vermemeleri ve 2

boyutlu olmaları gibi dezavantajlar yeni yöntem arayışlarına sebep olmuştur. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında kalan dolgu maddesinin ve kanal hacmindeki değişikliklerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntem; doğru, basit, invaziv olmayan ve tekrarlanabilir bir incelemeye olanak sağlamalıdır (461).

Son yıllarda, BT ve μ BT görüntüleme sistemleri, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrası kanal duvarlarının değerlendirilmesinde ve kanal hacmindeki değişikliklerin incelenmesinde ön plana çıkmıştır. μ BT; BT tekniği ile karşılaştırıldığında örneklerin daha uzun ışınlama süresi ve daha küçük voksel boyutu ile taranması sayesinde kök kanal sistemi daha ayrıntılı olarak değerlendirilebilmektedir. İnvaziv olmayan μ BT tekniği, doğru ve detaylı incelemeyi sağlaması, yüksek çözünürlüğe sahip olması ve kök kanal anatomisinin nicel ve nitel ölçümlerinde kullanabilmesi sayesinde popülerlik kazanmıştır (462).

1990'lı yıllarda yapılan çalışmalarda kök kanal sistemini incelemek için μ BT tekniği ilk kez kullanılmış ancak çözünürlüğün ve yazılım programlarının yetersizliği nedeniyle başarılı bulunmamıştır (373). Çözünürlüğün düşük olması, görüntülerde ayrıntıların azalmasına, detayların daha az keskinlikte görünmesine ve sayısal değerlendirmelerde hatalara neden olmuştur. Günümüzde, preparasyon öncesi ve sonrası üç boyutlu değerlendirmelere olanak sağlayan yazılım programlarının geliştirilmesiyle yüksek çözünürlüklü μ BT çalışmaları yapılabilmektedir. μ BT tekniği ile preparasyon öncesi ve sonrası kök kanalında meydana gelen hacim değişikliklerinin, transportasyonun ve kanalın orjinal şeklindeki değişikliklerin ölçümünü de yapmak mümkündür (407).

Barletta ve ark, Hammad ve ark, Ma ve ark, Rödig ve ark, farklı retreatment tekniklerinin etkinliğini incelemek amacıyla μ BT görüntüleme yöntemini kullanmışlardır (31, 33, 34, 455). Bu yöntemin en büyük avantajı, aynı örneklerden farklı aşamalarda tekrar taramaların mümkün olmasıdır (422). Şu ana kadar çok az çalışma μ BT görüntüleme yöntemini kullanarak eğimli kök kanallarındaki farklı retreatment tekniklerinin etkinliğini ve retreatment sırasında meydana gelen hacim değişikliğini değerlendirmiştir (34, 402). Bu bilgiler ışığında bizim çalışmamızda, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında kanal duvar temizliğini ve uygulamalar sonrasında kanal hacmindeki değişiklikleri değerlendirmek için yüksek

çözünürlükte görüntü elde edebilmesi sayesinde detaylı bilgi alabileceğimiz ve hassas sayısal ölçüm yapabileceğimiz invaziv olmayan μ BT tekniği tercih edilmiştir.

5.5. Eğri Kök Kanallarında Kanal Duvarlarının Temizliğinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla ilk aşamada kullandığımız rotasyonel hareket yapan çoklu eğe sistemi ProTaper Universal retreatment sistemi ile resiprokal modda hareket eden tek eğe sistemi WaveOne Gold eğelerinin etkinlikleri arasında kalan dolgu maddesi miktarı (mm^3) ve kalan dolgu madde yüzdesi (%) açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır. Her iki eğe de benzer miktarda kök kanal dolgu maddesi uzaklaştırmıştır.

Literatürde kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla çoklu döner sistemler ile tekli resiprokal sistemlerin etkinliğinin değerlendirildiği araştırmalar mevcuttur. Bu araştırmalarda genellikle PTUR, Mtwo retreatment sistemi, Resipro ve WaveOne aletlerinin etkinlikleri değerlendirilirken, ulaşılabilen kaynaklar tarandığında WaveOne Gold eğesinin kök kanal dolgusunun uzaklaştırılma etkinliğini değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yüzden çalışmamızın sonuçlarını değerlendirirken diğer resiprokal sistemlerin etkinlikleri göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışmamızın sonuçları, geçmişte retreatment üzerine çalışma yapan araştırmacıların ‘hiçbir retreatment tekniği kanal duvarlarından kök kanal dolgusunu tamamen temizleyememektedir’ sonucunu desteklemektedir (166, 174, 216, 221, 222, 303, 306, 399, 463, 464). Bizim çalışmamızda kök kanal dolgusunun döner aletler (PTUR ve WOG) ile uzaklaştırılması sonrasında her iki grupta da %18 kök kanal dolgu maddesi kalmıştır. Bu sistemlerin kullanımı sonrası kalan dolgu maddesi miktarı şu şekilde açıklanabilir:

Kök kanallarının şekillendirme sonrası belirlenen apikal boyutu ile retreatment sonrası döner alet sistemlerinin apikal boyutunun eşit olması (ilave sistemlerin etkisinin daha objektif değerlendirilebilmesi ve over preperasyon sonrası olası risklerden kaçınmak için) nedeniyle kök kanal dolgusunun tamamı uzaklaştırılmamıştır.

Kullanılan kanal patının (AH Plus'ın) dentine yüksek bağlanma kabiliyeti olması nedeniyle kök kanal dolgusu ve kanal patı kanal duvarlarından tam olarak arındırılmamıştır.

Seçilen dişlerin eğri köklü mandibular dişler olması nedeniyle çalışma alanının zorlu anatomik özelliklere sahip olması kanal duvarlarında dolgu miktarının tam olarak uzaklaştırılmasını zorlaştırmıştır.

Rödig ve ark. resiprokal ve döner aletlerin etkinliklerini değerlendirmek amacıyla Resiproc, PTUR ve Hedström eğelerini 60 adet eğri köklü dişte karşılaştırmışlardır. µBT ile incelemeler yapıp kök kanal duvarlarında kalan dolgu maddelerinin yüzdelerini hesaplamışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre üç tekniğin arasında bir fark gözlenmemiştir. Resiprokal eğe sistemi ile çoklu döner eğe sistemi benzer miktarda dolgu maddesi uzaklaştırmıştır (402).

Helvacıoğlu ve ark. PTUR, WaveOne resiprokal aleti ve el aletlerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırma etkinliklerini µBT ile değerlendirmişlerdir. PTUR ile WaveOne arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmemekle birlikte, kalan dolgu maddesinin hacminin resiprokal alet kullanımı sonrasında daha fazla olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar bu durumu döner sistemlerin kök kanallarını fırçalama modu ile temizlemesine bağlamaktadırlar (230). Ancak resiprokal modun da torsiyonal stresi minimize etme ve aletin vidalama etkisini azaltma gibi olumlu özellikleri bulunmaktadır (465, 466). Resiprokal moddaki saat yönüne ve saat yönünün tersine hareketlerle birlikte aletin kesme etkinliği meydana gelmekte ve dentin veya kanal dolgu maddesinin kök kanalından ayrılması sağlanmaktadır. Kaşıkçı Bilge ve ark. ise Hedström eğeleri, R-Endo, Resiproc ve PTUR eğelerini kullanarak eğri köklü molarlarda retreatment sonrasında kalan dolgu maddesi ve taşan debris miktarlarını radyografik yöntemle değerlendirmişlerdir. Kalan dolgu maddesi açısından 4 farklı teknik arasında fark gözlenmemiştir (228). Bu çalışmaların sonuçları, çalışmamızın sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Akbulut ve ark. el eğesi, Twisted File, Resiproc ve PTUR eğe sistemlerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırmadaki etkinliklerini tek köklü dişlerde işlem öncesi ve sonrası yapılan KIBT görüntülemeleri ile değerlendirmişlerdir. Kök kanal duvarlarında kalan dolgu madde yüzdesi hesaplandığında çoklu eğe sistemi PTUR ile

tekli resiprokal eğe sistemi Resiproc'un kök kanal dolgusunu uzaklaştırma etkinlikleri açısından aralarında farklılık bulunmamıştır. (247). Silva ve ark.'nın resiprokal sistem (WaveOne) ve çoklu döner eğe sistemini (PTUR) karşılaştırdığı çalışmalarında da, sistemler arasında fark olmadığı sonucu bildirilmiştir (467). Rios ve ark. kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında Resiproc'un, en az PTUR kadar etkili olduğu sonucunu bildirmiştir (468). Tüm bu araştırmalar, çalışmamız ile ortaya koyduğumuz resiprokal tek eğe sisteminin retreatment için özel olarak tasarlanmış eğe sistemleri ile benzer etkinliğe sahip olduğu sonucunu desteklemektedir (228, 230, 247, 402, 467, 468).

PTUR eğeleri, kesici kenarları, olukları, farklı tepe açıları ve uzunlukları sayesinde kök kanalındaki dolgu maddesini koronale doğru çekerek uzaklaştırma yeteneğine sahiptir. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasını değerlendiren araştırmalarda PTUR'un resiprokal modda hareket eden eğelere göre daha üstün kanal duvar temizliği sağladığını bildiren sonuçlar da ortaya konulmuştur (237, 245). Özyürek ve ark. Protaper Next, Twisted File Adaptive, Reciproc ve PTUR eğe sistemlerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırma etkinliklerini 80 adet tek köklü dişte kesit alma yöntemi ile değerlendirmişlerdir. PTUR oklu döner eğe sistemi, resiprokal modda hareket eden tek eğe sistemi Resiproc'a göre kanal duvar temizliği açısından daha etkin bulunmuştur. Özyürek ve ark. ile çalışmamız arasındaki bu farklılık, araştırmacıların kullandıkları değerlendirme yönteminin farklı olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca apikal genişliğin her iki sistem için de #50.05' e kadar arttırılmasının kanal duvar temizliğinde önemli fark yaratabileceğini düşünmekteyiz (245).

Alves ve ark. eğri kök kanallarına sahip mandibular molarların mesial kanallarında kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması amacıyla tekli resiprokal eğe ve çoklu döner eğe sistemlerini karşılaştırmışlar ve kanal duvarlarında kalan dolgu maddesi miktarını μ BT ile değerlendirmişlerdir. Çoklu döner eğe sisteminin, resiprokal tek eğe sistemine göre kök kanal duvarlarının temizliği açısından daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Alves ve ark.'nın bulgularındaki bu farklılık, bizim çalışmamızda kök kanallarının tamamının μ BT ile incelenip, araştırmacıların ise kalan dolgu maddesini değerlendirmek amacıyla kök kanalının sadece apikal 5 mm'sini incelemelerine bağlı olabilir (237).

Literatürde resiprokal sistemleri, çoklu döner eğe sistemlerinden daha etkili bulan çalışmalar da mevcuttur (238). Zulolo ve ark. el aleti, Mtwo retreatment sistemi ve Resiproc ile kök kanal dolguları uzaklaştırmış, kalan dolgu maddesinin yüzdesini kesit alma yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Çoklu döner alet sistemi kök kanallarında daha az dolgu maddesi uzaklaştırmıştır. Zuolo ve ark.'nın bizim çalışmamızdan farklı sonuçlar ortaya koyması, araştırmacıların inceleme yöntemi olarak, değerlendirme sırasında dolgu maddesinden kayıplar olma ihtimali olan kesit alma yöntemini seçmelerinden ve seçilen eğe sistemleri arasındaki tasarım farklılıklarından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir (469).

Crozeta ve ark. 42 adet mandibular molar dişin mezial kanallarında kök kanal dolgusunu uzaklaştırma amacıyla PTUR, WaveOne #40.08 (W40), Reciproc #40.06 (R40), Reciproc #50.05 (R50), WaveOne #25.08 / #40.08(W25/W40) ve Reciproc #25.08 /#40.06 /#50.05 (R25/R40/R50) eğelerini kullanmışlar ve kök kanal duvarlarının temizliğini μ BT ile değerlendirmişlerdir. Tekli resiprokal sistemler, resiprokal sistemlerin farklı apikal boyuttaki eğeleri ve çoklu döner eğe sistemi karşılaştırılmıştır. Kalan dolgu maddesinin yüzdeleri değerlendirildiğinde en etkin sistemlerin R25/R40/R50, W40 ve R50 eğelerinin olduğu bildirilmiştir. Bulgular arasındaki farklılık Crozeta ve ark.'nın çalışmasında retreatment sırasındaki apikal boyutun daha büyük olması (#40 ve #50) ile açıklanabilir (238).

Bernandes ve ark. alt kesici dişlerde el aletlerinin, PTUR'un ve Resiproc'un kanal dolgu maddesini uzaklaştırma etkinliğini μ BT ve SEM ile incelemişler ve Resiproc en başarılı eğe bulunmuştur. Çalışmamızın sonucu ile farklılık düz kanalların seçilmesi ve retreatment sonrasında belirlenen apikal boyut genişliğinin daha büyük olması ile açıklanabilir. PTUR ve resiprokal sistemlerin retreatment açısından kıyaslandığı çalışmalarda, apikal çap arttırılırken PTUR sisteminde en son eğe D3 olduğu için F4 ve F5 eğelerinden yararlanılmaktadır, resiprokal sistemlerde ise R40, R50 gibi büyük apikal çapa sahip eğeler bulunmaktadır ve bu eğeler apikal çapın arttırılması esnasında kullanılmaktadır (403). Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması esnasında apikal çap büyüdükçe resiprokal aletlerin etkinliklerinin daha fazla gözlemlenmesinin sebebi bu aletlerin tasarım özelliklerinin bütün işlem esnasında tam olarak uygulanabilirken, çoklu döner sistmlerde farklı eğelere ihtiyaç duyulmasından kaynaklanabilir (403).

Koçak ve ark. iki farklı resiprokal eğe (WaveOne ve Resiproc) ile PTUR ve el aletlerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmiştir ve resiprokal sistemler daha başarılı bulunmuştur. Ancak araştırmacılar iki resiprokal aletten WaveOne'ın daha etkin olmasını, bu aletin tepe açısının (#0.08) ve rotasyon hızının (350 rpm) daha fazla olmasına bağlamaktadırlar. Çalışmamızda resiprokal modda hareket eden WaveOne Gold, kök kanal dolgusunu temizleme açısından PTUR'a göre herhangi bir üstünlük sağlamamıştır. Koçak ve ark.'nın çalışmasındaki sonucun farklı olması seçilen dişlerin (alt premolar), değerlendirme yönteminin (kesit alma) farklılığından ve kullanılan eğe sistemlerinde apikal boyutların eşitlenmemesinden (resiprokal sistemlerde, döner istemler ve el aletlerine göre daha büyük apikal boyut seçilmesinden) kaynaklanabilir (241).

5.6. İlave Yöntemlerin Kök Kanal Duvar Temizliğine Etkisi

XP-Endo Finisher, SAF ve Er,Cr;YSGG lazer ilave basamak olarak kullanıldığında artık kalan kanal dolgusu miktarı açısından gruplar arasında istatistiksel bir fark gözlenmezken, gruplar gözardı edildiğinde ilave uygulamalar kalan kök kanal dolgusunu istatistiksel olarak anlamlı miktarda azaltmıştır.

XP-Endo Finisher eğesinin kök kanal dolgularının uzaklaştırılması sonrası ilave temizleme eğesi olarak değerlendiren sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (237, 317, 318).

Alves ve ark. kök kanal dolgusunu tekli resiprokal ve çoklu döner aletler ile uzaklaştırdıktan sonra XP-Endo Finisher eğesinin kalan kök kanal dolgusu üzerindeki etkinliğini μ BT yardımıyla değerlendirmişlerdir. XP-Endo Finisher ilave temizleme eğesinin kullanımı sonrasında kök kanal duvarlarında belirgin miktarda daha az dolgu maddesi gözlemlenmiştir. Araştırmacılara göre bu aletin etkinliği, aletin vücut ısısında genişerek, kök kanalının içerisinde helikal hareket etmesi ve böylelikle kök kanal duvarları ile dolgu maddesine daha fazla temas etmesine bağlanmaktadır (237). Bizim çalışmamızda da aralarında fark olmaksızın bütün ilave sistemler istatistiksel olarak anlamlı miktarda etkin bulunurken, nicelik olarak kalan dolgu madde yüzdesi bakımından en fazla dolgu maddesi uzaklaştıran ilave yöntem

XP-Endo Finisher olmuştur. Bu açıdan Alves ve ark.'nın çalışmasının bulguları ile çalışmamızın bulguları paralellik göstermektedir.

Silva ve ark. tek köklü dişlerde kanal dolgusu resiprokal hareketli eğeler ile uzaklaştırılması sonrası ilave olarak XP-endo Finisher ve XP-endo Finisher R kullanmışlar ve etkinliklerini μ BT ile değerlendirmişlerdir. İlave bitirme eğeleri arasında istatistiksel bir fark gözlenmezken, her iki ilave sistemin kullanılması sonrasında, istatistiksel olarak anlamlı miktarda etkin bir temizleme sağlanmıştır (317). Ayrıca bu çalışmanın bulguları, hiçbir retreatment tekniğinin kök kanallarındaki dolgu maddesini tamamen temizleyemediğini bildiren çok sayıda araştırmayla ve çalışmamızla da uyumlu sonuçlar göstermiştir (224, 405, 469, 470). Silva ve ark.'nın ve bizim çalışmamızın bulguları ilave temizleme etkinliği açısından benzer olsa da metodolojide farklılıklar bulunmaktadır. Araştırmacılar, oval olmayan kök kanallarında anatomik zorluklar nedeniyle kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmanın zorlaştığını savundukları için oval köklü dişleri seçerken, bizim çalışmamızda klinik ortamı taklit etmesi açısından, retreatment yapılan dişlerin klinikte genellikle molar ve zorlu anatomilere sahip dişler olması nedeniyle eğri köklü mandibular molarlar seçilmiştir.

Karamifar ve ark. yine kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında farklı tekniklerin etkinliklerini değerlendirmek için el eğesi, Race ve Race ile birlikte XP-endo Finisher eğesini kullanmışlardır. Tek köklü premolar dişlerde XP-Endo Finisher eğesinin kök kanal yenilenmesi sonrasında kullanımının kalan dolgu miktarını azaltmak açısından oldukça etkili olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, XP-Endo Finisher'in kök kanal dolgusunu etkin uzaklaştırmasını, aletin metalurjik özelliklerine ve kök kanalındaki eliptik hareketlerine bağlı olarak tüm kanal duvarlarına temas etmesine bağlamaktadırlar. (318). Ayrıca bu tasarım kök kanalının ulaşılabilen bölgelerini de temizlemeyi sağlamaktadır (471). Bu çalışmanın XP-Endo Finisher ile ilgili bulguları bizim çalışmamızın bulguları ile paralellik göstermektedir.

