T.C
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

SONİK, ULTRASONİK, FOTONLA UYARILMIŞ FOTOAKUSTİK DALGALANMA VE XP-ENDO FINISHER R İLE YAPILAN AKTİVASYON İŞLEMLERİNİN KANAL DOLGU MATERYALLERİNİN UZAKLAŞTIRILMASINDAKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Dt. Fatma DURNA YURTSEVEN
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ

2023 KIRIKKALE

T.C
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

SONİK, ULTRASONİK, FOTONLA UYARILMIŞ FOTOAKUSTİK DALGALANMA VE XP-ENDO FINISHER R İLE YAPILAN AKTİVASYON İŞLEMLERİNİN KANAL DOLGU MATERYALLERİNİN UZAKLAŞTIRILMASINDAKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Dt. Fatma DURNA YURTSEVEN
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ

2023 KIRIKKALE

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Anabilim Dalı Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez savunma tarihi: 05/07/2023

İmza
Prof. Dr. Kamran GÜLŞAHI
Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Jüri Başkanı

İmza
Prof. Dr. Ali ERDEMİR
Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Üye

İmza
Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ
Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Üye

İmza
Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ
Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Üye

İmza
Dr. Öğr. Üyesi Dilek HANÇERLİOĞLULLARI
Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Üye

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Fatma DURNA YURTSEVEN

ÖZET

SONİK, ULTRASONİK, FOTONLA UYARILMIŞ FOTOAKUSTİK DALGALANMA VE XP-ENDO FINISHER R İLE YAPILAN AKTİVASYON İŞLEMLERİNİN KANAL DOLGU MATERYALLERİNİN UZAKLAŞTIRILMASINDAKİ ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ

Temmuz 2023

Bu çalışmanın amacı, rezin ve kalsiyum silikat içerikli iki farklı kanal dolgu patıyla doldurulmuş oval kanallardan kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasından sonra kullanılan EDDY, pasif ultrasonik irrigasyon (PUİ), PIPS ve XP-endo Finisher R (XPFR) ile yapılan aktivasyon işlemlerinin temizleme etkinliğini karşılaştırmaktır.

Bu çalışmada 88 adet tek köklü, tek kanallı, oval şekilli mandibular premolar dişler kullanıldı. Kök uzunluğunun 16 mm'de standardizasyonu için dişler dekorone edildi. Kök kanalları, ProTaper Universal eğeleri (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak crown-down tekniği ile F4'e kadar genişletildi. Dişler kullanılan kanal dolgu patına göre randomize 2 gruba ayrıldı. Kanal dolgu patı olarak AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) ve Sure Seal Root (SureDent Corporation, Seongnam, Korea) kullanılarak kök kanalları soğuk lateral kondenzasyon tekniğiyle dolduruldu. Dişler kanal dolgu patının sertleşmesini sağlamak için 2 hafta boyunca 37 °C ve %100 nemde tutuldu. Sonra ProTaper Universal Retreatment eğeleri (Dentsply Maillefer) ve F4 eğesi kullanılarak kanal dolgu materyalleri uzaklaştırıldı. Daha sonra tüm dişler uzunlamasına ikiye ayrıldı. Dijital görüntüler dental operasyon mikroskobu (OPMI Pico; Carl Zeiss Meditec, Jena, Almanya) kullanılarak her iki yarıdan elde edildi ve bilgisayara aktarıldı. Uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin yüzdesi görüntü analiz yazılım programı olan ImageJ (V. 1.8.0_172) kullanılarak ölçüldü. Kanal dolgu materyali kalıntıları içeren örneklere irrigasyon aktivasyonu uygulamak için her iki diş yarısı mum kullanılarak birleştirildi. Örnekler irrigasyon aktivasyonu tekniğine göre EDDY (VDW, Münih, Almanya), PUİ, PIPS ve XPFR (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) olmak üzere randomize 4 alt gruba ayrıldı ve aktivasyon işlemleri uygulandı. Aktivasyon işlemlerinden sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali yüzdesi yine aynı yöntemlerle değerlendirildi. Gruplar arasındaki farklılıklar incelenirken değişkenler normal

dağılmadığı için Mann Whitney U ve Kruskal Wallis-H Testinden yararlanıldı. Kruskal Wallis-H Testinde anlamlı farklılıkların görülmesi durumunda Post-Hoc Çoklu Karşılaştırma Testi olarak Bonferroni Düzeltmeli Man Whitney U testi ile aralarında farklılık olan gruplar belirlendi. Aktivasyondan önce ve aktivasyondan sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin ikili karşılaştırılmasında Wilcoxon Testi kullanıldı. Anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edildi.

AH Plus ve Sure Seal Root kanal dolgu patları kök kanal duvarından benzer miktarlarda uzaklaştırıldı ($p>0,05$). EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR hem AH Plus grubunda hem de Sure Seal Root grubunda uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli ölçüde azalttı ($p<0,05$). Kanal dolgu patından bağımsız olarak EDDY, PUİ ve XPFR aktivasyon tekniklerinin kanal dolgu materyali kalıntılarını uzaklaştırmadaki etkileri benzerdi ($p>0,05$) ve bu aktivasyon teknikleri anlamlı derecede PIPS'den daha etkiliydi ($p<0,05$).

EDDY, PUİ ve XPFR'nin aktivasyonu, oval kök kanallarının mekanik yeniden tedavisinden sonra dolgu kalıntılarının çıkarılmasında PIPS tekniğinden önemli ölçüde daha iyi performans gösterdi. Genel olarak, irrigasyon aktivasyonu birkaç numune dışında dolgu kalıntılarını tamamen ortadan kaldıramadı.

Anahtar Kelimeler: Kanal Tedavisi Tekrarı, PIPS, Sonik, Ultrasonik, XP-endo Finisher R

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF ACTIVATION PROCESSES WITH SONIC, ULTRASONIC, PHOTON-INDUCED PHOTOACOUSTIC STREAMING AND XP-ENDO FINISHER R ON THE REMOVAL OF CANAL FILLING MATERIALS

Kırıkkale University

Faculty of Dentistry Department of Endodontics

Supervisor: Asst.Prof. Ali TÜRKYILMAZ

July 2023

The aim of this study is to compare the cleaning efficiency of activation processes with EDDY, passive ultrasonic irrigation (PUI), PIPS and XP-endo Finisher R (XPFR) used after removing of the canal filling materials from oval canals filled with two different sealers containing resin and calcium silicate.

In this study, 88 single-rooted mandibular premolar teeth with, straight and oval-shaped canals were used. The specimens were decoronated to obtain a standardized root length of 16 mm. The root canals were prepared by using ProTaper Universal files (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) up to F4 with a crown-down technique. The teeth were randomly divided into two groups according to the root canal sealer used. Root canals were filled with cold lateral condensation technique using AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) and Sure Seal Root (SureDent Corporation, Seongnam, Korea) as root canal sealar. The teeth were kept in 100% humidity at 37 °C for 2 weeks to allow the sealer to set. Then, canal filling materials were removed using ProTaper Universal Retreatment files (Dentsply Maillefer) and F4 file. Afterwards, all teeth were divided longitudinally into two halves. Digital images were obtained from both halves using a dental operating microscope (OPMI Pico; Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) and transferred to the computer. The percentage of residual canal filling materials was quantified using the image analysis software program that ImageJ (V. 1.8.0_172). Both halves of the teeth were reassembled using wax to apply irrigation activation to the samples containing residual canal filling materials. The samples were randomly divided into 4 subgroups as EDDY (VDW, Munich, Germany), PUI, PIPS and XPFR (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) according to the irrigation activation technique and activation procedures were applied. After activation processes, the residual canal filling materials were evaluated by the same methods. While examining the differences between the groups, Mann Whitney U and Kruskal Wallis-H Tests were used because the variables were not normally distributed. In case of significant differences in the Kruskal Wallis-H Test, the groups with differences were determined with the Man Whitney U test with Bonferroni Correction as the Post-Hoc Multiple Comparison Test. Wilcoxon Test was used in the pairwise comparison of residual canal filling material before and after activation. Significance level was accepted as 0.05.

AH Plus and Sure Seal Root sealers were removed from the root canal wall in similar amounts ($p>0,05$). EDDY, PUI, PIPS and XPFR significantly reduced the amount of residual

canal filling material in both AH Plus group and Sure Seal Root group ($p<0,05$). Regardless of the root canal sealar, the effects of EDDY, PUI and XPFR activation techniques were similar in removing the canal filling material remnants ($p>0,05$) and these activation techniques were significantly more effective than PIPS ($p<0,05$).

Activation of EDDY, PUI and XPFR showed significantly better performance than PIPS technique in removing the filling remnants following mechanical retreatment of oval root canals. In general, irrigation activation was not able to completely remove the filling remnants except for a few samples.

Keywords: Retreatment, PIPS, Sonic, Ultrasonic, XP-endo Finisher R

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimine başladığım ilk günden itibaren bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, uzmanlık tezimi hazırlamamda sonsuz destek olan, öğrencisi olmaktan onur ve mutluluk duyduğum, insanlarla iletişiminde bir kelebeğin kanadını okşarcasına nazik davranan, benim için hocadan öte bir abi olan çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ'a,

Uzmanlık sürecimde yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, akademik hayattaki başarılarıyla bizlere ışık tutan, değerli fikirleriyle uzmanlık tezime katkıda bulunan anabilim dalı başkanımız ve dekanımız değerli hocam Prof. Dr. Ali ERDEMİR'e,

Uzmanlık eğitimine birlikte başladığım, bana sabır ve desteğiyle sadece endodonti alanında değil aynı zamanda hayata dair birçok konuda katkıda bulunan, mütevaziliğini ve çalışma azmini örnek aldığım, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Dilek HANÇERLİOĞULLARI'na

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalışmaktan keyif aldığım ve güzel anılar biriktirdiğim sevgili çalışma arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca her başarımda emekleri olan, maddi manevi destekleri ve sonsuz sevgileriyle beni güçlü kılan, varlıklarına her daim şükrettiğim canım annem Emine DURNA ve babam Şükrü DURNA'ya

Desteklerini, ilgilerini her koşulda hissettiğim, tezimin deneysel çalışmalarını yapma sürecinde hayattaki en değerlim olan canım oğlumu gözüm arkada kalmadan bıraktığım, zor ve mutlu anlarımı paylaştığım en yakın arkadaşlarım canım ablalarım Nergiz Çelik'e ve Filiz Karahisar'a,

Değerli zamanını ve emeğini benden esirgemeyen canım yeğenim Nazlı Hilal'e,

Bana gösterdiği her türlü destek ve sabır için eşim Ayberk YURTSEVEN'e,

Son olarak bu satırları yazarken heyecanlandığım, bakmaya doyamadığım, kokusunu her gün içime çektiğim, gülümsemesiyle bütün yorgunluğumu unuttuğum, her gün onun için dua ettiğim, güç verenim, hayattaki en büyük şansım biricik oğlum Kağan'a

Saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **IV**
ABSTRACT ..... **VI**
TEŞEKKÜR ..... **VIII**
İÇİNDEKİLER ..... **IX**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **XI**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **XII**
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **XIII**
1. GİRİŞ **1**
GENEL BİLGİLER 5
1.1. Kök Kanal Tedavisinde Başarı ve Başarısızlık Kriterleri **5**
1.2. Kök Kanal Tedavisinde Başarısızlık Sebepleri **6**
1.2.1. İnatçı mikroorganizmalar 6
1.2.2. Ekstraradiküler enfeksiyon 7
1.2.3. Yabancı cisim reaksiyonu 7
1.2.4. Gerçek kistler 7
1.3. Başarısız Endodontik Tedavi Vakalarında Tedavi Planlaması **8**
1.4. Kanal Tedavisi Tekrarı Süreci **9**
1.5. Kanal Dolgu Materyalleri **10**
1.5.1. Kanal Dolgu Patları 10
1.5.1.1. Epoksi Rezin İçerikli Kanal Dolgu Patları 10
1.5.1.2. Biyoseramik İçerikli Kanal Dolgu Patları 11
1.5.2. Gutta-Perka 12
1.6. Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemler **13**
1.6.1. Materyallerin Doğrudan Uzaklaştırılması 13
1.6.1.1. El Eğeleri 13
1.6.1.2. Paslanmaz çelik döner aletler 13
1.6.1.3. Nikel titanyum döner eğe sistemleri ve resiprokal eğe sistemleri 13
1.6.1.4. Kimyasal çözücüler 15
1.6.1.5. Isı 15
1.6.2. Materyallerin İrrigasyon Aktivasyonu ile Uzaklaştırılması 16
1.6.2.1. Sonik Aktivasyon 17
1.6.2.2. Ultrasonik Aktivasyon 18
1.6.2.3. Lazerler 19
1.6.2.4. XP-Endo Finisher R 21
1.7. Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasına Etki Eden Faktörler **22**
1.7.1. Kök Kanal Anatomisi ve Morfolojisi 22

1.7.2. Kök Kanal Segmenti 24
1.7.3. Giriş Kavitesi Şekli 24
1.7.4. Aletlerin Performansı 24
1.7.5. Kullanılan Materyaller 25
1.7.5.1. Kanal dolgu patları 25
1.7.5.2. Kimyasal Çözücüler 26
1.7.6. Kanal Dolgu Tekniği 26
1.7.7. Kök Kanalının Doldurulma Zamanı 27
1.7.8. Final Apikal Boyut 27

1.8. Kanal Tedavisi Tekrarı Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler 27
1.8.1. Doğrudan Görüntüleme Yöntemleri 28
1.8.1.1. Dişlerin İkiye Ayrılması 28
1.8.1.2. Taramalı Elektron Mikroskobu 28
1.8.1.3. Dişlerin Şeffaflaştırılması 29
1.8.2. Dolaylı Görüntüleme Yöntemleri 29
1.8.2.1. Radyografi 29
1.8.2.2. Mikro BT 29
1.8.2.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) 30
1.8.3. Diğer Yöntemler 30

2. GEREÇ VE YÖNTEM 32

2.1. Etik Kurul Onayı 32

2.2. Dişlerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri 32

2.3. Kök Kanallarının Preperasyonu ve Doldurulması 34

2.4. Kök Kanal Dolumunun Sökümü 37

2.5. Örneklerin Bukkolingual Yönde İkiye Ayrılması ve Görüntülerin Değerlendirilmesi 37

2.6. İrrigasyon Aktivasyon İşlemi 40

2.7. İstatistiksel Analiz 44

3. BULGULAR 46

4. TARTIŞMA 55

5. SONUÇ VE ÖNERİLER 68

KAYNAKLAR 69

EKLER 87

ÖZGEÇMİŞ 88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dişlerin paralel teknikle radyografilerinin alınması 33
Şekil 2.2 Dişlerin mesiodistal ve bukkolingual açıdan kök kanal çapının ölçülmesi 33
Şekil 2.3 Kronu uzaklaştırılan diş örneği 34
Şekil 2.4 Çalışmamızda kullandığımız rezin içerikli AH Plus kanal dolgu patı 35
Şekil 2.5 Çalışmamızda kullandığımız biyoseramik içerikli Sure Seal Root kanal dolgu patı 36
Şekil 2.6 Dişlerin eppendorf tüplere yerleştirilmesi 36
Şekil 2.7 Çalışmada kullanılan etüv 37
Şekil 2.8 Dental operasyon mikroskobu 38
Şekil 2.9 ImageJ programı ile uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin yüzey alanının piksel cinsinden hesaplanması 39
Şekil 2.10 ImageJ programı ile kök kanal yüzey alanının piksel cinsinden hesaplanması 39
Şekil 2.11 TA-200 havalı kavitron 40
Şekil 2.12 Sonik aktivatör uç EDDY 41
Şekil 2.13 Ultrasonik cihaz 41
Şekil 2.14 Ultrasonik aktivasyon ucu 42
Şekil 2.15 Er:YAG lazer cihazı 42
Şekil 2.16 300 μm çapındaki PIPS ucu 43
Şekil 2.17 XP-endo Finisher R eğesi 43
Şekil 2.18 Sabit sıcaklık sağlayan cihaz ve diş köklerinin 37 ºC'de su dolu cam bardak içindeki görünümü 44
Şekil 3.1 AH Plus grubuna ait örneklerin aktivasyon öncesi (a1, b1, c1, d1) ve aktivasyon sonrası (a2, b2, c2, d2) uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin görünümü (a1, a2:EDDY; b1, b2: PUİ; c1, c2:PIPS; d1, d2: XPFR). 53
Şekil 3.2 Sure Seal Root grubuna ait örneklerin aktivasyon öncesi (a1, b1, c1, d1) ve aktivasyon sonrası (a2, b2, c2, d2) uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin görünümü (a1, a2:EDDY; b1, b2: PUİ; c1, c2:PIPS; d1, d2: XPFR) 54

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1 Aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarındaki değişimin oransal olarak (%) karşılaştırılması 46
Tablo 3.2 Aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının kanal dolgu patları arasında oransal olarak (%) karşılaştırılması 46
Tablo 3.3 Aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının kanal dolgu patlarına göre oransal olarak (%) değişimi 47
Tablo 3.4 Aktivasyon sonrası kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin tekniklere göre oransal olarak (%) karşılaştırılması 47
Tablo 3.5 Aktivasyon tekniklerine göre uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının aktivasyon öncesi ve sonrası oransal (%) değişimi 48
Tablo 3.6 AH Plus ile doldurulmuş kanallarda aktivasyon sonrası uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin aktivasyon tekniklerine göre oransal (%) karşılaştırılması 49
Tablo 3.7 Sure Seal Root ile doldurulmuş kanallarda aktivasyon sonrası uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin aktivasyon tekniklerine göre oransal (%) karşılaştırılması 49
Tablo 3.8 AH Plus ile doldurulmuş kanallarda her bir aktivasyon tekniğinden önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının oransal (%) değişimi 50
Tablo 3.9 Sure Seal Root ile doldurulmuş kanallarda her bir aktivasyon tekniğinden önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının oransal (%) değişimi 51

SİMGELER VE KISALTMALAR

ark.	Arkadaşları
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
Er,Cr:YSGG	Erbium Kromium Yitrium Scandium Gallium Garnet
ER:YAG	Erbium Yitrium Alüminyum Garnet
GŞİ	Geleneksel Şırınga İrrigasyonu
Hz	Hertz
ISO	International Organization For Standardization
J	Joule
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
LAİ	Lazer Aktive İrrigasyon
LASER	Light Amplification by Stimülted Emission of Radiation
Mikro BT	Mikro Bilgisayarlı Tomografi
mJ	Milijoule
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MTA	Mineral Trioksit Agregat
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Ncm	Newton Santimetre
Ni-Ti	Nikel Titanyum
nm	Nano metre
PIPS	Photon Induced Photoacoustic Streaming
PTUR	Protaper Universal Retreatment
PUİ	Pasif Ultrasonik İrrigasyon
rpm	Revolutions Per Minute
s	Saniye
SAF	Self Adjusting File
SEM	Scanning Electron Microscope
Uİ	Ultrasonik Irrigasyon
W	Watt
XPF	XP-endo Finisher
XPFR	XP-endo Finisher R
%	Yüzde

1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisi yüksek başarı oranına sahip olmasına rağmen tedavi sonrası çeşitli sebeplerle hastalık yeniden gelişebilir [1, 2]. Başarısız bir kanal tedavisiyle karşılaşıldığında dişin fonksiyonda kalması, doğal estetiğin korunması ve ağrının giderilmesi amacıyla ilk tedavi seçeneği olarak kanal tedavisi tekrarı önerilir. Çünkü kök kanal sisteminde başarısızlığa neden olan mikroorganizmaları uzaklaştırmanın en etkili yoludur [3]. Endodontik enfeksiyonun kontrolü ve önlenmesi için uygun koşullarda yapılan kanal tedavisi tekrarında başarı oranı %62 ile %85,9 arasında değişmektedir [4, 5]. Kanal tedavisi tekrarı, ilk yapılan kanal tedavisiyle karşılaştırıldığında, daha düşük başarı oranı elde edilmesinde; dirençli bakterilere sahip inatçı enfeksiyon varlığı, dentin tübüllerinde enfeksiyon varlığı ve bakterilere erişmek için önceki dolgu materyalinin uzaklaştırılmasındaki zorluklar etkilidir [6].

Kanal tedavisi tekrarının asıl amacı; kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması, daha fazla temizleme, şekillendirme ve kök kanallarının tekrar doldurulmasıyla sağlıklı periapikal dokuların yeniden kazanılmasıdır [7]. Bu nedenle yetersiz prepare edilmiş ve/veya doldurulmuş bir kök kanal sisteminden mümkün olduğu kadar çok miktarda dolgu materyalinin uzaklaştırılması, periapikal enflamasyondan ve dolayısıyla tedavi sonrası hastalıktan sorumlu olabilecek uzaklaştırılamayan nekrotik dokuları veya bakterileri ortaya çıkarmak için gereklidir [8]. Kanal dolgu materyalinin tamamen kaldırılmasının kanal tedavisi tekrarının sonucu için çok önemli olduğu henüz kanıtlanmamış olmasına rağmen materyal kalıntıları, mikroorganizmaları veya nekrotik materyalleri barındırdığından etkin kök kanalı irrigasyonunu ve dezenfeksiyonunu engelleyebilir [9]. Ayrıca materyal kalıntıları yeni kanal dolum işleminde kanal dolgu patının kanal duvarlarına bağlanma kuvvetini olumsuz yönde etkileyerek kanal tedavisi tekrarının başarısını riske atabilir [10].

Gutta-perka en sık kullanılan kök kanal dolgu materyalidir. Gutta-perkanın dentine bağlanmasını artırmak için kök kanal patları ile kullanılması önerilir [11]. Epoksi rezin içerikli AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya), mükemmel fizikokimyasal ve antimikrobiyal özelliklerinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır [12, 13]. Son yıllarda çeşitli kanal dolgu patları klinik kullanımda yer edinmiştir ve yeni ürünler sunulmaya devam etmektedir.

Günümüzde biyoseramik içerikli kanal dolgu patlarının kullanımı da tercih edilmektedir. Biyoseramik içerikli kanal dolgu patları; kalsiyum-silikat-fosfat ve Mineral Trioksit Agregat (MTA) içerikli olmak üzere 2 çeşittir. Sure Seal Root™ (SureDent Corporation, Seongnam, Korea) biyoseramik teknolojisini kullanan, yakın zamanda piyasaya sürülen, önceden karıştırılmış, enjekte edilebilir bir kanal dolgu patıdır. Üreticiye göre biyouyumlu olan kalsiyum silikat içerikli pat, hidroksiapatit oluşumu ile dentine kimyasal olarak bağlanabilir [14]. Biyoseramik içerikli kanal dolgu patlarının çok iyi fiziksel ve biyolojik özelliklerinin olması ve yüksek tübüler penetrasyon kabiliyetine sahip olması kök kanallarının doldurulması işleminde kullanımlarını uygun hale getirmiştir [15]. Kalsiyum silikat içerikli patlar, nemli bir ortamda sertleşme yetenekleri ve biyomineralizasyon aktiviteleri nedeniyle tavsiye edilmektedir [16]. Birkaç çalışma, kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patının, pat ile dentin arasındaki arayüzde hidroksiapatit kristalleri oluşturması durumunda dentin duvarından ve dentin tübüllerinden uzaklaştırılmasının zor olabileceğini göstermiştir [17, 18]. Kanal dolgu patının dentine derinlemesine nüfuz etme yeteneği, kök kanalından uzaklaştırılmasını zorlaştırır. Kanal dolgu materyallerinin tam olarak uzaklaştırılmaması, irrigasyon solüsyonlarının kanal içindeki inatçı mikroorganizmalarla temasını engelleyerek tedavinin başarısını olumsuz yönde etkileyebilir [19].

Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması amacıyla ısı, çözücüler, el aletleri, ultrasonik cihazlar, lazer, döner sistemlerle kullanılan aletler, adaptif sistemler kullanılmaktadır [20]. Ancak bu yaklaşımlarda bile kök kanallarında uzaklaştırılamayan gutta-perka ve kanal dolgu patı kalabilmektedir [21]. Bu nedenle oval şekilli kanalların tedavi tekrarı daha fazla zorluk içermektedir. Çünkü kanalın bukkal ve lingual alanlarına aletler temas etmemektedir [22]. Yuvarlak kesitli düz kanallarda dolgu artıklarını uzaklaştırmak için daha büyük boyutlu aletler kullanabilirken, oval şekilli kanalların tedavi tekrarında bu mümkün olmamaktadır. Çünkü oval şekilli kanallarda daha fazla genişletme kök perforasyonu veya kanal transportasyonu gibi komplikasyonlar meydana getirebilmektedir [23]. Bu yüzden oval şekilli kanalların tedavi tekrarında irrigasyon aktivasyonu gibi ek işlemler önerilmektedir [24-27].

İrrigasyon aktivasyon tekniklerinden biri olan sonik sistemler 1500-6000 Hz aralığında çalışır [28]. EDDY (VDW, Münih, Almanya) poliamidden üretilmiş esnek yapıya sahip sonik bir sistemdir. Yaklaşık 6000 Hz'e kadar yüksek frekansta çalıştırılan EDDY uçlarının kavitasyon ve akustik akışı tetikleyen üç boyutlu hareket sağladığı bildirilmektedir. Bu durum irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunu sağlamaktadır [29].

Pasif ultrasonik irrigasyon (PUİ) temizlik ve dezenfeksiyon için geliştirilmiş olup dentinde preparasyon yapmadan sadece irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunu sağlayan diğer tekniktir [30]. PUİ aynı zamanda kanal tedavisi tekrarı sırasında olabildiğince fazla miktarda kanal dolgu materyali uzaklaştırmak için kullanılabilmektedir.

Lazerle aktive irrigasyon (LAİ), kök kanal sisteminde erbiyum lazerler (Er:YAG, Er,Cr: YSGG lazer) kullanılarak irrigasyon solüsyonunun fototermal, fotoakustik veya fotomekanik aktivasyonunu sağlayan tekniktir. Eğer Er:YAG lazer az enerji ve çok kısa darbelerle kullanılırsa fotoakustik ve fotomekanik etki sonucu kanal içi kavitasyon ve şok dalgaları oluşur. Bu protokol ‘‘fotonla uyarılmış fotoakustik dalgalanma’’ (PIPS) olarak adlandırılır [31]. PIPS, kanal tedavisi tekrarında standart mekanik enstrümantasyonla kanal dolguları uzaklaştırıldıktan sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin miktarını azaltmak amacıyla kullanılabilmektedir. Yapılan *in vitro* çalışmalarda, mekanik enstrümantasyondan sonra kullanılan PIPS’in kanallardaki uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir [32, 33].

Yakın zamanda üretilen XP-endo Finisher R (XPFR) (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre), XP-endo Finisher (XPF) (FKG Dentaire) eğesinin yeni çeşitidir. Kanal tedavisi tekrarında kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azaltmak amacıyla tasarlanmıştır. MaxWire (Martensite Austenite Electropolish-Flex, FKG) alaşımının şekil hafızası prensiplerine dayanarak ve esnekliği sayesinde XPFR, aynı boyutta standart bir eğeye göre kök kanalı içerisinde daha fazla erişim alanına sahiptir. Yapılan çalışmalarda kanal tedavisi tekrarında XPFR ile yapılan aktivasyon işlemin kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir [24, 27].

Kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin değerlendirilmesinde; radyografik görüntülerin analizi [34], dişlerin ikiye ayrılması [35], dişlerin şeffaf hale getirilmesi [36], taramalı elektron mikroskobu [37], konik ışınlı bilgisayarlı tomografi [38] ve mikro BT [27] olmak üzere birçok yöntem kullanılmaktadır. Dişlerin ikiye ayrılarak kamera veya stereomikroskop yardımıyla fotoğraflarının elde edildiği değerlendirme yönteminin, uygulamasının basit ve düşük maliyetli olması gibi avantajları bulunmaktadır [39]. Bununla birlikte bu yöntemin, kök kanalındaki kanal dolgu materyallerinin üç boyutlu değerlendirilememesi ve ikiye bölme işlemi sırasında zarar görebilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır [40].

Çalışmamızın amacı rezin ve kalsiyum silikat içerikli iki farklı kanal dolgu patıyla doldurulmuş oval kanallarda, uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının azaltılmasında uygulanan EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR irrigasyon aktivasyon tekniklerinin etkinliğini karşılaştırmaktır.

GENEL BİLGİLER

Kök kanal tedavisinin temel amacı; enfekte ve/veya iltihaplı pulpa dokusunun uzaklaştırılması, kök kanal sisteminin koronalden apikale doğru konik bir formda şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonunu takiben biyouyumlu kök kanal dolgu materyaliyle üç boyutlu, sızdırmaz bir şekilde doldurularak yeniden enfekte olmasının önlenmesidir [41, 42].

1.1. Kök Kanal Tedavisinde Başarı ve Başarısızlık Kriterleri

Endodontik tedavide başarı pek çok etkene bağlı olarak gelişmektedir. Endodontik tedavi sonrası başarı oranı literatürde %85 ile %98 arasında rapor edilmiştir [43]. Ancak endodontik tedavinin ‘’başarılı’’ veya ‘’başarısız’’ olarak değerlendirilmesinde dikkate alınan kriterler üzerine fikir birliği sağlanamamıştır [44-47]. Strindberg'in endodontik başarı ve başarısızlık için yaygın olarak kabul edilen tanımı, hem radyografik hem de klinik bulguları kapsar [45]. Friedman ve Mor başarı ve başarısızlık terimleri yerine iyileşmiş, iyileşmekte ve hastalık terimlerini tercih etmişlerdir [48].