Farklı hareket yeteneğine sahip yeni sistemlerin piyasaya sürülmesi ile birlikte kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrasında ilave basamak olarak

kullanılması önerilmektedir. Bunlardan biri de kök kanal preperasyonu ve irrigasyonunu birlikte yapma yeteneğine sahip olan SAF sistemidir (307, 468).

SAF sistemi tamamen farklı bir eğe tasarımına ve çalışma prensibine sahiptir, preperasyon sırasında eş zamanlı irrigasyon yaparak artıkların ve bakterilerin kök kanalından uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Çalışmalar SAF'ın kök kanallarının tüm duvarlarına eşit olarak dokunabildiğini göstermiştir (443, 472). Peng ve ark. SAF'ın sürekli irrigasyon ile temiz ve smear tabakasından arındırılmış kök kanal duvarlarını sağladığını bildirmiştir (473). De-Deus ve ark. (474) SAF'ın debridman etkinliğini histolojik olarak döner aletlerle karşılaştırmış ve pulpa debridmanında daha etkili olduğunu göstermiştir. Melo Ribeiro ve ark. (472) SAF'ın mandibular kesici dişlerin apikal üçlüsünde döner aletlere kıyasla daha fazla debris uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Ancak, Paranjipe ve ark. SAF kullanıldığında kök kanallarının apikal üçlüsünde yetersiz preperasyon ve yetersiz irrigasyon yapıldığını göstermişlerdir (475). SAF sistemi penetrasyon özelliği bulunmadığı ve fazla esnek olduğu için, kök kanal dolgularının veya kalsiyum hidroksit ajanının kök kanallarından uzaklaştırılmasında tek başına kullanılamamaktadır (22, 306). Güncel çalışmalarda (302, 303, 305-307). SAF'ın retreatment esnasındaki etkinliğini değerlendirmek için bu alet farklı iki aşamalı protokollerde ilave sistem olarak kullanılmıştır. Bu çalışmaların birçoğunda döner aletlerin (PTUR + SAF (302, 305, 306), ProFile + SAF (327), R-Endo + SAF (306) kullanımından sonra SAF'ın ilave olarak kullanımının kalan dolgu miktarını azalttığı sonucu bildirilmiştir.

Abramovitz ve ark. kök kanal dolgusunu PTUR ile uzaklaştırdıktan sonra iki aşamalı olarak SAF'ın etkinliğini kurvatürlü dişlerde radyografiler yardımıyla değerlendirmişler ve SAF'ı kök kanal temizliğinde etkin bulmuşlardır (306). Katheljin ve ark. çalışmamıza benzer şekilde eğri köklü mandibular dişlerde döner aletlerin ve ilave olarak SAF'ın etkinliğini değerlendirmişlerdir. Horizontal kesit alma yöntemi değerlendirildiğinde SAF'ın ilave olarak kullanılması sadece PTUR kullanılarak söküm yapılan gruba göre kanal duvarlarında daha az dolgu maddesi kalmasını sağlamıştır. Ayrıca eğri köklü dişlerde kanal dolgusunun uzaklaştırılmasının daha zor olduğu vurgulanmıştır (305). Şimşek ve ark. çoklu retreatment sistemlerinden D-Race ve ilave olarak SAF'ı kullanmışlar ve µBT ile değerlendirme yapmışlardır. Çalışma için alt molar dişleri kullanan araştırmacıların

bulgularına göre retreatment amacıyla D-Race ve ilave SAF kullanımı, sadece D-Race kullanımına göre daha etkin bulunmuştur. Bu yüzden araştırmacılar özellikle temizlenmesi zor olan eğri köklü dişlerde ilave olarak SAF kullanımını önermişlerdir (303). Keleş ve ark. ise kök kanal duvarlarının temizliğinde SAF'ın etkisini değerlendirme amacıyla kök kanal dolgularını R-Endo ve R-Endo'ya ilave olarak SAF ile uzaklaştırmışlar ve kanal dolguları ile smear tabakasını SEM yardımıyla incelemişlerdir. SAF'ın ilave olarak kullanılmasıyla birlikte kanal dolgusunun uzaklaştırma etkinliğinde artış olduğu görülmüştür (307).

Yürüker ve ark. ilave uygulamaların kök kanal duvar temizliğini değerlendirmek için çoklu döner sistemlere ilave olarak SAF'ın ve Resiproc ile el aletlerinin etkisini mandibular premolar dişlerde KIBT ile değerlendirmişlerdir. PTUR ve ilave olarak SAF kullanımı sonrası, sadece PTUR kullanılan gruba göre istatistiksel bir fark bulunmamakla birlikte kanal duvar temizliğinde artış gözlemlenmiştir (302). Bu durumu, SAF'ın kök kanallarına adapte olabilme ve kök kanal duvarlarını fırçalama etkisiyle temizleme kabiliyetine bağlamaktadırlar (302, 307). Kök kanallarının zorlu anatomisi nedeniyle duvarların temizlenmesi zor olmaktadır. Bu yüzden araştırmacılar SAF'ın farklı hareket yeteneğinin çalışmanın olumlu sonuçlarına katkıda bulunduğunu düşünmektedirler. Bununla birlikte, SAF'ın, kök kanal dolgu maddesine penetre olup dolgu maddesini toplu bir halde uzaklaştırabilecek bir alet olmadığı ve böyle bir görev için oldukça esnek olduğu unutulmamalıdır (306). Bizim çalışmamızda SAF'ın ikinci adım olarak ilave temizleme prosedürü olarak kullanılmasıyla birlikte, sadece döner veya resiprokal sistemlerle temizleme yapılmasına göre daha etkin bulunmuştur. Sonuçların benzer olmasına karşın, Yürüker ve ark.'nın çalışmasında SAF kullanımı temizlemede fark bulunması ancak istatistiksel fark olmaması, incelemelerin μ BT'ye göre görüntü çözünürlüğü daha az olan KIBT'le yapılması ve kullanılan dişlerin eğri kanallı mandibular molardan daha farklı ve kolay bir anatomiye sahip olan alt premolar dişler olması ile açıklanabilir.

Çalışmamızda ilave basamak olarak kullanılan uygulamalardan biri de Er,Cr;YSGG lazerdir. Çalışmalar incelendiğinde kök kanal dolgusunu uzaklaştırma amacıyla tek başına veya ikinci basamak olarak kullanılmakta seçilen lazer tipleri Nd:YAG lazer ve Erbiyum lazerlerdir (12, 289, 291).

Viducic ve ark. kök kanal dolgusunu uzaklaştırma amacıyla Nd:YAG lazeri 20 Hz/ 1.5 W parametrelerinde farklı çözücülerle (ökaliptol, dimetilformamid ve çözücüsüz grup) birlikte 30 adet üst kesici dişte uygulamışlar ve kalan dolgu miktarını kesit alma yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Nd:YAG lazerin tek başına kök kanal dolgusunu yumuşatabildiği bildirilmiştir (12).

Tachinami ve ark. üç farklı enerji seviyesine (30, 40, and 50 mJ) sahip Er:YAG lazerin kök kanal dolgusunu uzaklaştırma yeteneğini değerlendirmişlerdir. KIBT ile yapılan değerlendirmeler sonrasında etkinlik açısından lazerlerin enerji seviyeleri arasında fark bulunmazken, Er:YAG lazerin kök kanal dolgusunu uzaklaştırma yeteneğine sahip olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca düşük enerji seviyesine sahip Er:YAG lazer uygulandığında diğer gruplara göre kök kanal dolgusunu uzaklaştırma süresinin daha uzun olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 40 mJ enerji seviyesinin kanal dolgusunu uzaklaştırmak için yeterli olacağı bildirilmiş ve yüksek seviyedeki enerjilerin kanal dolgusunu uzaklaştırmaktan çok kök kanal duvarında ablasyon meydana getirerek basamak, perforasyon gibi problemlere sebep olabileceği vurgulanmıştır. Bizim çalışmamızdaki metodolojiden farklı olarak döner alet sonrasında lazer ile dolgu maddesini uzaklaştırmak yerine sadece lazer uygulanarak dolgu maddesinin uzaklaştırıldığı çalışmada, Erbiyum ailesinden olan Er:YAG lazerin tek başına da kanal dolgu maddesini uzaklaştırmada etkin olabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca bizim çalışmamızda tek bir lazer enerji gücü (50 mJ) ile uygulama yapıldığı için farklı enerji gücündeki lazerlerin etkinliği ve hızı kıyaslanmamıştır (289).

Keleş ve ark. oval kanallarda kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında lazerin etkinliğini μ BT ile değerlendirmek için ilave basamakta üç farklı lazer sistemi (Er:YAG, Er:YAG laser-based photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) ve Nd:YAG lazer) kullanmışlardır. Kök kanal dolgularının ilk aşamada çoklu döner alet (R-Endo) ile uzaklaştırılması sonrasında %13-16 arasında kalan dolgu madde yüzdesi gözlemlenirken, lazer kullanımı sonrasında kalan dolgu miktarı anlamlı miktarda azalmıştır; Er:YAG lazer kullanımı sonrası; %10, Er:YAG laser-based PIPS kullanımı sonrası %12, Nd:YAG %12 kalan dolgu maddesi yüzdesine rastlanmıştır. Üç grup arasında Er:YAG lazer en fazla dolgu maddesi uzaklaştıran uygulama olarak bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda Keleş ve ark.'na benzer şekilde

Erbiyum lazer ailesinden olan Er,Cr;YSGG lazer kullanılmıştır ancak araştırmacıların çalışmasından farklı olarak farklı lazer tipleri ile değil farklı ilave uygulamalar ile kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışmamızda lazer kullanımı öncesinde %18 kanal dolgu maddesi yüzdesi gözlemlenirken, Er,Cr;YSGG lazerin kök kanallarına uygulanması ile %10 kök kanal dolgu maddesi artığı görülmüştür. İlave uygulamadaki kanal dolgu maddesini uzaklaştırma etkinliği kanıtlanmış olmakla birlikte diğer uygulamalara herhangi bir üstünlük göstermemiştir. Çalışmamız Keleş ve ark.'nın çalışmasıyla Erbiyum lazerlerin retreatmentteki etkinliği açısından benzerlik göstermektedir (291).

Keleş ve ark.'nın bir çalışmasında retreatment sonrasında oval kök kanallarından debrisin ve smear tabakasının uzaklaştırılması SEM ile değerlendirilmiş ve ilave olarak geleneksel irrigasyon, SAF, pasif ultrasonik irrigasyon, Er: YAG, PIPS ve Nd:YAG uygulanmıştır. En az debris ve smear tabakası Er:YAG lazer kullanılan grupta gözlenmiştir. Bizim alışmamızda ise kalan dolgu miktarı açısından SAF ve Er,Cr;YSGG lazer kıyaslandığında aralarında fark bulunamamıştır. Bu bulgular arasındaki farklılık Keleş ve ark.'nın uyguladıkları lazer tipinin ve markasının (Er:YAG lazer (Fidelis AT, Fotona, Ljubljana, Slovenya), değerlendirilen kriterin (debris ve smear tabakası) ve değerlendirilme yönteminin (SEM) farklı olmasından kaynaklanabilir (304).

Lazer tarafından üretilen ışık enerjisi, hedef doku ile yansıma, iletim, saçılma ve absorpsiyon olmak üzere dört farklı etkileşime sahip olabilir (476, 477). Lazer absorbe edildiğinde, sıcaklık yükselmekte ve dokuların su içeriğine bağlı olarak fotokimyasal etkiler meydana gelmektedir. 100°C'lik bir sıcaklığa ulaşıldığında, dokudaki su buharlaşmakta ve bu durum ablasyon olarak adlandırılmaktadır. 200°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise, doku dehidrate olarak yanar ve karbonizasyon olarak adlandırılan durum meydana gelir (478, 479). Kök kanalındaki dolgu maddeleri lazer ile uzaklaştırılırken de lazerin fotoablasyon ve fototermal etkilerinden faydalanılmaktadır. Fotoablasyon mekanizmasında, lazer uygulaması sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonu ile veya lazer cihazının su seçeneğinin 'açık' modunda kullanılmasıyla Er,Cr;YSGG lazerin enerjisi sıvılar tarafından soğurulurken dolgu maddesi kanal duvarlarından ayrılmakta ve irrigasyon prosedürleri ile artık dolgu maddeleri kanal dışına çıkartılmaktadır (289, 291).

Fototermal mekanizmasında ise; kök kanal duvarlarındaki dolgu maddesi kanal duvarlarına lazer uygulanması ile ısınarak karbonizasyona uğramaktadır (480).

Literatürde; endodontide kök kanal dolgu maddesinin uzaklaştırılmasında Er,Cr;YSGG lazer uygulayan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak bu lazer kullanılarak kök kanal sisteminin dolum kalitesini, apikalden taşan irrigan miktarını, kök kanal duvarlarına etkisini, kök kanal duvarlarındaki biofilm miktarına etkisini değerlendiren araştırmalar yapılmıştır (481-484).

5.7. Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılması Sonrasında Kök Kanal Hacim Değişikliğinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda değerlendirilen bir başka kriter de kök kanal dolgusunun yenilenmesi sonrasında uzaklaştırılan dentin miktarı yani kök kanalında meydana gelen hacim artışıdır. PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra elde edilen kanal hacmi verilerinin (KH1) değerlendirilmesinde, iki tip eğenin kıyaslanması amacıyla başlangıç kanal hacmi ölçümleri (KHB) kovaryant alınarak analizler yapıldı. İlave uygulamalar (XP Endo Finisher, SAF, Er,Cr;YSGG lazer) sonrasında kanal hacmi (KH2) verileri değerlendirilirken de önce başlangıç kanal hacmi ölçümleri (KHB) kovaryant, daha sonra PTUR ve WOG eğeleri kullanıldıktan sonra elde edilen kanal hacmi değerleri (KH1) kovaryant olarak alındı ve analizler yapıldı. Çalışmamızın sonuçlarına göre kök kanal dolgu maddelerinin PTUR (25/08) çoklu döner sistem ve WOG (25/07) tekli resiprokal sistem ile uzaklaştırılması sonrasında kök kanal hacminde WOG kullanılan grupta istatistiksel olarak anlamlı miktarda artış gözlemlenmiştir.

Farklı döner alet ve resiprokal sistemlerin şekillendirme ve retreatment etkinliklerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, grupların benzer apikal çapa kadar genişletilmesi önemlidir (485). Mandibular molar dişlerin mezial kanalları dar ve eğimli olduğu için üretici firmaların önerileri doğrultusunda ve ilave yöntemlerin etkinliklerinin objektif olarak değerlendirilebilmesi amacıyla apikal genişlik PTUR ve WOG için #25 olarak seçilmiştir. Benzer şekilde, farklı döner alet sistemlerinin şekillendirme ve retreatment etkinliklerinin karşılaştırıldıkları çalışmalarda, grupların benzer konikliğe sahip eğe sistemleri ile şekillendirilmesi önemlidir. Çalışmamızda

kullandığımız PTUR (#25.08) ve WOG (#25.07) eğeleri farklı ancak benzer konikliğe sahip sistemlerdir.

μ BT tekniği preperasyon (407) ve retreatment (34, 402) sonrasındaki kök kanal hacim değişikliklerinin llmesine olanak sağlamaktadır. Hülsmann ve ark.'a göre, retreatment vakalarında yeterli irrigasyon ve dolum için kök kanallarının yeterli preperasyonu gerekmektedir. Ancak, kök kanalından fazla miktarda dentin uzaklaştırılması ve hacim artışı kökte aşırı zayıflama ile birlikte vertikal kök kırığı ve perforasyon riskine neden olabilmektedir (184).

Literatürde retreatment sonrasında tekli resiprokal ve çoklu döner alet sistemlerinin kanal hacmine etkisini değerlendiren oldukça az çalışma bulunmaktadır (402). Rdig ve ark.'nın bir çalışmasında (402), çoklu döner sistemlerden PTUR ile tekli resiprokal eğe Resiproc hacim artışına etkisi açısından değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel bir fark bulunmaksızın Resiproc daha fazla hacim artışına neden olmuştur. Bizim alışmamızdaki WOG eğesinin istatistiksel olarak anlamlı miktarda daha fazla hacim artışı meydana getirmesi kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sırasındaki kök kanal duvarlarına uygulanan fırçalama hareketinin şiddeti veya kök kanallarında çalışma süresi gibi operatöre bağlı değerşkenlerle açıklanabilir. Kök kanallarından dentin uzaklaştırılma miktarının, aletin boyutu, tepe açısı ve operatöre bağlı faktörlerden etkilendiği dşnlmektedir.

Yapılan bir preperasyon çalışmasında, Rubio ve ark. 10 adet döner ve resiprokal aleti (F360 (Komet Dental, Lemgo, Almanya), F6-SkyTaper (Komet Dental, Lemgo, Almanya), Hyflex-EDM (Coltene, Altsttten, İsviçre) , iRACE (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre), Neoniti (Neolix, Chatres-La-Foret, Fransa), OneShape (Micro-Mega, Besançon, Fransa), Protaper Next, Reciproc, Revo-S (Micro-Mega, Besançon, Fransa) ve WaveOne Gold) preperasyon etkinlikleri açısından değerlendirmişlerdir. AutoCAD ile yapılan değerlendirmeler sonrasında, iRACE, WOG ve F6 SkyTaper kanal hacminde en fazla artış gösteren eğe sistemleri olmuştur. Araştırmacıların bulguları WaveOne Gold eğesinin kanal hacminde gösterdiği artış miktarı bulguları ile benzerlik göstermektedir (410).

Zuolo ve ark. 4 farklı eğe sistemi kullanarak preperasyon sonrasında kök kanal hacmindeki değerşiklikleri değerlendirmek amacıyla kök kanallarını μ BT

tekniki ile değerlendirmişlerdir. Resiproc eğe sistemi BioRace (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, İsviçre), SAF ve TRUShape (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA) sistemlerinden daha fazla dentin uzaklaştırmıştır. Resiprokal sistemin kök kanallarından daha fazla dentin uzaklaştırması bizim bulgularımız ile benzerlik göstermektedir (412).

Çalışmamızda ilave yöntemlerin kök kanal hacminde yaptığı artış miktarları incelendiğinde de, kanal hacminde XP-Endo Finisher eğesi diğer 2 gruba (SAF ve Er,Cr;YSGG lazer) göre anlamlı miktarda daha az artış meydana getirmiştir. Bu durumun XP-Endo Finisher eğesinin tasarım özelliklerinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. XP-Endo Finisher eğesi tepe açısına sahip olmayan ve kök kanal duvarlarını korumayı amaçlayarak kanalları temizlemeyi amaçlayan bir eğe sistemi olduğu için bizim çalışmamızda da üreticinin iddialarını destekler biçimde kök kanal duvarlarında diğer uygulamalar ile karşılaştırıldığında daha az miktarda değişiklik meydana gelmiştir.

XP-Endo Finisher, SAF veya Er:CR;YSGG lazerin kök kanallarına uygulanması sonrasında kanal hacmini değerlendiren benzer çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır.

Sekiya ve ark. 4 farklı eğe tipinin (K tipi eğe, SAF ProTaper Next, Resiproc) preperasyon etkinliklerini C-şekilli kanallarda μ BT tekniği ile değerlendirmişlerdir. Kanal hacmindeki değişiklik sırasıyla en fazla K tipi eğe, SAF, ProTaper Next ve Resiproc gruplarında gözlemlenmiştir (486).

Versiani ve ark. oval kök kanallarında döner aletler ile SAF'ın etkinliklerini değerlendirmişler ve kanal hacmindeki değişiklikleri incelemişlerdir. SAF, döner aletlere göre kök kanallarının koronal üçlüsünden daha fazla dentin uzaklaştırmıştır. Araştırmacılar bu durumu, kök kanalının koronal üçlüsündeki dentinin mikrosertliğine ve aletlerin kullanımının öncesinde GG'dan yararlanılmasına bağlamaktadırlar. Ayrıca SAF'ın kök kanalındaki preperasyon etkinliğinin daha iyi olmasını bu eğe sisteminin kök kanallarının anatomisine aç yapısı sayesinde üç boyutlu olarak uyum sağlamasına bağlamaktadırlar. Bu çalışmadaki SAF sisteminin kök kanal duvarlarında fazla miktarda dentin uzaklaştırması bizim çalışmamız ile benzerlik göstermektedir (445).

SAF eğesinin kök kanal hacminde diğer gruplara göre istatistiksel olarak bir fark olmamasına rağmen daha fazla artış göstermesi, kök kanal duvar temizliğinde ise benzer etkinlik göstermesini SAF'ın tasarımından dolayı oldukça esnek olması ve kanal dolgu maddesine yeterli penetre olamamasına ancak dentin uzaklaştırma yeteneğinin bulunmasına bağlamaktayız (475).

Tachinami ve ark. Er:YAG lazeri 30, 40 ve 50 mJ enerji değerlerinde kök kanal dolgusunu uzaklaştırma amacıyla kök kanallarına uyguladıktan sonra kanal hacmini de değerlendirmişler ve $\%2.4\pm1.3$, $\%2.1\pm0.7$ ve $\%2.6\pm2.0$ miktarında küçük değişiklikler olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak diğer uygulamalar ile kanal hacmi açısından karşılaştırma yapılmadığı için araştırmamız ile kıyaslama yapmak mümkün olmamıştır (289).

5.8. Kök Kanal Dolgu Maddesinin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemlerin Süre Açısından Değerlendirilmesi

Kök kanal preparasyonunu ve kök kanal tedavisinin yenilenmesini daha kolay ve kısa süreli hale getirmek için pek çok alet ve uygulama geliştirilmiştir. Özellikle NiTi döner aletlerin kullanımı, preparasyon süresini kısaltma, hekim ve hasta yorgunluğunu en aza indirme ve prosedürel hataları azaltabilme özellikleri ile kök kanal tedavisinde devrim olarak kabul edilmiştir (487). Çalışmamızda ilk aşamada kullanılan döner alet sistemlerinin (PTUR ve WOG) kök kanal dolgusunu yenileme esnasındaki süreleri dijital bir kronometre ile saniye (sn) cinsinden kaydedilmiştir. Klinik ortamı yansıtmaya amacıyla irrigasyon, ege üzerindeki talaşların temizlenmesi ve PTUR sisteminde D1, D2 ve D3 eğelerinin değiştirilme süresi çalışma zamanına dahil edilmiştir. Çalışma süresinin, kök kanal dolgusunu yenileme tekniğine, kullanılan ege sayısına ve klinisyenin tecrübesine bağlı olduğu düşünülmektedir. Klinisyenin tekniği ve deneyimi gibi faktörler, çalışmada bir standardizasyon sağlamayı engellediği için aynı sistemlerin kullanıldığı araştırmalarda bile farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (488).

Araştırmamızda PTUR ve WOG eğelerinin kök kanal dolgusunu uzaklaştırma esnasındaki çalışma süreleri değerlendirilirken örneklerin çalışma sürelerinin ortalamaları alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre, PTUR ve WOG grupların çalışma

süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. WOG egesi ile çalışma boyunca ulaşma (T1) ve kanal dolgu maddesini uzaklaştırma (T2) sürelerinin her ikisinin de PTUR'a göre anlamlı miktarda daha kısa olduğu gözlemlenmiştir. Grupların çalışma süreleri arasındaki bu farklılık çeşitli sebeplerden kaynaklanabilir. PTUR sistemi 3 egeden oluşurken, WOG egesinin tek egeden oluşması resiprokal sistemlerdeki çalışma süresini uzatabilir. WaveOne Gold egesi esnekliğinin ve döngüsel yorgunluk direncinin artmasını sağlayan Gold-Wire adındaki özel bir NiTi alaşımından üretilmiştir. Ayrıca bu WaveOne Gold resiprokal ege sistemi modifiye edilmiş kesici olmayan uca sahiptir. Bu kesici olmayan uç sayesinde Wave One Gold egesi retreatment esnasında kök kanal dolgusunu daha hızlı uzaklaştırabilmektedir (489).

Literatürde, araştırmamızda kullanılan tekli resiprokal eğeler ile çoklu döner retreatment sistemlerinin kök kanal dolgusunu yenileme sırasındaki çalışma sürelerini kıyaslayan çalışmalar bulunmaktadır (230, 237, 242, 245, 247, 467, 469, 490). Kaynaklar tarandığında, tekli resiprokal aletlerin çalışma sürelerini kıyaslayan araştırmalar genellikle Resiproc ve WaveOne eğeleri kullanılarak yapılmıştır. WaveOne Gold egesinin son zamanlarda üretilmesi ve henüz araştırmalarda sık kullanılmaması nedeniyle araştırmamız ile diğer çalışmaları kıyaslarken diğer resiprokal sistemlerin etkinlikleri ve çalışma süreleri incelenmiştir. Literatürde WaveOne Gold egesinin çalışma sürelerini kıyaslayan araştırma bulunmaması çalışmamızın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Akbulut ve ark.'nın çalışmasında kullanılan çoklu döner sistemlerden PTUR ve tekli resiprokal aletlerden Resiproc kıyaslandığında kök kanal dolgusunu uzaklaştırma süresi açısından aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (247). Bizim çalışmamızda ise WaveOne Gold egesi anlamlı miktarda daha kısa çalışma süresine sahiptir. Araştırmacılar çalışmada tekli resiprokal aletlerden Resiproc kullanırken, bizim çalışmamızda yeni çıkan resiprokal sistemlerden biri olan WaveOne Gold kullanılmıştır. Ayrıca Akbulut ve ark. çalışmalarında dolgu maddesini yumuşatmak için hiçbir çözücünden yararlanmazken bizim çalışmamızda kök kanal girişlerinde 3 dakika boyunca 0,1 ml portakal yağı bekletilmiştir. Bulgular arasındaki farklılıklar bu nedenlerden kaynaklı olabilir. Özyürek ve ark. ise, aralarında PTUR ve Resiproc gibi döner ve resiprokal sistemler

de bulunan dört farklı eğe tipini retreatment sırasındaki çalışma süreleri açısından değerlendirmiştir. Çalışmamızın bulgularından farklı olarak çoklu döner sistemlerden PTUR en kısa çalışma süresine sahip olan eğe olarak bildirilmiştir. Araştırma sonuçlarının bizim çalışmamızdan farklı olmasının nedeni; çalışma zamanını değerlendirirken sürenin başlangıcını eğenin kök kanalına girişi, sürenin durdurulmasını ise eğenin kök kanalından çıkışı olarak belirlenmesinden kaynaklanabilir. Bizim çalışmamızda ise klinik koşulların taklit edilebilmesi için, irrigasyon ve alet değiştirme süresi toplam süreye dahildir (245). Alves ve ark. başka bir çalışmada yine resiprokal ve döner aletleri çalışma süresi açısından karşılaştırmış ve döner aletlerin daha az çalışma süresine sahip olduğunu bildirmiştir. Bu durum döner ve resiprokal alet tiplerinin bizim çalışmamızdan farklı olması (Mtwo retreatment sistemi ve Resiproc) ve klinisyenin tekniği ile deneyiminin de farklı olmasından kaynaklanabilir (237). Rödig ve ark.'nın el aletleri, resiprokal aletler ve döner aletleri, retreatment esnasındaki çalışma süresi açısından karşılaştıran çalışmasında PTUR ve Resiproc arasında istatikselsel olarak bir fark bulunmamıştır. Çalışmamızın bulguları ile farklı bulgular gözlenmesi, araştırmada apikal boyutun daha büyük seçilmesi nedeniyle (#40) çalışma süresinin etkilenebileceğini düşündürmektedir (402). Helvacioğlu ve ark.'nın çalışmasında da WaveOne resiprokal sistem ve PTUR döner aletleri arasında retreatment esnasındaki çalışma süreleri açısından belirgin bir fark bulunmamakla birlikte WaveOne resiprokal eğe sistemi toplamda daha az çalışma süresine sahip olmuştur (230). Araştırmada bizim çalışmamızdan farklı olarak çalışma süresini etkileyebilecek GG frezinin kullanılmasının ve çözücü olarak ökaliptol seçilmesinin sonuçlarda farklılık yaratabileceğini düşünmekteyiz. Silva ve ark. döner ve resiprokal aletlerin kök kanal dolgusu uzaklaştırma esnasında etkinliklerini ve çalışma sürelerini karşılaştırdıkları araştırmada PTUR ve WaveOne eğelerini uygulamışlar ve bizim çalışmamızın bulgularına benzer şekilde resiprokal WaveOne tek eğe sisteminin kök kanal dolgusunu daha hızlı uzaklaştırdığını bildirmişlerdir (467). Zuolo ve ark. da resiprokal ve döner alet tekniklerini kök kanal dolgusunun yenilenmesi sırasındaki etkinliklerini ve hızlarını değerlendirmişler, resiprokal aletlerin kök kanal dolgusunu istatikselsel olarak anlamlı miktarda daha kısa sürede uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar da, bizim çalışmamız ile benzerlik göstermektedir (469). Colombo ve ark.

yine PTUR ve WaveOne eğelerinin retreatment esnasındaki etkinliklerini ve hızlarını kıyaslamışlardır. Araştırmamız ile PTUR sisteminin kök kanal yenilenmesi esnasında resiprokal sistemlere göre daha hızlı olduğunu bildiren Colombo ve ark.'nın çalışması arasındaki farklılık seçilen diş tipinin farklılığına (alt premolar) bağlanabilir (490). Jorgensen ve ark. son günlerde yaptıkları bir çalışmada, PTUR ve resiprokal aletlerden WaveOne eğelerini kullanarak retreatment etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Ancak bizim çalışmamızdan farklı olarak araştırmada sıcak vertikal teknikler ve GuttaCore ile kök kanal doluları yapılmış ve bu farklı dolum tekniklerinin retreatment üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre; GuttaCore ile doldurulan kök kanal dolgularının, sıcak vertikal tekniklerle doldurulan kök kanallarına göre daha hızlı uzaklaştırıldığı bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda tek kon yöntemi ile kök kanal dolumu yapıldığı için dolum tekniği açısından kök kanal dolgularının uzaklaştırılma etkinliğini ve sürelerini kıyaslamak mümkün olmamıştır. Ayrıca, PTUR sisteminin resiprokal tek eğe sistemi WaveOne eğesine göre hızlı olduğu bildirilmiştir. Jorgensen ve ark. ile bizim çalışmamız arasındaki çalışma süresi farklılığı dolum tekniklerinin (sıcak vertikal teknik/GuttaCore) ve dolum sonrasında beklenen sürenin (21 gün) bizim araştırmamızdan farklı olmasından kaynaklanabilir (242).

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın sınırları dahilinde elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

1. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında çoklu döner retreatment sistemlerinden PTUR ile tekli resiprokal sistem WOG arasında bir fark gözlenmemiştir. Kök kanal duvarlarının temizliği açısından her iki eğe sistemi de benzer etkinlik göstermiştir.

2. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında etkinlikleri karşılaştırılan hiçbir eğe sistemi (PTUR ve WOG) hiçbir örnekte kanal dolgusunu tam olarak uzaklaştıramamıştır.

3. İlave basamak uygulamaları (XP-Endo Finisher, SAF, Er, Cr;YSGG lazer) tüm dişlerde kanal duvarlarının temizleme etkinliğini arttırmıştır.

4. Kanal duvar temizliğini arttırmak amacıyla karşılaştırılan ilave uygulamalar arasında (XP-Endo Finisher, SAF, Er, Cr;YSGG lazer) etkinlik açısından bir fark görülmemiştir.

5. Çalışmada kullanılan eğe sistemleri ve lazer uygulaması esnasında alet kırılması ve perforasyon oluşmamıştır. Bu durum kullanılan eğe sistemlerinin ve lazerin eğri kök kanallarında kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında güvenle kullanılabilceğini düşündürmektedir.

6. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması işlemlerinde WOG eğe sistemi PTUR'a göre kanal hacminde daha fazla artışa neden olmuştur. Kök kanallarının fazla miktarda genişletilmesi dayanıklılığı azaltıp, vertikal kırık ve perforasyon gibi risklere sebep olabileceği için kanal dolgusunun sökümünde seçilecek eğe sisteminin bu açıdan da değerlendirilmesi gerekmektedir.

7. Kanal duvarlarının temizleme etkinliğini arttırabilmek amacıyla kullanılan ilave basamak uygulamalarından XP-Endo Finisher kanal hacminde en az değişime neden olan uygulamadır. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında digger uygulamalara benzer etkinlikte olan XP-Endo Finisher'ın kök kanal duvarlarını

koruyarak kanal hacminde daha az değişim göstermesi nedeniyle bu sistemin retreatment tedavilerinde tercih edilebileceğini düşünmekteyiz.

8. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında WOG eğesi, PTUR'a göre daha hızlı bulunmuştur.

9. Kök kanal duvarlarında kalan dolgu maddesinin ve retreatment sonrasında meydana gelen kanal hacmindeki değişimlerin değerlendirilmesinde μ BT yöntemi, yüksek çözünürlükte kesit görüntülerinin elde edilmesiyle hassas ölçümler yapabilen etkili bir değerlendirme yöntemidir. Ancak pahalı ve zaman alıcı bir yöntem olması gibi örnek sayısının azaltılmasına yol açan dezavantajları bulunmaktadır.

10. Çalışmamızda kullanılan hiçbir eğe sistemi veya uygulama tipinin kök kanal dolgusunu tam olarak uzaklaştıramadığı ve kanal duvarlarının tam olarak temizlenemediği gözlemlenmiştir. Kanal dolgularının uzaklaştırılmasında daha etkin tekniklerin araştırılıp ve geliştirilmesi için ilave deneysel ve klinik çalışmalara gereksinim olduğunu düşünmekteyiz.

ÖZET

Eğri Kanallarda Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılmasında Farklı Uygulamaların Etkinliklerinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi

Amaç: ProTaper Universal retreatment sistemi (PTUR; Dentsply Maillefer, İsviçre) ve WaveOne Gold (WOG; Dentsply Maillefer, İsviçre) eğeleri ile ilave basamak olarak XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, İsviçre), Self-Adjusting File (SAF, Re'dent Nova, İsrail) ve Er,Cr;YSGG lazer (Waterlase, Biolase, Inc, ABD) uygulamalarının eğri kök kanallarında kanal dolgusunun uzaklaştırma etkinliklerini ve kanal hacim değişikliği üzerine etkilerini karşılaştırmaktır.

Yöntemler: Aşırı eğimli (30-40°) mezial köklere sahip 66 adet çekilmiş mandibular molar diş seçildi. Mezial kök kanalları ProTaper Universal (F2, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) eğe sistemi ile genişletildi, kanal dolguları tamamlandı. Kök kanallarından μ BT görüntüleri alındı. Dişler rastgele kanal dolgusunu uzaklaştırmada kullanılan sisteme göre 2'ye ayrıldı (n=33); PTUR ve WOG. Kanal dolgusu uzaklaştırılan dişler tekrar 3 alt gruba ayrılarak (n=11); XP-Endo Finisher, SAF ve Er,Cr;YSGG lazer ilave olarak uygulandı. Tüm dişlerden, kök kanal dolgusu tamamlandıktan sonra, kanal dolgusu PTUR ve WOG eğeleri ile uzaklaştırıldıktan sonra ve ilave uygulamalar sonrasında Mikro- Bilgisayarlı Tomografi (μ BT) görüntüleri alındı. Elde edilen görüntüler üzerinde kalan dolgu maddesi miktarı ölçüldü ve kanal hacim değişimleri hesaplandı. Elde edilen veriler kovaryans varyans analizi, faktöriyel düzende varyans analizi, t testi ve Mann Whitney-U testleri ile analiz edildi ($p<0.05$).