Endodontik tedavinin başarılı veya başarısız olmasına histolojik, klinik ve radyografik göstergelerin bir arada değerlendirilmesiyle karar verilir. Kök kanal tedavisinde histolojik başarı periapikal dokularda iltihabi hücrenin yokluğudur. Klinik olarak sağlıklı ve semptomsuz olan bir vakanın histolojik incelemesinde enflamatuar hücreler görülebilir. Fakat klinik şartlarda tedavi öncesi ve sonrası histolojik inceleme mümkün değildir [49, 50]. Bu nedenle kök kanal tedavisinin sonuçlarının değerlendirilmesinde klinik ve radyografik bulgulara bakılmalıdır [51, 52]. Klinik değerlendirmede; kanal tedavisinin bitirildiği tarih, bu tarihten bugüne hastada rahatsızlık, ağrı, şişlik gibi herhangi bir semptomun olup olmadığı, palpasyonda ağrı, perküsyonda ağrı, dişte mobilite, sinüs yolu varlığı, dişin fonksiyonu ve dayanıklılığı, hastada subjektif semptomların varlığı ve koronal restorasyonun kalitesi incelenir [53]. Radyografik değerlendirmede ise; marjinal ve periradiküler kemiğin durumu, kök etrafındaki periodontal ligament aralığının normal olup olmadığı, apikal periodontitis varlığı/yokluğu ve iltihabi kök rezorpsiyonu belirtileri değerlendirilir [53].

Değerlendirmenin birincil amacı, pulpitis veya apikal periodontitisin iyileşmesini veya gelişimini izlemektir. En az 1 yıllık bir gözlem süresi boyunca düzenli aralıklarla klinik ve radyografik takipler yapılmalıdır. Ancak iyileşmenin tamamlanmadığı veya bir travma öyküsü olduğu durumlarda bu süre uzatılabilir. Enfeksiyonun tekrar oluşması durumunda olumlu

sonuçlar tersine dönebilir. Avrupa Endodonti Derneği'nin (ESE) 2006 yılında yayınladığı yönergeye göre 1 yıl sonra yapılan kontrolde tedavinin başarılı, başarısının şüpheli ve başarısız olduğu durumlar belirtilmiştir [54]. Kök kanal tedavisinin başarılı olduğu durumlar; ağrı, şişlik, diğer semptomların olmaması, sinüs yolunun bulunmaması, fonksiyon kaybının olmaması ve radyolojik olarak periodontal ligament aralığının normal olması olarak tanımlanır [54]. Kök kanal tedavisinin başarısının şüpheli olduğu durumlarda ise; radyografide periapikal lezyonun boyutu ya değişmemiştir ya da küçülmüştür. Bu durumda, lezyon iyileşene kadar veya en az 4 yıl boyunca takip önerilir. Bir lezyon 4 yıl sonra devam ederse kök kanal tedavisinin genellikle tedavi sonrası hastalık ile ilişkili olduğu düşünülür [54]. Kök kanal tedavisinin başarısız sayıldığı durumlarda dişte enfeksiyon belirtileri vardır. Tedaviden sonra periapikal lezyon oluşmuştur veya önceden var olan lezyonda boyut artışı olmuştur. Bir lezyon, 4 yıllık değerlendirme süresi boyunca aynı boyutta kalmışsa ve kök rezorpsiyon belirtileri mevcutsa tedavi başarısız sayılabilir. İstisna olarak geniş lezyonların küçülüp skar dokusu bırakarak iyileşebilecekleri göz önünde bulundurulmalıdır [54].

1.2. Kök Kanal Tedavisinde Başarısızlık Sebepleri

Kök kanal tedavisinin başarısızlığıyla ilgili olarak çok sayıda sebep tanımlanmaktadır. Bunlar arasında yetersiz giriş kavitesi tasarımı, tedavi edilmemiş kanallar [55], yetersiz temizlenmiş ve doldurulmuş kanallar [56, 57], enstrümantasyona bağlı komplikasyonlar (basamaklar, perforasyonlar veya kırık aletler) [58] ve kanal dolgu materyallerinin taşması gibi hekim kaynaklı işlemsel hatalar sayılabilir [59]. Koronal sızıntı da kanal içi ve kanal dışı enfeksiyona sebep olması nedeniyle başarısızlık nedeni olabilir [60, 61]. Kök kanal tedavisi başarısızlığının sebebinde temelde dört faktör rol oynamaktadır [58]. Bunlar; inatçı mikroorganizmalar, ekstraradiküler enfeksiyon, yabancı cisim reaksiyonu ve gerçek kistler olarak sıralanır.

1.2.1. İnatçı mikroorganizmalar

Kök kanal boşluğu ve dentin tubülleri mikroorganizmalar veya ürünleri ile kontamine olduğunda bu patojenlerin periradiküler dokularla teması gerçekleşirse sonrasında apikal periodontitis meydana gelmektedir. Kök kanal tedavisi uygulanmış dişin temizleme, şekillendirme, dolum ve final restorasyon aşamalarındaki yetersizlik tedavi sonrası hastalığa yol açmaktadır. Eğer ilk endodontik tedavi; kanal boşluğunu bakterilerden arındıramazsa, kök kanalının doldurulması geride kalan bakteriler üzerinde yeterince etki edemezse veya

temizlenmiş ve final restorasyonu yapılmış kanal boşluğuna yeni mikroorganizmaların girişine olanak tanırsa tedavi sonrası hastalık meydana gelebilmektedir. İnatçı mikroorganizmaların tedavi sonrası hastalığın ana sebebi olduğu ileri sürülmektedir [62]. Endodontik tedavi yapılmamış dişlerin enfekte kök kanalları genelde polimikrobiyal floraya sahiptir ve baskın olarak anaerobik flora içermektedir [63]. Enfekte ve daha önce doldurulmuş dişlerden elde edilen kültürlerde daha az tür gözlenir, hatta tek bir tür görülebilir. Enfekte flora genellikle gram pozitiftir ancak anaerobik değildir. En sık izole edilen tür kanal dezenfeksiyon işlemlerine karşı oldukça dirençli olan *Enterococcus faecalis*'tir [64].

1.2.2. Ekstraradiküler enfeksiyon

Bakteriyel hücreler, enfekte dentin artıklarının irrigasyonu ve taşkın preperasyonu ile kanal boşluğundan apikal bölgeye geçerek periapikal enfeksiyon oluşturabilmektedir [65, 66]. Mikrobiyal giriş için bir diğer yol da apikal bölge ile ilişkili kontamine periodontal ceplerdir [67]. Genelde immün sistem bu mikroorganizmalarla başa çıkabilmektedir. Fakat bazı mikroorganizmalar hücre dışı matriks veya koruyucu plak üreterek savunma sistemine direnç göstermekte ve periradiküler dokularda inatçı kalabilmektedir [68]. *Actinomyces israelii* ve *Propionibacterium propionicum* periapikal dokularda görülen ve kanal tedavisi sonrasında iyileşmeyi engelleyen bakterilerdir [69, 70].

1.2.3. Yabancı cisim reaksiyonu

İnatçı endodontik hastalık, kayda değer mikroorganizmaların yokluğunda da meydana gelebilmekte ve periradiküler bölgedeki mevcut yabancı cisim bu durumu daha da kötüleştirebilmektedir. Çalışmalar taşkın dolumda iyileşme oranının daha düşük olduğunu göstermektedir [71]. Çünkü bu vakaların çoğu sadece taşkınlık içermemekte, yetersiz kanal preparasyonu ve kanal dolumu da içermektedir. Bu durum kanal içerisinde geriye kalan inatçı bakterilerin sızmasına zemin hazırlamaktadır. Şayet periapikal dokular taşkın preperasyon sırasında mikroorganizma ile kontamine olmadıysa gutta-perka ve pat taşkınlığı genelde apikal dokular tarafından tolere edilirler [72].

1.2.4. Gerçek kistler

Periradiküler dokulardaki kistler, malessez epitelyum artıkları kökenli embriyonik epitelden kronik enflamasyon varlığında çoğalmaya başlar. Etrafı epitel ile çevrili bu yapı ''Gerçek Kist''tir. Periapikal kistlerin insidansının tüm periapikal lezyonların %15-42'si olduğu rapor edilmektedir [73]. Histolojik olarak periradiküler lezyonların çoğunluğu

granülomlardır. Periapikal radyolusensinin kist mi yoksa granulom mu olduğunun belirlenmesi radyografilerle yapılamamaktadır. Bu iki lezyonu birbirinden ayırmanın tek doğru yolu histolojik incelemedir. Gerçek kistler kanal tedavisini takiben iyileşmemekte ve genelde cerrahi enükleasyon gerektirmektedir [57].

1.3. Başarısız Endodontik Tedavi Vakalarında Tedavi Planlaması

Endodontik tedavi görmüş dişlerin tekrarlayan tedavilerinde dört temel tedavi seçeneği vardır. Bunlar; herhangi bir şey yapılmaması, dişin çekilmesi, kanal tedavisi tekrarı ve endodontik cerrahi (periradiküler küretaj, apikal rezeksiyon, kök ampütasyonu, hemiseksiyon, kasıtlı replantasyon) olarak sıralanır.

Herhangi bir şey yapılmaması, kanal tedavisinin başarısızlığının etiyolojisi bilinmediğinde kısa vadede kullanışlı bir seçenek olabilir. Hekim hastayı herhangi bir şey yapılmaması durumunda neler olabileceği konusunda bilgilendirmelidir. Son karar hastaya aittir. Cerrahi ve protetik rekonstrüksiyon tekniklerindeki son gelişmeler dişin çekilip yerine protez yapılmasını daha zahmetsiz ve daha cazip hale getirse de aslında bu işlemler daha pahalı ve daha fazla zaman gerektirmektedir. İyi prognoza sahip dişin ağızda tutulması; çekilmesi ve yerine protez yapım süreci düşünüldüğünde daha uygun bir seçenek olarak kabul edilmektedir.

Dişin tedavi edilmesine karar verildiğinde cerrahi içeren ve içermeyen endodontik tedavi olmak üzere iki tedavi seçeneği mevcuttur. Hekim tedavi sonrası hastalığın etiyolojisine göre uzun vadede en faydalı sonucu verecek şekilde tedavi planı uygulamalıdır. Genelde kanal tedavisi tekrarı daha az girişimi gerektirmesi ve daha yüksek başarı oranına sahip olması nedeniyle ilk tercih olmaktadır. Ayrıca tedavi sonrası hastalığın en yaygın sebebi olan kanal içi enfeksiyonu gidermede daha başarılıdır ve cerrahi yönteme göre daha konservatiftir. Bazı durumlarda kanal tedavisi tekrarı ve cerrahi endodontik tedavinin birlikte yapılmasına karar verilir. Tek başına apikal cerrahi uygulanan vakalarda iyileşme oranı %59 iken apikal cerrahi öncesi kanal tedavisi tekrarı uygulanan vakalarda bu oran %80'e kadar çıkabilmektedir [71].

Bir sistematik derlemede endodontik cerrahi ile kanal tedavisi tekrarı karşılaştırıldığında 2-4 yıllık takip süresinde endodontik cerrahi için başarı oranı %77,8 iken kanal tedavisi tekrarı için başarı oranı ise %70,9 olarak bildirilmiştir. Ancak 4-6 yıllık bir takip süresinde ise kanal tedavisi tekrarı için %83 olan başarı oranı endodontik cerrahi için %71,8 olarak raporlanmıştır. Bu derlemenin sonucuna göre artan takip süreleriyle endodontik

cerrahinin azalan, kanal tedavisi tekrarının ise artan bir başarı oranının olduğu görülmektedir [74].

1.4. Kanal Tedavisi Tekrarı Süreci

İlk yapılan kök kanal tedavisi %93'e kadar başarı oranına sahip güvenli ve öngörülebilir bir uygulama olarak kabul edilir [75]. Ancak bazı durumlarda başarı elde edilemez ve tedavi sonrası apikal hastalık devam eder [2, 48, 76]. İnatçı apikal periodontitisin ana nedeni kanal içi enfeksiyondur [51, 77, 78]. Bu nedenle kanal tedavisi tekrarında klinisyenin en büyük önceliği, kök kanalı içindeki bakteri popülasyonunu; hastalık oluşturacak ve o hastalığı devam ettirecek seviyenin altına düşürmek, kök kanalını daha fazla temizlemek ve şekillendirmektir [79]. Daha önce kontamine olan kanal dolgu materyali çıkartılmalı ve aletlerin ve irrigasyon solüsyonlarının tüm kök kanalına etki etmesi sağlanmalıdır [80].

İlk yapılan kanal tedavisi ile kanal tedavisi tekrarı arasındaki temel fark, kök kanal boşluğuna yeniden erişimin sağlanması ve teknik eksiklikleri, olası başarısızlık nedenlerini ele almak için önceki kanal dolgu materyalinin çıkarılması gerekliliğidir [39]. Kanal dolgu materyallerinin güvenli, etkili ve tam olarak uzaklaştırılması başarılı bir kanal tedavisi tekrarı için gereklidir. Çünkü kök kanal yüzeyinde uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali, mikroorganizmaların da kök kanal duvarlarında kalmasına neden olabilir ve dentin ile yeni kanal dolgu materyalinin monoblok yapı oluşumunu engelleyebilir [49].

Kök kanal sisteminin anatomik karmaşıklığı ve geleneksel aletlerin tasarımında ortaya konan sınırlamalar nedeniyle kanal tedavisi tekrarı sırasında mevcut kanal dolgu materyalinin tamamen çıkarılması zor, hatta imkansız olabilir [9, 81-85]. Yapılan bir sistematik derlemeye göre mevcut herhangi bir kanal tedavisi tekrarı uygulamasının kanal dolgu materyallerini tamamen uzaklaştıramadığı ve uzaklaştırılamayan materyal yüzdesinin de ortalama %0,02 ile %45,4 arasında değiştiği belirtilmiştir [7, 86, 87]. Ulaşılması zor olan dentin tübüllerinde, lateral kanallarda ve isthmuslarda uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali nedeniyle korunan bakteriler, kanal tedavisi tekrarı sırasında kullanılan antimikrobiyal maddelerden etkilenmeyebileceği için yaşamlarını devam ettirebilir [88]. Bu nedenle kök kanal sisteminin dezenfekte edilmesini desteklemek için mevcut kanal dolgu materyallerinin mümkün olan en fazla miktarda uzaklaştırılmasında etkili olan araç, teknik ve yaklaşımların araştırılması önemlidir.

1.5. Kanal Dolgu Materyalleri

Kök kanal boşluğunu doldurmak için çeşitli endodontik materyaller tavsiye edilmiştir. Pek çok teknikte ana bir kor materyali ve kanal dolgu patı birlikte kullanılmaktadır. Kullanılan bu materyaller biyouyumlu, sızdırmaz ve yeniden enfeksiyon oluşumunu önleyici özelliklere sahip olmalıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan kök kanal dolgusu, kanal dolgu patı ve kor materyali olan gutta-perkanın birlikte kullanıldığı tekniktir [89].

1.5.1. Kanal Dolgu Patları

Kanal dolgu patları, dentin duvarı ile kor materyali arasındaki boşlukları doldurarak kor materyalinin dentin duvarına bağlanmasını sağlamaktadır. Kanal dolgu patları, aynı zamanda kor materyalinin dolduramadığı düzensiz alanları, isthmusları, lateral ve aksesuar kanalları ve lateral kondenzasyonda kullanılan gutta-perkalar arasındaki boşlukları da doldurmaktadır [90]. Kanal dolgu patları; çinko oksit içerikli, kalsiyum hidroksit içerikli, cam iyonomer içerikli, polimerler ve biyoseramik içerikli olmak üzere 5 çeşittir.

1.5.1.1. Epoksi Rezin İçerikli Kanal Dolgu Patları

Polimerler grubundan olan epoksi rezin içerikli kanal dolgu patları ilk defa Schroeder tarafından 1954 yılında orijinal pat formülü üzerinde güncel modifikasyonlarla AH26 patı olarak tanıtılmıştır [91]. Epoksi rezin içerikli kanal dolgu patları günümüzde boyutsal stabilitesinin ve rezorpsiyon direncinin iyi olması nedeniyle geniş bir alanda kullanılmaktadır [92]. Bununla birlikte epoksi rezin içerikli kanal dolgu patlarının polimerizasyon büzülmesi göstermelerine bağlı olarak adaptasyon bütünlüğü bozulabilmekte ve bu durum kök kanal duvarı ile bağlantının zayıflamasına sebep olabilmektedir [93].

AH Plus kanal dolgu patı, AH26'nın renklenme eğilimi göstermesi ve formaldehit açığa çıkarması gibi dezavantajlarına karşı geliştirilmiştir. AH Plus, hidrofobik yapıda bulunan ve endodontide ''altın standart'' olarak adlandırılan kanal dolgu patıdır [94]. Çabuk ve kolay karışım için AH26'daki toz/likit sistemi yerine A ve B patı olarak çift patlı sistem halinde sunulmuştur. A patının içeriğinde; bisfenol-A epoksi rezin, bisfenol-F epoksi rezin, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, silika ve demir oksit pigmentleri bulunmaktadır. B patında ise; dibenzildiamid, aminoadamanten, trisiklodekan-diamin, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, silikon yağı, silika bulunmaktadır. İki patın karıştırılmasıyla reaksiyon başlar [95]. AH Plus; iyi sızdırmazlık kabiliyeti, adezyon özelliği, düşük çözünürlük ve parçalanma nedeniyle araştırmalarda sıklıkla kontrol materyali olarak kullanılmaktadır [96, 97]. AH Plus kanal dolgu

patının kök kanallarından uzaklaştırılmasını zorlaştıran etkenlerden birinin ekspoze dentin amino grupları ile AH Plus'ın epoksi halkaları arasında oluşan kimyasal bağın olduğu düşünülmektedir [98]. Diğer etken ise AH Plus kanal dolgu patının akışkanlığı ve uzun polimerizasyon süresi sayesinde mikrodüzensizliklere daha derinden nüfuz etmesine bağlı oluşan kanal dolgu patı ve dentin arasında oluşan mekanik kilitlenme gerekçe gösterilmektedir [99].

1.5.1.2. Biyoseramik İçerikli Kanal Dolgu Patları

Biyoseramikler medikal ve dental alanda kullanım için özel olarak tasarlanmış seramik materyallerdir. Biyoseramik ürünlerin içeriğinde; alüminyum ve zirkonyum oksit, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit ve rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar bulunmaktadır [100].

Mükemmel fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri sayesinde süt ve daimi dişlerin kuafajında, perforasyon tamirinde, kök ucu dolgularında, açık apeksli dişlerin apikal tıkamasının sağlanmasında kullanılmaktadırlar [101]. Endodontide kullanılan biyoseramik içerikli kanal dolgu patları kalsiyum-silikat-fosfat içerikli ve MTA içerikli olmak üzere iki çeşittir.

Biyoseramik içerikli kanal dolgu patlarının kök dentinine bağlantı mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber birtakım mekanizmalar ortaya atılmıştır. Bunlardan ilki pat partiküllerinin dentin tübüllerine penetrasyonu ile oluşan mekanik bağlantıdır [102]. İkincisi pat içeriğindeki minerallerin intertübüler dentine infiltre olmasıyla oluşan mineral infiltrasyon alanıdır [103, 104]. Son olarak dentin nemi varlığında toz içerisindeki kalsiyum silikatların reaksiyonuyla kalsiyum silikat hidrojel ve kalsiyum hidroksit oluşumu ve oluşan kalsiyum hidroksitin de fosfat iyonlarıyla tepkimeye girmesiyle oluşan hidroksiapatit kristalleriyle gerçekleşen kimyasal bağlantıdır [105].

Biyoseramik içerikli patların içeriğindeki kalsiyum fosfat ve hidroksiapatit pata biyouyumluluk ve biyoaktivite özelliği kazandırmıştır. Kalsiyum ve hidroksit iyonlarının çökelmesiyle oluşan hidroksiapatit kristalleri sayesinde kanal dolgusu ve dentin duvarı arasında kimyasal bir bağ oluşturmaktadırlar. Hidrofilik yapıdadırlar. Dentin tübüllerinden nem çekerek sertleşmektedirler. Sertleşme reaksiyonu sırasında büzülmezler. Aksine genişlerler ve böylelikle kök kanalını boşluksuz doldurarak sızdırmazlık sağlarlar. Partikül yapısının küçük olması ve akışkanlığı nedeniyle düzensiz alanlara, lateral kanallara ve dentin tübüllerine penetre

olabilirler. Osteoindüktif etkileri vardır. Ayrıca sertleşme reaksiyonu sırasındaki yüksek pH'a bağlı olarak antimikrobiyal etkinlik de göstermektedirler. Yapılan bir çalışmada biyoseramik içerikli patların sertleşme sürecinde ve sonrasında epoksi rezin içerikli patlara göre daha yüksek pH değeri ve alkanite gösterdiği bildirilmiştir [106]. Toksik özellik göstermezler. Bu nedenle periapikal bölgeye taşmaları durumunda çok az enflamatuar cevaba yol açarlar [107-110].

Sure Seal Root kanal dolgu patı rezin ve öjenol içermeyen saf kalsiyum alüminosilikat içeren, yakın zamanda piyasaya sürülen, önceden karıştırılmış, enjekte edilebilir bir pattır. Üreticiye göre Sure Seal Root, biyouyumlu ve oldukça antibakteriyeldir. Gutta-perkaya ve dentine büzülmeden mükemmel bir şekilde bağlanır. Sure Seal Root kanal dolgu patı hidroksiapatit kristalleri oluşturarak dentine kimyasal olarak bağlanabilir. Bu durum patın dentin duvarından ve dentin tübüllerinden uzaklaştırılmasını zorlaştırabilir [111].

1.5.2. Gutta-Perka

Kök kanal patlarıyla birlikte kanalların doldurulmasında en yaygın kullanılan kor materyali gutta-perkadır. Gutta-perka konlar yaklaşık %20 gutta-perka, %65 çinko oksit, %10 radyoopasite vericiler ve %5 plastize edici materyallerden oluşur [112]. Gutta-perkanın başlıca avantajları; plastisitesi, uygulama kolaylığı, minimum toksisitesi, radyopaklığı ve ısı veya çözücülerle uzaklaştırılmasının kolaylığıdır. Dezavantajları ise, dentine adezyon özeliğinin olmaması ve ısıtıldığında soğurken büzülme göstermesidir.

Poliizoprenin trans izomeri olup alfa ve beta olmak üzere iki farklı formda bulunmaktadır [113]. Isıtılmamış beta fazında materyal katıdır. Beta fazındaki materyal ısıtıldığında ise yumuşak ve yapışkan olan alfa fazına dönüşür. Bu fazdaki gutta-perka basınç altında akışkan form sergiler. Bu fazın bir dezavantajı materyalin soğurken büzülme göstermesidir. Gutta-perka doğada alfa fazında bulunmaktadır [114]. En iyi performansı, kanal dolgu patıyla birlikte kullanıldığında göstermektedir. Kanal tedavisi tekrarı ile ilgili çoğu çalışma kanal dolgu patı ve gutta-perka uzaklaştırılması arasında ayrım yapmamaktadır. Tedavi başarısızlığı durumunda yeterli dezenfeksiyon ve yeni bir kanal dolumuna olanak sağlamak için gutta-perkanın yanı sıra kanal duvarından ve mekanik olarak erişilemeyen yan kanallardan da kanal dolgu patının uzaklaştırılması gerekmektedir [115, 116].

1.6. Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemler

1.6.1. Materyallerin Doğrudan Uzaklaştırılması

1.6.1.1. El Eğeleri

Kök kanal dolgusunun kanal duvarı ile bağlantısının zayıf olduğu kanallarda gutta-perka, K tipi veya H-tipi el eğeleriyle kanaldan uzaklaştırılabilir. K tipi eğeler, enine kesiti kare veya üçgen olan paslanmaz çelik telin bükülmesiyle üretilirler. Geleneksel olarak paslanmaz çelik telden üretilirken son yıllarda eğimli kanallarda kullanılmak üzere nikel titanyum alaşımlardan üretilmektedirler. H-tipi eğeler ise enine kesiti yuvarlak çelik telin aşındırılmasıyla üretilirler. H-tipi eğenin bıçaklarının dentinle 90°'lik açısı, K tipi eğelere göre kesme etkinliğini artırmaktadır. Kesme etkinliğinin iyi olmasına bağlı olarak H tipi eğeler sıklıkla kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında kullanılmaktadırlar. H tipi eğeler kanal dolgusu ve dentin arasına yerleştirilip nazik bir rotasyon hareketiyle eğenin bıçaklarının gutta-perkayı kavraması sağlanarak geri çekilir. El aletlerinin düz kanallı dişlerde ve taşkın dolum varlığında kullanılması önerilmektedir [117, 118].

1.6.1.2. Paslanmaz çelik döner aletler

Kanalın koronal kısmındaki kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında Gates Glidden ve Peaso Reamer frezler kullanılmaktadır. Gates Glidden frezinin uç kısmı alev şeklindedir. Gövdenin sapla birleştiği yer alet kırıldığında kolay uzaklaştırılabilmesi için inceltilmiştir. Gates Glidden frezleri 6 farklı ebatta bulunur. Peaso Reamer ise Gates Glidden frezine benzemektedir fakat alev şeklinde olmayıp birbirine paralel kesici kenardan oluşmaktadır. Agresif özelliklerinden dolayı perforasyon ihtimaline karşı sadece kanalın düz kısımlarında kullanılmalıdır [119].

1.6.1.3. Nikel titanyum döner eğe sistemleri ve resiprokal eğe sistemleri

Nikel titanyum (Ni-Ti) döner aletler kanal dolgusunu uzaklaştırmada el aletlerine kıyasla daha hızlı ve etkilidir. Ayrıca eğri kanallarda kanala uyum göstermeleri, kanal transportasyonu, basamak oluşumu ve alet kırılması riskinde azalma gibi avantajları da vardır [120]. Ni-Ti sistemlerin el eğesinden daha etkili olduğunu gösteren çalışmalar olduğu gibi [121, 122], tam tersini bildiren çalışmalar da mevcuttur [117, 123]. Ni-Ti döner eğeler ile kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında etkili hız 350-1000 rpm arasındadır. Dönüş hızı, aletin gutta-

perkayı mekanik olarak yumuşatıp koronal yönde uzaklaşmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır [124, 125].

Kök kanalının şekillendirilmesi için üretilmiş olan Ni-Ti döner eğeler kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında da kullanılmış fakat etkili olamadıkları için üretici firmalar kanal dolgusunu uzaklaştırmada özel eğeler piyasaya sürmüştür [126]. Bu eğelere; Mtwo-R (VDW GmbH, Münih, Almanya), R-Endo (Micro-Mega, Besançon, Fransa), D-RaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre), ProTaper Universal Retreatment (PTUR) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), Mani GPR (MN; Mani Inc, Tokyo, Japonya), Hyflex NT (HF; Coltene, New York, NY) ve XPFR eğeleri örnek verilebilir. Bu sistemler kanal dolgusunu mekanik olarak keserek ve sürtünme ısısıyla termoplastikleştirerek kanaldan uzaklaştırmaktadırlar.

Literatürde döner ve resiprok eğe sistemleri kanal tedavisi tekrarından sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarı bakımından karşılaştırılmıştır. ProTaper Gold (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre), Resiproc (VDW, Münih, Almanya), Resiproc Blue (VDW) eğelerinin kavisli dişler üzerinde kullanıldığı bir *in vitro* çalışmada döner ve resiprok eğe sistemlerinin uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyal miktarlarının benzer olduğu bildirilmiştir [127]. Mandibular molar dişlerin mesial eğimli kanallarında kullanılan Mtwo ve Resiprok eğe sistemlerini karşılaştıran bir diğer *in vitro* çalışmada Mtwo döner eğesinin Resiproc eğesine kıyasla daha fazla kanal dolgu materyali uzaklaştırdığı belirtilmiştir [128]. Mandibular premolar dişlerin oval kanallarında Resiproc, Resiproc Blue ve ProTaper Universal Retreatment eğe sistemlerinin kullanıldığı başka bir *in vitro* çalışmada Resiproc eğesinin, PTUR ve Resiproc Blue eğesinden kanal dolgu materyallerini uzaklaştırmada daha etkili olduğu gösterilmiştir [129].

Son zamanlarda kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında özel olarak üretilen sistemler kadar şekillendirme için üretilen sistemler de kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada kök kanal preperasyonu için üretilen ProTaper Next (Dentsply Maillefer) ve EdgeFile X3 (EdgeEndo, Albuquerque, NM) eğe sistemleri, kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında PTUR ve EdgeFile XR (EdgeEndo, ABD) eğe sistemleri ile karşılaştırılmış ve 4 sistem arasında benzer verimlilik bildirilmiştir. Bu çalışmada kök kanal preperasyonunda kullanılan ProTaper Next eğe sistemi, kanal tedavisi tekrarı için özel olarak üretilmiş PTUR ve EdgeFile XR eğe sistemlerine göre daha fazla kanal dolgu materyali kaldırmıştır [130]. Bu sonuçlar, kesitsel tasarımları ve metal alaşımları sayesinde kanal tedavisi tekrarı için üretilmiş eğe sistemleri yerine kanal preperasyonu için üretilmiş eğelerin de kullanılabileceğini göstermektedir.

1.6.1.4. Kimyasal çözücüler

İyi kondanse edilmiş kanal dolgularında ve eğri kanallarda gutta-perkayı çözmek ve uzaklaştırmak için çeşitli çözücüler önerilmiştir. Bunlar arasında kloroform, metilkloroform, ökaliptol, halotan, rektifiye turpentin ve ksilen sayılabilir. Bu çözücüler belli ölçüde toksisiteye sahiptir. Bu nedenle mümkün olduğunca kullanılmamalıdır [131]. En sık kullanılan çözücü gutta-perkayı hızlıca çözen kloroformdur. Ksilen ve ökaliptol ise gutta-perkayı yavaş çözmekte ve ısıtıldığında kloroformun etkinliğine yaklaşabilmektedir [132]. Rektifiye turpentin, kloroformdan daha yüksek seviyede toksisiteye sahip olmakta ve ortamda çok keskin bir koku oluşturmaktadır [133].