Bulgular: Artık kalan dolgu madde miktarı açısından PTUR ve WOG eğesi arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0.05$). İlave basamak olarak kullanılan XP-Endo Finisher, SAF ve Er,Cr;YSGG lazer uygulamalarının etkinlikleri arasında bir fark gözlenmezken ($p>0.05$), gruplar göz ardı edildiğinde ilave uygulamaların kök kanal duvarlarının temizleme etkinliğini arttırdığı izlendi ($p<0.01$). WOG eğesi, PTUR eğe sistemine göre çalışma boyuna ulaşma ve kanal dolgusunu uzaklaştırmada daha hızlı bulundu ($p<0.01$). WOG eğesinin, PTUR eğe

sistemine göre kök kanallarında daha fazla hacim artışına neden olduğu gözlemlendi ($p<0.01$). Ayrıca ilave uygulamalardan SAF ve Er,Cr;YSGG lazerin, XP-Endo Finisher'a göre daha fazla dentin uzaklaştırıldığı görüldü ($p<0.05$).

Sonuçlar: Eğri kanallarda kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında retreatment çoklu döner eğe sistemleri ile tekli resiprokal eğe sistemi benzer etkinliğe sahiptir. Kanal dolgularının uzaklaştırılması sonrası ilave basamak olarak XP-Endo Finisher, SAF ve Er,Cr;YSGG lazer uygulamaları kanal duvarlarının temizliğini arttırmaktadır. Ancak çalışmada kullanılan hiçbir eğe sistemi ve ilave basamak uygulamaları kök kanallarından kanal dolgusunu tam olarak uzaklaştıramamıştır.

Anahtar Kelimeler: Er,Cr;YSGG lazer, mikro-bilgisayarlı tomografi, ProTaper Universal retreatment, SAF, WaveOne Gold, XP-Endo Finisher

ABSTRACT

Micro-Computed Tomography Evaluation of The Root Canal Filling Removal Using Reciprocating Single or Rotary Multi-Instrument Systems and Supplementary Steps in Curved Canals

Aim: The aim of this study was to evaluate the effectiveness of ProTaper Universal retreatment system (PTUR; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) and WaveOne Gold (WOG; Dentsply Maillefer, Switzerland) systems in removing filling material from severely curved root canals using XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, Switzerland), Self-Adjusting File (SAF; Re'dent Nova, Israel) and Er,Cr;YSGG laser (Waterlase, Biolase, USA) as supplementary methods.

Methods: Sixty six extracted mandibular molar teeth with severe curved (30-40°) mesial roots were selected. Preparation of mesial canals were performed with ProTaper Universal system (F2, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) and root canals were obturated. The specimens divided randomly into two groups according to system used for removal of root canal filling (n=33); PTUR and WOG. The teeth of which the root canal filling were removed divided into three sub-groups and XP-Endo Finisher, SAF and Er,Cr;YSGG laser were applied as supplementary steps. Micro-Computed Tomographic (μ BT) images were taken from all teeth after root canal filling was completed; root canal filling materials removed with PTUR or WOG instruments and after supplementary steps applied. The amount of remaining root filling material and root canal volume changes were calculated using the μ BT images. The data was analyzed with covariance analysis of variance, factorial analysis of variance, t-test and Mann Whitney-U test ($p < 0.05$).

Results: No significant difference was observed between PTUR and WOG in terms of amount of filling material ($p > 0.05$). There was no difference in terms of root canal filling removal effectiveness between supplementary steps ($p > 0.05$). Supplementary steps were found statistically more effective than when root canal filling removal was performed with only reciprocating single or rotary multi-instrument systems ($p < 0.01$). The WOG group was faster than the PTUR group in terms of reaching working length and removing of the root canal filling ($p < 0.01$).

WOG instruments caused a larger volume increase in the root canals than the PTUR ($p<0.01$). SAF and Er,Cr;YSGG laser removed significantly more dentine than XP-Endo Finisher ($p<0.05$).

Conclusions: Rotary multi-instrument systems and single-file reciprocating instruments have similar root canal filling removal effectiveness in curved canals. The use of supplementary steps in terms of root canal filling removal effectiveness is effective for retreatment procedures. The tested file systems or supplementary steps which used for retreatment procedure did not completely remove the root canal filling in any sample.

Keywords: Er,Cr;YSGG laser, micro-computed tomography, ProTaper Universal retreatment, SAF, WaveOne Gold, XP-Endo Finisher

KAYNAKLAR

1. Crump M. Differential diagnosis in endodontic failure. *Dental Clinics of North America*. 1979;23(4):617-35.
2. Ramey K, Yaccino J, Wealleans J. A Retrospective, Radiographic Outcomes Assessment of 1960 Initial Posterior Root Canal Treatments Performed by Endodontists and Dentists. *Journal of Endodontics*. 2017;43(8):1250-1254.
3. Kaya BÜ, Keçeci AD. Kök Kanal Tedavisi Başarısızlıklarında Retreatment. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*. 2006;13(4):344-350.
4. Lovdahl P. Endodontic retreatment. *Dental Clinics of North America*. 1992;36(2):473-90.
5. Rôças IN, Jung I-Y, Lee C-Y, Siqueira JF. Polymerase chain reaction identification of microorganisms in previously root-filled teeth in a South Korean population. *Journal of Endodontics*. 2004;30(7):504-8.
6. Ricucci D, Siqueira JF, Bate AL, Ford TRP. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *Journal of Endodontics*. 2009;35(4):493-502.
7. Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *The Journal of the American Dental Association*. 2005;136(2):187-93.
8. Stabholz A, Friedman S. Endodontic retreatment—case selection and technique. Part 2: treatment planning for retreatment. *Journal of Endodontics*. 1988;14(12):607-14.
9. Siqueira Jr J, Lopes H. Chemomechanical preparation. *Treatment of Endodontic Infections London*. Quintessence Basımevi. 2011, s. 236-84.
10. Pirani C, Pelliccioni GA, Marchionni S, Montebugnoli L, Piana G, Prati C. Effectiveness of three different retreatment techniques in canals filled with compacted gutta-percha or Thermafil: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 2009;35(10):1433-40.
11. Ladley RW, Campbell AD, Hicks ML, Li S-H. Effectiveness of halothane used with ultrasonic or hand instrumentation to remove gutta-percha from the root canal. *Journal of Endodontics*. 1991;17(5):221-4.
12. Vidučić D, Jukić S, Karlović Z, Božić Ž, Miletić I, Anić I. Removal of gutta-percha from root canals using an Nd: YAG laser. *International Endodontic Journal*. 2003;36(10):670-3.
13. Mushtaq M, Farooq R, Ibrahim M, Khan FY. Dissolving efficacy of different organic solvents on gutta-percha and resilon root canal obturating materials at different immersion time intervals. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2012;15(2):141.
14. Yadav P, Bharath MJ, Sahadev CK, Ramachandra PKM, Rao Y, Ali A, et al. An in vitro CT comparison of gutta-percha removal with two rotary systems and hedstrom files. *Iranian Endodontic Journal*. 2013;8(2):59.

15. Gu LS, Ling JQ, Wei X, Huang XY. Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *International Endodontic Journal*. 2008;41(4):288-95.
16. Hülsmann M, Bluhm V. Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *International Endodontic Journal*. 2004;37(7):468-76.
17. Schirrmeister JF, Wrbas K-T, Meyer KM, Altenburger MJ, Hellwig E. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. *Journal of Endodontics*. 2006;32(5):469-72.
18. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *Journal of Endodontics*. 2004;30(12):827-45.
19. Giuliani V, Cocchetti R, Pagavino G. Efficacy of ProTaper universal retreatment files in removing filling materials during root canal retreatment. *Journal of Endodontics*. 2008;34(11):1381-4.
20. Garg A, Nagpal A, Shetty S, Kumar S, Singh KK, Garg A. Comparison of Time Required by D-RaCe, R-Endo and Mtwo Instruments for Retreatment: An in vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 2015;9(2):41-47.
21. Anjo T, Ebihara A, Takeda A, Takashina M, Sunakawa M, Suda H. Removal of two types of root canal filling material using pulsed Nd: YAG laser irradiation. *Photomedicine and Laser Therapy*. 2004;22(6):470-6.
22. Ahmetoğlu F, Şimşek N, Keleş A, Ocak MS, ER K. Efficacy of self-adjusting file and passive ultrasonic irrigation on removing calcium hydroxide from root canals. *Dental Materials Journal*. 2013;32(6):1005-10.
23. Schirrmeister JF, Wrbas K-T, Schneider FH, Altenburger MJ, Hellwig E. Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotary instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2006;101(4):542-7.
24. Masiero A, Barletta F. Effectiveness of different techniques for removing gutta-percha during retreatment. *International Endodontic Journal*. 2005;38(1):2-7.
25. Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E. A clearing technique for the study of root canal systems. *Journal of Endodontics*. 1980;6(1):421-4.
26. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *Journal of Endodontics*. 1987;13(5):243-5.
27. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *Journal of Endodontics*. 1997;23(5):301-6.
28. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of x-ray computerized tomography in endodontics. *Dental Traumatology*. 1990;6(1):16-20.
29. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *International journal of dentistry*. 2009 (2009):1-19.

30. Şahin FÜ, Topuz Ö. Diş hekimliği araştırmalarında mikro bilgisayarlı tomografi uygulamaları. *Acta Odontologica Turcica*. 2014;31(2):114-120.
31. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. *Journal of endodontics*. 2008;34(11):1370-3.
32. Roggendorf M, Legner M, Ebert J, Fillery E, Frankenberger R, Friedman S. Micro-CT evaluation of residual material in canals filled with Activ GP or GuttaFlow following removal with NiTi instruments. *International Endodontic Journal*. 2010;43(3):200-9.
33. Ma J, Al-Ashaw AJ, Shen Y, Gao Y, Yang Y, Zhang C, et al. Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment System for Gutta-percha Removal from Oval Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study. *Journal of Endodontics*. 2012;38(11):1516-20.
34. Rödig T, Hausdörfer T, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals—a micro-computed tomography study. *International Endodontic Journal*. 2012;45(6):580-9.
35. Solomonov M, Paqué F, Kaya S, Adıgüzel Ö, Kfir A, Yiğit-Özer S. Self-adjusting files in retreatment: a high-resolution micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*. 2012;38(9):1283-7.
36. Versiani MA, Ordinola-Zapata R, Keleş A, Alcin H, Bramante CM, Pécora JD, et al. Middle mesial canals in mandibular first molars: a micro-CT study in different populations. *Archives of Oral Biology*. 2016;61(1):130-7.
37. Crozeta BM, Silva-Sousa YTC, Leoni GB, Mazzi-Chaves JF, Fantinato T, Baratto-Filho F, et al. Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems. *Journal of endodontics*. 2016;42(5):793-7.
38. National Library of Medicine-Medical Subjects Headings MeSH 2018. Available at: <https://www.nlm.nih.gov/mesh/MBrowser.html>. Accessed Mart 07, 2018.
39. Fleming CH, Litaker MS, Alley LW, Eleazer PD. Comparison of classic endodontic techniques versus contemporary techniques on endodontic treatment success. *Journal of Endodontics*. 2010;36(3):414-8.
40. Hargreaves KM, Berman LH. *Cohen's pathways of the pulp: Elsevier Health Sciences*; 2015.
41. Demiryürek Eö, Gürel M, Göktürk H, Yılmaz F. Kök kanal tedavisinin yenilenme (retreatment) insidansına etki eden faktörlerin değerlendirilmesi: Retrospektif çalışma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2010;11(2):52-57.
42. Ruddle C, Cohen S, Burns R. *Pathways of the pulp*. St Louis, ABD: Mosby. 2002: s. 231-91.

43. Wesselink P. Consensus Report Of The European Society Of Endodontology On Quality Guidelines For Endodontic Treatment European Society Of Endodontology. *International Endodontic Journal*. 1994;27(3):115-24.
44. Madani ZS, Simdar N, Moudi E, Bijani A. CBCT Evaluation of the root canal filling removal using D-RaCe, ProTaper retreatment kit and hand files in curved canals. *Iranian endodontic journal*. 2015;10(1):69-74.
45. Pak JG, White SN. Pain prevalence and severity before, during, and after root canal treatment: a systematic review. *Journal of endodontics*. 2011;37(4):429-38.
46. Lin LM, Pascon EA, Skribner J, Gängler P, Langeland K. Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1991;71(5):603-11.
47. Bender I, Seltzer S, Soltanoff W. Endodontic success—A reappraisal of criteria: Part I. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1966;22(6):780-9.
48. Rhodes JS. *Advanced endodontics: clinical retreatment and surgery*: CRC Press; 2005.
49. Chugal N, Mallya SM, Kahler B, Lin LM. Endodontic Treatment Outcomes. *Dental Clinics*. 2017;61(1):59-80.
50. Strindberg LZ. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors: an analytic study based on radiographic and clinical follow-up examinations: *Mauritzon*. 1956;14(21):1-175.
51. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Dental Traumatology*. 1986;2(1):20-34.
52. Brynolf I. A histological and roentgenological study of the periapical region of human upper incisors: *Almqvist & Wiksell*. 1967;11(1).
53. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. Clinical performance of three endodontic sealers. *Dental Traumatology*. 1987;3(4):178-86.
54. Penesis VA, Fitzgerald PI, Fayad MI, Wenckus CS, BeGole EA, Johnson BR. Outcome of one-visit and two-visit endodontic treatment of necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized controlled trial with one-year evaluation. *Journal of endodontics*. 2008;34(3):251-7.
55. Gesi A, Hakeberg M, Warfvinge J, Bergenholtz G. Incidence of periapical lesions and clinical symptoms after pulpectomy—a clinical and radiographic evaluation of 1-versus 2-session treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2006;101(3):379-88.
56. Huumonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics*. 2002;1(1):3-25.
57. Low KM, Dula K, Bürgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *Journal of Endodontics*. 2008;34(5):557-62.

58. de Paula-Silva FWG, Wu M-K, Leonardo MR, da Silva LAB, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *Journal of Endodontics*. 2009;35(7):1009-12.
59. Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics*. 2002;2(1):59-88.
60. Bender I, Seltzer S, Soltanoff W. Endodontic success—A reappraisal of criteria: Part II. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1966;22(6):790-802.
61. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*. 1990;16(10):498-504.
62. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *International endodontic journal*. 2011;44(7):610-25.
63. Grahnen H, Hansson L. The prognosis of pulp and root canal therapy. *Odontol Revy*. 1961;12(146):121.
64. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2001;91(3):342-52.
65. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*. 2005;31(12):845-50.
66. Khedmat S. Evaluation of endodontic treatment failure of teeth with periapical radiolucent areas and factors affecting it. *Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences*. 2004;1(2):34-8.
67. Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy healing and functionality. *CDA J*. 2004;32(6):493-503.
68. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *Journal of Endodontics*. 2004;30(9):627-33.
69. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *Journal of Endodontics*. 2003;29(12):787-93.
70. Salehrabi R, Rotstein I. Epidemiologic evaluation of the outcomes of orthograde endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*. 2010;36(5):790-2.
71. Dugas NN, Lawrence HP, Teplitsky P, Friedman S. Quality of life and satisfaction outcomes of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*. 2002;28(12):819-27.
72. Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics*. 1995;21(7):384-90.

73. Allen RK, Newton CW, Brown CE. A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. *Journal of Endodontics*. 1989;15(6):261-6.
74. Fristad I, Molven O, Halse A. Nonsurgically retreated root filled teeth—radiographic findings after 20–27 years. *International Endodontic Journal*. 2004;37(1):12-8.
75. Ørstavik D. Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *International Endodontic Journal*. 1996;29(3):150-5.
76. Byström A, Happonen RP, Sjögren U, Sundqvist G. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled asepsis. *Dental traumatology*. 1987;3(2):58-63.
77. Barbakow F, Cleaton-Jones P, Friedman D. Endodontic treatment of teeth with periapical radiolucent areas in a general dental practice. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 1981;51(5):552-9.
78. Meeuwissen R, Eschen S. Twenty years of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*. 1983;9(9):390-3.
79. Hession R. Long-term evaluation of endodontic treatment: anatomy, instrumentation, obturation—the endodontic practice triad. *International Endodontic Journal*. 1981;14(3):179-84.
80. Lazarski MP, Walker WA, Flores CM, Schindler WG, Hargreaves KM. Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. *Journal of Endodontics*. 2001;27(12):791-6.
81. Doyle SL, Hodges JS, Pesun IJ, Law AS, Bowles WR. Retrospective cross sectional comparison of initial nonsurgical endodontic treatment and single-tooth implants. *Journal of Endodontics*. 2006;32(9):822-7.
82. Ingle JI, Simon JH, Machtou P, Bogaerts P. Outcome of endodontic treatment and re-treatment. *Endodontics*. 2002;5:747-68.
83. Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *Journal of Endodontics*. 2007;33(11):1278-82.
84. Moazami F, Sahebi S, Sobhnamayan F, Alipour A. Success rate of nonsurgical endodontic treatment of nonvital teeth with variable periradicular lesions. *Iranian Endodontic Journal*. 2011;6(3):119.
85. Burry JC, Stover S, Eichmiller F, Bhagavatula P. Outcomes of primary endodontic therapy provided by endodontic specialists compared with other providers. *Journal of Endodontics*. 2016;42(5):702-5.
86. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthorpe R, Heden G, Ödesjö B, Engström B. Retreatment of endodontic fillings. *European Journal of Oral Sciences*. 1979;87(3):217-24.

87. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthorpe R, Engstrom B. Influence of apical overinstrumentation and overfilling on re-treated root canals. *Journal of Endodontics*. 1979;5(10):310-4.
88. Friedman S. Treatment outcome and prognosis of endodontic therapy. *Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Aeriodontitis*. 1998.
89. Nešković J, Živković S, Medojević M, Maksimović M. Outcome of orthograde endodontic retreatment-a two-year follow-up. *Srpski Arhiv Za Celokupno Lekarstvo*. 2016;144(3-4):174-80.
90. He J, White RK, White CA, Schweitzer JL, Woodmansey KF. Clinical and patient-centered outcomes of nonsurgical root canal retreatment in first molars using contemporary techniques. *Journal of Endodontics*. 2017;43(2):231-7.
91. Lin LM, Skribner JE, Gaengler P. Factors associated with endodontic treatment failures. *Journal of Endodontics*. 1992;18(12):625-7.
92. Nair PR, Sjögren U, Figdor D, Sundqvist G. Persistent periapical radiolucencies of root-filled human teeth, failed endodontic treatments, and periapical scars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 1999;87(5):617-27.
93. Siqueira J. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*. 2001;34(1):1-10.
94. Nair P. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *International Endodontic Journal*. 2006;39(4):249-81.
95. Lin LM, Ricucci D, Lin J, Rosenberg PA. Nonsurgical root canal therapy of large cyst-like inflammatory periapical lesions and inflammatory apical cysts. *Journal of Endodontics*. 2009;35(5):607-15.
96. Stamos DE, Stamos DG, Perkins SK. Retreatodontics and ultrasonics. *Journal of Endodontics*. 1988;14(1):39-42.
97. Nair P. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*. 2004;15(6):348-81.
98. Siqueira JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of Endodontics*. 2008;34(11):1291-301. e3.
99. Vieira AR, Siqueira JF, Ricucci D, Lopes WS. Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report. *Journal of Endodontics*. 2012;38(2):250-4.
100. Kakehashi S, Stanley H, Fitzgerald R. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*. 1965;20(3):340-9.
101. Rôças IN, Siqueira JF, Aboim MC, Rosado AS. Denaturing gradient gel electrophoresis analysis of bacterial communities associated with failed endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2004;98(6):741-9.

102. de Paz LC, Svensäter G, Dahlén G, Bergenholtz G. Streptococci from root canals in teeth with apical periodontitis receiving endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2005;100(2):232-41.
103. Chu FC, Leung WK, Tsang PC, Chow TW, Samaranayake LP. Identification of cultivable microorganisms from root canals with apical periodontitis following two-visit endodontic treatment with antibiotics/steroid or calcium hydroxide dressings. *Journal of Endodontics*. 2006;32(1):17-23.
104. Vianna M, Horz HP, Conrads G, Zaia A, Souza Filho F, Gomes B. Effect of root canal procedures on endotoxins and endodontic pathogens. *Oral Microbiology and Immunology*. 2007;22(6):411-8.
105. Gomes BP, Pinheiro ET, Jacinto RC, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. Microbial analysis of canals of root-filled teeth with periapical lesions using polymerase chain reaction. *Journal of Endodontics*. 2008;34(5):537-40.
106. Ricucci D, Siqueira JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *Journal of Endodontics*. 2010;36(1):1-15.
107. Siqueira JF, Araújo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJS. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *Journal of Endodontics*. 1997;23(8):499-502.
108. Siqueira JF, Rôças IN, Alves FR, Santos KR. Selected endodontic pathogens in the apical third of infected root canals: a molecular investigation. *Journal of Endodontics*. 2004;30(9):638-43.
109. Câmara AC, Aguiar CM, de Figueiredo JAP. Assessment of the deviation after biomechanical preparation of the coronal, middle, and apical thirds of root canals instrumented with three Hero rotary systems. *Journal of Endodontics*. 2007;33(12):1460-3.
110. Siqueira JF, Rôças IN, Riche FN, Provenzano JC. Clinical outcome of the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis using an antimicrobial protocol. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;106(5):757-62.
111. Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burlison JA, Spångberg LS. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2011;112(6):825-42.
112. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal*. 2008;41(1):6-31.
113. Gillen BM, Looney SW, Gu L-S, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2011;37(7):895-902.

114. Ng Y, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *International Endodontic Journal*. 2008;41(12):1026.
115. Siqueira JF, Rôças IN, Lopes HP, de Uzeda M. Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva. *Journal of Endodontics*. 1999;25(1):14-6.
116. Tang G, Samaranayake LP, Yip H-K, Chu FC, Tsang PC, Cheung BP. Direct detection of *Actinomyces* spp. from infected root canals in a Chinese population: a study using PCR-based, oligonucleotide-DNA hybridization technique. *Journal of Dentistry*. 2003;31(8):559-68.
117. Rôças IN, Siqueira JF, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *Journal of Endodontics*. 2004;30(5):315-20.
118. Chu FC, Tsang CP, Chow TW, Samaranayake LP. Identification of cultivable microorganisms from primary endodontic infections with exposed and unexposed pulp space. *Journal of Endodontics*. 2005;31(6):424-9.
119. Sedgley C, Buck G, Appelbe O. Prevalence of *Enterococcus faecalis* at multiple oral sites in endodontic patients using culture and PCR. *Journal of Endodontics*. 2006;32(2):104-9.
120. LeCorn DW, Vertucci FJ, Rojas MF, Progulsk-Fox A, Bélanger M. In vitro activity of amoxicillin, clindamycin, doxycycline, metronidazole, and moxifloxacin against oral *Actinomyces*. *Journal of Endodontics*. 2007;33(5):557-60.
121. Molander A, Reit C, Dahlen G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *International endodontic journal*. 1998;31(1):1-7.
122. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1998;85(1):86-93.
123. Hancock H, Sigurdsson A, Trope M, Moiseiwitsch J. Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2001;91(5):579-86.
124. Engström B. The significance of enterococci in root canal treatment. *Odontol Revy*. 1964;15(2):87-106.
125. Möller A. Microbiological examination of root canals and periapical tissues of human teeth. *Methodological studies*. *Odontologisk Tidskrift*. 1966;74(5): 1-380.
126. Peciuliene V, Balciuniene I, Eriksen HM, Haapasalo M. Isolation of *Enterococcus faecalis* in previously root-filled canals in a Lithuanian population. *Journal of Endodontics*. 2000;26(10):593-5.

127. Peciuliene V, Reynaud A, Balciuniene I, Haapasalo M. Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *International Endodontic Journal*. 2001;34(6):429-34.
128. Pinheiro E, Gomes B, Ferraz C, Sousa E, Teixeira F, Souza-Filho F. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *International Endodontic Journal*. 2003;36(1):1-11.
129. Pinheiro E, Gomes B, Ferraz C, Teixeira F, Zaia A, Souza Filho F. Evaluation of root canal microorganisms isolated from teeth with endodontic failure and their antimicrobial susceptibility. *Oral Microbiology and Immunology*. 2003;18(2):100-3.
130. Siqueira JF, Rôças IN. Polymerase chain reaction–based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;97(1):85-94.
131. Gomes B, Pinheiro E, Gadê Neto C, Sousa E, Ferraz C, Zaia A, et al. Microbiological examination of infected dental root canals. *Molecular Oral Microbiology*. 2004;19(2):71-6.
132. Chandra SS, Miglani R, Srinivasan M, Indira R. Antifungal efficacy of 5.25% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine gluconate, and 17% EDTA with and without an antifungal agent. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):675-8.
133. Rôças IN, Hülsmann M, Siqueira JF. Microorganisms in root canal–treated teeth from a German population. *Journal of Endodontics*. 2008;34(8):926-31.
134. Waltimo T, Ørstavik D, Siren E, Haapasalo M. In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *International Endodontic Journal*. 1999;32(6):421-9.
135. Siqueira J, Rôças I, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *British Dental Journal*. 2014;216(6):305-12.
136. Tronstad L, Barnett F, Cervone F. Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment. *Dental Traumatology*. 1990;6(2):73-7.
137. Ricucci D, Martorano M, Bate A, Pascon E. Calculus-like deposit on the apical external root surface of teeth with post-treatment apical periodontitis: report of two cases. *International endodontic journal*. 2005;38(4):262-71.
138. Happonen RP. Periapical actinomycosis: A follow-up study of 16 surgically treated cases. *Dental Traumatology*. 1986;2(5):205-9.
139. Sunde PT, Olsen I, Debelian GJ, Tronstad L. Microbiota of periapical lesions refractory to endodontic therapy. *Journal of Endodontics*. 2002;28(4):304-10.
140. Xia T, Baumgartner JC. Occurrence of *Actinomyces* in infections of endodontic origin. *Journal of Endodontics*. 2003;29(9):549-52.
141. Ricucci D, Siqueira JF. Apical actinomycosis as a continuum of intraradicular and extraradicular infection: case report and critical review on its involvement with treatment failure. *Journal of Endodontics*. 2008;34(9):1124-9.

142. Rôças IN, Siqueira JF. Characterization of microbiota of root canal-treated teeth with posttreatment disease. *Journal of Clinical Microbiology*. 2012;50(5):1721-4.
143. Subramanian K, Mickel AK. Molecular analysis of persistent periradicular lesions and root ends reveals a diverse microbial profile. *Journal of Endodontics*. 2009;35(7):950-7.
144. Nair PR, Sjögren U, Krey G, Kahnberg K-E, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *Journal of Endodontics*. 1990;16(12):580-8.
145. Koppang HS, Koppang R, Solheim T, Aarnes H, Stølen SØ. Cellulose fibers from endodontic paper points as an etiological factor in postendodontic periapical granulomas and cysts. *Journal of Endodontics*. 1989;15(8):369-72.
146. Chandra A. Discuss the factors that affect the outcome of endodontic treatment. *Australian Endodontic Journal*. 2009;35(2):98-107.
147. Imura N, Kato A, Hata GI, Uemura M, Toda T, Weine F. A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment. *International Endodontic Journal*. 2000;33(4):361-6.
148. Nair P, Sjögren U, Schumacher E, Sundqvist G. Radicular cyst affecting a root-filled human tooth: a long-term post-treatment follow-up. *International Endodontic Journal*. 1993;26(4):225-33.
149. Nair PR, Sjögren U, Krey G, Sundqvist G. Therapy-resistant foreign body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth. *Journal of Endodontics*. 1990;16(12):589-95.
150. Friedman S, Stabholz A. Endodontic retreatment—case selection and technique. Part 1: criteria for case selection. *Journal of endodontics*. 1986;12(1):28-33.
151. Stabholz A, Walton RE. Evaluating success and failure. *Principles and practice of endodontics 2th Ed.*, Philadelphia: WB Saunders, 1996, p. 324-35.
152. Simon JH, Chimenti RA, Mintz GA. Clinical significance of the pulse granuloma. *Journal of Endodontics*. 1982;8(3):116-9.
153. Çelik K, Belli S. Kök Kanal Tedavilerinde Başarısızlık Sebepleri. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2012;33(1):6-12.
154. Bayram HM, Çelikten B, Bayram E, Bozkurt A. Fluid flow evaluation of coronal microleakage intraorifice barrier materials in endodontically treated teeth. *European Journal of Dentistry*. 2013;7(3):359.
155. Madison S, Wilcox LR. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part III. In vivo study. *Journal of Endodontics*. 1988;14(9):455-8.
156. Ray H, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *International Endodontic Journal*. 1995;28(1):12-8.

157. Tronstad L, Asbjørnsen K, Døving L, Pedersen I, Eriksen H. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Dental Traumatology*. 2000;16(5):218-21.
158. Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*. 1997;30(5):297-306.
159. Muruzabal M, Erausquin J, Devoto F. A study of periapical overfilling in root canal treatment in the molar of rat. *Archives of oral biology*. 1966;11(4):373-383.
160. SpÃ L, Barbosa S, Lavigne G. AH 26 release formaldehyde. *Journal of Endodontics*. 1993;19:596-8.
161. Ørstavik D, Mjör IA. Histopathology and X-ray microanalysis of the subcutaneous tissue response to endodontic sealers. *Journal of endodontics*. 1988;14(1):13-23.
162. Ingle JI. *Ingle's endodontics 6th Ed.*, PMPH-USA, 2008.
163. Duncan HF, CHONG BS. Removal of root filling materials. *Endodontic Topics*. 2008;19(1):33-57.
164. Tamse A, Unger U, Metzger Z, Rosenberg M. Gutta-percha solvents—a comparative study. *Journal of Endodontics*. 1986;12(8):337-9.
165. Wilcox LR. Thermafil retreatment with and without chloroform solvent. *Journal of Endodontics*. 1993;19(11):563-6.
166. Friedman S, Stabholz A, Tamse A. Endodontic retreatment—case selection and technique. Part 3. Retreatment techniques. *Journal of Endodontics*. 1990;16(11):543-9.
167. Cohen S, Hargreaves K. *Pathways of the pulp*. St. Louis (MO), London: Elsevier Mosby, 2006.
168. Walton RE, Torabinejad M. *Principles and practice of endodontics*. Saunders, 1996.
169. Betti LV, Bramante CM, de Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB. Efficacy of Profile. 04 taper series 29 in removing filling materials during root canal retreatment—an in vitro study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;108(6):46-50.
170. Ferreira J, Rhodes J, Pitt Ford T. The efficacy of gutta percha removal using ProFiles. *International Endodontic Journal*. 2001;34(4):267-74.
171. Hülsmann M, Stotz S. Efficacy, cleaning ability and safety of different devices for gutta percha removal in root canal retreatment. *International Endodontic Journal*. 1997;30(4):227-33.
172. Patel B. *Non-surgical Root Canal Retreatment*. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery*. Springer, 2016, p. 225-58.

173. Keçeci AD, Üreyen BK, Ünal GÇ. Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kullanılan farklı tekniklerin etkinliklerinin karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica*. 2006;23(1):17.
174. Çelik Ünal G, Üreyen Kaya B, Taç A, Keçeci A. A comparison of the efficacy of conventional and new retreatment instruments to remove gutta-percha in curved root canals: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*. 2009;42(4):344-50.
175. Takahashi CM, Cunha RS, De Martin AS, Fontana CE, Silveira CFM, da Silveira Bueno CE. In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. *Journal of Endodontics*. 2009;35(11):1580-3.
176. Medeiros JBA, Gabardo MCL, Moraes SH, Faria MIA. Evaluation of four gutta-percha removal techniques for endodontic retreatment. 2014;11(4):340-5.
177. Kesim B, Üstün Y, Aslan T, Topçuoğlu H, Şahin S, Uluşan Ö. Efficacy of manual and mechanical instrumentation techniques for removal of overextended root canal filling material. 2017;20(6):761-766.
178. Mandel E, Friedman S. Endodontic retreatment: a rational approach to root canal reinstrumentation. *Journal of Endodontics*. 1992;18(11):565-9.
179. Pilo R, Corcino G, Tamse A. Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with hand and rotatory instruments. *Journal of Endodontics*. 1998;24(6):401-4.
180. Wu M-K, van der Sluis LW, Wesselink PR. The risk of furcal perforation in mandibular molars using Gates-Glidden drills with anticurvature pressure. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2005;99(3):378-82.
181. Kessler JR, Peters DD, Lorton L. Comparison of the relative risk of molar root perforations using various endodontic instrumentation techniques. *Journal of Endodontics*. 1983;9(10):439-47.
182. Isom TL, Marshall JG, Baumgartner JC. Evaluation of root thickness in curved canals after flaring. *Journal of Endodontics*. 1995;21(7):368-71.
183. Zuckerman O, Katz A, Pilo R, Tamse A, Fuss Z. Residual dentin thickness in mesial roots of mandibular molars prepared with Lightspeed rotary instruments and Gates-Glidden reamers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(3):351-5.
184. Hülsmann M, Drebenstedt S, Holscher C. Shaping and filling root canals during root canal retreatment. *Endodontic Topics*. 2008;19(1):74-124.
185. Bourgeois RS, Lemon RR. Dowel space preparation and apical leakage. *Journal of Endodontics*. 1981;7(2):66-9.
186. Dickey DJ, Harris GZ, Lemon RR, Luebke RG. Effect of post space preparation on apical seal using solvent techniques and Peeso reamers. *Journal of Endodontics*. 1982;8(8):351-4.

187. Sae-Lim V, Lim BK, Lee HL. Effectiveness of ProFile. 04 taper rotary instruments in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*. 2000;26(2):100-4.
188. Friedman S, Moshonov J, Trope M. Residue of gutta-percha and a glass ionomer cement sealer following root canal retreatment. *International Endodontic Journal*. 1993;26(3):169-72.
189. de Mello JE, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Zuolo ML. Retreatment efficacy of gutta-percha removal using a clinical microscope and ultrasonic instruments: part I-an ex vivo study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2009;108(1):59-62.
190. Gilbert BO, Rice RT. Re-treatment in endodontics. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1987;64(3):333-8.
191. Lee FS, Van Cura JE, BeGole E. A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *Journal of Endodontics*. 1998;24(9):617-20.
192. Saunders E. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. Part II. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *International endodontic journal*. 1990;23(5):268-74.
193. Lipski M, Woźniak K. In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperature rises during thermafil retreatment using system B. *Journal of Endodontics*. 2003;29(6):413-5.
194. Barkhordar RA, Goodis HE, Watanabe L, Koumdjian J. Evaluation of temperature rise on the outer surface of teeth during root canal obturation techniques. *Quintessence International*. 1990;21(7).
195. Panas A, Żmuda S, Terpiłowski J, Preiskorn M. Investigation of the thermal diffusivity of human tooth hard tissue. *International Journal of Thermophysics*. 2003;24(3):837-48.
196. Behnia A, McDonald N. In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperatures generated by the thermafil plus system. *Journal of endodontics*. 2001;27(3):203-5.
197. Sweatman TL, Baumgartner JC, Sakaguchi RL. Radicular temperatures associated with thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 2001;27(8):512-5.
198. Hand RE, Huget EF, Tsaknis PJ. Effects of a warm gutta-percha technique on the lateral periodontium. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1976;42(3):395-401.
199. Lipski M. Root surface temperature rises in vitro during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha on a carrier or by injection. *Journal of endodontics*. 2004;30(6):441-3.
200. Fors U, Jonasson E, Bergquist A, Berg Jo. Measurements of the root surface temperature during thermo-mechanical root canal filling in vitro. *International Endodontic Journal*. 1985;18(3):199-202.

201. Silver G, Love R, Purton D. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch'n Heat modified and System B. *International Endodontic Journal*. 1999;32(4):287-95.
202. Hardie EM. Heat transmission to the outer surface of the tooth during the thermo-mechanical compaction technique of root canal obturation. *International Endodontic Journal*. 1986;19(2):73-7.
203. Wilcox LR. Endodontic retreatment: ultrasonics and chloroform as the final step in reinstrumentation. *Journal of Endodontics*. 1989;15(3):125-8.
204. Krell KV, Neo J. The use of ultrasonic endodontic instrumentation in the re-treatment of a paste-filled endodontic tooth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1985;60(1):100-2.
205. Jeng H-W, ElDeeb ME. Removal of hard paste fillings from the root canal by ultrasonic instrumentation. *Journal of Endodontics*. 1987;13(6):295-8.
206. Boutsoukis C, Noula G, Lambrianidis T. Ex vivo study of the efficiency of two techniques for the removal of mineral trioxide aggregate used as a root canal filling material. *Journal of Endodontics*. 2008;34(10):1239-42.
207. Wilcox LR, Krell KV, Madison S, Rittman B. Endodontic retreatment: evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *Journal of Endodontics*. 1987;13(9):453-7.
208. Nayir Y, Yaman SD. Tekrarlanan kanal tedavileri. *Acta Odontologica Turcica*. 2011;28(3):209.
209. Thompson S. An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. *International Endodontic Journal*. 2000;33(4):297-310.
210. Buehler WJ, Gilfrich J, Wiley R. Effect of low-temperature phase changes on the mechanical properties of alloys near composition TiNi. *Journal of Applied Physics*. 1963;34(5):1475-7.
211. Brantley WA, Eliades T. *Orthodontic materials: scientific and clinical aspects*: Thieme Stuttgart; 2001;119(6):672-673.
212. Zhou H-m, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y-f, Haapasalo M. Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Journal of Endodontics*. 2012;38(11):1535-40.
213. Yılmaz A, Yiğit DH. Retreatment with Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Istanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2014;48(1):71.
214. Valois C, Navarro M, Ramos AdA, De Castro A, Gahyva S. Effectiveness of the ProFile. 04 taper series 29 files in removal of gutta-percha root fillings during curved root canal retreatment. *Brazilian Dental Journal*. 2001;12(2):95-9.
215. Betti L, Bramante C. Quantec SC rotary instruments versus hand files for gutta-percha removal in root canal retreatment. *International Endodontic Journal*. 2001;34(7):514-9.