Bazı yazarlara göre çözücülerin kullanımı, kanal dolgu materyalinin daha iyi çözülmesini sağlayarak, aletlerin kök kanal dolgusuna girmesini kolaylaştırır [134, 135]. Bununla birlikte kanal dolgu materyalinin bu yumuşaması, yalnızca kanal duvarlarının düzensizlikleri içinde değil aynı zamanda dentin tübüllerinin içinde de kolayca sıkıştırılabilen bir film tabakası oluşturmakta ve bu da tübülleri tıkamaktadır. Bu etki kanal duvarlarının temizliğini tehlikeye atabilir ve materyalin uzaklaştırılma aşamasını geciktirebilir [136, 137]. Ek olarak başka çalışmalar bir çözücünün kullanılmasının, kanal dolgu patının kök kanal duvarına adezyonunu azalttığını göstermiştir. Bu durum ise başarılı bir kanal tedavisi tekrarını riske atabilmektedir [138, 139]. Yapılan çalışmalar, çözücünün preperasyonun erken aşamasında kullanılmasının, çalışma uzunluğuna ulaşma süresini kısalttığını ancak kök kanalında temizlik miktarını azaltabildiğini rapor etmiştir [135, 140].

1.6.1.5. Isı

Sabit ve belirli miktarda ısı veren Touch'n Heat veya System B gibi ısı kaynakları kullanılarak koronaldeki kanal dolgusu yumuşatılarak parçalar halinde uzaklaştırılır. Dar ve eğimli kanallarda aletin girişi engelleneceğinden geniş ve düz kanallarda kullanılması önerilmektedir [125]. Bodrumlu ve ark., yaptıkları bir çalışmada kanal dolgusunun düz ve eğimli kök kanallarından uzaklaştırılmasında Gates Glidden frezleri, Gates Glidden frezleri ve kloroform ve Sistem B tekniklerini karşılaştırmışlar, sonuç olarak tekniklerin etkinliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bildirmezken, System B ile kanal dolgu materyallerini Gates Glidden frezlere kıyasla anlamlı derecede daha uzun sürede uzaklaştırdıklarını rapor etmişlerdir [141].

1.6.2. Materyallerin İrrigasyon Aktivasyonu ile Uzaklaştırılması

Kök kanal tedavisi tekrarında kanal dolgusunun büyük bölümü el eğeleri, döner veya resiprokal eğe sistemleriyle uzaklaştırıldıktan sonra bile kanal duvarında önemli miktarda uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin kaldığını yapılan çalışmalar göstermiştir [27, 142, 143]. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında sonik sistemler, ultrasonik sistemler, lazerler, XPFR, Self Adjusting File (SAF) (ReDentNOVA, Ra'anana, İsrail), GentleWave (Sonendo Inc, Laguna Hills, CA), Gentlefile Brush (GF; MedicNRG, Kibbutz Afikim, İsrail), CanalBrush (Roeko, Langenau, Almanya), EndoVac (SybronEndo, Orange, CA), RinsEndo (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya) gibi sistemler de kullanılmaktadır.

SAF kanal şekillendirmesi yaparken aynı zamanda kanal irrigasyonu da yapan bir sistemdir. Kanalın üç boyutlu olarak şeklini alan kanal eğesinin içi boştur ve esnek bir tasarıma sahiptir [83]. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırıldığı bir *in vitro* çalışmada, SAF kullanımının kök kanalında materyal kalıntılarını önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir [88].

GentleWave, kök kanalını minimum şekillendirme ile temizlemek için geliştirilmiş yeni bir irrigasyon aktivasyon sistemidir [144]. Diş içerisinde gazı giderilmiş sıvıda geniş ses dalgaları spektrumu oluşturan güçlü bir hidrodinamik kavitasyon oluşturur [145]. Ma ve ark. GentleWave sisteminin kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılmasında PUİ'ye kıyasla önemli ölçüde daha iyi olduğunu belirtmişlerdir [146].

Son zamanlarda Gentlefile olarak bilinen paslanmaz çelikten üretilmiş irrigasyon aktivasyonuna yardımcı bir sistem üretilmiştir. Aletler paslanmaz çelikten yapılmış olsalar da Ni-Ti aletlerine göre daha iyi mekanik özellikler göstermişlerdir. Gentlefile sistemi ayrıca 6500 rpm hızda bir el aletinde çalıştırıldığında otomatik olarak dışa açılan altı adet paslanmaz çelik tel içeren bir fırça haline dönüşmektedir. Tasarımından dolayı kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında mükemmel etkinlik göstermesi beklenmektedir. Yapılan bir *in vitro* çalışmada kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında Gentlefile sisteminin özellikle kök kanalının apikal üçte birinde PUİ'den etkili olduğu bildirilmiştir [147].

CanalBrush, manuel irrigasyonla birlikte 600 rpm'lik bir el aletinde kullanılan oldukça esnek bir plastik mikro fırçadır. Weise ve ark. CanalBrush'ın simule edilmiş kanallardan ve kanal içindeki düzensiz alanlardan artıkları temizleyebildiğini bildirmiştir [148].

EndoVac, irrigasyon solüsyonunu kök kanalına gönderen aynı anda kök kanalından geri çekerek çalışan negatif basınçlı bir sistemdir. Negatif basınç ile hem debris toplanır hem de apikal bölgeden taşması engellenir [149].

RinsEndo, makroskobik ve mikroskobik kabarcık oluşturan, pozitif ve negatif basınçlı hidrodinamik irrigasyon aktivasyon sistemidir. Bu türbülanslar irrigasyon solüsyonunu aktive eder ve irrigasyonun etkinliğini arttırır [150].

1.6.2.1. Sonik Aktivasyon

Sonik sistemler 1500-6000 Hz'de titreşim oluşturarak çalışırlar [28]. Sonik irrigasyon sisteminde kullanılan kesici olmayan özel uçlar kök kanal sistemine uygulandığında aletin ucunda bir dalgalanma oluşturarak irrigasyon aktivasyonu yaparlar ve uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasını sağlarlar [151]. Frekansının düşük olması etkinliğinin ultrasoniklere göre daha düşük olmasına yol açabilir ancak ultrasoniklerle kıyaslandığında etkinliklerini benzer bulan ya da ultrasonikleri daha başarılı bulan çalışmalar mevcuttur [143, 152-155]. Sonik sistemlere örnek olarak EDDY, MM1500 (Micro-Mega), EndoAktivatör (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda) verilebilir.

MM1500 Sonic Air, 1500 Hz'e kadar ayarlanabilir bir frekansa sahip diş ünitine bağlanan başka bir hava tahrikli el aletidir. Cihaz, bu çalışma için özel olarak tasarlanmış bir paslanmaz çelik prototip uç ile birleştirilmiştir. Yapılan bir *in vitro* çalışmada MM1500 sonik sisteminin dolgu kalıntılarını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir [142].

EndoActivator sistemi, esnek polimer ucunun 1000 ile 6000 Hz'de sonik dalgalar üreterek irrigasyon solüsyonunu aktive eder. Yapılan bir *in vitro* çalışmada EndoAktivatör kullanımının uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azalttığı gösterilmiştir [143].

Vibringe, elle solüsyon akışı ve sonik irrrigasyon aktivasyonun bir arada kullanıldığı bir sistemdir. Özel olarak tasarlanmış tek kullanımlık şırıngaya uyan kablosuz el aletidir. Standart bir iğne aracılığıyla sürekli olarak irrigasyon solüsyonunu atımlı bir şekilde doğrudan kök kanalına iletir. Sonik akış ve akustik dalgalanma prensibiyle çalışan bir sistemdir [156]. Kök kanalının apikal bölümündeki düzensizliklerden debrisin uzaklaştırılmasında geleneksel şırınga irrigasyonuna (GŞİ) göre etkili olduğu bildirilmiştir [157].

Son zamanlarda, esnek poliamidden üretilmiş sonik enerjili bir irrigasyon aktivasyon sistemi olan EDDY tanıtılmıştır. EDDY uçları air scaler ile 6000 Hz'ye kadar yüksek bir frekansta kullanılabilir. Üreticiye göre cihazın kavitasyon ve akustik akışı tetikleyen üç boyutlu bir hareket oluşturduğu iddia edilmektedir. Araştırmalar, sonik hareketin debris uzaklaştırmaya ve mekanik preparasyonla temizlenmesi zor alanlara ulaşmaya yardımcı olduğunu belirtmekle birlikte EDDY uçlarının PUİ'e eşit veya daha iyi performans gösterdiğini de bildirmektedir [158].

Resiprok ve 2Shape eğeleriyle ilk dolgu materyalinin uzaklaştırılmasından sonra kanallarda kalan dolgu kalıntılarının miktarını azaltmak için EDDY ve MM1500 sonik cihazlarını karşılaştıran bir *in vitro* çalışmada; her iki sonik sistemin de uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli ölçüde azalttığı fakat iki sistem arasında belirgin bir farkın olmadığı bulunmuştur [142].

EDDY, XPF, PUİ ve GŞİ kullanarak kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patının mandibular premolar dişlerin apikal ve koronal bölgesinde oluşturulmuş oluklardan uzaklaştırıldığı bir çalışmada, apikal bölgede EDDY grubunda diğer gruplara kıyasla daha fazla kanal dolgu patının uzaklaştırıldığı gösterilmiştir [159].

1.6.2.2. Ultrasonik Aktivasyon

Ultrasonik aletlerin kullanımı endodontik tedavide kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında kabul görmektedir ve kök kanal sisteminin genel temizliğini iyileştirdiği bildirilmiştir [26, 160, 161].

Ultrasonik aletler 25000–30000 Hz'de titreşim yaparlar. Ultrasonik kaynağa takılan uçlar keskin ya da keskin olmayan formlarda bulunabilmektedir. Kullanılan uca göre dentinde preperasyon yapılıp yapılmamasına göre literatürde iki tip ultrasonik irrigasyon tanımlanmaktadır. İlki eş zamanlı ultrasonik enstrümantasyon ve irrigasyon (Uİ) olarak tanımlanırken, diğeri ise eş zamanlı entrümastasyonun olmadığı PUİ olarak adlandırılan tekniktir [162]. Uİ sırasında, eğe kasıtlı olarak kök kanal duvarına temas ettirilir ve irrigasyon sırasında dentinde preperasyon yapılır. Ancak kanalın kompleks anatomisi nedeniyle aktif kesme yapan uç, hiçbir zaman tüm kanal duvarına temas etmez ve etkili bir dezenfeksiyon olmaksızın kanal duvarlarının kontrolsüz, düzensiz şekilde preperasyonuna neden olabilir [163].

PUİ ilk olarak Weller ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır [164]. ‘‘Pasif’’ terimi ultrasonik olarak etkinleştirilen eğenin dentinde preperasyon yapmamasını tanımlamaktadır. PUİ sırasında enerji, iki fiziksel olayı (irrigasyonun akışı ve kavitasyonu) uyaran ultrasonik dalgalar aracılığıyla bir eğeden veya titreşim yapan enstrümandan irrigasyon solüsyonuna iletilir. Akustik akım, akışkanın titreşen eğe etrafında dairesel veya girdap şeklinde hızlı hareketi olarak tanımlanabilirken; kavitasyon, buhar kabarcıklarının oluşması veya önceden var olan kabarcıkların bir sıvı içinde genişlemesi, büzülmesi ve/veya bozulması olarak tanımlanır [162]. PUİ sırasında, solüsyonun kök kanal sistemine kolay nüfuz etmesi ve daha güçlü bir temizleme etkisi için eğenin kanal içinde serbest hareketi gerekmektedir. Bu nedenle de kök kanal sisteminin yeterli şekilde genişletilmesi gereklidir. [28, 165].

Yapılan çalışmalar, kanal tedavisi tekrarında uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında irrigasyon aktivasyonunda uygulanan PUİ’nin etkili olduğunu göstermektedir [26, 143]. Tandon ve ark. kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında PUİ’nin; EndoVac, EndoAktivatör ve GŞİ tekniklere göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir [166]. BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Fransa) ve AH Plus’ın kök kanallarından uzaklaştırıldığı bir *in vitro* çalışmada kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azaltmak için uygulanan PUİ, her iki kanal dolgu patıyla doldurulan kanallardan önemli ölçüde materyal uzaklaştırmıştır [167]. Sıcak vertikal kondenzasyon tekniği kullanılarak AH Plus ile doldurulan mandibular molar dişlerin distal oval kanallarından döner aletlerle kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasından sonra uygulanan PUİ ve GentleWave uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli ölçüde azaltmıştır [168].

1.6.2.3. Lazerler

Dilimize lazer olarak girmiş İngilizce ‘‘laser’’ kelimesi ‘‘light amplification by stimulated emission of radiation’’ kelimelerinin baş harflerinin kısaltılması olup ‘‘uyarılmış radyasyon yayılımı ile ışığın güçlenmesi’’ olarak çevrilmektedir [169]. Lazerler diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kök kanallarını temizleme ve etkili bir şekilde dezenfekte etme yetenekleri açısından çalışmalarda incelenmiştir.

Herhangi bir dokuya uygulanan lazer enerjisi doku tarafından emilebilir, dokudan yansıtılabilir, doku içerisinde dağılabilir veya doku içerisinde daha derin seviyelere iletilebilir. Lazer enerjisinin en çok istenen etkisi emilmedir. Emilen lazer enerjisi, terapötik etkilerin çoğundan sorumludur ve kullanılan lazer tipine, emisyon moduna ve kullanılan parametrelere

bağlı olarak lokal fotokimyasal enerjiye, fotomekanik enerjiye ve fotoakustik enerjiye dönüştürülür [170].

LAİ, irrigasyon solüsyonlarının lazer enerjisi kullanılarak etkinliğinin artırılması işlemidir. Erbium lazerlerin suya karşı yüksek çekim etkisinden dolayı LAİ çalışmalarının çoğu irrigasyon çözeltileri tarafından kapsamlı bir şekilde emilebilecek dalga boyuna sahip Er:YAG (2940 nm dalga boyu) ve Er,Cr:YSGG (2780 nm dalga boyu) lazerler ile yapılır [171].

Yapılan çalışmalarda Erbium lazerlerin çalışma mekanizması şöyle açıklanmaktadır. Erbium lazerin suda emiliminin ilk etkisi termal etkidir. Lazer enerjisi bir su tabakasında emildiğinde irrigasyon solüsyonun suyun kaynama noktasına kadar aniden aşırı ısınması ve buharlaşması olayı gerçekleşir. Fiberin ucunda ilk buhar kabarcığı (baloncuk) oluşur. Buhar kabarcığı yüksek basınçtan dolayı önce genişler, maksimum hacme ulaştıktan sonra ise patlar. Bu patlama ile birincil kavitasyon oluşur [172-176]. Lazer kaynaklı baloncuğun patlaması genişlemenin hemen ardından gelir. İşlem çok hızlıdır. Baloncuğun patlamasıyla kavitasyonlar oluşur ve ardından tekrar baloncuklar oluşur. Bir taraftan baloncuklar oluşurken bir taraftan patlamalarla kavitasyonlar oluşmaktadır. Bu patlamaların sonucunda basınç dalgası olarak nitelendirilen şok dalgası ve akustik dalgalar meydana gelmektedir [175].

Er:YAG lazerin dalga boyu (2940 nm) suda en yüksek emilime ve hidroksiapatit tarafından en yüksek çekim gücüne sahiptir. Bu da Er:YAG lazeri kök kanal tedavisinde kullanıma uygun hale getirmektedir [177].

Son zamanlarda irrigasyon solüsyonunun lazerlerle aktive edilmesi girişimi kanal tedavisi tekrarında uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılma miktarını artırmak için tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır [154, 178]. Foton kaynaklı fotoakustik akış (PIPS) olarak bilinen lazerle etkinleştirilen yeni bir irrigasyon aktivasyon yöntemi, 2940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazerle birlikte kullanılır. Bu yöntemde irrigasyon solüsyonunun kinetik etkisini artırmak ve solüsyona lazer enerjisi aktarmak için pulpa odasına yerleştirilen 14 mm uzunluğunda ve 300 μm çapında radyal ve sıyrılmış bir kuvars uç kullanılır ve uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin kök kanalından uzaklaştırılma miktarı artırılabilir [178, 179]. Bu teknik esas olarak fototermal etkilerden ziyade fotoakustik ve fotomekanik etkilere dayanmaktadır [31]. PIPS mekanizması; irrigasyon solüsyonunun irradiasyonunu, buhar kabarcıklarının oluşumunu, genişlemesini ve ani patlamaları sonucu kavitasyon oluşumunu içermektedir. Her bir atımın sıvı molekülleriyle

etkileşimi kök kanalındaki materyali uzaklaştırmayı kolaylaştıracak güçlü bir akışın oluşmasını sağlayan ardışık şok dalgaları oluşturur [179, 180].

iRoot SP (Innovative Bioceramix, Vancouver, BC, Kanada) kanal dolgu patının kök kanallarından ProTaper Next ile uzaklaştırılmasından sonra GŞİ, PUİ ve PIPS yöntemlerinin uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalleri üzerinde performanslarının karşılaştırıldığı bir *in vitro* çalışmada, PIPS yönteminin, PUİ ve GŞİ yöntemlerine kıyasla önemli ölçüde daha fazla kanal dolgu materyali uzaklaştırdığı bildirilmiştir [32]. Yapılan başka bir *in vitro* çalışmada oval kök kanallarında kanal dolgu materyallerinin sökümünün ardından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azaltmak için uygulanan aktivasyon işlemlerinin hiçbiri materyalleri tamamen uzaklaştıramasa da NaOCl'nin PIPS ile aktivasyonu sonik ve ultrasonik tekniklerden, ultrasonik teknik ise sonik teknikten önemli ölçüde daha iyi performans göstermiştir [154]. Bununla birlikte yapılan başka bir mikro BT çalışmasında, AH Plus'ın kök kanallarından PTUR ve HyFlex EDM (Coltene/Whaledent, Altstatten, İsviçre) eğeleri ile mekanik olarak uzaklaştırılmasının ardından kök kanalında kalan kanal dolgu materyaline uygulanan PIPS, GŞİ yöntemine kıyasla anlamlı bir etki göstermemiştir [181].

1.6.2.4. XP-Endo Finisher R

Kanal dolgu materyalinin mevcut alet ve teknikleri kullanarak tamamen uzaklaştırılmasındaki zorluklardan dolayı tamamlayıcı adımlar önerilmiştir. Son zamanlarda yeni bir anatomik uyumlu final eğesi olarak tanıtılan XPFR, kanal tedavisi tekrarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. XPFR, genişleme ve büzülme yapma kabiliyetine sahip olan termomekanik olarak işlenmiş Ni-Ti MaxWire alaşımından üretilmiştir [182]. Eğe, sıcaklığa göre şeklini değiştirmektedir. Oda sıcaklığında martensitik fazında (M-fazı), eğe düzdür. Vücut sıcaklığında östenitik faza (A-fazı) geçer ve eğe, uç kısmından koronale doğru 10 mm'lik kısımda 1.5 mm derinliğinde bir kaşık şekli alır. Üreticiye göre enstrüman, kanalın içine rotasyon modunda yerleştirildiğinde A-fazındayken, dentine zarar vermeden veya orijinal kanal şeklini değiştirmeden eğenin diğer aletlerin ulaşamayacağı alanlara erişmesini sağlayarak daha fazla kanal duvarına dokunur ve bu sayede kanal dolgu materyali kalıntılarının uzaklaştırılmasını ve temizliğin artmasını sağlar [183]. XPFR'nin (ISO 30), XPF'ye (ISO 25) göre daha büyük kor çapına sahip olması eğeyi daha sert ve agresif yapmaktadır. Bu özellik de geleneksel tekniklerden sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerine temasını ve uzaklaştırma etkinliğini arttırmaktadır [183].

Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında XPFR eğesi ile sonik ve ultrasonik tekniklerin karşılaştırıldığı bir sistematik derlemede çelişkili kanıtlar bulunmasına rağmen metaanaliz sonucunda XPFR eğesi diğer tekniklere göre etkili bulunmuştur [87]. Yine yakın zamanda yapılan bir sistematik derlemeye göre XPFR eğesinin kullanımının, kanal tedavisi tekrarında kanal dolgu materyallerinin kök kanalından uzaklaştırılma miktarını artırdığı ve değerlendirilen diğer irrigasyon aktivasyon teknikleriyle karşılaştırıldığında daha etkili olduğu vurgulanmıştır [184].

1.7. Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasına Etki Eden Faktörler

1.7.1. Kök Kanal Anatomisi ve Morfolojisi

Kanal tedavisi tekrarında dolgu materyallerinin uzaklaştırılması kök kanalının oval, yuvarlak, düz, kavisli, C-şekilli olmasından etkilendiği gibi kök kanalının isthmus içerip içermemesinden de etkilenmektedir. Kök kanallarının anatomik karmaşıklığı, yeterli temizlik ve dezenfeksiyon için zorluk teşkil etmektedir [8].

Kök kanalından kanal dolgu materyallerin uzaklaştırılmasında önemli bir komplikasyon etkeni kesitsel anatomidir. Oval kanal anatomisi, bukkolingual kanal çapının kanalın ilk üçte ikisi boyunca mesiodistal kanal çapından iki kat veya daha uzun kök kanalları için tanımlanmaktadır [185]. Bu açıdan oval kanallar, bukkolingual ve mesiodistal boyutlarının farklı olmasıyla girinti alanları oluşturması nedeniyle özellikle önemlidir. Ek olarak bu kanallar genellikle aşırı taper gösterir ve bu da şekillendirmeyi sorunlu hale getirir. Sonuç olarak aletler ve irrigasyon solüsyonları oval kanalların bazı bölgelerine ulaşamayabilir ve preparasyondan sonra bakteri ve debrislerin kalmasına neden olabilir [186]. Ayrıca yuvarlak şekilli kanallara kıyasla oval kanallarda inatçı enfeksiyon riski artabilir. Çünkü inatçı bakteriler için koruyucu bariyer olan kanal dolgu kalıntıları kök kanalının içinde dar girintilerde bulunabilir [187, 188]. Bu girintilere dolan kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması zordur [84, 152, 154, 189]. Oval kanallarda bildirilen uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının yuvarlak kanallara göre daha yüksek olduğu gösterilmiştir [190, 191].

Klinisyenler için özellikle iyi doldurulmuş eğimli kanallara sahip dişlerde kanal tedavisi tekrarı önemli bir teknik zorluktur [192]. Kanal dolgu materyali tarafından uygulanan direnç, özellikle eğimli kanallarda kanal tedavisi tekrarını stresli ve zaman alıcı bir uygulama haline

getirebilir [193]. Aynı zamanda eğimli kanalların kanal tedavisi tekrarı sırasında basamak, zip, perforasyon, kök ucunun transportasyonu ve enstrüman kırılması gibi komplikasyonlar meydana gelebilir [194, 195]. Eğriliğin kanalın bir yönüne erişimi sınırlandırması ve kanalın diğer bölümlerine dokunulmadan kalması nedeniyle aşırı eğrilik, kanal tedavisi tekrarında dolgu materyali kalıntılarının miktarını artırabilmektedir. Çalışmalar uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının eğimli kanallarda düz kanallara kıyasla daha fazla olduğunu bildirmektedir [124, 141]. H-File, R-Endo, Resiprok ve PTUR eğelerinin düz ve aşırı eğimli kök kanallarında kullanılarak kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasının değerlendirildiği bir *in vitro* çalışmada, her bir eğe sistemi, aşırı eğimli kök kanallarında düz olan kanallara göre kök kanalından daha az kanal dolgu materyali uzaklaştırmıştır [34]. Eğimli kanallarda kanal dolgu materyali miktarının daha az uzaklaştırılmasının bir diğer nedeni de eğimli kanalların preperasyonu sırasında kullanılan ve onlara esneklik sağlayan, kırılma ve transportasyon riskini azaltan aletlerin düşük yüzey mikrosertliği ve buna bağlı olarak yumuşaklığı olabilmektedir [129].

Kanal tedavisi tekrarı çalışmalarında kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılma miktarını etkileyen etkenler arasında istmuslar ve C- şekilli kanallar da yer alır [182, 196-198]. Literatür düz bir kanaldaki kanal tedavisi tekrarının, kanal dolgu patından bağımsız olarak daha başarılı olduğunu belirtmektedir [86, 199]. Yapılan bir *in vitro* çalışmada kök kanal morfolojisine göre uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarı en az C-şekilli kanallarda bulunmuştur [197]. Bu sonuç C-şekilli kök kanallarının yapısal karmaşıklığıyla ilgilidir. İnce bir yarık veya ağın varlığı C-şekilli kök kanallarının debride edilmesini ve temizlenmesini zorlaştırır.

İsthmus oluşumu, özellikle kanal tedavisi tekrarında kök kanalının temizliği ve dezenfeksiyonu için ek bir zorluk oluşturur. Çünkü isthmus kanal aletleri ve irrigasyon ajanları için ulaşılması zor bir alan olduğundan bakteri ve kanal dolgu materyali kalıntıları içerebilir [188]. Mandibular molarlarda mesial köklerin %80'inden fazlasında isthmuslar gözlenmiştir [200]. Yapılan çalışmalar, kanal tedavisi tekrarından sonra isthmuslarda daha fazla miktarda kanal dolgu materyali kaldığını göstermiştir [161, 196, 201]. Campello ve ark.'nın yaptığı bir *in vitro* çalışmada [182], kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında XPFR'nin kullanılmasının isthmuslar dahil olmak üzere uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarında %42'lik bir azalma sağladığı gösterilmiştir [197].

1.7.2. Kök Kanal Segmenti

Kök kanalının apikal üçte biri, karmaşık anatomisi (lateral kanallar, apikal dallanmalar, apikal delta ve düzensiz apikal foramenler) ve mekanik enstrümantasyon ve geleneksel kök kanal irrigasyon aktivasyon tekniklerinin sınırlı imkanları nedeniyle tam temizlik için en kritik alandır. Bir histolojik çalışma, temel enstrümantasyon ve konvansiyonel irrigasyondan sonra kanalın apikal kısmında önemli miktarda doku ve bakteriyel biyofilm kaldığını göstermiştir [186]. Kanal tedavisi tekrarında da apikal bölge bu nedenle önemlidir. Kanal tedavisi tekrarı çalışmalarının bir kısmında temizlik ve dezenfeksiyon için kritik bir öneme sahip olan apikal bölgede, koronal ve orta üçlüye kıyasla daha fazla uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali bulunmuştur ve apikal bölgede kanal dolgu materyallerinin tamamen çıkarılmasının çoğunlukla sağlanamadığı gösterilmiştir [161, 178, 197, 199, 202, 203]. Kim ve ark., rezin ve kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarını kök kanallarından uzaklaştırdıkları bir çalışmada kanal dolgu patı türünden bağımsız olarak apikal üçte birde, orta ve koronal üçte birlik kısımlara kıyasla daha fazla materyal kalıntısı bulunduğunu bildirmiştir [197].

1.7.3. Giriş Kavitesi Şekli

Mandibular oval dişlerde kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında sınırlı giriş kavitesi ve geleneksel giriş kavitesi tasarımının etkisi incelenmiş ve sınırlı giriş kavitesi tasarımında kök kanallarında daha fazla miktarda uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali kaldığı görülmüştür [204].

1.7.4. Aletlerin Performansı

Son yıllarda kanal tedavisi veya kanal tedavisi tekrarı için pek çok yeni kanal aleti ve cihazlar piyasaya sürülmüştür. Herhangi bir eğe sisteminin klinik performansı; tasarım, kesme etkinliği ve kinematik dahil olmak üzere çeşitli etkenlerle ilişkilidir [205]. Literatürde paslanmaz çelik el eğeleri, nikel-titanyum döner eğeler, resiprok eğeler ve adaptif hareket yapan eğeler hem birbirleriyle hem de kendi içlerinde kanal dolgu materyallerini uzaklaştırma etkileri bakımından karşılaştırılmıştır. Birçok çalışma, rotary veya resiproc eğelerin daha fazla miktarda kanal dolgu materyali uzaklaştırdığını, diğer bazı çalışmalar ise kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında el eğelerinin daha etkili olduğunu bulmuştur [128, 140, 192, 202].

Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında rotary ve resiprok eğeler ile ilgili literatürde çelişkili sonuçlar mevcuttur. Çok sayıda çalışma, kanal dolgu tekniği ve kullanılan

materyalden bağımsız olarak rotary ve resiprok sistemler arasında benzer etkinlik bildirmektedir [87, 127, 142, 206]. Bununla birlikte, epoksi rezin içerikli veya kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının uzaklaştırılmasında resiprok sistemlerin döner sistemlerden daha etkili olduğu bildirilmiştir [129, 189, 207]. Çapar ve ark.'nın yaptığı bir *in vitro* çalışmada mandibular molar dişlerin mesial kanallarının kanal tedavisi tekrarında PTUR aletleri kullanılarak sürekli rotasyona kıyasla adaptif hareketlerde daha az kanal dolgu materyali kalıntıları gözlenmiştir [208]. Mevcut sonuçlar, aletlerin hareketinin kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında önemli bir etken olduğunu ortaya koymuştur.

Yenilikçi alet tasarımlarına sahip Ni-Ti döner eğe sistemleri kanalın anatomik düzensizliklerine uyum sağlayarak dezenfeksiyon ve temizlemeyi artırma hedefiyle tanıtılmıştır. Bu sistemler SAF, TRUShape (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK, ABD), XP-endo Shaper (XPS) ve XPFR'den oluşmaktadır. SAF, TRUShape ve XPS aletlerinin kullanıldığı bir çalışmada mandibular molarların mesial kanallarının apikal 5 mm'sinde, bu aletlerin önemli miktarda kanal dolgu materyali uzaklaştırdıkları bildirilmiştir [88].