216. Zmener O, Pameijer C, Banegas G. Retreatment efficacy of hand versus automated instrumentation in oval-shaped root canals: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*. 2006;39(7):521-6.
217. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endodontic Topics*. 2013;29(1):3-17.
218. Yılmaz F, Koç C, Kamburoğlu K, Ocak M, Geneci F, Uzuner MB, et al. Evaluation of 3 Different Retreatment Techniques in Maxillary Molar Teeth by Using Micro–computed Tomography. *Journal of endodontics*. 2017;44(3):480-4.
219. Akpınar KE, Altunbaş D, Kuştarıcı A. The efficacy of two rotary NiTi instruments and H-files to remove gutta-percha from root canals. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*. 2012;17(3):506.
220. Samiei M, Ghasemi N, Torab A, Rahimi S, Niknami M, Rikhtegaran S, et al. Comparative CBCT evaluation of the efficacy of Nd:YAG laser and K3 rotary system in non-surgical root canal retreatment. *Minerva Stomatologica*. 2016;65(1):11-6.
221. Somma F, Cammarota G, Plotino G, Grande NM, Pameijer CH. The effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the retreatment of three different root canal filling materials. *Journal of Endodontics*. 2008;34(4):466-9.
222. Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *International Endodontic Journal*. 2008;41(3):191-6.
223. Gergi R, Sabbagh C. Effectiveness of two nickel-titanium rotary instruments and a hand file for removing gutta-percha in severely curved root canals during retreatment: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*. 2007;40(7):532-7.
224. Bramante CM, Fidelis NS, Assumpção TS, Bernardineli N, Garcia RB, Bramante AS, et al. Heat release, time required, and cleaning ability of MTwo R and ProTaper universal retreatment systems in the removal of filling material. *Journal of Endodontics*. 2010;36(11):1870-3.
225. Gkampesi S, Mylona Z, Zarra T, Lambrianidis T. Assessment of Apical Extrusion of Debris during Endodontic Retreatment with 3 Rotary Nickel-Titanium Retreatment Systems and Hand Files. *Balkan Journal of Dental Medicine*. 2016;20(1):22-8.
226. Fenoul G, Meless G, Perez F. The efficacy of R-Endo rotary NiTi and stainless-steel hand instruments to remove gutta-percha and Resilon. *International endodontic journal*. 2010;43(2):135-41.
227. Mollo A, Botti G, Principi Goldoni N, Randellini E, Paragliola R, Chazine M, et al. Efficacy of two Ni-Ti systems and hand files for removing gutta-percha from root canals. *International Endodontic Journal*. 2012;45(1):1-6.
228. Kaşıkçı Bilgi I, Köşeler I, Güneri P, Hülsmann M, Çalışkan M. Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment

- techniques in severely curved root canals. *International Endodontic Journal*. 2017;50(9):910-8.
229. Marfisi K, Mercade M, Plotino G, Duran-Sindreu F, Bueno R, Roig M. Efficacy of three different rotary files to remove gutta-percha and Resilon from root canals. *International Endodontic Journal*. 2010;43(11):1022-8.
 230. Helvacioğlu Yigit D, Yilmaz A, Kiziltas Sendur G, Aslan O, Abbott P. Efficacy of reciprocating and rotary systems for removing root filling material: A micro-computed tomography study. 2014;36(6):576-81.
 231. Rosa RAd, Santini MF, Cavenago BC, Pereira JR, Duarte MAH, Só MVR. Micro-CT evaluation of root filling removal after three stages of retreatment procedure. *Brazilian dental journal*. 2015;26(6):612-8.
 232. Gokturk H, Yucel AC, Sisman A. Effectiveness of Four Rotary Retreatment Instruments During Root Canal Retreatment. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2015;18(1):25-36.
 233. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *International Endodontic Journal*. 2008;41(4):339-44.
 234. Bürklein S, Hinschitzka K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal*. 2012;45(5):449-61.
 235. Shen Y, Zhou H-m, Zheng Y-f, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *Journal of Endodontics*. 2013;39(2):163-72.
 236. de Campos Fruchi L, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Duarte MAH, da Silveira Bueno CE, De Martin AS. Efficacy of reciprocating instruments for removing filling material in curved canals obturated with a single-cone technique: a micro-computed tomographic analysis. *Journal of Endodontics*. 2014;40(7):1000-4.
 237. Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JCN, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF. Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating single-or rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XP-Endo Finisher. *Journal of Endodontics*. 2016;42(7):1114-9.
 238. Crozeta BM, de Sousa-Neto MD, Leoni GB, Mazzi-Chaves JF, Silva-Sousa YTC, Baratto-Filho F. A micro-computed tomography assessment of the efficacy of rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment. *Clinical Oral Investigations*. 2016;20(8):2235-40.
 239. Martins MP, Duarte MAH, Cavenago BC, Kato AS, da Silveira Bueno CE. Effectiveness of the ProTaper Next and Reciproc Systems in Removing Root Canal Filling Material with Sonic or Ultrasonic Irrigation: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*. 2017;43(3):467-71.
 240. Webber J, Machtou P, Pertot W, Kuttler S, Ruddle C, West J. The WaveOne single-file reciprocating system. *Roots*. 2011;1(1):28-33.

241. Koçak MM, Kocak S, Türker SA, Sağlam BC. Cleaning efficacy of reciprocal and rotary systems in the removal of root canal filling material. *Journal of conservative dentistry*. 2016;19(2):184.
242. Jorgensen B, Williamson A, Chu R, Qian F. The Efficacy of the WaveOne Reciprocating File System versus the ProTaper Retreatment System in Endodontic Retreatment of Two Different Obturating Techniques. *Journal of Endodontics*. 2017;43(6):1011-3.
243. Özyürek T, Demiryürek EÖ. Efficacy Of Protaper Next And Protaper Universal Retreatment Systems In Removing Gutta-Percha In Curved Root Canals During Root Canal Retreatment. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2017;51(2):7-13.
244. Nevares G, Diana S, Freire LG, Romeiro K, Fogel HM, Dos Santos M, et al. Efficacy of ProTaper Next compared with Reciproc in removing obturation material from severely curved root canals: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*. 2016;42(5):803-8.
245. Özyürek T, Demiryürek EÖ. Efficacy of different nickel-titanium instruments in removing gutta-percha during root canal retreatment. *Journal of endodontics*. 2016;42(4):646-9.
246. Gambarini G, Testarelli L, De Luca M, Milana V, Plotino G, Grande NM, et al. The influence of three different instrumentation techniques on the incidence of postoperative pain after endodontic treatment. *Annali Di Stomatologia*. 2013;4(1):152-155.
247. Akbulut MB, Akman M, Terlemez A, Magat G, Sener S, Shetty H. Efficacy of Twisted File Adaptive, Reciproc and ProTaper Universal Retreatment instruments for root-canal-filling removal: A cone-beam computed tomography study. *Dental Materials Journal*. 2016;35(1):126-31.
248. Ruddle CJ. Single-File Shaping Technique Achieving A Gold Medal Result. *Dentistry today*. 2016;35(1):1-7.
249. Pedullà E, Genovesi F, Rapisarda S, La Rosa GR, Grande NM, Plotino G, et al. Effects of 6 Single-File Systems on Dentinal Crack Formation. *Journal of Endodontics*. 2017;43(3):456-61.
250. Özyürek T. Cyclic fatigue resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold nickel-titanium instruments. *Journal of Endodontics*. 2016;42(10):1536-9.
251. Topçuoğlu H, Düzgün S, Aktı A, Topçuoğlu G. Laboratory comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold, Reciproc and WaveOne files in canals with a double curvature. *International Endodontic Journal*. 2017;50(7):713-7.
252. Kinsun S, Aktören O. Endodontide Lazer Kullanımı/Lazer In Endodontics. *Journal Of Istanbul University Faculty Of Dentistry*. 2004;38(1-2):59-67.
253. Parker S. Verifiable CPD paper: introduction, history of lasers and laser light production. *British Dental Journal*. 2007;202(1):21-31.
254. Miller M, Truhe T. Lasers in dentistry: an overview. *The Journal of the American Dental Association*. 1993;124(2):32-5.

255. Midda M, Renton-Harper P. Lasers in dentistry. *British Dental Journal*. 1991;170(9):343.
256. Kayataş M. Lazer Hakkında Genel Bilgiler ve Lazerin Diş Hekimliğindeki Yeri. *Türkiye Klinikleri Journal of Endodontics-Special Topics*. 2015;1(1):1-5.
257. Zakariasen K, Dederich D. Dental lasers and science. *Journal Canadian Dental Association*. 1991;57(7):570-3.
258. Myers T. Lasers in dentistry, their application in clinical practice. *The Journal of the American Dental Association*. 1991;122:47-50.
259. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dental Clinics*. 2004;48(4):809-32.
260. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *National Journal of Maxillofacial Surgery*. 2012;3(2):124-132.
261. Pick RM. Using Lasers in Clinical Denial Practice. *The Journal of the American Dental Association*. 1993;124(2):37-47.
262. Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *The Journal of the American Dental Association*. 1993;124(2):57-61.
263. Harashima T, Takeda FH, Kimura Y, Matsumoto K. Effect of Nd: YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 1997;15(3):131-5.
264. Goodis H, White J, Marshall S, Marshall JG. Scanning electron microscopic examination of intracanal wall dentin: hand versus laser treatment. *Scanning Microscopy*. 1993;7(3):979-87.
265. Anić I, Tachibana H, Masumoto K, Qi P. Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd: YAG, CO₂ and argon lasers. *International Endodontic Journal*. 1996;29(1):13-22.
266. Pirnat S, Lukac M, Ihan A. Study of the direct bactericidal effect of Nd: YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria. *Lasers in Medical Science*. 2011;26(6):755-61.
267. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Jakolitsch S, Kluger W, Wernisch J, et al. The bactericidal effect of Nd: YAG, Ho: YAG, and Er: YAG laser irradiation in the root canal: an in vitro comparison. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 1999;17(4):161-4.
268. Levy G. Cleaning and shaping the root canal with a Nd: YAG laser beam: a comparative study. *Journal of Endodontics*. 1992;18(3):123-7.
269. Farge P, Nahas P, Bonin P. In vitro study of a Nd: YAP laser in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*. 1998;24(5):359-63.
270. Gerek M, Asci S, Yaylali D. Ex vivo evaluation of antibacterial effects of Nd: YAG and diode lasers in root canals. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2010;24(3):2031-4.

271. Judy MM, Matthews JL, Aronoff BL, Hulst DF. 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 in Surgery and Medicine*. 1993;13(5):528-36.
272. Hilgers JJ, Tracey SG. Clinical uses of diode lasers in orthodontics. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*. 2004;38(5):266-73.
273. Moritz A, Gutknecht N, Schoop U, Goharkhay K, Doertbudak O, Sperr W. Irradiation of infected root canals with a diode laser in vivo: results of microbiological examinations. *Lasers in surgery and medicine*. 1997;21(3):221-6.
274. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence International*. 1997;28(3).
275. Asnaashari M, Godiny M, Azari-Marhabi S, Tabatabaei FS, Barati M. Comparison of the Antibacterial Effect of 810 nm Diode Laser and Photodynamic Therapy in Reducing the Microbial Flora of Root Canal in Endodontic Retreatment in Patients With Periradicular Lesions. *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2016;7(2):99-104.
276. Jyotsna SV, Raju RVC, Patil JP, Singh TV, Bhutani N, Kamishetty S, et al. Effect of Diode Laser on Bacteria Beyond the Apex in Relation to the Size of the Apical Preparation—An In-Vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016;10(5):63-65.
277. Nair P, Baltensperger MM, Luder HU, Eyrich GK. Pulpal response to Er: YAG laser drilling of dentine in healthy human third molars. *Lasers in Surgery and Medicine*. 2003;32(3):203-9.
278. Kimura Y, Wilder Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*. 2000;33(3):173-85.
279. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kimura Y, Matsumoto N, Matsumoto K. Effects of Er, Cr: YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 1999;17(4):155-9.
280. Harashima T, Kinoshita J-I, Kimura Y, Brugnera Jr A, Zanin F, Pecora JD, et al. Morphological comparative study on ablation of dental hard tissues at cavity preparation by Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers. *Photomedicine and Laser Therapy*. 2005;23(1):52-5.
281. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki A. Clinical application of erbium: YAG laser in periodontology. *Journal of the International Academy of Periodontology*. 2008;10(1):22-30.
282. Hellingwerf KJ, Hoff WD, Crielaard W. Photobiology of microorganisms: how photosensors catch a photon to initialize signalling. *Molecular Microbiology*. 1996;21(4):683-93.

283. Takeda Fh, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *Journal of Clinical laser medicine & surgery*. 1998;16(2):117-22.
284. Kesler G, Gal R, Kesler A, Koren R. Histological and scanning electron microscope examination of root canal after preparation with Er: YAG laser microprobe: a preliminary in vitro study. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 2002;20(5):269-77.
285. Beer F. *Oral laser application*. Chicago: Quintessence Publishing Company, 2006, p. 347-364.
286. Frentzen M, Koort H. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology. *International Dental Journal*. 1990;40(6):323-32.
287. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers in Surgery and Medicine*. 1989;9(4):338-44.
288. Hibst R, Keller U, editors. *Removal of dental filling materials by Er: YAG laser radiation*. International Society for Optics and Photonics. 1991;1424:120-127.
289. Tachinami H, Katsuumi I. Removal of root canal filling materials using Er: YAG laser irradiation. *Dental Materials Journal*. 2010;29(3):246-52.
290. Gorduysus MO, Al-Rubai H, Salman B, Al Saady D, Al-Dagistani H, Muftuoglu S. Using erbium-doped yttrium aluminum garnet laser irradiation in different energy output levels versus ultrasonic in removal of root canal filling materials in endodontic retreatment. *European Journal of Dentistry*. 2017;11(3):281.
291. Keleş A, Arslan H, Kamalak A, Akçay M, Sousa-Neto MD, Versiani MA. Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics*. 2015;41(2):219-24.
292. Shoji S, Hariu H, Horiuchi H. Canal enlargement by Er: YAG laser using a cone-shaped irradiation tip. *Journal of Endodontics*. 2000;26(8):454-8.
293. Üstün Ç, Özçelik O. The use of Carbon Dioxide Laser in Oral Tissues. *Journal of Clinical Sciences*. 2007;1(4):55-62.
294. Fujiyama K, Deguchi T, Murakami T, Fujii A, Kushima K, Takano-Yamamoto T. Clinical effect of CO2 laser in reducing pain in orthodontics. *The Angle Orthodontist*. 2008;78(2):299-303.
295. Van Doorne L, Vanderstraeten C, Rhem M, De Meulemeester J, Wackens G. CO2 laser sterilization in periradicular surgery: a clinical follow-up study. *Revue Belge de Medecine Dentaire*. 1996;51(1):73-82.
296. Önal B. Diş sert dokularında laser kullanımı. *Dişhekimliği Dergisi*. 1993;2:61-64.
297. Finkbeiner RL. The results of 1328 periodontal pockets treated with the argon laser: Selective pocket thermolysis. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 1995;13(4):273-81.

298. Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A. Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*. 1995;79(2):221-5.
299. Metzger Z. The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2014;17(5):401.
300. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy-a new concept of endodontic files and its implementation. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):679-90.
301. Metzger Z, Kfir A, Abramovitz I, Weissman A, Solomonov M. The self-adjusting file system. *Endodontic Practice Today*. 2013;7(3):189-210.
302. Yürüker S, Görduysus M, Küçükkaya S, Uzunoglu E, Ilgin C, Gulen O, et al. Efficacy of Combined Use of Different Nickel-Titanium Files on Removing Root Canal Filling Materials. *Journal of Endodontics*. 2016;42(3):487-92.
303. Simsek N, Ahmetoglu F, Keles A, Bulut ET, Er K. 3d analysis of d-race and self-adjusting file in removing filling materials from curved root canals instrumented and filled with different techniques. *The Scientific World Journal*. 2014;2014.
304. Keles A, Kamalak A, Keskin C, Akçay M, Uzun İ. The efficacy of laser, ultrasound and self-adjustable file in removing smear layer debris from oval root canals following retreatment: A scanning electron microscopy study. *Australian Endodontic Journal*. 2016;42(3):104-11.
305. Voet KC, Wu M-K, Wesselink PR, Shemesh H. Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file. *Journal of Endodontics*. 2012;38(7):1004-6.
306. Abramovitz I, Relles-Bonar S, Baransi B, Kfir A. The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files. *International Endodontic Journal*. 2012;45(4):386-92.
307. Keleş A, Şimşek N, Alcin H, Ahmetoglu F, Yologlu S. Retreatment of flat-oval root canals with a self-adjusting file: an SEM study. *Dental Materials Journal*. 2014;33(6):786-91.
308. Pawar AM, Thakur B, Metzger Z, Kfir A, Pawar M. The efficacy of the Self-Adjusting File versus WaveOne in removal of root filling residue that remains in oval canals after the use of ProTaper retreatment files: A cone-beam computed tomography study. *Journal of conservative dentistry..* 2016;19(1):72.
309. Uygun AD, Gündoğdu EC, Arslan H, Ersoy İ. Efficacy of Xp-endo finisher and Trushape 3d conforming file compared to conventional and ultrasonic irrigation in removing calcium hydroxide. *Australian Endodontic Journal*. 2017;43(2):89-93.
310. Valente NR, Oliveira JZP, de Carvalho Valoura AVM, Hecksher F, Moreira EJM, da Silva EJM. A new instrument for root canal system finishing after chemomechanical preparation: XP-Endo Finisher. *Revista Brasileira De Odontologia*. 2017;74(4):305.

311. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology*. 2017;105(2):178-83.
312. Alves FR, Andrade-Junior CV, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Rôças IN, Versiani MA, et al. Adjunctive steps for disinfection of the mandibular molar root canal system: a correlative bacteriologic, micro-computed tomography, and cryopulverization approach. *Journal of Endodontics*. 2016;42(11):1667-72.
313. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GT-J. Efficacy of 4 irrigation protocols in killing bacteria colonized in dentinal tubules examined by a novel confocal laser scanning microscope analysis. *Journal of Endodontics*. 2016;42(6):928-34.
314. Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M. In Vitro Efficacy of XP-endo Finisher with 2 Different Protocols on Biofilm Removal from Apical Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2017;43(2):321-5.
315. Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *International Endodontic Journal*. 2017;50(7):700-5.
316. Keskin C, Sariyilmaz E, Sariyilmaz Ö. Efficacy of XP-endo Finisher File in Removing Calcium Hydroxide from Simulated Internal Resorption Cavity. *Journal of Endodontics*. 2017;43(1):126-30.
317. Silva EJNL, Belladonna FG, Zuolo A, Rodrigues E, Ehrhardt I, Souza E. Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. *International Endodontic Journal*. 2017;51(1):86--91.
318. Karamifar K, Mehra N, Pardis P, Saghiri MA. Cleanliness of Canal Walls following Gutta-Percha Removal with Hand Files, RaCe and RaCe plus XP-Endo Finisher Instruments: A Photographic in Vitro Analysis. *Iranian Endodontic Journal*. 2017;12(2):242.
319. Wennberg A, Ørstavik D. Evaluation of alternatives to chloroform in endodontic practice. *Dental Traumatology*. 1989;5(5):234-7.
320. Zakariasen K, Brayton S, Collinson D. Efficient and effective root canal retreatment without chloroform. *Journal Canadian Dental Association*. 1990;56(6):509-12.
321. de Oliveira DP, Barbizam JVB, Trope M, Teixeira FB. Comparison between gutta-percha and resilon removal using two different techniques in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*. 2006;32(4):362-4.
322. McDonald MN, Vire DE. Chloroform in the endodontic operator. *Journal of Endodontics*. 1992;18(6):301-3.
323. Vajrabhaya L-o, Suwannawong SK, Kamolroongwarakul R, Pewklieng L. Cytotoxicity evaluation of gutta-percha solvents: Chloroform and GP-Solvent (limonene). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;98(6):756-9.

324. Chutich MJ, Kaminski EJ, Miller DA, Lautenschlager EP. Risk assessment of the toxicity of solvents of gutta-percha used in endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*. 1998;24(4):213-6.
325. Keçeci D, Çelik D. Endodontide Akut Alevlenmeler (Flare-up). *Acta Odontologica Turcica*. 2004;21(1):61-69.
326. Jain M, Singhal A, Gurtu A, Vinayak V. Influence of Ultrasonic Irrigation and Chloroform on Cleanliness of Dentinal Tubules During Endodontic Retreatments-An In vitro SEM Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2015;9(5):11-15.
327. Sağlam BC, Koçak MM, Türker SA, Koçak S. Efficacy of different solvents in removing gutta-percha from curved root canals: A micro-computed tomography study. *Australian Endodontic Journal*. 2014;40(2):76-80.
328. Khalilak Z, Vatanpour M, Dadresanfar B, Moshkelgosha P, Nourbakhsh H. In vitro comparison of Gutta-Percha removal with H-File and ProTaper with or without chloroform. *Iranian Endodontic Journal*. 2013;8(1):6.
329. Barbosa SV, Burkard DH, Spångberg LS. Cytotoxic effects of gutta-percha solvents. *Journal of Endodontics*. 1994;20(1):6-8.
330. Kaplowitz GJ. Evaluation of gutta-percha solvents. *Journal of Endodontics*. 1990;16(11):539-40.
331. Wourms DJ, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GB. Alternative solvents to chloroform for gutta-percha removal. *Journal of Endodontics*. 1990;16(5):224-6.
332. Hunter KR, Doblecki W, Pelleu GB. Halothane and eucalyptol as alternatives to chloroform for softening gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 1991;17(7):310-2.
333. Uemura M, Hata G-i, Toda T, Weine FS. Effectiveness of eucalyptol and d-limonene as gutta-percha solvents. *Journal of Endodontics*. 1997;23(12):739-41.
334. Hansen MG. Relative efficiency of solvents used in endodontics. *Journal of Endodontics*. 1998;24(1):38-40.
335. Trevisan L, Huerta IR, Michelon C, Bello MDC, Pillar R, Bier CAS. The Efficacy of Passive Ultrasonic Activation of Organic Solvents on Dissolving Two Root Canal Sealers. *Iranian Endodontic Journal*. 2017;12(1):25.
336. Karataş E, Kol E, Bayrakdar İŞ, Arslan H. The effect of chloroform, orange oil and eucalyptol on root canal transportation in endodontic retreatment. *Australian Endodontic Journal*. 2016;42(1):37-40.
337. Horvath S, Altenburger M, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister J. Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*. 2009;42(11):1032-8.
338. Scelza MFZ, Coil JM, Maciel ACdC, Oliveira LRL, Scelza P. Comparative SEM evaluation of three solvents used in endodontic retreatment: an ex vivo study. *Journal of Applied Oral Science*. 2008;16(1):24-9.

339. Della Nina L, Ether S, Oliveira E, Paulo S. Avaliação Das Propriedades de Solventes de Guta Percha. *Quintessência*. 1980;7:27-32.
340. Tanomaru Filho M, Oricchio GJAR, Martins LP, Berbert FLCV. Avaliação da capacidade solvente de algumas substâncias empregadas no retratamento endodôntico. *Rev Fac Odontol Lins*. 1997;10(2):48-50.
341. Görduysus MÖ, Tasman F, Tuncer S, Etikan I. Solubilizing efficiency of different gutta-percha solvents: a comparative study. *The Journal of Nihon University School of Dentistry*. 1997;39(3):133-5.
342. Kaplowitz GJ. Evaluation of the ability of essential oils to dissolve gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 1991;17(9):448-9.
343. Limongi O, Troian C, Viegas AP, Baratto Filho F, Irala LE, Maia SMA. Desobstrução do canal radicular: o desempenho dos solventes óleo de laranja e eucaliptol. *Porto Alegre*. 2005;53(4):341-5.
344. Oyama KON, Siqueira EL, Santos Md. In vitro study of effect of solvent on root canal retreatment. *Brazilian Dental Journal*. 2002;13(3):208-11.
345. Pécora JD, Costa Filho W. Apresentação de um óleo essencial, obtido de *Citrus aurantium*, eficaz na desintegração do cimento de óxido de zinco-eugenol do interior do canal radicular. *Odonto*. 1992;1(5):130-2.
346. Scelza MFZ, Oliveira LRL, Carvalho FB, Faria SC-R. In vitro evaluation of macrophage viability after incubation in orange oil, eucalyptol, and chloroform. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2006;102(3):24-7.
347. Philipps M, Vizioli M. Biocompatibilidade de solvents utilizados no retratamento endodôntico-estudo experimental em ratos. *Journal of Brazilian Endodontics*. 2003;4:39-43.
348. Rehman K, Khan FR, Aman N. Comparison of orange oil and chloroform as gutta-percha solvents in endodontic retreatment. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2013;14(3):478.
349. de Carvalho Maciel A, Zaccaro Scelza M. Efficacy of automated versus hand instrumentation during root canal retreatment: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*. 2006;39(10):779-84.
350. Schirrmeister J, Hermanns P, Meyer K, Goetz F, Hellwig E. Detectability of residual Epiphany and gutta-percha after root canal retreatment using a dental operating microscope and radiographs—an ex vivo study. *International Endodontic Journal*. 2006;39(7):558-65.
351. Cunha RS, De Martin AS, Barros PP, da Silva FM, de Castilho Jacinto R, da Silveira Bueno CE. In vitro evaluation of the cleansing working time and analysis of the amount of gutta-percha or Resilon remnants in the root canal walls after instrumentation for endodontic retreatment. *Journal of Endodontics*. 2007;33(12):1426-8.
352. Raj UJ, Mylswamy S. Root canal morphology of maxillary second premolars in an Indian population. *Journal of Conservative Dentistry*. 2010;13(3):148.

353. Tagger M, Katz A, Tamse A. Apical seal using the GPII method in straight canals compared with lateral condensation, with or without sealer. *Oral surgery, Oral medicine, Oral pathology*. 1994;78(2):225-31.
354. Felton D, Webb E, Kanoy B, Dugoni J. Threaded endodontic dowels: effect of post design on incidence of root fracture. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1991;65(2):179-87.
355. Lussi A, Imwinkelried S, Stich H. Obturation of root canals with different sealers using non-instrumentation technology. *International Endodontic Journal*. 1999;32(1):17-23.
356. Grover C, Shetty N. Methods to study root canal morphology: A review. *Endodontic Practice Today*. 2012;6(3).
357. Kobayashi C, Yoshioka T, Suda H. A new engine-driven canal preparation system with electronic canal measuring capability. *Journal of Endodontics*. 1997;23(12):751-4.
358. Yücel Aç, Güler Au, Özsezer E. Simüle Eğri Kanallarda Farklı Kök Kanal Dolgu Tekniklerinin Karşılaştırılması. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2007;8(2):85-90.
359. Aydın B, Köse T, Çalışkan M. Effectiveness of HERO 642 versus Hedström files for removing gutta-percha fillings in curved root canals: an ex vivo study. *International endodontic journal*. 2009;42(11):1050-6.
360. Rodrigues CT, Duarte MAH, Guimarães BM, Vivan RR, Bernardineli N. Comparison of two methods of irrigant agitation in the removal of residual filling material in retreatment. *Brazilian oral research*. 2017;31:1-8.
361. Carr GB. Microscopes in endodontics. *Journal of the California Dental Association*. 1992;20(11):55-61.
362. Pecora G, Andreana S. Use of dental operating microscope in endodontic surgery. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1993;75(6):751-8.
363. Kim S, Baek S. The microscope and endodontics. *Dental Clinics of North America*. 2004;48(1):11-8.
364. Saunders WP, Saunders EM. Conventional endodontics and the operating microscope. *Dental Clinics of North America*. 1997;41(3):415-28.
365. Baldassari-Cruz LA, Wilcox LR. Effectiveness of gutta-percha removal with and without the microscope. *Journal of Endodontics*. 1999;25(9):627-8.
366. Schirrmeister JF, Wrbas K-T, Schneider FH, Altenburger MJ, Hellwig E. Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotary instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*. 2006;101(4):542-7.
367. Skoog DA, West DM, Holler FJ. *Fundamentos de química analítica*, Ed., 2th Reverté, 1997.
368. Uzun Ö. Deneysel endodontide üç boyutlu rekonstrüksiyon çalışmaları. *Acta Odontologica Turcica*. 2007;24(3):181-186.

369. Berutti E. Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. *Journal of Endodontics*. 1993;19(5):236-8.
370. Spoor CF, Zonneveld FW, Macho GA. Linear measurements of cortical bone and dental enamel by computed tomography: applications and problems. *American Journal of Physical Anthropology*. 1993;91(4):469-84.
371. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *Journal of Endodontics*. 1995;21(11):561-8.
372. Dowker SE, Davis GR, Elliott JC. X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*. 1997;83(4):510-6.
373. Gambill JM, Alder M, Carlos E. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *Journal of Endodontics*. 1996;22(7):369-75.
374. Farman A. Image guidance: The present future of dental care. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry: PPAD*. 2006;18(6):342.
375. Hayakawa Y, Sano T, Sukovic P, Scarfe W, Farman A. Cone beam computed tomography: a paradigm shift for clinical dentistry. *Nippon Dental Review*. 2005;65:125-32.
376. Dall'agnol C, Hartmann MSM, Barletta FB. Computed tomography assessment of the efficiency of different techniques for removal of root canal filling material. *Brazilian Dental Journal*. 2008;19(4):306-12.
377. Morris P, Perkins A. Diagnostic imaging. *The Lancet*. 2012;379(9825):1525-33.
378. Elliott J, Dover S. X-ray microtomography. *Journal of Microscopy*. 1982;126(2):211-3.
379. Rhodes J, Ford T, Lynch J, Liepins P, Curtis R. Micro-omputed tomography: a new tool for experimental endodontology. *International Endodontic Journal*. 1999;32(3):165-70.
380. Feldkamp LA, Goldstein SA, Parfitt MA, Jesion G, Kleerekoper M. The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *Journal of Bone and Mineral Research*. 1989;4(1):3-11.
381. Kuhn J, Goldstein S, Feldkamp L, Goulet R, Jesion G. Evaluation of a microcomputed tomography system to study trabecular bone structure. *Journal of Orthopaedic Research*. 1990;8(6):833-42.
382. Sasov A, Van Dyck D. Desktop X-ray microscopy and microtomography. *Journal of Microscopy*. 1998;191(2):151-8.
383. Oi T, Saka H, Ide Y. Three-dimensional observation of pulp cavities in the maxillary first premolar tooth using micro-CT. *International Endodontic Journal*. 2004;37(1):46-51.
384. Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using

- computerized X-ray microtomography. *International Endodontic Journal*. 1999;32(1):3-9.
385. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics*. 2004;30(8):559-67.
386. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2001;34(3):221-30.
387. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *International Endodontic Journal*. 2001;34(5):390-8.
388. Barletta FB, De Sousa Reis M, Wagner M, Borges JC, Dall'Agnol C. Computed tomography assessment of three techniques for removal of filling material. *Australian Endodontic Journal*. 2008;34(3):101-5.
389. Renders G, Mulder L, Van Ruijven L, Van Eijden T. Porosity of human mandibular condylar bone. *Journal of Anatomy*. 2007;210(3):239-48.
390. Kim S-H, Choi B-H, Li J, Kim H-S, Ko C-Y, Jeong S-M, et al. Peri-implant bone reactions at delayed and immediately loaded implants: an experimental study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*. 2008;105(2):144-8.
391. Rebaudi A, Koller B, Laib A, Trisi P. Microcomputed tomographic analysis of the peri-implant bone. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. 2004;24(4):316-25.
392. Swain MV, Xue J. State of the art of micro-CT applications in dental research. *International journal of oral science*. 2009;1(4):177.
393. Boerckel JD, Uhrig BA, Willett NJ, Huebsch N, Guldborg RE. Mechanical regulation of vascular growth and tissue regeneration in vivo. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011;108(37):674-80.
394. Müller R, Van Campenhout H, Van Damme B, Van der Perre G, Dequeker J, Hildebrand T, et al. Morphometric analysis of human bone biopsies: a quantitative structural comparison of histological sections and micro-computed tomography. *Bone*. 1998;23(1):59-66.
395. Buchman S, Sherick D, Goulet R, Goldstein S. Use of microcomputed tomography scanning as a new technique for the evaluation of membranous bone. *The Journal of Craniofacial Surgery*. 1998;9(1):48-54.
396. Martiniova L, Schimel D, Lai EW, Limpuangthip A, Kvetnansky R, Pacak K. In vivo micro-CT imaging of liver lesions in small animal models. *Methods*. 2010;50(1):20-5.
397. Yeri EA. Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics*. 2015;1(3):32-9.
398. Balto K, Muller R, Carrington D, Dobeck J, Stashenko P. Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *Journal of Dental Research*. 2000;79(1):35-40.

399. Rechenberg DK, Paqué F. Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *International Endodontic Journal*. 2013;46(6):547-55.
400. Asheibi F, Qualtrough AJ, Mellor A, Withers PJ, Lowe T. Micro-CT evaluation of the effectiveness of the combined use of rotary and hand instrumentation in removal of Resilon. *Dental Materials Journal*. 2014;33(1):1-6.
401. Cavenago B, Ordinola-Zapata R, Duarte M, Carpio-Perochena A, Villas-Bôas M, Marciano M, et al. Efficacy of xylene and passive ultrasonic irrigation on remaining root filling material during retreatment of anatomically complex teeth. *International Endodontic Journal*. 2014;47(11):1078-83.
402. Rödiger T, Reicherts P, Konietzschke F, Dullin C, Hahn W, Hülsmann M. Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *International Endodontic Journal*. 2014;47(10):942-8.
403. Bernardes R, Duarte M, Vivan R, Alcalde M, Vasconcelos B, Bramante C. Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal*. 2016;49(9):890-7.
404. Jiang S, Zou T, Li D, Chang JW, Huang X, Zhang C. Effectiveness of sonic, ultrasonic, and photon-induced photoacoustic streaming activation of NaOCl on filling material removal following retreatment in oval canal anatomy. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2016;34(1):3-10.
405. de Siqueira Zuolo A, Zuolo ML, da Silveira Bueno CE, Chu R, Cunha RS. Evaluation of the efficacy of TRUShape and Reciproc file systems in the removal of root filling material: an ex vivo micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics*. 2016;42(2):315-9.
406. Rossi-Fedele G, Ahmed HMA. Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro-computed tomography: a systematic review. *Journal of Endodontics*. 2017;43(4):520-6.
407. Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *Journal of Dental Research*. 2000;79(6):1405-9.
408. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *International Endodontic Journal*. 2003;36:86-92.
409. Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):703-7.
410. Rubio J, Zarzosa JI, Pallarés A. Comparison of Shaping Ability of 10 Rotary and Reciprocating Systems: an In Vitro Study with AutoCad. *Acta Stomatologica Croatica*. 2017;51(3):207.
411. Lacerda MF, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Provenzano JC, Neves MA, Pires FR, et al. Cleaning and Shaping Oval Canals with 3 Instrumentation

- Systems: A Correlative Micro-computed Tomographic and Histologic Study. *Journal of Endodontics*. 2017;43(11):1878-84.
412. Zuolo M, Zaia A, Belladonna F, Silva E, Souza E, Versiani M, et al. Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *International Endodontic Journal*. 2017.
 413. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 1971;32(2):271-5.
 414. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *Journal of Endodontics*. 1975;1(8):255-62.
 415. Craig R, Gehring P, Peyton F. Relation of structure to the microhardness of human dentin. *Journal of Dental Research*. 1959;38(3):624-30.
 416. Campos JM, del Rio C. Comparison of mechanical and standard hand instrumentation techniques in curved root canals. *Journal of Endodontics*. 1990;16(5):230-4.
 417. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *Journal of Endodontics*. 1988;14(7):346-51.
 418. Hülsmann M, Herbst U, Schäfers F. Comparative study of root-canal preparation using Lightspeed and Quantec SC rotary NiTi instruments. *International endodontic journal*. 2003;36(11):748-56.
 419. Hübscher W, Barbakow F, Peters OA. Root-canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by micro-computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2003;36(11):740-7.
 420. Lee J, Yoo Y, Perinpanayagam H, Ha B, Lim S, Oh S, et al. Three-dimensional modelling and concurrent measurements of root anatomy in mandibular first molar mesial roots using micro-computed tomography. *International Endodontic journal*. 2015;48(4):380-9.
 421. Siqueira JF, Alves FR, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, Neves MA, et al. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by Self-Adjusting File, Reciproc, and Twisted File systems. *Journal of endodontics*. 2013;39(8):1044-50.
 422. Hassanloo A, Watson P, Finer Y, Friedman S. Retreatment efficacy of the Epiphany soft resin obturation system. *International Endodontic Journal*. 2007;40(8):633-43.
 423. Kfir A, Tsesis I, Yakirevich E, Matalon S, Abramovitz I. The efficacy of five techniques for removing root filling material: microscopic versus radiographic evaluation. *International Endodontic Journal*. 2012;45(1):35-41.
 424. Rodrigues CT, Duarte MAH, de Almeida MM, de Andrade FB, Bernardineli N. Efficacy of CM-Wire, M-Wire, and Nickel-Titanium Instruments for Removing Filling Material from Curved Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study. *Journal of Endodontics*. 2016;42(11):1651-5.