1.7.5. Kullanılan Materyaller

1.7.5.1. Kanal dolgu patları

Kanal tedavisi tekrarı sırasında kök kanalının dezenfeksiyonunun önemi göz önünde bulundurulduğunda sadece gutta-perka değil aynı zamanda kök kanal duvarından ve mekanik olarak erişilemeyen yan kanallardan da kanal dolgu patının uzaklaştırılması önemlidir [115, 209]. Grossman'a göre ideal bir kanal dolgu patının özelliklerinden biri gerektiğinde kanaldan kolayca uzaklaştırılmasıdır [210]. Patların uzaklaştırılma kolaylığı; dentin ve gutta-perkaya adezyonu, dentin tübüllerine nüfuz etme derecesi, film kalınlığı, boyut değişikliği, akışkanlığı ve çözünürlüğü gibi özellikleriyle ilişkilidir [211]. Epoksi-rezin içerikli AH Plus mükemmel fiziko-kimyasal özellikleri nedeniyle kanal dolgu patının değerlendirilmesinde altın standart olarak kabul edilmektedir [212]. Günümüzde biyoseramik içerikli kanal dolgu patları, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin çok iyi olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Rezin ve biyoseramik içerikli kanal dolgu patlarının kök kanallarından uzaklaştırılması zor olduğundan güncel çalışmalar bu iki kanal dolgu patı türüne odaklanmıştır ve literatürde bu iki patın kanallardan uzaklaştırılmasıyla ilgili sonuçlar çelişkilidir. Bazı çalışmalar biyoseramik içerikli kanal dolgu patlarının uzaklaştırılmasının epoksi rezin içerikli patlara göre daha zor olduğu sonucuna varırken [18, 213], diğer çalışmalarda tam tersi sonuçlar bulunmuştur [214-216].

Literatürde bu iki kanal dolgu patının kanallardan uzaklaştırılma miktarlarının benzer olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur [217, 218].

1.7.5.2. Kimyasal Çözücüler

Çözücüler geleneksel olarak gutta-perka ve kanal dolgu patının kanal tedavisi tekrarı sırasında uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak için kullanılır. Her ne kadar döner aletlerin kullanımı, materyalin uzaklaştırılması için çözücülerin kullanımını azaltsa da bazı araştırmalarda çözücüler, döner aletlerle birlikte kullanılmaktadır [87, 219]. Çözücü kullanmanın yararları ile ilgili herhangi bir fikir birliği yoktur. Çözücüler; sulkus, isthmus, lateral kanallar ve herhangi bir düzensizliği tıkayacak ince bir yumuşatılmış gutta-perka tabakası oluşturarak kanal dolgu materyalinin kanaldan uzaklaştırılmasını daha da zorlaştırabilmektedir [136, 140, 220]. Bu nedenle bazı çalışmalar çözücü kullanımından kaçınılmasını önermektedir [137, 221].

1.7.6. Kanal Dolgu Tekniği

Kanal dolgu tekniğinin, kanal tedavisi tekrarı işleminden sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarı üzerinde etkisi olabilmektedir. Tek kon yöntemi çalışmalarda en sık kullanılan tekniktir. Tek kon tekniğiyle doldurulmuş kök kanalında gutta-perkanın kök kanallarından uzaklaştırılması, iyi sıkıştırılmış soğuk lateral kondenzasyon veya sıcak vertikal kondenzasyon teknikleriyle doldurulmuş kanallardaki gutta-perkanın uzaklaştırılmasına kıyasla nispeten basittir [222]. Bununla birlikte, tek kon uygulanan kök kanal dolguları için kullanılan daha fazla miktarda pat, bunların uzaklaştırılmasının daha zor olduğu anlamına da gelebilmektedir [197, 223].

Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında kanal dolum tekniklerinin etkisi karşılaştırılmıştır. Kök kanallarını doldurmak için sıcak vertikal kondenzasyon tekniği kullanılan bir çalışmada hem XPF hem de XPFR eğesi kullanımından sonra kanal dolgu materyali kalıntılarının miktarı daha yüksek bulunmuş ve kanal dolum tekniğinin XP endo eğelerinin verimliliğini etkilediği sonucuna varılmıştır [183, 184]. Bu sonuç sıcak vertikal kondenzasyon tekniğinde kök kanal sistemindeki düzensizliklerin hem termoplastik gutta-perka hem de pat ile dolmasına, tek kon tekniğinde bu alanların sadece pat ile dolmasına bağlanmıştır [224]. Öte yandan başka çalışmalarda farklı kanal dolum teknikleri kullanılarak doldurulan kök kanallarından uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarında teknikler arasında farklılık bulunmamıştır [37, 225-227].

1.7.7. Kök Kanalının Doldurulma Zamanı

Kanal tedavisi tekrarıyla ilgili çalışmalar kanal dolgu patının sertleşmesini sağlamak için kök kanalı doldurulduktan en az 1 hafta ile en fazla 6 ay sonra yapılmıştır [24, 25, 27, 127, 228]. Saklama süresinin kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasındaki etkisini karşılaştıran bir çalışmada kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patı kullanılarak doldurulmuş oval kanallı dişler 2 hafta veya 6 ay süreyle bekletilmiş ve mekanik enstrümantasyon ile kanal dolgusunun uzaklaştırılmasının ardından XPFR uygulanmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarının 6 aylık grupta 2 haftalık gruba kıyasla daha fazla olduğu bildirilmiştir [25]. Bu çalışmada yazarlar, kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının biyomineralizasyon sürecinin zamana bağlı olduğunu ve zamanla da bu durumun pat ile dentin arasındaki bağlanma kuvvetini artırıp uzaklaştırılmasının daha zor olabileceğini düşünmelerine rağmen sonuçlar bunun tersini göstermektedir.

1.7.8. Final Apikal Boyut

Literatürde kanal tedavisi tekrarı sırasında kök kanalının ne kadar genişletilmesi gerektiği konusunda fikir birliği yoktur. Kanal tedavisi tekrarında kullanılan eğelerin boyutu, başlangıç preperasyon boyutundan daha küçükse kanal dolgu materyallerinin tamamen çıkarılmasının mümkün olup olmadığı şüphelidir. Uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azaltmak için kanal tedavisi tekrarında kullanılan eğelerin boyutu en azından ilk preperasyon boyutuyla aynı veya bundan daha büyük olması gerekmektedir [19, 127]. Yapılan çalışmalarda, başlangıç apikal preperasyon boyutundan daha büyük eğelerle apikalin genişletilmesinin, materyal kalıntılarını önemli ölçüde uzaklaştırdığı bildirilmektedir [127, 229].

1.8. Kanal Tedavisi Tekrarı Çalışmalarında Kullanılan Yöntemler

Kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılması klinik olarak dokunma hassasiyeti ve aletlerin üzerinde materyal kalıntısı olmaması ile değerlendirilmektedir. Fakat bunlar subjektif değerlendirme yöntemleridir. Kök kanalındaki materyal kalıntısı miktarını değerlendirmek için araştırma yöntemleri genel olarak iki farklı kategoriye ayrılabilir. Bunlardan ilki kök kanal boşluğunun açığa çıkarılarak yapıldığı doğrudan görüntüleme, diğeri ise dolaylı görüntüleme teknikleridir [39].

1.8.1. Doğrudan Görüntüleme Yöntemleri

Doğrudan görüntüleme, kanal dolgu materyali uzaklaştırıldıktan sonra kök kanal boşluğundaki materyallerin gözlemsel incelemesini içerir. Diş kökünü ayırarak ya da dişlerin şeffaf hale getirilmesiyle inceleme yapılır [39].

1.8.1.1. Dişlerin İkiye Ayrılması

Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılmasını takiben dişlerin dikkatli bir şekilde uzunlamasına ikiye ayrılmasını ve kanaldaki materyal kalıntılarının değerlendirilmesini içerir. Çoğu çalışmada kanal duvarlarına kazara hasar vermemek ve uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarında değişikliğe sebep olmamak için öncelikle dişlerin uzun aksına çelik disk veya elmas frezler ile yüzeysel paralel oluklar açıldıktan sonra keski veya çekiç kullanılarak bukkolingual yönde yavaş bir şekilde uzunlamasına bölünür [230, 231].

Kök kanal boşluğunda uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin daha fazla değerlendirilmesine yardımcı olmak için ikiye ayrılmış köklerin görüntüleri bir kamera veya bir stereomikroskop kullanılarak elde edilebilir [141, 232]. Çalışmaların çoğunda kökün her iki yarısından görüntü alınarak ölçüm yapılırken [233], bazı çalışmalarda bölünmüş kökün her iki yarısı yerine, genellikle daha fazla miktarda materyal kalıntısına sahip olduğu düşünülen yarısı veya temsili bir bölümü değerlendirilir [234, 235]. Bu yöntemin uygulamasının basit olması, maliyetinin düşük olması, kanal duvarlarının doğrudan görüntülenmesine olanak sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır. Bununla birlikte, ikiye ayırma işlemi sırasında materyal kalıntılarının yerinden çıkarak kaybolması sonucu ölçülen miktarın gerçek miktardan daha az olması ve yine ikiye bölme işlemi sırasında oluşan debris ve dentin tozunun kanal duvarlarını kirleterek ölçülen miktarın fazla çıkması gibi hatalı sonuçlara sebep olacak dezavantajları vardır [39].

1.8.1.2. Taramalı Elektron Mikroskobu

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemesi kanal tedavisi tekrarı sonrası kök kanalındaki smear tabakasını ve organik debrisleri gözlemleyebilen tek tekniktir. Ayrıca SEM ile yapılan değerlendirmelerde kök kanal duvarındaki uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali de detaylı incelenmektedir. İkiye ayrılmış köklerin kanal duvarları SEM kullanılarak x12 ile x25000 arasında değişen büyütmelerde değerlendirilir [225, 236].

Dentin tübülleri SEM'de uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalleri açısından değerlendirilirken smear tabakası ve uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali arasında ayrım yapmak mümkün değildir. Bu nedenle kanal doldurulmadan şekillendirme sırasında smear tabakasının uzaklaştırılması için etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) gibi şelasyon ajanları kullanılmalıdır. Bu tekniğin dezavantajı iki boyutlu olması ve tüm yüzey alanından ziyade kök kanalının belirli bölümünün değerlendirilmesinin mümkün olmasıdır [39].

1.8.1.3. Dişlerin Şeffaflaştırılması

Kanal duvarlarında uzaklaştırılamayan dolgu materyalinin daha iyi görüntülenmesine yardımcı olmak için kullanılan bir diğer yaygın teknik de dişlerin şeffaflaştırılmasıdır. Tipik olarak işlem %5'lik nitrik asit gibi dekalsifiye ajanların kullanılmasını, etil alkol ile dehidrasyonunu ve ardından diş örneğini şeffaf hale getiren metil salisilat içine daldırmayı içerir. Kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali, diş örneklerini ikiye bölmeye gerek kalmadan doğrudan gözlemlenebilir. Kanal duvarındaki dolgu materyali kalıntıları bukkolingual ve mesiodistal yönlerde mikroskopta değerlendirilir. Bu tekniğin dezavantajı kök kanalı içerisindeki kanal dolgu materyallerinin şeffaflaştırma işlemleri sırasında zarar görmesidir [193].

1.8.2. Dolaylı Görüntüleme Yöntemleri

1.8.2.1. Radyografi

Uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin değerlendirilmesinde hızlı ve kolay bir yöntem olmasıyla beraber klinik olarak uygulanabilen tek yöntemdir. İki farklı açıdan alınan radyografiler ile kanal dolgu materyali kalıntıları alan cinsinden hesaplanmaktadır [190]. İki boyutlu olması nedeniyle uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin gerçek miktarı hatalı hesaplanabilir [237].

1.8.2.2. Mikro BT

Diş üzerinde fazladan bir işlem gerektirmeyen mikro BT yöntemi daha yüksek çözünürlük ve daha iyi ayrıntılar sağlar. Bilgisayar yazılımının üç boyutlu görüntüleme tekniğiyle birlikte kullanılması, hacimsel (mm^3) ölçümlere izin vererek doğru niceleme yapılmasına yardımcı olabilmektedir. Kanal dolgu materyalinin uzaklaştırıldığı çalışmalarda mikro BT taraması kök kanalının doldurulmasından sonra, mekanik entrümantasyonlarla kanal dolgusunun uzaklaştırılmasından sonra ve aktivasyon tekniklerinin kullanılmasından sonra

olmak üzere 3 aşamada yapılmaktadır [27, 143]. Böylelikle uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin hacmi, ilk kanal dolgu materyali hacmine göre hesaplanabilir. Böylece uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarının daha doğru bir ölçütü verilir [142]. Maliyetli ve zaman alıcı olmasının yanında geleneksel radyografilere göre yüksek radyasyon dozundan dolayı klinik ortamda uygulanamaması gibi dezavantajları vardır. Ayrıca bu yöntem dentin tübüllerinden uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerini SEM analizindeki gibi yüksek çözünürlükte görüntüleyemediğinden ölçülen miktar, gerçek miktardan az olabilir [39].

1.8.2.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

Hızlı uygulanabilen bir yöntem olması, *in vivo* çalışmalarda uygulanabilmesi ve diş örneklerinin üç boyutlu değerlendirilebilmesi gibi avantajlara sahiptir. Mikro BT gibi geleneksel radyografilere kıyasla yüksek radyasyon dozu nedeniyle klinik ortamda uygulanamaz. Kök kanalı içerisindeki gutta-perka ve kanal dolgu patı gibi radyoopak maddeler KIBT görüntülerinde artifaktlara neden olabilir. Bu durumlar dezavantajları olarak kabul edilir [238].

1.8.3. Diğer Yöntemler

Skorlama yöntemi bu tür çalışmalarda kullanılan yöntemlerdendir. Fakat bu yöntemde gözlemci yanlılığı olabilmektedir. Bunun üstesinden gelmek için körleme çalışması yapılmalıdır [39].

Bir diğer yöntem olan ağırlık değerlendirmesi; girişimsel olmayan, kolay ve basit bir yöntemdir. Uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarını değerlendirmek için dolgu materyalinin uzaklaştırılmasından önceki ve sonraki ağırlık farkı hesaplanmaktadır. Dezavantajı ağırlıktaki farklılığın yalnızca uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarıyla ilgili olmamasıdır [39]. Dişin nemini kaybetmesi, uzaklaştırma esnasında bir miktar dentin kaybı sonuçların doğruluğunu etkileyebilir.

İrrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin miktarının azaltılması için alternatif bir yoldur. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında irrigasyon aktivasyon tekniğini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır [27, 32, 111, 154, 159]. Günümüzde kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında PIPS, PUİ ve XPFR etkinliği test edilmesine rağmen EDDY'nin etkinliği hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [142, 159]. Bu nedenle çalışmamızda rezin içerikli AH Plus ve kalsiyum silikat içerikli Sure Seal Root kanal dolgu patlarıyla doldurulmuş oval kanallardan kanal dolgu

materyallerinin uzaklaştırılmasından sonra kullanılan EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile yapılan aktivasyon tekniklerinin etkinliğini karşılaştırmak amaçlanmıştır. Bu çalışmanın H_0 hipotezleri; ‘’$H_0$1: AH Plus ve Sure Seal Root kanal dolgu patlarının kök kanallarından sökülebilirliliği arasında anlamlı fark yoktur, $H_0$2: Aktivasyon öncesi ve aktivasyon sonrası kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarı arasında anlamlı fark yoktur**,** $H_0$3: EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR aktivasyon teknikleri ile uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarı arasında anlamlı fark yoktur.’’ şeklinde kurulmuştur.

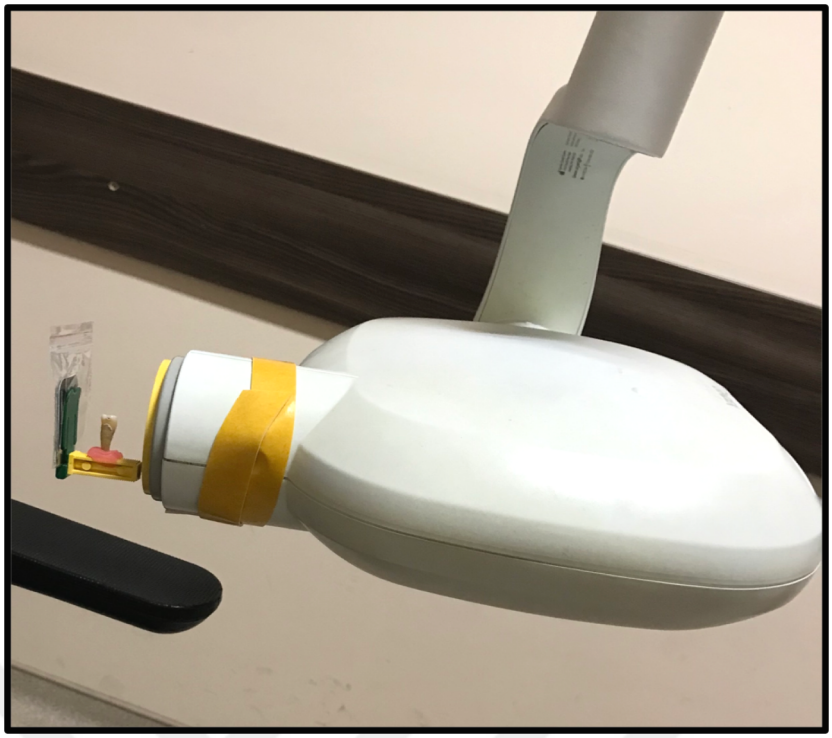
2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Etik Kurul Onayı

Araştırma için gerekli olan etik kurul onayı Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 26.06.2019 tarihinde ve 2019.06.24 numaralı kararıyla alındı (Ek-1) ve Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 2019/129 proje numarası ile desteklendi. Araştırmaya alınacak örneklem sayısını belirlemek için G* Power v3.1 (Heinrich Heine, Universität Düsseldorf) programı kullanıldı. 0.40 etki büyüklüğünde (f), 0.05 anlamlılık düzeyinde (p), 0.85 güçte (1-β) her grupta en az 11 örnek olması gerektiği belirlendi.

2.2. Dişlerin Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri

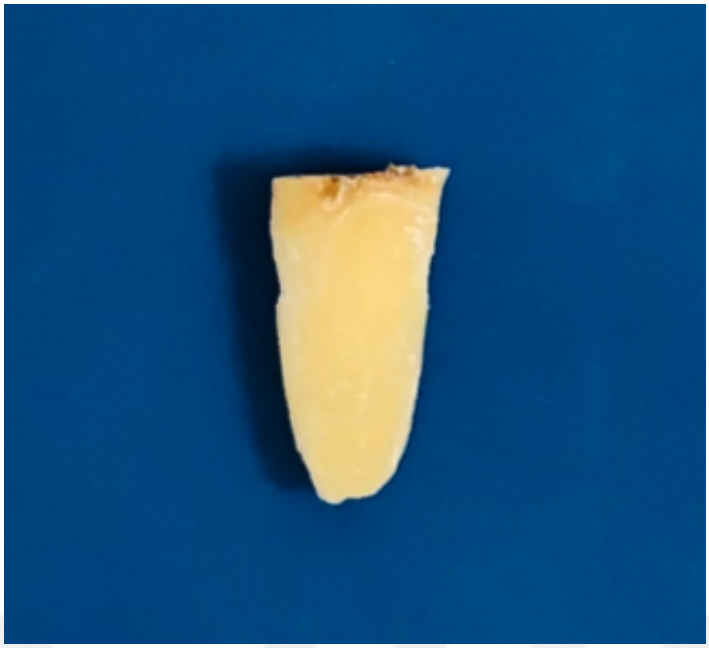
Çalışmamızda 88 adet ortodontik veya periodontal nedenlerle çekilmiş anatomik malformasyonu olmayan, kök ucu kapanmış, düz ve tek köklü mandibular premolar dişler kullanıldı. Kalsifikasyon, rezorpsiyon ve birden fazla kök kanalı olmadığını tespit etmek için dijital röntgen cihazı (Gendex Dental Systems, Hatfirld, PA 19440 USA) ve fosfor plak (Soredex, Helsinki, Finland) kullanılarak dişlerden mesiodistal ve bukkolingual yönde paralel teknikle radyografiler elde edildi (Şekil 2.1) ve ölçümlerden sonra oval şekilli tek kanallı dişler seçildi (Şekil 2.2). Çürüklü, eğri köke sahip, önceden endodontik tedavi uygulanan, rezorptif defekti bulunan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Dişlerin yüzeyindeki diştaşı ve periodontal ligament artıkları kretuar ile temizlendi. Örnekler %0,1 timol solüsyonunda dezenfekte edildi ve 4°C'de distile su içinde saklandı.



Şekil 2.1 Dişlerin paralel teknikle radyografilerinin alınması



Şekil 2.2 Dişlerin mesiodistal ve bukkolingual açıdan kök kanal çapının ölçülmesi



Şekil 2.3 Kronu uzaklaştırılan diş örneği

2.3. Kök Kanallarının Preperasyonu ve Doldurulması

Apeksten itibaren 16 mm kök boyu ölçülerek su soğutması altında steril frezlerle dişlerin kronları uzaklaştırıldı (Şekil 2.3) ve kök boylarının standardizasyonu sağlandı. Apikal açıklığı kontrol etmek ve çalışma boyunu belirlemek için dental operasyon mikroskobu (OPMI Pico; Carl Zeiss Meditec, Jena, Almanya) büyütmesi altında #15 K-tipi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) eğe ucu apikal foramende görülene kadar kanal boyunca ilerletildi. Çalışma boyu apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Daha sonra tüm kök kanalları, X-Smart™ Plus endodontik motor (Dentsply Maillefer) ve ProTaper Universal eğeleri (Dentsply Maillefer) kullanılarak crown-down tekniğiyle F4 eğesine kadar genişletildi. Her bir alet değişiminde apikal açıklık #15 K-tipi eğe ile kontrol edildi ve 2 mL %2,5 sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu ile irrigasyon yapıldı. Şekillendirmenin tamamlanmasından sonra final irrigasyon 2 mL %17 EDTA (Werax, İzmir, Türkiye), 2 mL %2,5 NaOCI ve 5 mL distile su ile gerçekleştirildi. Kök kanalları paper point (Meta Dental Co., Ltd., Korea) ile kurutuldu. Dişler bu aşamada kullanılan kanal dolgu patına göre basit randomizasyon tekniği ile 2 gruba ayrıldı.

Grup 1: AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) kanal dolgu patı, ana kon #40/.06 F4 gutta-perka (Dentsply Maillefer) yardımıyla kök kanalına yerleştirildi. Spreader ile kök kanalı kontrol edilerek #30, #25 ve #20 numara, 0,02 eğim açılı gutta-perkalar ile soğuk lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanalları dolduruldu.

Grup 2: Sure Seal Root (SureDent Corporation, Seongnam, Korea) kanal dolgu patı üreticinin önerdiği şekliyle şırıngaya bağlı ince uygulama uçları kanalın koronal üçte birine yerleştirilerek enjekte edildi. Daha sonra #40/.06 F4 gutta-perka kon, kanal dolgu patı ile kaplanarak kanala yerleştirildi ve AH Plus grubunda olduğu gibi soğuk lateral kondenzasyon tekniği ile dolduruldu.

Her iki grupta da fazla gutta perka kanal ağzından kesilerek uzaklaştırıldı ve uygun bir plugger kullanılarak vertikal kondenzasyon yapıldı. Giriş kavitesi gutta perka ve kanal dolgu patı artıklarından alkol ile temizlenip kurutulduktan sonra geçici dolgu materyali Coltosol F (Coltene Whaledent, İsviçre) ile kapatıldı. Doldurulan örnekler silikon esaslı ölçü maddesi (Zetaplus L Intro Kıt, Zhermack S.P.A. İtalya) kullanılarak eppendorf tüplere yerleştirildi (Şekil 2.6) ve kanal dolgu patının tamamen sertleşmesi için örnekler 2 hafta boyunca 37 °C ve %100 nemli bir ortamda etüvde (Nüve EN 025, Ankara, Türkiye) bekletildi.



Şekil 2.4 Çalışmamızda kullandığımız rezin içerikli AH Plus kanal dolgu patı



Şekil 2.5 Çalışmamızda kullandığımız biyoseramik içerikli Sure Seal Root kanal dolgu patı



Şekil 2.6 Dişlerin eppendorf tüplere yerleştirilmesi



Şekil 2.7 Çalışmada kullanılan etüv

2.4. Kök Kanal Dolumunun Sökümü

Örnekler 2 hafta sonra etüvden çıkartılarak kanal dolguları PTUR (Dentsply Maillefer) (D1, D2, D3) eğeleri kullanılarak uzaklaştırıldı. Kök kanal dolgusu; koronal üçte birde D1 (30/.09) retreatment eğesi, orta üçte birde D2 (25/.08) retreatment eğesi ve çalışma boyunda da D3 (20/.07) retreatment eğesi kullanılarak uzaklaştırıldı. Retreatment eğeleri üretici firmanın önerdiği gibi 500 rpm ve 2 Ncm'lik bir tork ile minimal apikal basınç ile kullanıldı. Retreatment eğelerinden sonra F4 eğesi çalışma boyunda kullanıldı. Her alet değişimi arasında kök kanalı 2 mL %2,5 NaOCl ile yıkandı. Gutta perkayı uzaklaştırma işlemi bittiğinde 2 mL %17 EDTA ile irrigasyon yapıldı. Preparasyon boyunca irrigasyon, her zaman çalışma uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde 30-gauge enjektör ucu (NaviTip, Ultradent, Amerika) kullanılarak gerçekleştirildi.

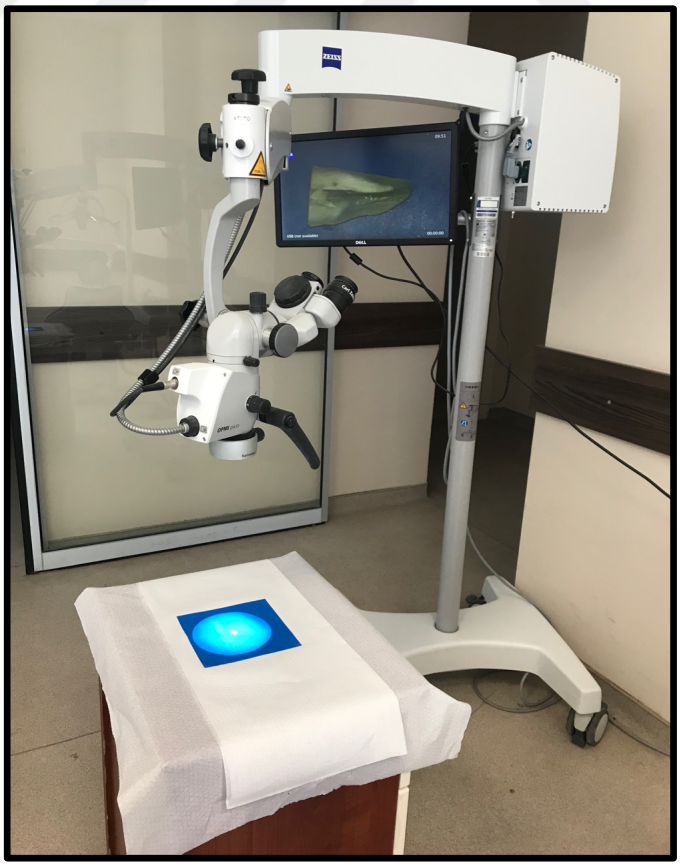
2.5. Örneklerin Bukkolingual Yönde İkiye Ayrılması ve Görüntülerin Değerlendirilmesi

Protaper retreatment eğeleriyle kök kanal dolgusu uzaklaştırıldıktan sonra tüm dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerine elmas separe ile uzun aksa paralel oluklar açıldı. Bu işlem sırasında çıkan tozun kanal içine girişini önlemek amacıyla kanal ağızları pamuk ile kapatıldı.

Daha sonra bu oluklara yerleştirilen bir siman spatülü ve çekiç yardımıyla dişler bukkolingual yönde ikiye ayrıldı. Ayrılma işlemi esnasında incelemeye engel olacak şekilde kırılan örnekler tekrarlandı.

Dental operasyon mikroskobu yardımıyla sabit uzaklıkta 1.6X büyütmede her iki diş yarısından dahili kamera ile JPEG formatında görüntüler elde edildi (Şekil 2.8) ve bilgisayara aktarıldı. Elde edilen görüntüler üzerinde uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin alanı ve kök kanalının alanı görüntü analiz yazılım programı olan ImageJ (V. 1.8.0_172) ile piksel cinsinden ölçüldü (Şekil 2.9 ve 2.10). Kökün her iki yarısından ayrı ayrı hesaplanan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin yüzey alanlarının ortalaması ve toplam kök kanal yüzey alanlarının ortalaması hesaplanarak kaydedildi. Kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali yüzde oranı cinsinden aşağıda verilen formülle hesaplandı:

$$\frac{\text{Uzaklaştırılamayan Kanal Dolgu Materyalinin Alan Ortalaması}}{\text{Kök Kanalının Alan Ortalaması}} \text{ X } 100 = \text{Uzaklaştırılamayan Kanal Dolgu Materyalinin Yüzdesi}$$



Şekil 2.8 Dental operasyon mikroskobu

Her bir örnekte ImageJ ile yapılan her bir ölçüm üç kez tekrarlandı ve elde edilen ölçümlerin ortalaması alındı. Daha sonra dişlere EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile irrigasyon aktivasyonu uygulandıktan sonra yine aynı formülle uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin yüzdesi yeniden hesaplandı.



Şekil 2.9 ImageJ programı ile uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin yüzey alanının piksel cinsinden hesaplanması



Şekil 2.10 ImageJ programı ile kök kanal yüzey alanının piksel cinsinden hesaplanması

2.6. İrrigasyon Aktivasyon İşlemi

Ölçümler tamamlandıktan sonra ikiye ayrılan kökler birleştirildi, oluklar mum ile dolduruldu ve irrigasyon aktivasyonu uygulamak için hazırlandı. Her iki grup da basit randomizasyon tekniği ile 4 alt gruba ayrıldı. Grupların dağılımı şöyleydi:

Grup 1A: AH Plus / EDDY
Grup 1B: AH Plus / PUİ
Grup 1C: AH Plus / PIPS
Grup 1D: AH Plus / XPFR

Grup 2A: Sure Seal Root / EDDY
Grup 2B: Sure Seal Root / PUİ
Grup 2C: Sure Seal Root / PIPS
Grup 2D: Sure Seal Root / XPFR

İrrigasyon aktivasyon tekniklerinin uygulanışı şöyleydi:

EDDY Grubu: Dental ünite bağlanmış olan havalı kavitrona (TA-200-S4H MICRON, Ota-ku Tokyo, Japan) entegre sonik aktivatör uç EDDY (VDW, Münih, Almanya) üreticinin tavsiyelerine göre 6000 Hz ayarında çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde 5 mm boyunca korona-apikal yönde hareket ettirilerek kullanıldı.