425. Chércoles-Ruiz A, Sánchez-Torres A, Gay-Escoda C. Endodontics, Endodontic Retreatment, and Apical Surgery Versus Tooth Extraction and Implant Placement: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*. 2017;43(5):679-86.
426. Keskin C, Inan U, Demiral M. Effect of interrupted motion on the cyclic fatigue resistance of reciprocating nickel-titanium instruments. *International endodontic journal*. 2017.
427. Bahrami P, Scott R, Galicia JC, Arias A, Peters OA. Detecting Dentinal Microcracks Using Different Preparation Techniques: An In Situ Study with Cadaver Mandibles. *Journal of Endodontics*. 2017;43(12):2070-3.
428. Elnaghy A, Elsaka S. Effect of sodium hypochlorite and saline on cyclic fatigue resistance of WaveOne Gold and Reciproc reciprocating instruments. *International Endodontic Journal*. 2017;50(10):991-8.
429. Keskin C, Inan U, Demiral M, Keleş A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. *Journal of Endodontics*. 2017;43(8):1360-3.
430. Gündoğar M, Özyürek T. Cyclic fatigue resistance of OneShape, HyFlex EDM, WaveOne Gold, and Reciproc blue nickel-titanium instruments. *Journal of Endodontics*. 2017;43(7):1192-6.
431. Adıgüzel M, Capar ID. Comparison of cyclic fatigue resistance of WaveOne and WaveOne Gold small, primary, and large instruments. *Journal of endodontics*. 2017;43(4):623-7.
432. Özyürek T, Yılmaz K, Uslu G. Shaping ability of Reciproc, WaveOne GOLD, and HyFlex EDM single-file systems in simulated S-shaped canals. *Journal of Endodontics*. 2017;43(5):805-9.
433. Coelho MS, Card SJ, Tawil PZ. Light-emitting diode assessment of dentinal defects after root canal preparation with Profile, TRUShape, and WaveOne Gold systems. *Journal of Endodontics*. 2016;42(9):1393-6.
434. Stringheta CP, Pelegrine RA, Kato AS, Freire LG, Iglecias EF, Gavini G, et al. Micro-computed Tomography versus the Cross-sectioning Method to Evaluate Dentin Defects Induced by Different Mechanized Instrumentation Techniques. *Journal of endodontics*. 2017;43(12):2102-7.
435. Cassimiro M, Romeiro K, Gominho L, de Almeida A, Costa L, Albuquerque D. Occurrence of dentinal defects after root canal preparation with R-phase, M-Wire and Gold Wire instruments: a micro-CT analysis. *BMC oral health*. 2017;17(1):93.
436. Mamede-Neto I, Borges AH, Guedes OA, de Oliveira D, Pedro FLM, Estrela C. Root Canal Transportation and Centering Ability of Nickel-Titanium Rotary Instruments in Mandibular Premolars Assessed Using Cone-Beam Computed Tomography. *The Open Dentistry Journal*. 2017;11:71.
437. Karataş E, Ersoy İ, Gündüz HA, Uygun AD, Kol E, Çakıcı F. Influence of instruments used in root canal preparation on amount of apically extruded debris. *Artificial Organs*. 2016;40(8):774-7.

438. Grande N, Plotino G, Pecci R, Bedini R, Malagnino V, Somma F. Cyclic fatigue resistance and three- dimensional analysis of instruments from two nickel–titanium rotary systems. *International Endodontic Journal*. 2006;39(10):755-63.
439. Só MVR, Saran C, Magro ML, Vier-Pelisser FV, Munhoz M. Efficacy of ProTaper retreatment system in root canals filled with gutta-percha and two endodontic sealers. *Journal of Endodontics*. 2008;34(10):1223-5.
440. Magalhães BS, Johann JE, Lund RG, Martos J, Del Pino FAB. Dissolving efficacy of some organic solvents on gutta-percha. *Brazilian Oral Research*. 2007;21(4):303-7.
441. Topçuoğlu H, Demirbuga S, Tuncay Ö, Arslan H, Kesim B, Yaşa B. The bond strength of endodontic sealers to root dentine exposed to different gutta- percha solvents. *International Endodontic Journal*. 2014;47(12):1100-6.
442. Doğan H, Taşman F, Cehreli Z. Effect of gutta- percha solvents at different temperatures on the calcium, phosphorus and magnesium levels of human root dentin. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2001;28(8):792-6.
443. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M. The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer—a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):697-702.
444. Peters OA, Paqué F. Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*. 2011;37(1):53-7.
445. Versiani MA, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*. 2011;37(7):1002-7.
446. Hof R, Perevalov V, Eltanani M, Zary R, Metzger Z. The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):691-6.
447. Peters OA, Boessler C, Paqué F. Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time. *Journal of Endodontics*. 2010;36(6):1068-72.
448. Yu D-G, Kimura Y, Tomita Y, Nakamura Y, Watanabe H, Matsumoto K. Study on removal effects of filling materials and broken files from root canals using pulsed Nd: YAG laser. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 2000;18(1):23-8.
449. Pecora JD, Brugnera A, Zanin FA, Marchesan MA, Daghasanli NA, Silva RS, editors. Effect of energy (J) on temperature changes at apical root surface when using Er: YAG laser to enlarge root canals. *Lasers in Dentistry VI*; 2000: International Society for Optics and Photonics.
450. Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Kinoshita J-i, Ogata Y, Matsumoto K. Root surface temperature increase during Er: YAG laser irradiation of root canals. *Journal of Endodontics*. 2002;28(2):76-8.
451. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er: YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 1998;24(8):548-51.

452. Paghdiwala A. Root resection of endodontically treated teeth by erbium: YAG laser radiation. *Journal of Endodontics*. 1993;19(2):91-4.
453. Senzui H. Effects of the Er: YAG laser irradiation on restorative alloys. *Japanese Journal Of Conservative Dentistry*. 1998;41:477-86.
454. Abad Gallegos M, Arnabat Domínguez J, España Tost AJ, Berini Aytés L, Gay Escoda C. In vitro evaluation of the temperature increment at the external root surface after Er, Cr: YSGG laser irradiation of the root canal. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*. 2009;14(12):658-662.
455. Barletta FB, Rahde NdM, Limongi O, Maranhao Moura AA, Zanesco C, Mazocatto G, et al. In vitro comparative analysis of 2 mechanical techniques for removing gutta-percha during retreatment. *Journal of the Canadian Dental Association*. 2007;73(1):65.
456. Moshonov J, Trope M, Friedman S. Retreatment efficacy 3 months after obturation using glass ionomer cement, zinc oxide-eugenol, and epoxy resin sealers. *Journal of endodontics*. 1994;20(2):90-2.
457. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):3-29.
458. De Pablo ÓV, Estevez R, Sánchez MP, Heilborn C, Cohenca N. Root anatomy and canal configuration of the permanent mandibular first molar: a systematic review. *Journal of Endodontics*. 2010;36(12):1919-31.
459. Zanettini PR, Barletta FB, De Mello Rahde N. In vitro comparison of different reciprocating systems used during endodontic retreatment. *Australian Endodontic Journal*. 2008;34(3):80-5.
460. Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro. *Journal of Endodontics*. 1991;17(11):570-2.
461. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV. Comparative evaluation of modified canal staining and clearing technique, cone-beam computed tomography, peripheral quantitative computed tomography, spiral computed tomography, and plain and contrast medium-enhanced digital radiography in studying root canal morphology. *Journal of Endodontics*. 2010;36(9):1547-51.
462. Plotino G, Grande NM, Pecci R, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. *The Journal of the American Dental Association*. 2006;137(11):1555-61.
463. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *Journal of endodontics*. 2009;35(7):930-7.
464. de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study—phase 4: initial treatment. *Journal of Endodontics*. 2008;34(3):258-63.

465. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, et al. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *Journal of Endodontics*. 2012;38(4):505-9.
466. Lim Y-J, Park S-J, Kim H-C, Min K-S. Comparison of the centering ability of Wave One and Reciproc nickel-titanium instruments in simulated curved canals. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2013;38(1):21-5.
467. Silva Ejni, Orłowski NB, Herrera DR, Machado R, Krebs RL, Coutinho-Filho TdS. Effectiveness of rotatory and reciprocating movements in root canal filling material removal. *Brazilian Oral Research*. 2015;29(1):01-6.
468. de Azevêdo Rios M, Villela AM, Cunha RS, Velasco RC, De Martin AS, Kato AS, et al. Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *Journal of Endodontics*. 2014;40(4):543-6.
469. Zuolo A, Mello J, Cunha R, Zuolo M, Bueno C. Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *International Endodontic Journal*. 2013;46(10):947-53.
470. Imura N, Zuolo ML, Ferreira MOF, Novo NF. Effectiveness of the Canal Finder and hand instrumentation in removal of gutta-percha root fillings during root canal retreatment. *International Endodontic Journal*. 1996;29(6):382-6.
471. Trope M, Debelian G. XP-3D Finishe file—the next step in restorative endodontics. *Endod Pract US*. 2015;8:22-4.
472. de Melo Ribeiro MV, Silva-Sousa YT, Versiani MA, Lamira A, Steier L, Pécora JD, et al. Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *Journal of endodontics*. 2013;39(3):398-401.
473. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2007;33(2):106-9.
474. De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, et al. The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *Journal of Endodontics*. 2011;37(5):701-5.
475. Paranjpe A, De Gregorio C, Gonzalez AM, Gomez A, Herzog DS, Piña AA, et al. Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation. *Journal of Endodontics*. 2012;38(2):226-31.
476. Carrol L, Humphreys T. Laser tissue interaction. *Clin Dermatol*. 2006;24:2-7.
477. Sulieman M. An overview of the use of lasers in general dental practice: 1. Laser physics and tissue interactions. *Dental update*. 2005;32(4):228-36.
478. Sulieman M. An overview of the use of lasers in general dental practice: 2. Laser wavelengths, soft and hard tissue clinical applications. *Dental update*. 2005;32(5):286-96.

479. Weiner GP. Laser dentistry practice management. *Dental Clinics of North America*. 2004;48(4):1105-26.
480. Mohammadi Z. Laser applications in endodontics: an update review. *International Dental Journal*. 2009;59(1):35-46.
481. Varella CH, Pileggi R. Obturation of root canal system treated by Cr, Er: YSGG laser irradiation. *Journal of Endodontics*. 2007;33(9):1091-3.
482. George R, Walsh LJ. Apical extrusion of root canal irrigants when using Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *Journal of Endodontics*. 2008;34(6):706-8.
483. Yamazaki R, Goya C, Yu D-G, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *Journal of Endodontics*. 2001;27(1):9-12.
484. Kasić S, Knezović M, Beader N, Gabrić D, Malčić AI, Baraba A. Efficacy of Three Different Lasers on Eradication of *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* Biofilms in Root Canal System. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2017;35(7):372-7.
485. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal*. 2003;36(4):288-95.
486. Sekiya M, Maeda M, Katsuomi I, Igarashi M. Evaluation of four instruments with different working motion using artificial plastic model with C-shaped single canal. *Odontology*. 2018:1-7.
487. Peters OA, Barbakow F, Peters CI. An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root canal preparation techniques. *International Endodontic Journal*. 2004;37(12):849-59.
488. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):30-76.
489. Plotino G, Grande N, Testarelli L, Gambarini G. Cyclic fatigue of Reciproc and WaveOne reciprocating instruments. *International Endodontic Journal*. 2012;45(7):614-8.
490. Colombo APM, Fontana CE, Godoy A, De Martin AS, Kato AS, Rocha DG, et al. Effectiveness of the waveone and protaper D systems for removing gutta-percha with or without a solvent. *Acta Odontológica Latinoamericana*. 2016;29(3):262-7.

EKLER

EK 1. Etik Kurulu Onay Formu



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

Sayı : 72867572-050- 22780
Konu : Etik Kurul Kararı

06 -02- 2017

Sayın Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı

Sorumlu araştırmacı olduğunuz “Eğri kanallarda kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında farklı uygulamaların etkinliklerinin mikro-CT ile değerlendirilmesi” isimli çalışmanızın kurulumuz tarafından uygun görüldüğüne ilişkin 18/01/2017 tarih ve 7 sayılı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Kararı yazımız ekinde gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Yrd. Doç. Dr. Halil AŞÇI
Başkan Yardımcısı

Ek : Etik Kurulu Kararı (2 Sayfa)

S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dekanlığı Doğu Kampusu 32260 - ISPARTA
Tel : 0 (246) 2113704 Faks : 0 (246) 2371165
e-posta : tipetik@sdu.edu.tr İnternet Adresi : www.tip.sdu.edu.tr

Bilgi İçin : İ.Em YETİŞEN
Bilgisayar İşletmeni
Tel : 0 (246) 2113704

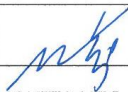



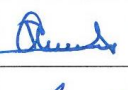

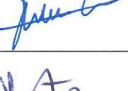
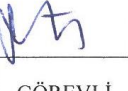
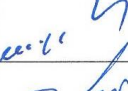
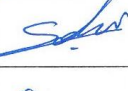

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı	Eğri kanallarda kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında farklı uygulamaların etkinliklerinin mikro-CT ile değerlendirilmesi (18.01.2017 tarih ve 7 sayılı karar)
Araştırmanın Protokol Kodu	

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı - (2012-KAEK-38)			
	AÇIK ADRESİ	S.D.Ü. Doğu Kampüsü Tıp Fakültesi Dekanlığı Binası – ISPARTA			
	TELEFON	246.2113704			
	FAKS	246.2371165			
	E-POSTA	tipetik@sdu.edu.tr			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)				
	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"/>		
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	<input type="checkbox"/>		
İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
	Diğer ise belirtiniz : Deneysel				
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	
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	06.01.2017	01.001	Türkçe <input checked="" 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"/>			
	BİYOLOJİK 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"/>				

Yrd. Doç. Dr. Halil AŞÇI
Etik Kurul Başkan Yardımcısı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı Araştırmanın Protokol Kodu		Eğri kanallarda kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında farklı uygulamaların etkinliklerinin mikro-CT ile değerlendirilmesi							
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 7	Tarih: 18.01.2017							
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.								
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU									
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu							
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof. Dr. Mustafa AKÇAM							
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişkisi		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Mustafa AKÇAM	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	KATILMADI
Prof. Dr. Mustafa TÜZ	Kulak Burun Boğaz Hast.	SDÜ 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. Serpil DEMİRCİ	Nöroloji	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	KATILMADI
Prof. Dr. Buket ARIDOĞAN	Tıbbi Mikrobiyoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Ahmet Nesimi KİŞİOĞLU	Halk Sağlığı	SDÜ 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. Mekin SEZİK	Kadın Hast. ve Doğum	SDÜ 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"/>	
Doç. Dr. Zeynep Dilek AYDIN	İç Hastalıkları	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	KATILMADI
Doç. Dr. Mehmet Fahrettin ÖNDER	Hukuk	SDÜ Hukuk 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"/>	
Doç. Dr. Derya YILDIRIM	Ağız Diş ve Çene Radyoloji	SDÜ Diş Hek. Fak.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Halil AŞCI	Farmakoloji	SDÜ 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"/>	
Yrd. Doç. Dr. Derya CEYHAN	Pedodonti	SDÜ Diş Hek. Fak.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Uzman Dr. Seçkin AYDIN SAVAŞ	Plastik ve Estetik Cerrahi	Isparta Kamu Hastaneleri	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	GÖREVLİ
Uzman Dr. Murat YILDIRIM	Kalp ve Damar Cerrahisi	Isparta Kamu Hastaneleri	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"/>	
Öğr. Gör. Mehmet Erhan ŞAHİN	Biyomedikal ve Cihaz Teknoloji	SDÜ Teknik Bil. M.Y.O.	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"/>	
Osman PARÇAOĞLU	Sivil Üye	Esnaf	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"/>	

* : Toplantıda Bulunma

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

AD / SOYAD : Gülsen KİRAZ
ADRES : Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı, ISPARTA
E-POSTA : glsn_kiraz@hotmail.com

UYRUK : T.C.
DOĞUM TARİHİ
VE YERİ: : 04.08.1989 / Karamanlar
CİNSİYET : Kadın

Eğitim ve Öğretim

LİSE : Sırrı Yırcalı Anadolu Lisesi/ BALIKESİR (2003-2007)
ÜNİVERSİTE : Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi/ İZMİR (2008-2013)
UZMANLIK : Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı, ISPARTA (2014-2018)
YABANCI DİL : İngilizce