Şekil 2.11 TA-200 havalı kavitron

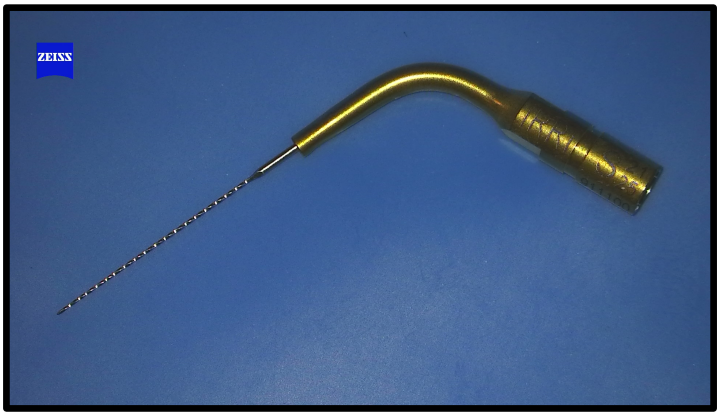


Şekil 2.12 Sonik aktivatör uç EDDY

PUİ Grubu: İrrigasyonun PUİ ile aktive edildiği gruplarda ultrasonik cihazı (EMS miniPiezon SA CH-1260 Nyon, İsviçre) ve kesmeyen bir ultrasonic uç (IRRI S 21/25 VDW, Münih, Almanya) %20 güç ayarında çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde üreticinin talimatlarına göre korona-apikal yönde hareket ettirilerek kullanıldı.

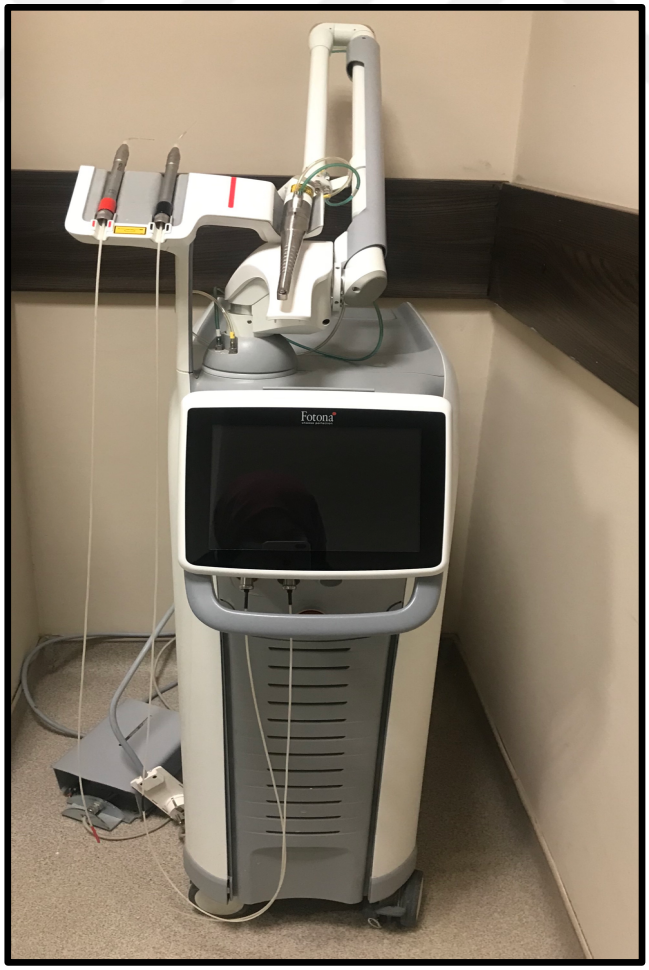


Şekil 2.13 Ultrasonik cihaz

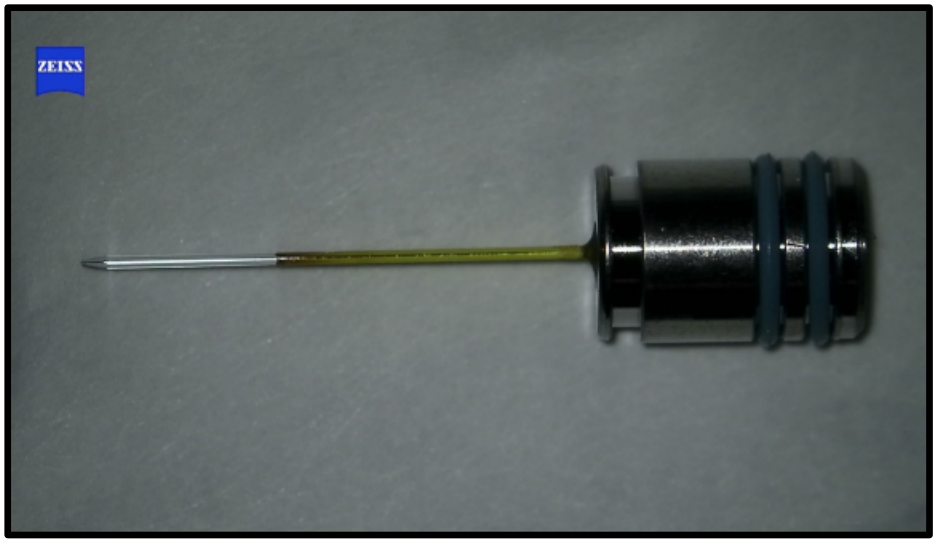


Şekil 2.14 Ultrasonik aktivasyon ucu

PIPS Grubu: Aktivasyon 2940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazere (Fotona Lightwalker AT M021-5AF/1 S Ljubljana Slovenia) ait H14-N başlığına takılan 14 mm uzunluğunda ve 300 µm çapında fiber optik PIPS ucu ile yapıldı. VSP modunda 1 W güçte, 20 Hz ve 50 mJ ayarlarında aktive edildi. Lazer ucu ana kanal duvarının iç yüzeyine dokunmadan kanalın koronal kısmına yerleştirildi.

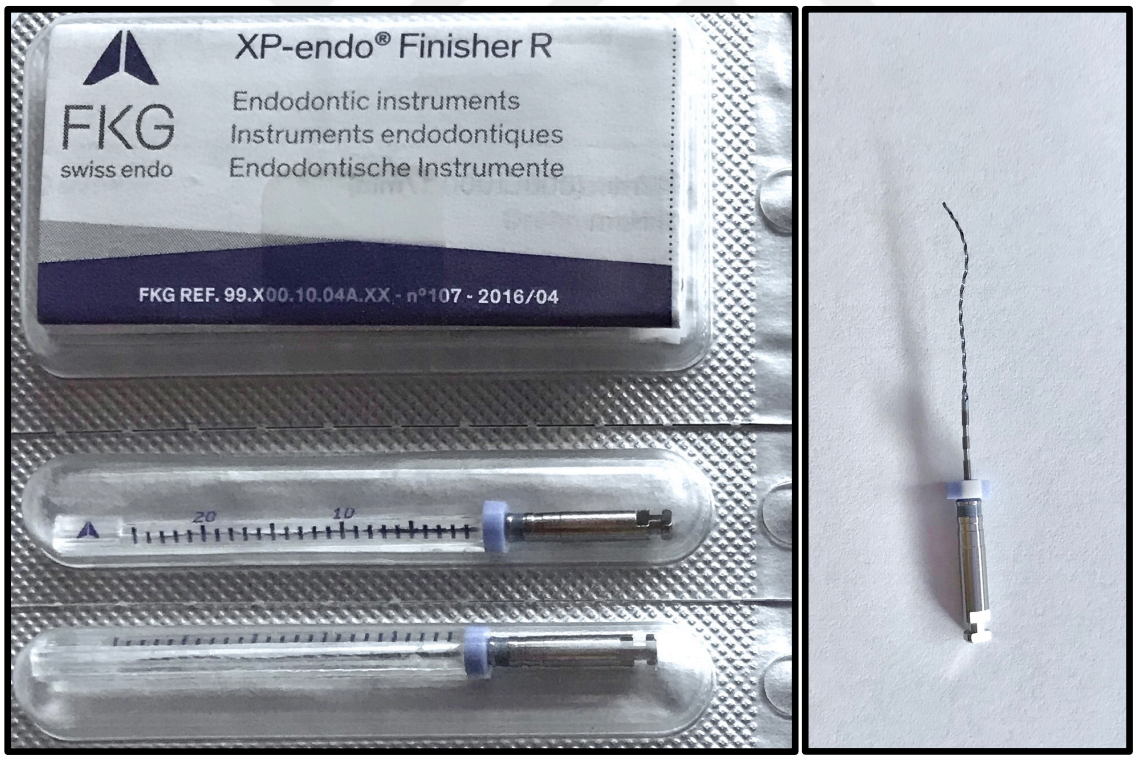


Şekil 2.15 Er:YAG lazer cihazı



Şekil 2.16 300 µm çapındaki PIPS ucu

XPFR Grubu: XPFR (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) kanalda 800 rpm hızda ve 1 Ncm tork değeriyle X-Smart Plus endomotor ile birlikte kullanıldı. XPFR eğesi çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yavaşça ileri-geri 7-8 mm korona-apikal yönde çalıştırıldı.



Şekil 2.17 XP-endo Finisher R eğesi

Tüm dişlerde irrigasyon ve aktivasyon işlemleri eş zamanlı uygulandı. Kanal tedavisi tekrarı işlemleri sabit sıcaklık sağlayan cihazın üzerine yerleştirilen içi su dolu cam bardak üzerinde 37 ^{o}C'de gerçekleştirildi. Dişler kökleri su içerisinde, kronları ise dışarıda kalacak

şekilde cam bardağın üzerine yerleştirilmiş rubber-dam örtüsüne sabitlendi. İrrigasyon solüsyonları da sabit sıcaklık sağlayan cihazın üzerine yerleştirilmiş içi su dolu kavanoz içinde bekletildi ve irrigasyon solüsyonlarının sıcaklıklarının 37 ºC'de olması termometre ile kontrol edildi (Şekil 2.18). Bu, XPFR aletinin faz değişikliğine uğrayıp ağız içine benzer koşullarda çalışabilmesi için yapıldı. Aktivasyon işlemleri 37 °C'de 6 ml %2,5 NaOCl; 20 s'lik ve 2 ml'lik periodlar halinde toplamda 60 s boyunca her örnekte uygulandı. Her bir sonik aktivatör uç, ultrasonik uç ve XPFR eğesi 2-3 kanalda kullanıldı ve daha sonra atıldı.



Şekil 2.18 Sabit sıcaklık sağlayan cihaz ve diş köklerinin 37 ºC'de su dolu cam bardak içindeki görünümü

İrrigasyon aktivasyon işlemlerinden sonra her iki kök yarısından tekrar görüntüler elde edildi ve ImageJ programına aktarılarak görüntülerdeki uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali yüzdesi daha önce anlatıldığı gibi değerlendirildi.

2.7. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada elde edilen veriler IBM SPSS 21 paket programı ile analiz edildi. Gruplar arasındaki farklılıklar incelenirken değişkenler normal dağılmadığı için Mann Whitney U ve Kruskal Wallis-H Testinden yararlanıldı. Kruskal Wallis-H Testinde anlamlı farklılıkların görülmesi durumunda Post-Hoc Çoklu Karşılaştırma Testi olarak Bonferroni Düzeltmeli Mann

Whitney U Testi ile aralarında farklılık olan gruplar belirlendi. Aktivasyondan önce ve aktivasyondan sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin ikili karşılaştırılmasında değişkenler normal dağılmadığı için Wilcoxon Testi kullanıldı. Anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edildi.

3. BULGULAR

Kullanılan kanal dolgu patı türü ve kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sonrası uygulanan irrigasyon aktivasyon tekniği gözardı edilerek aktivasyondan önce ve sonra kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarlarının yüzde oranlarının ikili karşılaştırılması tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarındaki değişimin oransal olarak (%) karşılaştırılması

Aktivasyon Zamanı	**Ort ± SS**	**Min**	**Maks**	***p***
Önce	89,75 ± 12,26	48,6	100	***0,001***
Sonra	13,87 ± 13,93	0	61,3	

Ort ± SS: Ortalama ve standart sapma, Min: Minimum değer, Maks: Maksimum değer.

Kök kanallarında aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05). Aktivasyondan sonra kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranı aktivasyondan öncekine oranla anlamlı derecede düşük bulundu (Tablo 3.1).

Kullanılan irrigasyon aktivasyon teknikleri gözardı edilerek AH Plus ve Sure Seal Root kanal dolgu patları için aktivasyondan önce ve sonra kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranlarının karşılaştırılması tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının kanal dolgu patları arasında oransal olarak (%) karşılaştırılması

Aktivasyon Zamanı	**Patlar**	**Ort ± SS**	**Min**	**Maks**	***p***
Önce	AH Plus	89,36 ± 13,02	59,9	100	*0,457*
	Sure Seal Root	90,14 ± 11,59	48,6	100	
Sonra	AH Plus	14,95 ± 15,51	0	58,4	*0,831*
	Sure Seal Root	12,78 ± 12,24	0	61,3	

Hem aktivasyon öncesi hem de aktivasyon sonrası her iki kanal dolgu patında da uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi (p>0,05) (Tablo 3.2).

Kullanılan aktivasyon teknikleri gözardı edilerek kanal dolgu patı türüne göre kök kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının aktivasyon öncesi ve sonrası karşılaştırılması tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3 Aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının kanal dolgu patlarına göre oransal olarak (%) değişimi

Patlar	**Aktivasyon Zamanı**	**Ort ± SS**	**Min**	**Maks**	***p***
AH Plus	Önce	89,36 ± 13,02	59,9	100	***0,001***
	Sonra	14,95 ± 15,51	0	58,4	
Sure Seal Root	Önce	90,14 ± 11,59	48,6	100	***0,001***
	Sonra	12,78 ± 12,24	0	61,3	

Hem AH Plus hem de Sure Seal Root kanal dolgu patı ile doldurulmuş kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranlarında aktivasyon öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05). Her iki kanal dolgu patında da aktivasyon sonrası elde edilen oran aktivasyon öncesi elde edilene göre anlamlı derecede düşük bulundu (Tablo 3.3).

Kullanılan kanal dolgu patı türü gözardı edilerek irrigasyon aktivasyonundan sonra kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının yüzde oranlarının karşılaştırılması tablo3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4 Aktivasyon sonrası kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin tekniklere göre oransal olarak (%) karşılaştırılması

Aktivasyon Tekniği	**Ort ± SS**	**Min**	**Maks**	***p***
EDDY	7,13 ± 6,52[a]	0	20,7	***0,001***
PUİ	11,59 ± 8,39[a]	1,8	37,7	
PIPS	31,32 ± 14,92[b]	11,8	61,3	
XPFR	5,43 ± 4,69[a]	0	15,6	

Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

Aktivasyon sonrası kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranına bakıldığında teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05). EDDY, PUİ ve XPFR ile yapılan aktivasyon sonrası kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali yüzdesi PIPS aktivasyon tekniğine göre anlamlı derecede düşük bulunurken, bu 3 teknik arasında anlamlı fark gözlenmedi (p>0,05) (Tablo 3.4).

Kullanılan kanal dolgu patı türü gözardı edilerek aktivasyon tekniklerine göre kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının aktivasyon öncesi ve sonrası karşılaştırılması tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5 Aktivasyon tekniklerine göre uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının aktivasyon öncesi ve sonrası oransal (%) değişimi

Aktivasyon Tekniği	Aktivasyon Zamanı	Ort ± Sd	Min	Maks	*p*
	Önce	87,78 ± 12,49	63,3	99,3	***0,001***
EDDY	Sonra	7,13 ± 6,52	0	20,7	
	Önce	93,39 ± 9,94	62,6	100	***0,001***
PUİ	Sonra	11,59 ± 8,39	1,8	37,7	
	Önce	90,53 ± 11,79	61,1	100	***0,001***
PIPS	Sonra	31,32 ± 14,92	11,8	61,3	
	Önce	87,31 ± 14,28	48,6	100	***0,001***
XPFR	Sonra	5,43 ± 4,69	0	15,6	

Tüm aktivasyon tekniklerinde kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranlarında aktivasyon öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi (p<0,05). Tüm aktivasyon tekniklerinde aktivasyon sonrası elde edilen oran aktivasyon öncesi elde edilen orana göre anlamlı derecede düşük bulundu (Tablo 3.5).

AH Plus kanal dolgu patı ile doldurulmuş kanallara EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile aktivasyondan sonra kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının yüzde oranlarının karşılaştırılması tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 AH Plus ile doldurulmuş kanallarda aktivasyon sonrası uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin aktivasyon tekniklerine göre oransal (%) karşılaştırılması

Aktivasyon Tekniği	Ort ± SS	Min	Maks	*p*
EDDY	8,65 ± 6,86[a]	0	20,7	***0,001***
PUİ	10,36 ± 7,73[a]	1,8	23,8	
PIPS	36,73 ± 13,68[b]	22,6	58,4	
XPFR	4,07 ± 4,66[a]	0	15,6	

Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

AH Plus kanal dolgu patı ile doldurulmuş kanallarda aktivasyon sonrası uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranına bakıldığında teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlendi (p<0,05). AH Plus kanal dolgu patında EDDY, PUİ ve XPFR ile yapılan aktivasyon sonrası kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranı, PIPS aktivasyon tekniğine göre anlamlı derecede düşük bulunurken (p<0.05), bu üç teknik arasında anlamlı farklılık gözlenmedi (p>0.05) (Tablo 3.6).

Sure Seal Root kanal dolgu patı ile doldurulmuş kanallara EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile aktivasyondan sonra kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının yüzde oranlarının karşılaştırılması tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7 Sure Seal Root ile doldurulmuş kanallarda aktivasyon sonrası uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin aktivasyon tekniklerine göre oransal (%) karşılaştırılması

Aktivasyon Tekniği	Ort ± SS	Min	Maks	*p*
EDDY	5,62 ± 6,1[a]	0	19,3	***0,001***
PUİ	12,81 ± 9,2[ab]	2,7	37,7	
PIPS	25,91 ± 14,7[b]	11,8	61,3	
XPFR	6,78 ± 4,52[a]	0,6	12,4	

Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05)

Sure Seal Root kanal dolgu patı ile doldurulmuş kanallarda aktivasyon sonrası uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranına bakıldığında teknikler arasında istatiksel olarak anlamlı farklılık gözlendi (p<0,05). Sure Seal Root kanal dolgu patında EDDY ve XPFR ile yapılan aktivasyon sonrası kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranı, PIPS aktivasyon tekniğine göre anlamlı derecede düşük bulunurken (p<0.05), EDDY, PUİ ve XPFR

teknikleri arasında ve PUİ ve PIPS teknikleri arasında anlamlı farklılık gözlenmedi (p>0.05) (Tablo 3.7).

AH Plus kanal dolgu patıyla doldurulmuş kanallarda her bir irrigasyon aktivasyon tekniği için aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranının karşılaştırması tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8 AH Plus ile doldurulmuş kanallarda her bir aktivasyon tekniğinden önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının oransal (%) değişimi

Aktivasyon Tekniği	Aktivasyon Zamanı	Ort ± SS	Min	Maks	*p*
	Önce	85,06 ± 14,79	63,3	98,5	***0,003***
EDDY	Sonra	8,65 ± 6,86	0	20,7	
	Önce	91,44 ± 12,88	62,6	100	***0,003***
PUİ	Sonra	10,36 ± 7,73	1,8	23,8	
	Önce	92,11 ± 11,87	61,1	100	***0,003***
PIPS	Sonra	36,73 ± 13,68	22,6	58,4	
	Önce	88,85 ± 13,04	59,9	100	***0,003***
XPFR	Sonra	4,07 ± 4,66	0	15,6	

AH Plus kanal dolgu patıyla doldurulmuş kanallara uygulanan EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile aktivasyon sonrası kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranlarında aktivasyon öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlendi (p<0,05). AH Plus kanal dolgu patında tüm aktivasyon tekniklerinde aktivasyon sonrası elde edilen oran aktivasyon öncesi elde edilene göre anlamlı derecede düşük bulundu. AH Plus grubundaki uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının EDDY ile %76,4, PUİ ile %81, PIPS ile %55,3 ve XPFR ile %84,7 oranında azaldığı görüldü (Tablo 3.8)

Sure Seal Root kanal dolgu patıyla doldurulmuş kanallarda her bir irrigasyon aktivasyon tekniği için aktivasyondan önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranının karşılaştırması tablo 3.9'da verilmiştir.

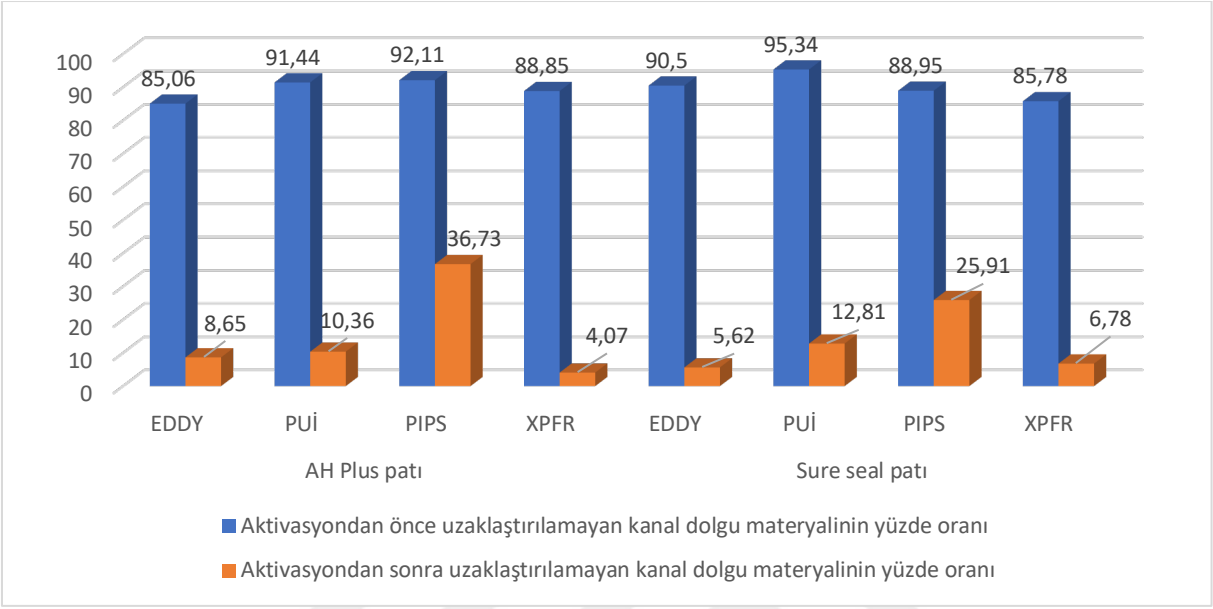
Tablo 3.9 Sure Seal Root ile doldurulmuş kanallarda her bir aktivasyon tekniğinden önce ve sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının oransal (%) değişimi

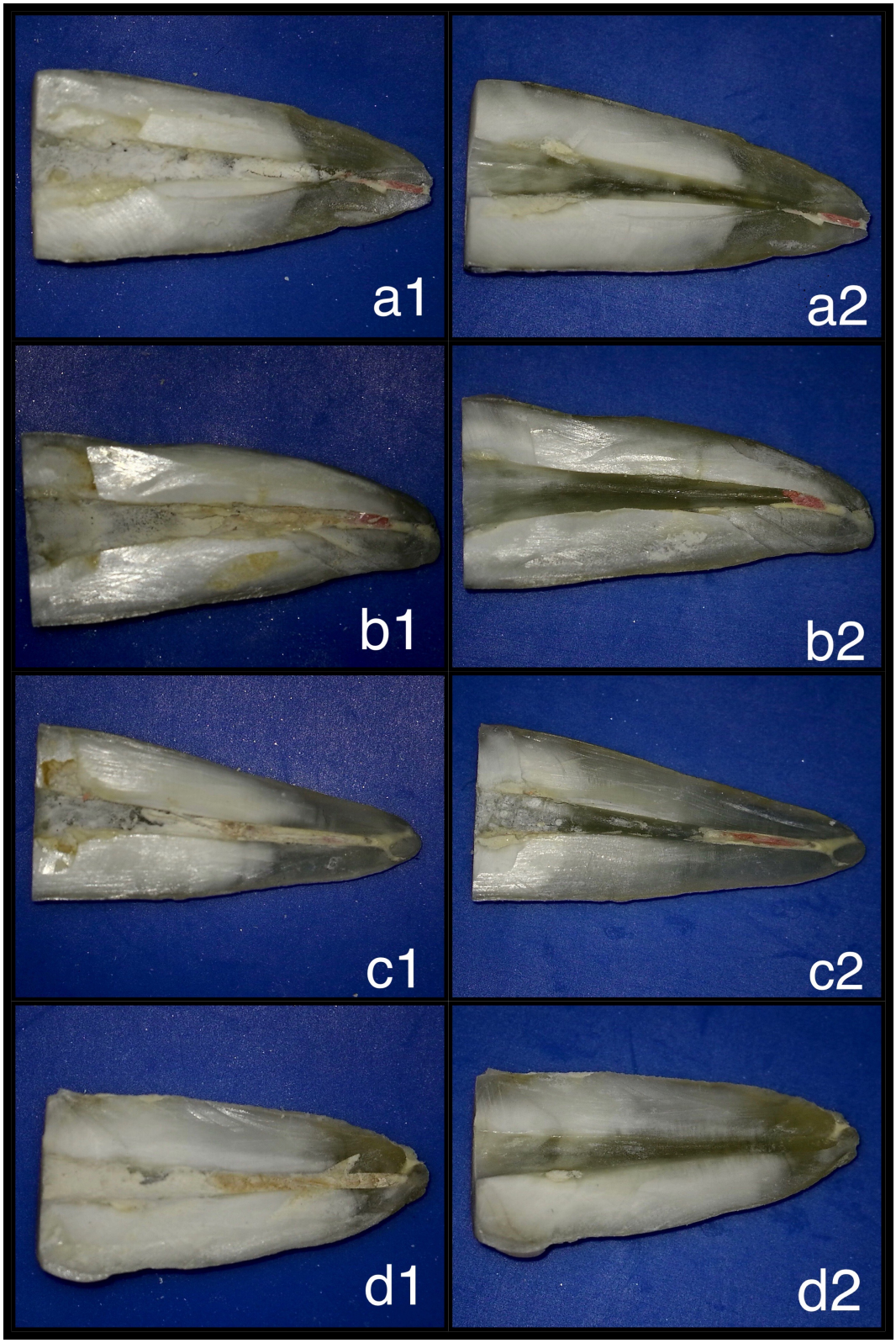
Aktivasyon Tekniği	**Aktivasyon Zamanı**	**Ort ± SS**	**Min**	**Maks**	***p***
	Önce	90,5 ± 9,63	67,1	99,3	***0,003***
EDDY	Sonra	5,62 ± 6,1	0	19,3	
	Önce	95,34 ± 5,78	80,9	100	***0,003***
PUİ	Sonra	12,81 ± 9,2	2,7	37,7	
	Önce	88,95 ± 12,06	66,8	100	***0,003***
PIPS	Sonra	25,91 ± 14,7	11,8	61,3	
	Önce	85,78 ± 15,91	48,6	99,2	***0,003***
XPFR	Sonra	6,78 ± 4,52	0,6	12,4	

Sure Seal Root kanal dolgu patıyla doldurulmuş kanallara uygulanan EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile aktivasyon sonrası kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranlarında aktivasyon öncesi ve sonrası istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlendi ($p<0,05$). Sure Seal Root kanal dolgu patında tüm aktivasyon tekniklerinde aktivasyon sonrası elde edilen oran aktivasyon öncesi elde edilene göre anlamlı derecede düşük bulundu. Sure Seal Root grubundaki uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının EDDY ile %84,8, PUİ ile %82,5, PIPS ile %63 ve XPFR ile %79 oranında azaldığı görüldü (Tablo 3.9).

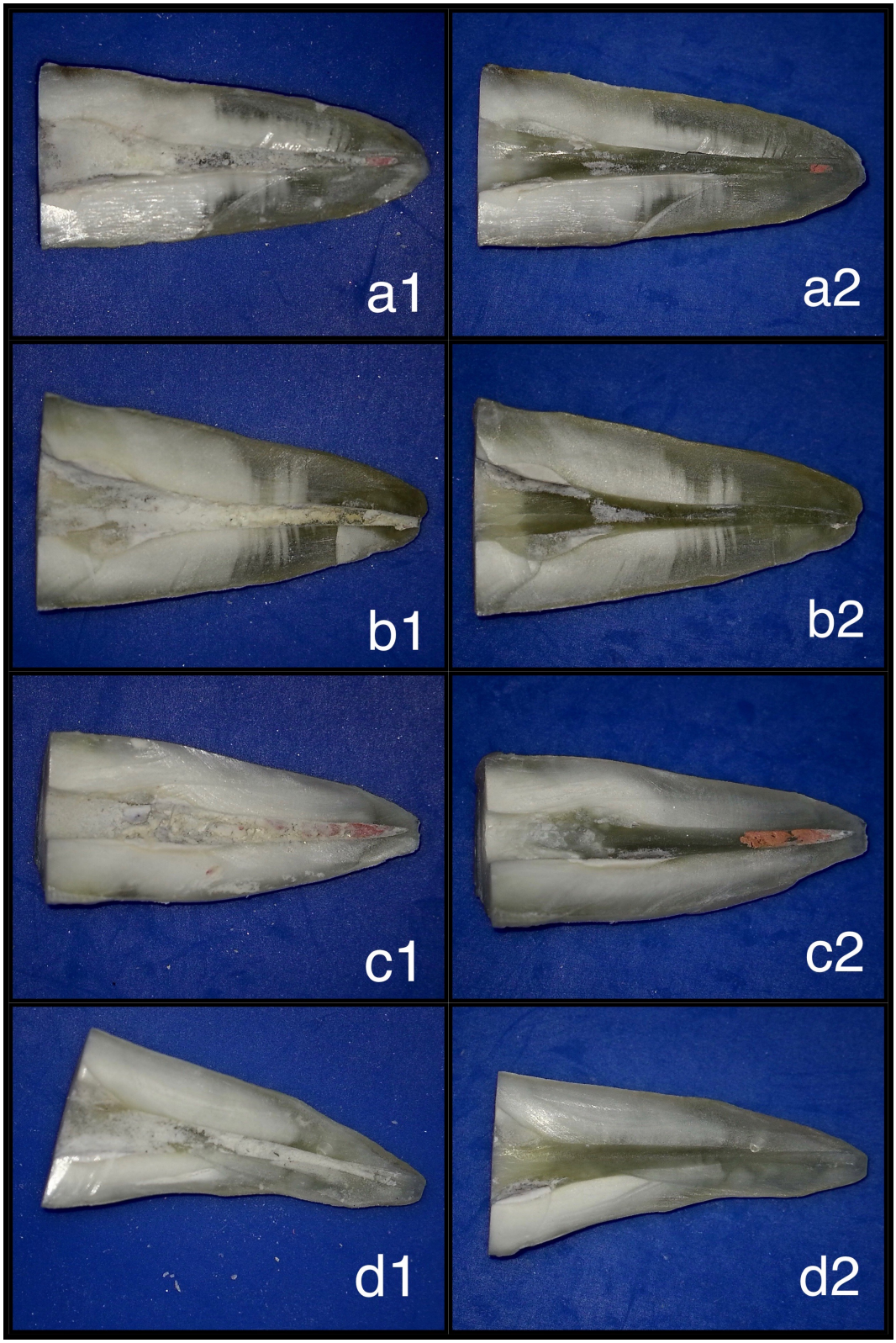
Aktivasyondan önce ve sonra tüm gruplarda kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranları garfik 3.1'de bir arada görülmektedir.

Grafik 3.1 Gruplara göre kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının yüzdesi





Şekil 3.1 AH Plus grubuna ait örneklerin aktivasyon öncesi (a1, b1, c1, d1) ve aktivasyon sonrası (a2, b2, c2, d2) uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin görünümü (a1, a2:EDDY; b1, b2: PUİ; c1, c2:PIPS; d1, d2: XPFR).



Şekil 3.2 Sure Seal Root grubuna ait örneklerin aktivasyon öncesi (a1, b1, c1, d1) ve aktivasyon sonrası (a2, b2, c2, d2) uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin görünümü (a1, a2:EDDY; b1, b2: PUİ; c1, c2:PIPS; d1, d2: XPFR).

4. TARTIŞMA

Kanal tedavisi tekrarı klinik olarak mevcut kanal dolgusunun tamamen uzaklaştırılmasının ardından kök kanallarının yeniden biyomekanik hazırlığını, dezenfeksiyonunu ve sızdırmaz bir şekilde doldurulmasını içerir [239]. Kök kanal tedavisinin yüksek başarı oranına sahip öngörülebilir bir uygulama olduğu çalışmalarla gösterilmiş olsa da herhangi bir sağlık uygulamasında olduğu gibi tedaviden sonra da başarısızlık gözlenebilir [240]. Dişin restore edilebilir olduğu ve periodontal olarak sağlıklı olduğu durumlarda diş kaybını önlemek için daha önce kök kanal tedavisi görmüş dişe kanal tedavisi tekrarı yapılabilir. Kanal tedavisi tekrarının başarı oranı önceki tedavinin mevcut durumuyla ilişkilidir. Operasyon öncesi komplikasyonlar, önceki kanal tedavisinin dolum kalitesi, apikal periodontitis varlığı, koronal dolgunun kalitesi kanal tedavisi tekrarında prognozu belirleyen önemli etkenlerdir [4, 241].

Kök kanal duvarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin varlığı, irrigasyon çözeltilerinin ve medikamentlerin örtülenmiş dentin yüzeyine temas etmesini önleyerek dezenfeksiyonu engeller. Bu nedenle kök kanal dolumunun sökülmesi esnasında mümkün olduğu kadar çok miktarda kanal dolgu materyalini uzaklaştırmak amaçlanır [242]. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması; önceki kanal dolgu tekniği, kullanılan retreatment enstrümanları, kullanılan kanal dolgu patı türü, işlem sırasında çözücü kullanılıp kullanılmaması, final apikal boyut ve kök kanal anatomisi dahil olmak üzere çeşitli etkenlere bağlıdır. Bu nedenle klinik olarak kanal dolgu materyalinin tamamen uzaklaştırılması zorlu bir süreçtir. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında elle ve cihazla kullanılan enstrümanlar, ısıtılmış enstrümanlar, irrigasyon solüsyonları ve kimyasal çözücüler kullanılmıştır [125]. Dentinin tübüler yapısı, istmuslar ve lateral kanallar gibi kök kanalının anatomik özellikleri nedeniyle, çoğu durumda iyi sıkıştırılmış guttta-perka ve patın tamamen çıkarılması imkansızdır [182]. Ayrıca kök kanalının oval şekilli olması da kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için fırçalama veya çevresel eğeleme hareketleri sıklıkla kullanılsa da yüksek oranda dokunulamayan alanlar kalır [163, 243]. Kullanılan teknik ve enstrümanlardan bağımsız olarak kanal tedavisi tekrarı sırasında kanal dolgu materyallerinin tüm örneklerde tamamen uzaklaştırılabildiğini gösteren bir çalışma bulunmamaktadır [19, 111, 159, 216]. Bu nedenle endodontide kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında yeni enstrüman ve teknik arayışı hala devam etmektedir.

Literatürde *in vitro* çalışmalarda gruplar arasındaki metodolojik standardizasyonun sağlanması önemlidir. Çalışmamızda örneklerin eşit dağılımını sağlamak için benzer anatomiye sahip düz köklü, tek ve oval kanallı mandibular premolar insan dişleri tercih edilmiştir. Oval şekilli kanalların dairesel olmayan anatomilerinden dolayı girintilere örtülenen materyalin çıkarılması zordur ve bu kanallar, kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasını amaçlayan çalışmaların ilgi konusudur. Bu nedenle çoğu çalışmada oval şekilli kanallar kullanıldığı için çalışmamızda da ek bir zorluk içermelerinden dolayı oval şekilli kanallar seçilmiştir [24, 25]. Kron anatomisi ve kök kanal uzunlukları gibi bazı değişkenleri ortadan kaldırmak ve teknikler arasında daha güvenilir bir karşılaştırma yapabilmek için dişlerin kronları uzaklaştırılarak kök boyları 16 mm olacak şekilde standardize edilmiştir [244]. Köklerin bukkolingual yönde kolay kesilmesine izin vermek için dişlerin düz köklü olmaları dikkate alınmıştır. Kanalların şekillendirilmesi sırasında alet kırılması ve kesme işlemi sırasında 12 örneğin hasar görmesi nedeniyle gruplara uygun olarak bu örnekler yeniden hazırlanmıştır.

Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasını değerlendiren çalışmalarda çekilmiş insan dişleri veya yapay akrilik dişler kullanılmıştır. Yapay dişlerde doğal dişlerdeki gibi dentinin mikroskobik yapıları yoktur. Bu nedenle kanal dolgu patı ve kanal duvarı arasında adezyon oluşamaz. Ayrıca yapay dişler klinik koşulları yansıtmamaktadır. Çalışmalarda çekilmiş insan dişlerinin tercih edilme nedeni klinik koşulları yansıtacak şekilde uygulama yapılabilmesidir. Bu nedenle yapay dişlerin dezavantajları düşünülerek ve daha önce yapılan birçok *in vitro* çalışma dikkate alınarak çalışmamızda da çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır [143, 216].

Kök kanallarının doldurulmasında en sık tercih edilen katı kor materyali gutta-perkadır. Gutta-perka kök kanalına çeşitli patlarla birlikte uygulanır. AH Plus, kanal duvarlarına yüksek oranda bağlanabilen, üç boyutlu sızdırmazlık özelliği olan ve düşük çözünürlük gösteren epoksi rezin içerikli bir kanal dolgu patıdır [97]. Rezin içerikli patların olumlu özelliklerine rağmen son dönemlerde kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının kullanımına yönelik artan bir eğilim vardır [245]. Kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının hidroksiapatit kristallerinin oluşumunu uyardığı ve böylece sızdırmazlık özelliklerine katkıda bulunduğu ve nihayetinde uzaklaştırılmasının daha zor hale geldiği rapor edilmiştir [246]. Piyasaya yeni sürülen Sure Seal Root kalsiyum silikat içerikli bir kanal dolgu patıdır ve kanal tedavisi tekrarındaki performansı tam olarak araştırılmamıştır. Yukarıdaki bilgiler ışığında çalışmamızda yaygın kullanıma sahip AH Plus kanal dolgu patı ile kalsiyum silikat içerikli Sure Seal Root kanal dolgu patının karşılaştırılmasına karar verilmiştir.

Kanal tedavisi tekrarıyla ilgili çalışmalar incelendiğinde kök kanal dolgularının genellikle lateral kondenzasyon tekniğiyle doldurulduğu görülmektedir [129, 247-251]. Bununla birlikte tek kon tekniği kullanarak yapılan çalışmalar da mevcuttur [34, 143]. Yapılan çalışmalarda tek kon tekniğiyle doldurulmuş kanallarda lateral kondenzasyon tekniğiyle doldurulmuş kanallara göre daha fazla boşluk olduğu görülmüştür [252, 253]. Bu nedenle çalışmamızda kullandığımız dişler oval şekilli olduğu için mümkün olduğunca boşluk bırakmadan doldurabilmek için tek kon tekniği tercih edilmemiştir. Trikalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patıyla tek kon veya sıcak vertikal kondenzasyon teknikleri kullanılarak doldurulmuş oval şekilli kanallarda oluşan boşluklar incelenmiş ve tek kon tekniğiyle doldurulmuş kanallarda sıcak vertikal kondenzasyon tekniğiyle doldurulmuş kanallara göre daha fazla boşluk kaldığı gösterilmiştir. Ayrıca tek kon tekniği ile doldurulmuş kanallarda koronal üçte birde, orta ve apikal üçte bire göre daha fazla boşluk kaldığı bulunmuştur [25]. Aslında oval şekilli kanalların doldurulmasında kanal düzensizliklerine daha iyi uyum sağlayan ve boyutsal olarak stabil bir kök kanal dolumuna izin veren sıcak vertikal kondenzasyon tekniği tercih edilmelidir [254]. Fakat sıcak vertikal kondenzasyon tekniği kullanılarak ısının kanal dolgu patlarının fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini değerlendiren bir çalışmada, sıcaklık artışının AH Plus kanal dolgu patının sertleşme süresinde ve akışkanlığında kabul edilebilir değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada sıcak vertikal kondenzasyon tekniğinin kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patının sertleşme süresinde ve akışkanlığında ise önemli azalmalara sebep olduğu belirtilmiş olup ısının bu kanal dolgu patlarının klinik performansını ve kanal dolum kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmiştir [255]. Bu nedenle çalışmamızda ısının kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patları üzerindeki olumsuz etkilerinden sakınmak için sıcak vertikal kondenzasyon tekniği ile kanal dolumu tercih edilmemiştir. Oval şekilli kanallarda daha sıkı ve homojen bir dolum sağlayan soğuk lateral kondenzasyon tekniği kullanılmıştır.

Kanal dolgu materyalinin uzaklaştırıldığı birçok çalışmada kanal tedavisi tekrarına başlamadan önce örnekler %100 nemli ortamda en az 1 hafta en fazla 6 ay süreyle bekletilmiştir [24, 25]. Örneklerin bekletilmesindeki amaç klinik şartlardaki süreleri taklit edebilmektir. Çalışmamızda da diğer çalışmalarla uyumlu olarak örnekler 2 hafta süreyle etüvde bekletilmiştir [27, 127].

Kök kanallarının sökümü aşamasında final apikal preperasyon genişliği tartışmalı bir konudur. Bazı çalışmalarda final apikal genişlik ilk dolum işlemi sırasında belirlenen apikal preperasyon genişliğinden daha büyük iken [24, 25, 27], bazılarında daha küçük [178, 256],

bazılarında ise aynıdır [37, 216, 228]. Teorik olarak kanal tedavisi tekrarı sırasında kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azaltmak için eğelerinin boyutunun en azından başlangıç şekillendirme işleminde kullanılan eğelerin boyutuyla aynı veya bundan daha büyük olması gerekmektedir [39]. Çalışmamızda oval şekilli kanallar dikkate alınarak final preperasyon ProTaper Universal F4 (40.06) eğesi ile bitirilmiştir. Kanal dolgu materyalleri preperasyon sırasında ana apikal eğe olarak kullanılan F4 eğesine kadar uzaklaştırılmıştır. Bunun iki nedeni vardır. İlki; çalışmada dişler bukkolingual yönde ikiye ayrılacağı için kök yapısını kırılmaya yatkın hale getirmemek, ikinci nedeni ise bir miktar uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali kaldığından emin olup aktivasyon tekniklerinin etkisini görebilmektir.

Kanal tedavisi tekrarından sonra kök kanal yüzeyinden uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin miktarını belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmıştır [34, 167, 204, 220]. Bu yöntemlerden biri de çalışmamızda önceki çalışmalara benzer şekilde uygulanan, dişlerin uzun aksına paralel biçimde ortadan ikiye bölünmesi yöntemidir [204, 257]. Bu yöntem; uygulama kolaylığı, ek ekipman gerektirmemesi, maliyetinin düşük olması, kanal duvarlarının doğrudan görüntülenmesine olanak sağlaması gibi avantajlarından dolayı tercih edildi. Uzunlamasına ikiye bölme işleminin geleneksel radyografik tekniklere kıyasla daha doğru ölçümler verebildiği, çünkü radyografik tekniklerin büyütme veya bozulmaya maruz kalabildiği bildirilmiştir [258]. Tekniğin dezavantajları materyal kalıntılarının bir kısmının ikiye bölme işlemi sırasında kaybolması ve toplam kanal alanının 3 boyutlu olarak değerlendirilememesi olarak sıralanabilir [40, 259].

Klinik olarak dişlerin irrigasyonu vücut sıcaklığında yapıldığından, klinik koşulları taklit edebilmek için bu çalışmada daha önceki çalışmalarda tarif edildiği gibi diş kökleri 37 ºC sıcaklıkta sabit kalabilen bir su banyosu içerisine yerleştirilerek irrigasyon ve aktivasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir [27, 143].

Literatürde çalışmamızda kullanılan Sure Seal Root kanal dolgu patı ile doldurulan kök kanallarında kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR tekniklerinin etkisini karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. EDDY son zamanlarda irrigasyon aktivasyonu için yeni bir uygulama olarak önerilmiştir. EDDY poliamidden üretilmiş esnek yapıda bir uçtur. 25.04 boyutundadır ve 6000 Hz frekansta çalışır. Kök kanal dentininden debrisi etkili bir şekilde çıkardığı ve poliamid yapısının sağladığı esneklik sayesinde farklı morfoloji ve anatomideki kanal sistemlerinde dentine hasar vermeden etkin

aktivasyon yaptığı gösterilmiştir [260-262]. Üreticiye göre cihazın kavitasyon ve akustik akışı tetikleyen üç boyutlu bir hareket sağladığı iddia edilmektedir. EDDY sistemi ek bir ekipmana ihtiyaç duymadan dental ünite entegre şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca kullanımının basit olması ve literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunması nedeniyle çalışmamızda tercih edilmiştir.

Aktivasyon tekniklerinden en yaygın kullanılan PUİ, kök kanal sisteminin daha iyi temizlenmesi için irrigasyon solüsyonunu aktive etmek amacıyla geliştirilmiş bir tekniktir. PUİ'nin mekanizması ultrasonik uçların titreşimiyle desteklenen kavitasyon ve akustik akışa dayanır [143]. PUİ'nin bakterilerin ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkili olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir [263, 264]. Ayrıca kanal tedavisi tekrarı sırasında bu tekniğin kanal duvarlarından gutta-perka ve kanal dolgu patı kalıntılarının uzaklaştırılmasında etkili olduğu ancak tüm kanal dolgu materyalini ortadan kaldırmadığı bildirilmiştir [85, 160]. Bu çalışmada termal hasar yaratmamak için ultrasonik güç ayarı üretici firmanın önerileri doğrultusunda ayarlanmıştır. Çalışmamızda 25 numaralı ultrasonik uç önceki çalışmalarla uyumlu olarak diğer gruplarla standardizasyonu sağlayabilmek için çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirilmiştir [228].

Fotonla uyarılmış fotoakustik dalgalanma (PIPS), kök kanalındaki irrigasyonu etkinleştirmek için Er:YAG lazer ile birlikte kullanılan yeni bir tekniktir. PIPS, irrigasyonun dentin tübüllerine veya daha derine nüfuz etmesine izin verir ve dentin tübüllerini dezenfekte edebilir [265]. Çalışmalar, PIPS'in smear tabakasını ve debrisi, GŞİ'den ve ultrasonik aktivasyondan daha etkili bir şekilde uzaklaştırabildiğini göstermiştir [266]. PIPS, dişlerin ve periodontal dokunun termal hasar riskini ortadan kaldıran giriş kavitesinin içine yerleştirilmiş bir fiber uç yardımıyla uygulanır. Kök kanal irrigasyonunda Er:YAG lazer ile kullanılan PIPS için çalışmalarda farklı parametreler tercih edilmiştir. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında 1 W, 20 Hz, 50 mJ parametrelerini kullanan çalışmalar olduğu gibi [154, 178]; 0,3 W, 15 Hz, 20 mJ parametrelerini kullanan çalışmalar da bulunmaktadır [32, 181]. Yang ve ark., iRoot SP'yi kök kanallarından uzaklaştırdıkları mikro BT ve SEM çalışmasında PIPS'in yüksek enerjide kullanılmasının irrigasyon solüsyonunun stabilizasyonunu bozması sonucu kök kanalında irrigasyon solüsyonu kaybıyla termal hasar riski olabileceği endişesiyle parametreleri 0,3 W, 15 Hz ve 20 mJ ayarında tercih etmiştir [32]. Bununla birlikte Keles ve ark., oval kanallardan AH Plus kanal dolgu patını uzaklaştırdıkları çalışmada yüksek enerjide kullandıkları PIPS ucunun, elde edilen SEM görüntülerinde dentinde termal yan etkilerden kaynaklanan morfolojik değişikliklere sebep olmadığını ve kullandıkları parametrelerin güvenli

sınırlar içinde olduğunu bildirmişlerdir [33]. Çalışmamızda PIPS parametreleri önceki çalışmalarla uyumlu olarak 1 W, 20 Hz, 50 mJ olacak şekilde ayarlandı [154, 178, 267].

PIPS ucunun kök apeksine ulaşması gerekmez ve kök kanalının koronal rezervuarına yerleştirilmesi önerilir. Yapılan çalışmalarda PIPS'in kök kanalının apikal bölgesinde gerek irrigasyon solüsyonlarının penetrasyonunda gerekse kanal dolgularının uzaklaştırılmasında etkili olduğu gösterilmiştir [32, 265]. Çalışmamızda PIPS ucu kanalın koronal kısmına yerleştirildi. Kullandığımız dişlerin koronal rezervuar kısmı olmadığı için kullanılan irrigasyon solüsyonunu aktivasyon süresi boyunca, koronal kısımda sürekli solüsyon olacak şekilde yenilendi.

XPFR, MaxWire alaşımından üretilmiş konik olmayan bir kanal aletidir. Kök kanalına yerleştirildiğinde ve vücut sıcaklığına maruz kaldığında martensitik-östenitik bir dönüşüm meydana gelir ve alet ucundan sapına doğru 10 mm'lik kısımda kaşık şeklini alır. XPFR'nin aldığı düzensiz şekil ile geleneksel döner aletlerin temas edemediği anatomik alanlara daha fazla temas ettiği ve irrigasyon solüsyonunu aktive edebildiği bildirilmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, oval ve kavisli kanallarda farklı sistemlerle kanal dolgusu uzaklaştırıldıktan sonra XPFR'nin kullanımının uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir [24, 88]. Çalışmamızda kök kanalındaki materyal kalıntılarının azaltılması amacıyla kullanılan XPFR, daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak 800 rpm ve 1 Ncm tork parametrelerinde çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kullanıldı [27, 143]. Üreticinin XPFR eğesi için çözücü kullanılması önerisine rağmen, çalışmamızda deneysel koşulları standartlaştırmak için gutta-perka çözücü kullanılmamıştır. Gutta-perkanın yumuşamasını sağlayan çözücülerin kanal duvarlarına yapışan ince bir gutta-perka tabakası oluşturabildiği ve bu durumun kök kanal duvarının temizliğini ve kanal dolgusunun uzaklaştırılmasını zorlaştırarak daha uzun bir çalışma süresine neden olduğu bildirilmiştir [36].

Çalışmamızda AH Plus ve Sure Seal Root ile doldurulan mandibular birinci premolar dişlerin oval kanallarında PTUR eğeleri ve F4 eğesi kullanımından sonra uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azaltmak için EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile aktivasyon işlemleri uygulanmıştır. Çalışmamız, retreatment eğe sistemi ve ana apikal eğenin kullanılmasının ardından kanal dolgu materyalinin tamamen uzaklaştırılamayacağını göstermiştir. Döner alet enstrümantasyonundan sonra bütün örneklerde kanal dolgu materyali kalıntıları tespit edilmiştir. Bu durum daha önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir [142, 143, 167, 178, 181].

Kullanılan kanal dolgu patı türü ve aktivasyon tekniği gözardı edilerek aktivasyondan önce ve sonra kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarı yüzdesine bakıldığında, aktivasyondan sonraki materyal kalıntılarının yüzdesi aktivasyondan öncekine kıyasla anlamlı derecede düşüktür ve literatürle uyumludur [32, 143, 154, 228]. Volponi ve ark.'nın oval kanallardan kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patını uzaklaştırdıkları bir mikro BT çalışmasında, çeşitli tekniklerle kök kanallarının aktivasyonu sonrası materyal kalıntılarının önemli derecede azaldığı bildirilmiştir [143]. Jiang ve ark., AH Plus kanal dolgu patının oval kanallardan uzaklaştırılmasında sonik, ultrasonik ve PIPS aktivasyon tekniklerini kullandıkları mikro BT ve SEM çalışmasında, aktivasyondan sonra kanallardaki materyal kalıntılarının önemli miktarda azaldığını belirtmişlerdir [154]. Çalışmamızda aktivasyondan önce kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali oranı ortalama %89,75 iken, aktivasyondan sonra %13,87'ye kadar düşmüştür. Aktivasyondan önce yani PTUR eğeleri ve F4 eğesi kullanarak kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasından sonra kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali yüzdesinin fazla görünmesi, uzaklaştırılamayan kanal dolgu patı ile ilişkilidir. Birkaç örnek dışında diğer örneklerde PTUR eğeleri ve F4 eğesi ile gutta-perkanın tümü uzaklaştırılmış olup geriye genelde kanal dolgu patı kalmıştır.

Bu çalışmanın bulgularına göre AH Plus ve Sure Seal Root kanal dolgu patının kök kanallarından uzaklaştırılma miktarı karşılaştırıldığında hem aktivasyondan önce hem de aktivasyondan sonra her iki kanal dolgu patı türünde de önceki çalışmalarla uyumlu olarak benzer miktarda bir oran bulunmuştur [16, 18, 217, 268]. Kim ve ark.'nın taramalı elektron mikroskobu kullanarak AH Plus kanal dolgu patı ile kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının dentin tübüllerindeki benzer penetrasyon özelliğinden dolayı iki kanal dolgu patının da sökülebilirliliğinin benzer olduğu sonucuna vardıkları çalışmaları bu durumu destekleyebilir [217]. Benzer şekilde Ersev ve ark.'nın radyografi yöntemi ile AH Plus ve EndoSequence BC (Brasseler Savannah, GA, ABD) kanal dolgu patlarının sökülebilirliliğini değerlendirdikleri çalışmalarında da bu iki kanal dolgu patı arasında bir fark bulunmadığı rapor edilmiştir [218]. Kakoura ve Pantelidou, tek köklü kanin dişlerden kalsiyum silikat ve rezin içerikli kanal dolgu patlarını uzaklaştırdıkları SEM çalışmasında, iki kanal dolgu patının da kanal tedavisi tekrarından sonra kök kanallarında aynı miktarda kaldığını bildirmişlerdir [268]. Aslında bu sonuç, biyoseramik içerikli kanal dolgu patının kök kanal duvarıyla etkileşiminde ortaya çıkan ve patın sızdırmazlık yeteneğinden ve dentine bağlanmasından sorumlu olan kalsiyum ve fosfat iyonlarından oluşan hidroksiapatit kristalleri nedeniyle biraz şaşırtıcı olabilir [213]. Biyoseramik içerikli kanal dolgu patının dentine bağlanmasından sorumlu olan kalsiyum ve

fosfat iyonlarından oluşan hidroksiapatit kristalleri nedeniyle kök kanallarından uzaklaştırılması daha zor olması beklenebilir. Fakat her iki kanal dolgu patının da kök kanallarından uzaklaştırılmasının benzer çıkmasının nedeni Alsubait ve ark.'nın [216] belirttiği gibi preperasyon aşamasında kullanılan EDTA'nın etkisi olabilir. Sure Seal Root, hidroksiapatit oluşturarak dentin ile kimyasal bağ oluşturmaktadır. Ayrıca kalsiyum silikat materyallerden gelen mineraller, mineral infiltrasyon bölgesinin oluşumuna yol açan intertübüler dentine sızar [111, 216]. Çalışmamızda kullanılan EDTA, dentinin kimyasal yapısında oluşturmuş olabileceği değişiklik nedeniyle kök dentini ve Sure Seal Root arasında benzer çalışmalarda olduğu gibi kimyasal bağ kuvvetini azaltarak daha zayıf bir etkileşime neden olmuş olabilir [19, 111, 216]. Bu durum uzaklaştırılması daha zor olacak iken uzaklaştırılmasını kolaylaştırarak AH Plus ile benzer sonuçlar bulmamıza yol açmış olabilir. Ayrıca kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının epoksi rezin içerikli kanal dolgu patlarına göre uzaklaştırılmasının daha zor olduğunu bildiren çalışmalar olduğu gibi [213], tam tersini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır [215]. Çalışmalarda bildirilen çelişkili sonuçlar; seçilen diş tipinden, kök kanal anatomisindeki farklılıklardan ve kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması için farklı retreatment tekniklerinin kullanılmasından kaynaklanabilir.

Çalışmamızda kullandığımız her iki kanal dolgu patında da aktivasyondan sonra, kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarı önceki çalışmalara benzer şekilde anlamlı derecede azaldı [167, 207]. Crozeta ve ark., çalışmamızla uyumlu olarak kök kanallarının aktivasyonu sonrası AH Plus ve kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının kök kanalında azaldığını bildirmişlerdir [19]. Aksel ve ark. da aktivasyon sonrası AH Plus ve kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının kök kanallarında azaldığını belirtmiştir [16].

Çalışmamızda kullandığımız EDDY sonik aktivasyon tekniği hem AH Plus hem Sure Seal Root grubunda uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını anlamlı derecede azalttı. Benzer şekilde Kaloustian ve ark. mikro BT analizi ile mandibular molar dişlerin distal kanallarından kanal dolgu materyali kalıntılarının uzaklaştırılmasında EDDY'nin etkili olduğunu bildirmiştir [142]. Volponi ve ark.'nın mandibular premolar dişlerin oval kanallarından Bio C (Angelus, Londrina, PR, Brazil) kanal dolgu patıyla yaptıkları mikro BT çalışmasında, sonik aktivasyonun kök kanallarında kanal dolgu materyali kalıntılarını azalttığı bildirilmiştir [143]. Özyürek ve Demiryürek, sonik aktivasyonun GŞİ'ye göre kanal dolgu materyali kalıntılarını uzaklaştırmada daha etkili olduğunu bildirmiştir [269]. Neuhaus ve ark. 6000 Hz'de sonik irrigasyonun PUİ kadar veya ondan daha iyi performans gösterdiğini bildirmiştir [153]. Çalışmamızın bulguları bu çalışmaların bulguları ile uyumludur. Öte yandan

Martins ve ark., sonik ve ultrasonik aktivasyonla yapılan temizliğin kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında olumlu bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir [152]. Bu yazarlar kanal tedavisi tekrarında daha zor uzaklaştırılan rezin içerikli ve kalsiyum silikat içerikli patlara kıyasla mekanize sistemlerle daha kolay uzaklaştırılan çinko oksit ojenol içerikli bir pat kullanmışlardır. Bu durum herhangi bir aktivasyon tekniğinin katkısını daha az belirgin hale getirmiş olabilir. Çalışmamızda 6000 Hz'de kullanılan EDDY uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını anlamlı derecede azalttı. EDDY'nin air scaler'a bağlanarak kullanıldığında üretilen frekans ile kavitasyon oluşturduğu ve akustik akış sağladığı bildirilmiştir [270]. EDDY'nin kök kanallarında uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını anlamlı derecede azaltması irrigasyon solüsyonunda oluşturduğu bu akustik akışa ve kavitasyon oluşuma bağlanmaktadır.

Çalışmamızda PUİ ile aktivasyon sonrası kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali hem AH Plus hem de Sure Seal Root grubunda anlamlı derecede azalmıştır. PUİ, irrigasyon solüsyonlarında hızlı dairesel ve dönen bir hareket üreterek akustik bir akışa neden olur ve ultrasonik eğenin etrafında bir kavitasyon etkisi yaratır. Bu durum kanal duvarlarında uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin kök kanal duvarından kopmasına ve yer değiştirmesine neden olmaktadır [271]. Crozeta ve ark., AH Plus ve BC Sealer (Brasseler ABD, Savannah, GA, ABD) kanal dolgu patlarıyla doldurdukları mandibular molarların distal oval kanallarında kullandıkları PUİ'nin hem AH Plus hem de BC Sealer için uzaklaştırılamayan kanal dolgu patı yüzdesini önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir [19]. Benzer şekilde Alsubait ve ark.'nın mandibular premolar dişlerin kanallarından AH Plus ve BioRoot RCS kanal dolgu patlarını uzaklaştırdıkları bir mikro BT çalışmasında, PUİ kullanımının her iki kanal dolgu patının yüzdesini azalttığı bildirilmiştir [216]. Ancak PUİ'nin AH Plus kanal dolgu patı ile doldurulan kanallardaki etkinliği konusunda çelişkili sonuçlar bulunmaktadır [26, 161, 168, 272]. Bazı çalışmalar kanal dolgu patının sınırlı olarak uzaklaştırıldığını bildirirken [161, 272], diğerleri önemli derecede uzaklaştırılabildiğini bildirmiştir [26, 168]. Ayrıca literatürde PUİ'nin kanal dolgu materyali kalıntılarını uzaklaştırmada etkisinin olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur [196, 273]. Kök kanal morfolojisindeki farklılıklar (düz/aşırı eğimli kanallar ve yuvarlak/oval kanallar), dolgu materyali türü (rezin içerikli/kalsiyum silikat içerikli) ve/veya kanal tedavisi tekrarı işlemleri (çözücülerin ve farklı aletlerin kullanımı), değerlendirmede kullanılan yöntemler (taramalı elektron mikroskobu veya stereomikroskopi gibi iki boyutlu teknikler ya da tomografi gibi üç boyutlu yöntemler) ve saklama süresi (kısa süreli/uzun süreli) çelişkili sonuçların ortaya çıkmasını açıklayabilir. Aynı şekilde kalsiyum

silikat içerikli kanal dolgu patlarının uzaklaştırılmasında ultrasonik aktivasyonun uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azalttığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır [32, 143, 228]. Mevcut bulgular PUİ'nin her iki kanal dolgu patı için kanallardaki materyal kalıntılarını azalttığını göstermiştir. PUİ'nin olumlu etkisi, kanaldaki irrigasyon solüsyonunun sürekli hareket etmesine neden olan ve dolgunun uzaklaştırılmasını artıran titreşim özelliği ile ilişkilendirilebilir.

Kanal tedavisi tekrarında kanal dolgu materyali kalıntılarının uzaklaştırılmasında PIPS'in performansının, patlayıcı buhar kabarcıklarının oluşumu yoluyla kavitasyon etkisinin bir sonucu olduğu tahmin edilmektedir [274]. Bu çalışmada PIPS aktivasyon tekniği olarak kullanılmış ve hem AH Plus hem de Sure Seal Root grubunda kök kanalındaki materyal kalıntılarını önemli ölçüde azaltmıştır. Bu sonuç irrigasyon aktivasyon yöntemi olarak PIPS tekniğini kullanan Suk ve ark.'nın sonuçlarıyla desteklenmiştir [207]. Yang ve ark., iRoot SP ile yaptıkları çalışmada, PIPS'in PUİ ve GŞİ'ye kıyasla materyal kalıntılarını daha fazla uzaklaştırdığını bildirmişlerdir [32]. Jiang ve ark., AH Plus kanal dolgu patını uzaklaştırdıkları çalışmada, PIPS'in ultrasonik ve sonik aktivasyona kıyasla daha etkili olduğunu göstermişlerdir [154]. Keleş ve ark. PIPS tekniğinin kanal dolgusunun sökümü sonrası materyal kalıntılarını azalttığını belirtmiştir [178]. Benzer şekilde önceki çalışmalar PIPS'in kök kanal yüzeylerinin debritman ve temizlemesinde etkili olduğunu göstermiştir [275]. Öte yandan Dönmez Özkan ve ark., kanal tedavisi tekrarı sırasında PIPS kullanımının uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını azaltmada önemli bir etki sağlamadığını bildirmişlerdir [181].

Bulgularımız PIPS'in kök kanallarındaki uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli derecede azalttığını fakat EDDY, PUİ ve XPFR aktivasyon tekniklerine kıyasla materyal kalıntılarını azaltmada daha az etkili olduğunu göstermektedir. PIPS'in diğer üç tekniğe kıyasla daha az etkili olması PIPS ucunun koranal kısma yerleştirilmesine bağlanabilir. Çünkü PIPS ucu sadece koronal kısma yerleştirildiğinde, fotoakustik şok dalgası apikal bölgeye az etki edebilmektedir. Böylelikle PIPS'in apikal bölgede daha az etkili olmasının nedeni Jiang ve ark.'nın [154] vurguladığı gibi bu bölgeden daha az kanal dolgu materyali uzaklaştırmış olabileceğini ve apikal kısma kadar ulaşan diğer üç tekniğe kıyasla materyal kalıntılarını uzaklaştırmada daha az etkili kalabileceğini düşündürmektedir. PIPS'in aksine diğer üç teknikte aletler kanalda çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde konumlandırılmıştır. Aletlerin apikal bölgeye kadar ulaşımı bu üç teknikte apikal bölgede daha etkili bir temizlik sağlamış olabilir. Zhu ve ark.'nın PIPS'in koronal ve orta üçte birde smear tabakasını ve debrisi uzaklaştırmada apikal üçte bire kıyasla daha etkili olduğunu bulması

konuyu destekler niteliktedir [276]. Buna ek olarak Jiang ve ark., PIPS'in kanal dolgu materyali kalıntılarını koronal ve orta üçte birden uzaklaştırmada apikal üçte bire kıyasla daha etkili olduğunu belirtmişlerdir [154].

Bu çalışmada XPFR kanal eğesinin aktivasyonda kullanılmasıyla kök kanalından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarı hem AH Plus hem de Sure Seal Root grubunda azalmıştır. Bu sonuç Aksel ve ark.'nın AH Plus ve Endosequence BC kanal dolgu patını uzaklaştırmada irrigasyon aktivasyonunda kullandıkları XPF eğesinin her iki kanal dolgu patı miktarını azalttığını bildirdiği çalışmasıyla tutarlıdır [16]. Benzer şekilde Volponi ve ark. Bio C kanal dolgu patı ile doldurulmuş mandibular premolar dişlerin oval kanallarında kullandıkları XPFR eğesinin uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını önemli derecede azalttığını belirtmiştir [143]. Rezin içerikli kanal dolgu patının uzaklaştırılmasında da XPFR kullanımı kanal dolgu materyali kalıntılarını önemli derecede azaltmıştır [24, 27]. Bununla birlikte Crozeta ve ark., mandibular molar dişlerde AH Plus ve BC Sealer kanal dolgu patlarını uzaklaştırdıkları bir mikro BT çalışmasında, XPFR eğesinin AH Plus grubunda kanal dolgu materyal kalıntılarını önemli ölçüde azalttığını, BC Sealer grubunda ise etkili olmadığını bildirmişlerdir [19]. Başka bir çalışma, XPFR kullanımının AH Plus grubunda kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılmasında etkili olduğunu, TotalFill BC Sealer (FKG Dentaire) grubunda ise herhangi bir ek etkinin olmadığını göstermiştir [277]. Çalışmamızda ise XPFR eğesinin kullanımı hem Sure Seal Root hem de AH Plus kanal dolgu patında etkili olmuştur. Çelişkili sonuçlar; örnek seçiminden, kullanılan kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patının içeriğinden, kanal tedavisi tekrarının koşullarından ve değerlendirme yönteminden kaynaklanabilmektedir. Vücut sıcaklığında genişleyen XPFR eğesinin hareketi sırasında eliptik kısım kanal anatomisinin dayattığı dirençle sıkıştırılır. Bu durum eğenin ucunu kanal duvarlarına doğru zorlar. Eğe kanal boşluğu içinde genişledikten sonra XPFR'nin yarı aktif ucu dentin duvarlarını aşındırabilmektedir. Bu mekanik hareket, aletin ucunun kök kanal irrigasyonu sırasında ulaşılması zor alanlarda bile kanal dolgu materyallerine dokunmasını sağlayabilir ve böylelikle materyalin kök kanal duvarından uzaklaştırılmasında etkili olabilir [26]. Çalışmamızda XPFR'nin kırbaçlama şeklinde mekanik olarak yaptığı hareketle kanal duvarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin yüzeysel aşınmasını sağlayarak etkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızın sonucunda kanal dolgu patından bağımsız olarak kanal dolgu materyallerini uzaklaştırmada EDDY, PUİ ve XPFR'nin etkileri benzer olup bu üç teknik PIPS'den daha etkili bulundu. Literatürde çalışmamıza benzer şekilde uzaklaştırılamayan kanal

dolgu materyalleri üzerinde sonik, ultrasonik, PIPS, XPFR gibi irrigasyon aktivasyon tekniklerinin etkilerini değerlendiren çalışmalar mevcuttur. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında XPFR ve ultrasonik aktivasyon karşılaştırılmış olup XPFR'nin ultrasonik aktivasyondan etkili olduğunu bildiren çalışmalar olduğu gibi [24, 26, 27, 278], ultrasonik aktivasyonun daha etkili olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır [19]. Tandon ve ark. AH Plus kanal dolgu patını uzaklaştırdıkları mikro BT çalışmasında PUİ'nin sonik sistemden daha etkili olduğunu bildirmişlerdir [166]. Başka bir çalışmada, XPFR'nin kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patını uzaklaştırmada sonik ve ultrasonik sitemlerden daha etkili olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada sonik ve ultrasonik sistem arasında da çalışmamızla uyumlu olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır [143]. Yukarıdaki çalışmalarda aktivasyon tekniklerinin etkilerinin farklı çıkmasında kullanılan dişin kök yapısı, kanal dolgu patı türü, ultrasonik ve sonik cihazların çeşidi ve frekans aralıkları etkili olmuş olabilir.

Kanal dolgu patı dikkate alınarak yapılan değerlendirmede AH Plus grubunda; EDDY, PUİ ve XPFR aktivasyon tekniklerinin etkilerinin benzer olduğu ve bu tekniklerin kullanımından sonra kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarının PIPS tekniğine göre daha az olduğu gözlendi. Düzgün ve ark., bulgularımızla uyumlu olarak ultrasonik aktivasyon ve sonik aktivasyonun etkilerinin AH Plus Jet (Dentsply DeTrey) kanal dolgu patı üzerinde benzer olduğunu bildirmiştir [111]. Bulgularımızın aksine Jiang ve ark. oval kanallarda yaptıkları bir *in vitro* çalışmada PIPS tekniğinin PUİ tekniğinden, PUİ tekniğinin ise sonik aktivasyon tekniğinden daha etkili olduğunu bildirmiştir [154]. Sure Seal Root grubunda ise EDDY ve XPFR aktivasyon tekniklerinin etkilerinin benzer olduğu ve bu tekniklerin istatistiksel olarak anlamlı olmasa da PUİ'den daha etkili olduğu gözlenmiştir. Sümbüllü ve ark.'nın kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patını uzaklaştırdıkları çalışmasında, bulgularımızla uyumlu olarak EDDY'nin PUİ'ye kıyasla daha etkili olduğu bildirilmiştir [159]. Bulgularımızın aksine Düzgün ve ark.'nın Sure Seal Root kanal dolgu patını uzaklaştırdıkları çalışmasında, ultrasonik aktivasyonun sonik aktivasyona kıyasla daha etkili olduğu rapor edilmiştir [111]. Çalışmamızda PIPS tekniğinin kanallardan uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarını her iki kanal dolgu patında da anlamlı derecede azaltmasına rağmen diğer üç tekniğe kıyasla daha az etkili olduğu gözlendi.

Aktivasyon tekniklerinin kullanımından sonra örneklerin %95'inde uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali kalmıştır. Sadece 2 örnek EDDY grubunda, 2 örnek de XPFR grubunda olmak üzere toplam 4 örnekte kanallar tamamen kanal dolgu materyalinden arındırılmıştır. Bu sonuç, irrigasyon aktivasyonu sırasında kullanılan EDDY ve XPFR'nin doğrudan kök kanal

duvarlarına temas eden, PUİ'nin ve PIPS'in ise kök kanal duvarlarına temas etmeyen yöntemler olmasından kaynaklanmış olabilir. Benzer şekilde Marques da Silva ve ark. uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin örneklerin %95'inde bulunduğunu ve sadece 5 dişte tamamen uzaklaştırıldığını belirtmişlerdir [279]. Çalışmamızda kanal dolgu materyalinin sadece birkaç örnekte tamamen çıkarılması diğer çalışmalarla tutarlıdır [86, 88, 225].

Çalışmamızın sonucunda AH Plus ve Sure Seal Root kanal dolgu patlarının kök kanallarından sökülebilirliği benzer çıktığı için $H_0$1 hipotezi kabul edilmiştir. EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile irrigasyon aktivasyonu sonucunda kök kanallarından uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyali miktarında aktivasyon öncesine göre azalma olduğu için $H_0$2 hipotezi reddedilmiştir. Kanal dolgu patından bağımsız olarak PIPS tekniğinde diğer üç tekniğe göre kök kanallarından uzaklaştırılan kanal dolgu materyali miktarı daha az olduğundan $H_0$3 hipotezi reddedilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde;

1. Kök kanallarının mekanik enstrümantasyonu ile kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması sonrası AH Plus ve Sure Seal Root kanal dolgu patlarının benzer miktarlarda kök kanal duvarından uzaklaştırılabildiği,
2. Bu kanallarda aktivasyon tekniklerinin kullanımından sonra AH Plus ve Sure Seal Root kanal dolgu patlarının benzer miktarlarda kök kanal duvarından uzaklaştırılabildiği,
3. EDDY, PUİ, PIPS ve XPFR ile irrigasyon aktivasyonunun ardından kanal dolgu materyali kalıntılarının önemli ölçüde azaldığı,
4. PIPS'in kök kanalında materyal kalıntılarını uzaklaştırmada diğer aktivasyon tekniklerine göre daha az etkili olduğu,
5. Genel anlamda EDDY, PUİ ve XPFR aktivasyon tekniklerinin materyal kalıntılarını uzaklaştırmada etkilerinin benzer olduğu,
6. Kanal dolgu sökümünden sonra örneklerin çoğunda gutta-perkanın uzaklaştırılabildiği ancak uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyalinin genellikle kanal dolgu patı olduğu,
7. Aktivasyon teknikleri ile sınırlı sayıda örnekte kanal dolgu materyali kalıntılarının tamamen uzaklaştırılabildiği,
8. Oval şekilli kanallarda kanal tedavisi tekrarında döner aletler ile kök kanal dolgu materyali uzaklaştırıldıktan sonra daha iyi temizlik sağlamak için irrigasyon aktivasyon tekniklerine ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçları göz önüne alındığında, kanal tedavisi tekrarı sırasında kanal dolgu materyalinin uzaklaştırılması güncel tekniklerle kolaylaşmış görünse de tamamen uzaklaştırılamaması sorunu halen devam etmektedir. Bu nedenle, dolgu materyallerinin kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılmasını amaçlayan yeni tekniklerin, aletlerin veya çözümlerin geliştirilmesi güncelliğini korumaktadır. İleri çalışmaların ortaya koyacağı bulgular klinik başarı açısından önemli görünmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ng, Y.L., V. Mann, and K. Gulabivala, *A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health.* Int Endod J, 2011. **44**(7): p. 583-609.
2. Ricucci, D., et al., *A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2011. **112**(6): p. 825-42.
3. Nevares, G., et al., *Efficacy of ProTaper NEXT Compared with Reciproc in Removing Obturation Material from Severely Curved Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study.* J Endod, 2016. **42**(5): p. 803-8.
4. Farzaneh, M., S. Abitbol, and S. Friedman, *Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment.* J Endod, 2004. **30**(9): p. 627-33.
5. Imura, N., et al., *The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist.* J Endod, 2007. **33**(11): p. 1278-82.
6. Siqueira, J., *Treating failures: retreatment and periradicular surgery.* Treatment of endodontic infections. Berlin: Quintessence Publishing, 2011: p. 341-60.
7. Hammad, M., A. Qualtrough, and N. Silikas, *Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials.* J Endod, 2008. **34**(11): p. 1370-1373.
8. Rechenberg, D.K. and F. Paqué, *Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment.* Int Endod J, 2013. **46**(6): p. 547-55.
9. Rödig, T., et al., *Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT.* Int Endod J, 2014. **47**(10): p. 942-8.
10. Rached-Junior, F.J., et al., *Impact of remaining zinc oxide-eugenol-based sealer on the bond strength of a resinous sealer to dentine after root canal retreatment.* Int Endod J, 2014. **47**(5): p. 463-9.
11. Belli, S., et al., *A comparative evaluation of sealing ability of a new, self-etching, dual-curable sealer: hybrid root SEAL (MetaSEAL).* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. **106**(6): p. e45-52.
12. Schäfer, E., N. Bering, and S. Bürklein, *Selected physicochemical properties of AH Plus, EndoREZ and RealSeal SE root canal sealers.* Odontology, 2015. **103**(1): p. 61-5.
13. Saleh, I.M., et al., *Survival of Enterococcus faecalis in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro.* Int Endod J, 2004. **37**(3): p. 193-8.
14. Sadat Shojaee, N., E. Vakilinezhad, and M.M. Shokouhi, *In Vitro Comparison of Efficacy of Neolix and ProTaper Universal Retreatment Rotary Systems in Removal of Gutta-Percha Combined with Two Different Sealers.* J Dent (Shiraz), 2019. **20**(4): p. 285-291.

15. McMichael, G.E., C.M. Primus, and L.A. Opperman, *Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers.* J Endod, 2016. **42**(4): p. 632-6.

16. Aksel, H., et al., *Micro-CT evaluation of the removal of root fillings using the ProTaper Universal Retreatment system supplemented by the XP-Endo Finisher file.* Int Endod J, 2019. **52**(7): p. 1070-1076.

17. Neelakantan, P., D. Grotra, and S. Sharma, *Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis.* J Endod, 2013. **39**(7): p. 893-6.

18. Uzunoglu, E., et al., *Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers.* Iran Endod J, 2015. **10**(2): p. 93-8.

19. Crozeta, B.M., et al., *Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment.* Clin Oral Investig, 2021. **25**(3): p. 891-899.

20. Friedman, S., A. Stabholz, and A. Tamse, *Endodontic retreatment—case selection and technique. Part 3. Retreatment techniques.* Journal of endodontics, 1990. **16**(11): p. 543-549.

21. Rossi-Fedele, G. and H.M.A. Ahmed, *Assessment of root canal filling removal effectiveness using micro–computed tomography: a systematic review.* Journal of endodontics, 2017. **43**(4): p. 520-526.

22. Versiani, M.A., J.D. Pécora, and M.D. de Sousa-Neto, *Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study.* J Endod, 2011. **37**(7): p. 1002-7.

23. Voet, K.C., et al., *Removal of gutta-percha from root canals using the self-adjusting file.* J Endod, 2012. **38**(7): p. 1004-6.

24. Tavares, S.J.O., et al., *Supplementing filling material removal with XP-Endo Finisher R or R1-Clearsonic ultrasonic insert during retreatment of oval canals from contralateral teeth.* Aust Endod J, 2021. **47**(2): p. 188-194.

25. Zhang, W., et al., *Long-term porosity and retreatability of oval-shaped canals obturated using two different methods with a novel tricalcium silicate sealer.* Clin Oral Investig, 2022. **26**(1): p. 1045-1052.

26. De-Deus, G., et al., *XP-endo Finisher R instrument optimizes the removal of root filling remnants in oval-shaped canals.* Int Endod J, 2019. **52**(6): p. 899-907.

27. Silva, E., et al., *Efficacy of an arrow-shaped ultrasonic tip for the removal of residual root canal filling materials.* Aust Endod J, 2021. **47**(3): p. 467-473.

28. Ahmad, M., T.J. Pitt Ford, and L.A. Crum, *Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role.* J Endod, 1987. **13**(10): p. 490-9.

29. İnce Yusufoglu, S., et al., *Comparison of apical debris extrusion using EDDY, passive ultrasonic activation and photon-initiated photoacoustic streaming irrigation activation devices.* Aust Endod J, 2020. **46**(3): p. 400-404.

30. van der Sluis, L.W., M.K. Wu, and P.R. Wesselink, *The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies.* Int Endod J, 2007. **40**(1): p. 52-7.

31. Peters, O.A., et al., *Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming.* J Endod, 2011. **37**(7): p. 1008-12.

32. Yang, R., et al., *Comparison of the efficacy of laser-activated and ultrasonic-activated techniques for the removal of tricalcium silicate-based sealers and gutta-percha in root canal retreatment: a microtomography and scanning electron microscopy study.* BMC Oral Health, 2021. **21**(1): p. 275.

33. Keles, A., et al., *The efficacy of laser, ultrasound and self-adjustable file in removing smear layer debris from oval root canals following retreatment: A scanning electron microscopy study.* Aust Endod J, 2016. **42**(3): p. 104-111.

34. Serefoglu, B., et al., *Impact of root canal curvature and instrument type on the amount of extruded debris during retreatment.* Restor Dent Endod, 2021. **46**(1): p. e5.

35. de Souza, P.F., et al., *Root canal retreatment using reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments.* Eur J Dent, 2015. **9**(2): p. 234-239.

36. Gu, L.S., et al., *Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals.* Int Endod J, 2008. **41**(4): p. 288-95.

37. Abduljalil, M. and A. Kalender, *Efficacy of Er,Cr:YSGG Laser with Different Output Powers on Removing Smear Layer After Retreatment of Two Different Obturation Techniques.* Photobiomodul Photomed Laser Surg, 2020. **38**(2): p. 84-90.

38. Azim, A.A., et al., *Comparison between Single-file Rotary Systems: Part 1-Efficiency, Effectiveness, and Adverse Effects in Endodontic Retreatment.* J Endod, 2018. **44**(11): p. 1720-1724.

39. Ajina, M.A., P.K. Shah, and B.S. Chong, *Critical analysis of research methods and experimental models to study removal of root filling materials.* Int Endod J, 2022. **55 Suppl 1**: p. 119-152.

40. de Siqueira Zuolo, A., et al., *Evaluation of the Efficacy of TRUShape and Reciproc File Systems in the Removal of Root Filling Material: An Ex Vivo Micro-Computed Tomographic Study.* J Endod, 2016. **42**(2): p. 315-9.

41. Schilder, H., *Cleaning and shaping the root canal.* Dental clinics of north America, 1974. **18**(2): p. 269-296.

42. Schilder, H., *Filling root canals in three dimensions.* Dental Clinics of North America, 1967. **11**(3): p. 723-744.

43. Olcay, K., T.F. Eyüboglu, and M. Özcan, *Clinical outcomes of non-surgical multiple-visit root canal retreatment: a retrospective cohort study.* Odontology, 2019. **107**(4): p. 536-545.

44. Tabassum, S. and F.R. Khan, *Failure of endodontic treatment: The usual suspects.* Eur J Dent, 2016. **10**(1): p. 144-147.

45. Strindberg, L., *The dependence of the results of pulp therapy on certain factors.* Acta Odontol Scand, 1956. **14**(21): p. 1-175.

46. Bender, I., S. Seltzer, and W. Soltanoff, *Endodontic success—A reappraisal of criteria: Part II.* Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1966. **22**(6): p. 790-802.

47. Friedman, S. and C. Mor, *The success of endodontic therapy-healing and functionality.* CDA J, 2004. **32**(6): p. 493-503.

48. Friedman, S. and C. Mor, *The success of endodontic therapy--healing and functionality.* J Calif Dent Assoc, 2004. **32**(6): p. 493-503.

49. Friedman, S. and A. Stabholz, *Endodontic retreatment--case selection and technique. Part 1: Criteria for case selection.* J Endod, 1986. **12**(1): p. 28-33.

50. Lin, L.M., J.E. Skribner, and P. Gaengler, *Factors associated with endodontic treatment failures.* J Endod, 1992. **18**(12): p. 625-7.

51. Siqueira, J.F., Jr., *Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail.* Int Endod J, 2001. **34**(1): p. 1-10.

52. Friedman, S., *Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure).* Endodontic Topics, 2002. **1**(1): p. 54-78.

53. Hülsmann, M. and E. Schäfer, *Problems in endodontics.* 2009.

54. *Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology.* Int Endod J, 2006. **39**(12): p. 921-30.

55. Wolcott, J., et al., *A 5 yr clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars.* J Endod, 2005. **31**(4): p. 262-4.

56. Chugal, N.M., J.M. Clive, and L.S. Spångberg, *Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2003. **96**(1): p. 81-90.

57. Ingle, J.I., et al., *Outcome of endodontic treatment and re-treatment.* Endodontics, 2002. **5**: p. 747-68.

58. Sundqvist, G. and D. Figdor, *Endodontic treatment of apical periodontitis.* Essential endodontology, 1998: p. 242-269.

59. Nair, P.N., et al., *Therapy-resistant foreign body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth.* J Endod, 1990. **16**(12): p. 589-95.

60. Saunders, W.P. and E.M. Saunders, *Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review.* Endod Dent Traumatol, 1994. **10**(3): p. 105-8.

61. Torabinejad, M., B. Ung, and J.D. Kettering, *In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth.* J Endod, 1990. **16**(12): p. 566-9.

62. Nair, P.N., et al., *Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study.* J Endod, 1990. **16**(12): p. 580-8.

63. Sundqvist, G., *Ecology of the root canal flora.* J Endod, 1992. **18**(9): p. 427-30.

64. Rôças, I.N., J.F. Siqueira, Jr., and K.R. Santos, *Association of Enterococcus faecalis with different forms of periradicular diseases.* J Endod, 2004. **30**(5): p. 315-20.

65. Holland, R., et al., *Tissue reactions following apical plugging of the root canal with infected dentin chips. A histologic study in dogs' teeth.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1980. **49**(4): p. 366-9.

66. Weiger, R., et al., *Microbial flora of sinus tracts and root canals of non-vital teeth.* Endod Dent Traumatol, 1995. **11**(1): p. 15-9.

67. Simon, J.H., D.H. Glick, and A.L. Frank, *The relationship of endodontic-periodontic lesions.* J Periodontol, 1972. **43**(4): p. 202-8.

68. Tronstad, L., F. Barnett, and F. Cervone, *Periapical bacterial plaque in teeth refractory to endodontic treatment.* Endod Dent Traumatol, 1990. **6**(2): p. 73-7.

69. Ramachandran Nair, P.N. and H.E. Schroeder, *Periapical actinomycosis.* J Endod, 1984. **10**(12): p. 567-70.

70. Sjögren, U., et al., *Survival of Arachnia propionica in periapical tissue.* Int Endod J, 1988. **21**(4): p. 277-82.

71. Friedman, S., *Treatment outcome and prognosis of endodontic therapy.* Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis, 1998.

72. Fristad, I., O. Molven, and A. Halse, *Nonsurgically retreated root filled teeth--radiographic findings after 20-27 years.* Int Endod J, 2004. **37**(1): p. 12-8.

73. Nair, P.N., *New perspectives on radicular cysts: do they heal?* Int Endod J, 1998. **31**(3): p. 155-60.

74. Torabinejad, M., et al., *Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review.* J Endod, 2009. **35**(7): p. 930-7.

75. Ng, Y.L., V. Mann, and K. Gulabivala, *A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival.* Int Endod J, 2011. **44**(7): p. 610-25.

76. Sjogren, U., et al., *Factors affecting the long-term results of endodontic treatment.* J Endod, 1990. **16**(10): p. 498-504.

77. Nair, P.N., *On the causes of persistent apical periodontitis: a review.* Int Endod J, 2006. **39**(4): p. 249-81.

78. Ricucci, D. and J.F. Siqueira, Jr., *Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings.* J Endod, 2010. **36**(8): p. 1277-88.

79. Siqueira, J.F., Jr. and I.N. Rôças, *Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures.* J Endod, 2008. **34**(11): p. 1291-1301.e3.

80. Stabholz, A. and S. Friedman, *Endodontic retreatment--case selection and technique. Part 2: Treatment planning for retreatment.* J Endod, 1988. **14**(12): p. 607-14.

81. Somma, F., et al., *The effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the retreatment of three different root canal filling materials.* J Endod, 2008. **34**(4): p. 466-9.

82. Alves, F.R., et al., *Removal of filling material in the apical root canal by three retreatment approaches.* ENDO (Lond Engl), 2012. **6**(4): p. 257-262.

83. Keleş, A., et al., *Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study.* Clin Oral Investig, 2014. **18**(4): p. 1147-1153.

84. Crozeta, B.M., et al., *Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems.* J Endod, 2016. **42**(5): p. 793-7.

85. Silveira, S.B., et al., *Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Mani GPR or HyFlex NT Followed by Passive Ultrasonic Irrigation.* J Endod, 2018. **44**(2): p. 299-303.e1.

86. Yılmaz, F., et al., *Evaluation of 3 Different Retreatment Techniques in Maxillary Molar Teeth by Using Micro-computed Tomography.* J Endod, 2018. **44**(3): p. 480-484.

87. Rossi-Fedele, G. and H.M. Ahmed, *Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review.* J Endod, 2017. **43**(4): p. 520-526.

88. Machado, A.G., et al., *Effects of preparation with the Self-Adjusting File, TRUShape and XP-endo Shaper systems, and a supplementary step with XP-endo Finisher R on filling material removal during retreatment of mandibular molar canals.* Int Endod J, 2019. **52**(5): p. 709-715.

89. Schmalz, G., D. Arenholt-Bindslev, and G. Schmalz, *Root canal filling materials.* Biocompatibility of Dental Materials, 2009: p. 187-220.

90. Kaur, A., et al., *Biotoxicity of commonly used root canal sealers: A meta-analysis.* J Conserv Dent, 2015. **18**(2): p. 83-8.

91. Schroeder, A., *Endodontics--science and practice: a textbook for student and practitioner*. 1981: Quintessence Publishing Company.

92. Garrido, A., et al., *Laboratory evaluation of the physicochemical properties of a new root canal sealer based on Copaifera multijuga oil-resin.* International Endodontic Journal, 2010. **43**(4): p. 283-291.

93. Eltair, M., et al., *Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM).* Clinical oral investigations, 2018. **22**: p. 1631-1639.

94. Zhou, H.-m., et al., *Physical properties of 5 root canal sealers.* Journal of endodontics, 2013. **39**(10): p. 1281-1286.

95. Resende, L.M., et al., *A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers.* Int Endod J, 2009. **42**(9): p. 785-93.

96. Versiani, M.A., et al., *A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants.* Int Endod J, 2006. **39**(6): p. 464-71.

97. Cobankara, F.K., et al., *The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers.* J Endod, 2006. **32**(1): p. 66-8.

98. Neelakantan, P., et al., *Influence of Irrigation Sequence on the Adhesion of Root Canal Sealers to Dentin: A Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Push-out Bond Strength Analysis.* J Endod, 2015. **41**(7): p. 1108-11.

99. Carneiro, S.M., et al., *Push-out strength of root fillings with or without thermomechanical compaction.* Int Endod J, 2012. **45**(9): p. 821-8.

100. Hench, L.L., *Bioceramics: from concept to clinic.* Journal of the american ceramic society, 1991. **74**(7): p. 1487-1510.

101. Parirokh, M., M. Torabinejad, and P. Dummer, *Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview–part I: vital pulp therapy.* International endodontic journal, 2018. **51**(2): p. 177-205.

102. Zhang, W., Z. Li, and B. Peng, *Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2009. **107**(6): p. e79-82.

103. Atmeh, A.R., et al., *Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates.* J Dent Res, 2012. **91**(5): p. 454-9.

104. Han, L. and T. Okiji, *Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine.* Int Endod J, 2011. **44**(12): p. 1081-7.

105. Zhang, H., et al., *Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against Enterococcus faecalis.* J Endod, 2009. **35**(7): p. 1051-5.

106. Colombo, M., et al., *Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers.* J Clin Exp Dent, 2018. **10**(2): p. e120-e126.

107. Jitaru, S., et al., *The use of bioceramics in endodontics - literature review.* Clujul Med, 2016. **89**(4): p. 470-473.

108. Pedano, M.S., et al., *Cytotoxicity and Bioactivity of Dental Pulp-Capping Agents towards Human Tooth-Pulp Cells: A Systematic Review of In-Vitro Studies and Meta-Analysis of Randomized and Controlled Clinical Trials.* Materials (Basel), 2020. **13**(12).

109. Zoufan, K., et al., *Cytotoxicity evaluation of Gutta Flow and Endo Sequence BC sealers.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2011. **112**(5): p. 657-61.

110. Zhou, H.M., et al., *Physical properties of 5 root canal sealers.* J Endod, 2013. **39**(10): p. 1281-6.

111. Düzgün, S., et al., *Efficacy of different irrigation agitation systems in the removal of root canal sealers from artificial standardised grooves.* Aust Endod J, 2023.

112. Friedman, C.E., et al., *Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials.* Journal of endodontics, 1977. **3**(8): p. 304-308.

113. Goodman, A., H. Schilder, and W. Aldrich, *The thermomechanical properties of gutta-percha: II. The history and molecular chemistry of gutta-percha.* Oral surgery, oral medicine, oral pathology, 1974. **37**(6): p. 954-961.

114. Schilder, H., A. Goodman, and W. Aldrich, *The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase tranformation.* Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1985. **59**(3): p. 285-296.

115. Duncan, H.F., S. Bun, and B. Chong, *Non-surgical retreatment: experimental studies on the removal of root filling materials.* Int Endod, 2010. **4**(2): p. 111-126.

116. HÜLSMANN, M., S. DREBENSTEDT, and C. HOLSCHER, *Shaping and filling root canals during root canal re-treatment.* Endodontic Topics, 2008. **19**(1): p. 74-124.

117. Betti, L.V. and C.M. Bramante, *Quantec SC rotary instruments versus hand files for gutta-percha removal in root canal retreatment.* Int Endod J, 2001. **34**(7): p. 514-9.

118. Ferreira, J.J., J.S. Rhodes, and T.R. Ford, *The efficacy of gutta-percha removal using ProFiles.* Int Endod J, 2001. **34**(4): p. 267-74.

119. Çalışkan, M.K., *Endodontide tanı ve tedaviler*. 2006: Nobel Tıp Kitabevleri.

120. Schäfer, E., M. Erler, and T. Dammaschke, *Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 1. Shaping ability in simulated curved canals.* Int Endod J, 2006. **39**(3): p. 196-202.

121. Reddy, N., et al., *Comparative analysis of efficacy and cleaning ability of hand and rotary devices for gutta-percha removal in root canal retreatment: an in vitro study.* J Contemp Dent Pract, 2013. **14**(4): p. 635-43.

122. Hülsmann, M. and V. Bluhm, *Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment.* Int Endod J, 2004. **37**(7): p. 468-76.

123. Zmener, O., C.H. Pameijer, and G. Banegas, *Retreatment efficacy of hand versus automated instrumentation in oval-shaped root canals: an ex vivo study.* Int Endod J, 2006. **39**(7): p. 521-6.

124. Sae-Lim, V., et al., *Effectiveness of ProFile .04 taper rotary instruments in endodontic retreatment.* J Endod, 2000. **26**(2): p. 100-4.

125. Duncan, H.F. and B.S. CHONG, *Removal of root filling materials.* Endodontic Topics, 2008. **19**(1): p. 33-57.

126. YILMAZ, A. and D.H. YİĞİT, *Retreatment with Nickel-Titanium Rotary Instruments.* Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry, 2014. **48**(1): p. 71-78.

127. Bago, I., et al., *Evaluation of filling material remnants after basic preparation, apical enlargement and final irrigation in retreatment of severely curved root canals in extracted teeth.* Int Endod J, 2020. **53**(7): p. 962-973.

128. Alves, F.R., et al., *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.* J Endod, 2016. **42**(7): p. 1114-9.

129. Bago, I., et al., *Comparison of the effectiveness of various rotary and reciprocating systems with different surface treatments to remove gutta-percha and an epoxy resin-based sealer from straight root canals.* Int Endod J, 2019. **52**(1): p. 105-113.

130. Özlek, E. and H. Gündüz, *Effectiveness of different rotary file systems in removing the root canal filling material: A micro-computed tomography study.* J Dent Res Dent Clin Dent Prospects, 2021. **15**(4): p. 273-278.

131. Chutich, M.J., et al., *Risk assessment of the toxicity of solvents of gutta-percha used in endodontic retreatment.* J Endod, 1998. **24**(4): p. 213-6.

132. Wourms, D.J., et al., *Alternative solvents to chloroform for gutta-percha removal.* J Endod, 1990. **16**(5): p. 224-6.

133. Barbosa, S.V., D.H. Burkard, and L.S. Spångberg, *Cytotoxic effects of gutta-percha solvents.* J Endod, 1994. **20**(1): p. 6-8.

134. Silva, E.J., et al., *Effectiveness of rotatory and reciprocating movements in root canal filling material removal.* Braz Oral Res, 2015. **29**: p. 1-6.

135. Sağlam, B.C., et al., *Efficacy of different solvents in removing gutta-percha from curved root canals: a micro-computed tomography study.* Aust Endod J, 2014. **40**(2): p. 76-80.

136. Kfir, A., et al., *The efficacy of five techniques for removing root filling material: microscopic versus radiographic evaluation.* Int Endod J, 2012. **45**(1): p. 35-41.

137. Horvath, S.D., et al., *Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study.* Int Endod J, 2009. **42**(11): p. 1032-8.

138. Topçuoğlu, H.S., et al., *The bond strength of endodontic sealers to root dentine exposed to different gutta-percha solvents.* Int Endod J, 2014. **47**(12): p. 1100-6.

139. Palhais, M., et al., *Influence of solvents on the bond strength of resin sealer to intraradicular dentin after retreatment.* Braz Oral Res, 2017. **31**: p. e11.

140. Ma, J., et al., *Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment system for gutta-percha removal from oval root canals: a micro-computed tomography study.* J Endod, 2012. **38**(11): p. 1516-20.

141. Bodrumlu, E., et al., *Efficacy of 3 techniques in removing root canal filling material.* J Can Dent Assoc, 2008. **74**(8): p. 721.

142. Kaloustian, M.K., et al., *Evaluation of two shaping systems and two sonic irrigation devices in removing root canal filling material from distal roots of mandibular molars assessed by micro CT.* Int Endod J, 2019. **52**(11): p. 1635-1644.

143. Volponi, A., et al., *Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals.* J Endod, 2020. **46**(12): p. 1901-1906.

144. Haapasalo, M., et al., *Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite.* J Endod, 2014. **40**(8): p. 1178-81.

145. Molina, B., et al., *Evaluation of Root Canal Debridement of Human Molars Using the GentleWave System.* J Endod, 2015. **41**(10): p. 1701-5.

146. Ma, J., et al., *In vitro study of calcium hydroxide removal from mandibular molar root canals.* J Endod, 2015. **41**(4): p. 553-8.

147. Nguyen, T.A., et al., *Comparison of the Efficacy of Different Techniques for the Removal of Root Canal Filling Material in Artificial Teeth: A Micro-Computed Tomography Study.* J Clin Med, 2019. **8**(7).

148. Weise, M., et al., *Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals: a SEM evaluation.* Int Endod J, 2007. **40**(12): p. 979-1007.

149. Parente, J.M., et al., *Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system.* Int Endod J, 2010. **43**(11): p. 1001-12.

150. Grischke, J., A. Müller-Heine, and M. Hülsmann, *The effect of four different irrigation systems in the removal of a root canal sealer.* Clin Oral Investig, 2014. **18**(7): p. 1845-51.

151. Tronstad, L., et al., *Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument.* Endod Dent Traumatol, 1985. **1**(2): p. 69-76.

152. Martins, M.P., et al., *Effectiveness of the ProTaper Next and Reciproc Systems in Removing Root Canal Filling Material with Sonic or Ultrasonic Irrigation: A Micro-computed Tomographic Study.* J Endod, 2017. **43**(3): p. 467-471.

153. Neuhaus, K.W., et al., *Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection.* J Endod, 2016. **42**(12): p. 1799-1803.

154. Jiang, S., et al., *Effectiveness of Sonic, Ultrasonic, and Photon-Induced Photoacoustic Streaming Activation of NaOCl on Filling Material Removal Following Retreatment in Oval Canal Anatomy.* Photomed Laser Surg, 2016. **34**(1): p. 3-10.

155. Tandon, J., et al., *Comparative evaluation of different irrigating and irrigant activation system in removal of gutta-percha/sealer during retreatment: An in vitro Micro-CT study.* Journal of Oral Biology and Craniofacial Research, 2022. **12**(4): p. 444-448.

156. Bolles, J.A., et al., *Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth.* J Endod, 2013. **39**(5): p. 708-11.

157. Rödig, T., et al., *Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities.* J Endod, 2010. **36**(8): p. 1410-3.

158. Urban, K., et al., *Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation.* Clinical oral investigations, 2017. **21**: p. 2681-2687.

159. Sümbüllü, M., et al., *The efficiency of different irrigation activation techniques in the removal of calcium silicate-based endodontic sealer from artificially created groove.* Aust Endod J, 2022.

160. Bernardes, R.A., et al., *Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy.* Int Endod J, 2016. **49**(9): p. 890-897.

161. Cavenago, B.C., et al., *Efficacy of xylene and passive ultrasonic irrigation on remaining root filling material during retreatment of anatomically complex teeth.* Int Endod J, 2014. **47**(11): p. 1078-83.

162. Mozo, S., C. Llena, and L. Forner, *Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions.* Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 2012. **17**(3): p. e512-6.

163. Peters, O.A., *Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review.* J Endod, 2004. **30**(8): p. 559-67.

164. Weller, R.N., J.M. Brady, and W.E. Bernier, *Efficacy of ultrasonic cleaning.* J Endod, 1980. **6**(9): p. 740-3.

165. Merino, A., et al., *The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals.* Int Endod J, 2013. **46**(5): p. 427-33.

166. Tandon, J., et al., *Comparative evaluation of different irrigating and irrigant activation system in removal of gutta-percha/sealer during retreatment: An in vitro Micro-CT study.* J Oral Biol Craniofac Res, 2022. **12**(4): p. 444-448.

167. Alsubait, S., et al., *A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus.* Aust Endod J, 2022.

168. Crozeta, B.M., et al., *Evaluation of Passive Ultrasonic Irrigation and GentleWave System as Adjuvants in Endodontic Retreatment.* J Endod, 2020. **46**(9): p. 1279-1285.

169. Matsumoto, K., *Lasers in endodontics.* Dental Clinics of North America, 2000. **44**(4): p. 889-906, viii.

170. Olivi, G. and M. Olivi, *Different Lasers Used in Endodontics.* Lasers in Endodontics: Scientific Background and Clinical Applications, 2016: p. 83-107.

171. Meire, M.A., D. Poelman, and R.J. De Moor, *Optical properties of root canal irrigants in the 300–3,000-nm wavelength region.* Lasers in medical science, 2014. **29**: p. 1557-1562.

172. Blanken, J.W. and R.M. Verdaasdonk, *Cavitation as a Working Mechanism of the Er, Cr: YSGG Laser in Endodontics: A Visualization Study.* Journal of Oral Laser Applications, 2007. **7**(2).

173. Blanken, J., et al., *Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study.* Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery, 2009. **41**(7): p. 514-519.

174. De Groot, S., et al., *Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization.* International endodontic journal, 2009. **42**(12): p. 1077-1083.

175. Matsumoto, H., Y. Yoshimine, and A. Akamine, *Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er: YAG laser within a root canal model.* Journal of endodontics, 2011. **37**(6): p. 839-843.

176. Gregorčič, P., M. Jezeršek, and J. Možina, *Optodynamic energy-conversion efficiency during an Er: YAG-laser-pulse delivery into a liquid through different fiber-tip geometries.* Journal of biomedical optics, 2012. **17**(7): p. 075006-075006.

177. Coluzzi, D.J., *Fundamentals of dental lasers: science and instruments.* Dent Clin North Am, 2004. **48**(4): p. 751-70, v.

178. Keleş, A., et al., *Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study.* J Endod, 2015. **41**(2): p. 219-24.

179. DiVito, E., O.A. Peters, and G. Olivi, *Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation.* Lasers Med Sci, 2012. **27**(2): p. 273-80.

180. Blanken, J., et al., *Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study.* Lasers Surg Med, 2009. **41**(7): p. 514-9.

181. Dönmez Özkan, H., et al., *Efficacy of Two Different Nickel-Titanium Rotary Systems in Retreatment Procedure With or Without Laser-Activated Irrigation: An In Vitro Study.* Photobiomodul Photomed Laser Surg, 2019. **37**(8): p. 495-499.

182. Campello, A.F., et al., *Influence of solvent and a supplementary step with a finishing instrument on filling material removal from canals connected by an isthmus.* Int Endod J, 2019. **52**(5): p. 716-724.

183. Silva, E., et al., *Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study.* Int Endod J, 2018. **51**(1): p. 86-91.

184. Uzunoglu-Özyürek, E., S. Küçükkaya Eren, and S. Karahan, *Contribution of XP-Endo files to the root canal filling removal: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies.* Aust Endod J, 2021. **47**(3): p. 703-714.

185. Schneider, S.W., *A comparison of canal preparations in straight and curved root canals.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1971. **32**(2): p. 271-5.

186. Siqueira, J.F., Jr., et al., *What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy.* Int Endod J, 2018. **51**(5): p. 501-508.

187. Vieira, A.R., et al., *Dentinal tubule infection as the cause of recurrent disease and late endodontic treatment failure: a case report.* J Endod, 2012. **38**(2): p. 250-4.

188. Vera, J., et al., *One- versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study.* J Endod, 2012. **38**(8): p. 1040-52.

189. Monguilhott Crozeta, B., et al., *A micro-computed tomography assessment of the efficacy of rotary and reciprocating techniques for filling material removal in root canal retreatment.* Clin Oral Investig, 2016. **20**(8): p. 2235-2240.

190. Masiero, A.V. and F.B. Barletta, *Effectiveness of different techniques for removing gutta-percha during retreatment.* Int Endod J, 2005. **38**(1): p. 2-7.

191. Roggendorf, M.J., et al., *Micro-CT evaluation of residual material in canals filled with Activ GP or GuttaFlow following removal with NiTi instruments.* Int Endod J, 2010. **43**(3): p. 200-9.

192. Schirrmeister, J.F., et al., *Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotary instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2006. **101**(4): p. 542-7.

193. Schirrmeister, J.F., et al., *Effectiveness of hand and rotary instrumentation for removing a new synthetic polymer-based root canal obturation material (Epiphany) during retreatment.* Int Endod J, 2006. **39**(2): p. 150-6.

194. Gergi, R., et al., *Comparison of canal transportation and centering ability of twisted files, Pathfile-ProTaper system, and stainless steel hand K-files by using computed tomography.* J Endod, 2010. **36**(5): p. 904-7.

195. Karataş, E., et al., *The effect of chloroform, orange oil and eucalyptol on root canal transportation in endodontic retreatment.* Aust Endod J, 2016. **42**(1): p. 37-40.

196. Barreto, M.S., et al., *Efficacy of ultrasonic activation of NaOCl and orange oil in removing filling material from mesial canals of mandibular molars with and without isthmus.* J Appl Oral Sci, 2016. **24**(1): p. 37-44.

197. Kim, K., et al., *A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment.* Restor Dent Endod, 2019. **44**(2): p. e18.

198. Silva, P.A., et al., *Comparison of the Self-Adjusting File and Hedström File Used as Supplementary Instruments for the Remaining Filling Material Removal During Retreatment of C-Shaped Canals: A Micro-CT Study.* Eur Endod J, 2020. **5**(2): p. 112-117.

199. Unal, G.C., et al., *A comparison of the efficacy of conventional and new retreatment instruments to remove gutta-percha in curved root canals: an ex vivo study.* Int Endod J, 2009. **42**(4): p. 344-50.

200. Fan, B., et al., *Three-dimensional morphologic analysis of isthmuses in the mesial roots of mandibular molars.* J Endod, 2010. **36**(11): p. 1866-9.

201. Castro, R.F., et al., *Evaluation of the efficacy of filling material removal and re-filling after different retreatment procedures.* Braz Oral Res, 2018. **32**: p. e94.

202. Rödig, T., et al., *Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study.* Int Endod J, 2012. **45**(6): p. 580-9.

203. Rodrigues, C.T., et al., *Efficacy of CM-Wire, M-Wire, and Nickel-Titanium Instruments for Removing Filling Material from Curved Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study.* J Endod, 2016. **42**(11): p. 1651-1655.

204. Niemi, T.K., et al., *Effect of Instrument Design and Access Outlines on the Removal of Root Canal Obturation Materials in Oval-shaped Canals.* J Endod, 2016. **42**(10): p. 1550-4.

205. Tocci, L., et al., *Cutting efficiency of instruments with different movements: a comparative study.* J Oral Maxillofac Res, 2015. **6**(1): p. e6.

206. Delai, D., et al., *Efficacy of a thermally treated single file compared with rotary systems in endodontic retreatment of curved canals: a micro-CT study.* Clin Oral Investig, 2019. **23**(4): p. 1837-1844.

207. Suk, M., et al., *The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming in the removal of calcium silicate-based filling remnants from the root canal after rotary retreatment.* Lasers Med Sci, 2017. **32**(9): p. 2055-2062.

208. Capar, I.D., et al., *Effectiveness of ProTaper Universal retreatment instruments used with rotary or reciprocating adaptive motion in the removal of root canal filling material.* Int Endod J, 2015. **48**(1): p. 79-83.

209. HÜLSMANN, M., S. DREBENSTEDT, and C. HOLSCHER, *Shaping and filling root canals during root canal re-treatment.* Endodontic Topics, 2008. **19**(1): p. 74-124.

210. Grossman, L.I., S. Oliet, and E. Carlos, *del Rio.* Endodontics Practice, 11th Edition. Philadelphia: Lea and Febiger, 1988: p. 255.

211. Kanaparthy, A. and R. Kanaparthy, *The Comparative Efficacy of Different Files in The Removal of Different Sealers in Simulated Root Canal Retreatment- An In-vitro Study.* J Clin Diagn Res, 2016. **10**(5): p. Zc130-3.

212. Silva Almeida, L.H., et al., *Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies.* J Endod, 2017. **43**(4): p. 527-535.

213. Oltra, E., et al., *Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison.* Restor Dent Endod, 2017. **42**(1): p. 19-26.

214. Hess, D., et al., *Retreatability of a bioceramic root canal sealing material.* J Endod, 2011. **37**(11): p. 1547-9.

215. Donnermeyer, D., et al., *Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments.* Clin Oral Investig, 2018. **22**(2): p. 811-817.

216. Alsubait, S., et al., *A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus.* Aust Endod J, 2021. **47**(2): p. 222-227.

217. Kim, H., et al., *Comparisons of the Retreatment Efficacy of Calcium Silicate and Epoxy Resin-based Sealers and Residual Sealer in Dentinal Tubules.* J Endod, 2015. **41**(12): p. 2025-30.

218. Ersev, H., et al., *The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers.* Int Endod J, 2012. **45**(8): p. 756-62.

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

220. Salgado, K.R., et al., *Cleaning Ability of Irrigants and Orange Oil Solvent Combination in the Removal of Root Canal Filling Materials.* Eur Endod J, 2019. **4**(1): p. 33-37.

221. Martos, J., et al., *The effect of different organic solvents on the degradation of restorative materials.* Eur J Dent, 2013. **7**(3): p. 347-351.

222. Khedmat, S., et al., *Efficacy of ProTaper and Mtwo Retreatment Files in Removal of Gutta-percha and GuttaFlow from Root Canals.* Iran Endod J, 2016. **11**(3): p. 184-7.

223. Kim, S.R., et al., *Efficacy and retrievability of root canal filling using calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers with matched obturation techniques.* Aust Endod J, 2019. **45**(3): p. 337-345.

224. Somma, F., et al., *Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography.* Int Endod J, 2011. **44**(4): p. 362-9.

225. Pirani, C., et al., *Effectiveness of three different retreatment techniques in canals filled with compacted gutta-percha or Thermafil: a scanning electron microscope study.* J Endod, 2009. **35**(10): p. 1433-40.

226. Rödig, T., et al., *Efficacy of the ProTaper retreatment system in removing Thermafil, GuttaCore or vertically compacted gutta-percha from curved root canals assessed by micro-CT.* Int Endod J, 2018. **51**(7): p. 808-815.

227. Schäfer, E., B. Nelius, and S. Bürklein, *A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques.* Clin Oral Investig, 2012. **16**(1): p. 225-30.

228. Pedullà, E., et al., *Retreatability of two hydraulic calcium silicate-based root canal sealers using rotary instrumentation with supplementary irrigant agitation protocols: a laboratory-based micro-computed tomographic analysis.* Int Endod J, 2019. **52**(9): p. 1377-1387.

229. De-Deus, G., et al., *Effectiveness of Reciproc Blue in removing canal filling material and regaining apical patency.* Int Endod J, 2019. **52**(2): p. 250-257.

230. Iriboz, E. and H. Sazak Öveçoğlu, *Comparison of ProTaper and Mtwo retreatment systems in the removal of resin-based root canal obturation materials during retreatment.* Aust Endod J, 2014. **40**(1): p. 6-11.

231. Joseph, M., et al., *In vitro evaluation of efficacy of different rotary instrument systems for gutta percha removal during root canal retreatment.* J Clin Exp Dent, 2016. **8**(4): p. e355-e360.

232. Bramante, C.M. and L.V. Betti, *Efficacy of Quantec rotary instruments for gutta-percha removal.* Int Endod J, 2000. **33**(5): p. 463-7.

233. Só, M.V., et al., *Clinical microscopic analysis of ProTaper retreatment system efficacy considering root canal thirds using three endodontic sealers.* Microsc Res Tech, 2012. **75**(9): p. 1233-6.

234. Rodrigues, C.T., et al., *Comparison of two methods of irrigant agitation in the removal of residual filling material in retreatment.* Braz Oral Res, 2017. **31**: p. e113.

235. Vidal, F.T., et al., *Evaluation of three different rotary systems during endodontic retreatment - Analysis by scanning electron microscopy.* J Clin Exp Dent, 2016. **8**(2): p. e125-9.

236. Borges, M.M.B., et al., *Efficacy of reciprocating systems for removing root filling material plus complementary cleaning methods in flattened canals: Microtomography and scanning electron microscopy study.* Microsc Res Tech, 2019. **82**(7): p. 1057-1064.

237. Duarte, M.A., et al., *Effectiveness of rotary or manual techniques for removing a 6-year-old filling material.* Braz Dent J, 2010. **21**(2): p. 148-52.

238. Vasconcelos, K.F., et al., *Artefact expression associated with several cone-beam computed tomographic machines when imaging root filled teeth.* Int Endod J, 2015. **48**(10): p. 994-1000.

239. Ruddle, C.J., *Nonsurgical endodontic retreatment.* J Calif Dent Assoc, 2004. **32**(6): p. 474-84.

240. Torabinejad, M., et al., *Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review.* J Prosthet Dent, 2007. **98**(4): p. 285-311.

241. Gorni, F.G. and M.M. Gagliani, *The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up.* J Endod, 2004. **30**(1): p. 1-4.

242. Rôças, I.N. and J.F. Siqueira, Jr., *Characterization of microbiota of root canal-treated teeth with posttreatment disease.* J Clin Microbiol, 2012. **50**(5): p. 1721-4.

243. Barbizam, J.V., et al., *Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals.* J Endod, 2002. **28**(5): p. 365-6.

244. Dall'Agnol, C., M.S. Hartmann, and F.B. Barletta, *Computed tomography assessment of the efficiency of different techniques for removal of root canal filling material.* Braz Dent J, 2008. **19**(4): p. 306-12.

245. Al-Haddad, A. and Z.A. Che Ab Aziz, *Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review.* Int J Biomater, 2016. **2016**: p. 9753210.

246. Han, L. and T. Okiji, *Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials.* Int Endod J, 2013. **46**(9): p. 808-14.

247. de Oliveira, D.P., et al., *Comparison between gutta-percha and resilon removal using two different techniques in endodontic retreatment.* J Endod, 2006. **32**(4): p. 362-4.

248. Aydin, B., T. Köse, and M.K. Calişkan, *Effectiveness of HERO 642 versus Hedström files for removing gutta-percha fillings in curved root canals: an ex vivo study.* Int Endod J, 2009. **42**(11): p. 1050-6.

249. Bramante, C.M., et al., *Heat release, time required, and cleaning ability of MTwo R and ProTaper universal retreatment systems in the removal of filling material.* J Endod, 2010. **36**(11): p. 1870-3.

250. Betti, L.V., et al., *Comparison of GPX with or without solvent and hand files in removing filling materials from root canals--an ex vivo study.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2010. **110**(5): p. 675-80.

251. Saricam, E., et al., *The retreatment abilities of ProTaper Next and F6 Skytaper: a micro-computed tomography study.* Eur Oral Res, 2021. **55**(2): p. 74-79.

252. Celikten, B., et al., *Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques.* J Oral Sci, 2015. **57**(4): p. 361-6.

253. Eltair, M., et al., *Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM).* Clin Oral Investig, 2018. **22**(4): p. 1631-1639.

254. Schilder, H., *Filling root canals in three dimensions. 1967.* J Endod, 2006. **32**(4): p. 281-90.

255. Qu, W., et al., *Influence of Warm Vertical Compaction Technique on Physical Properties of Root Canal Sealers.* J Endod, 2016. **42**(12): p. 1829-1833.

256. Wright, C.R., et al., *Effectiveness of Gutta-percha/Sealer Removal during Retreatment of Extracted Human Molars Using the GentleWave System.* J Endod, 2019. **45**(6): p. 808-812.

257. Özyürek, T. and E. Demiryürek, *Efficacy of Different Nickel-Titanium Instruments in Removing Gutta-percha during Root Canal Retreatment.* J Endod, 2016. **42**(4): p. 646-9.

258. de Carvalho Maciel, A.C. and M.F. Zaccaro Scelza, *Efficacy of automated versus hand instrumentation during root canal retreatment: an ex vivo study.* Int Endod J, 2006. **39**(10): p. 779-84.

259. Kfir, A., et al., *The efficacy of five techniques for removing root filling material: microscopic versus radiographic evaluation.* International endodontic journal, 2012. **45**(1): p. 35-41.

260. Conde, A.J., et al., *Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA.* Int Endod J, 2017. **50**(10): p. 976-982.

261. Rodrigues, C.T., et al., *Cleaning efficacy and uncontrolled removal of dentin of two methods of irrigant activation in curved canals connected by an isthmus.* Aust Endod J, 2021. **47**(3): p. 631-638.

262. Urban, K., et al., *Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation.* Clin Oral Investig, 2017. **21**(9): p. 2681-2687.

263. Çapar İ, D. and H.A. Aydinbelge, *Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal.* Scanning, 2014. **36**(6): p. 640-7.

264. Paiva, S.S., et al., *Supplementing the antimicrobial effects of chemomechanical debridement with either passive ultrasonic irrigation or a final rinse with chlorhexidine: a clinical study.* J Endod, 2012. **38**(9): p. 1202-6.

265. Galler, K.M., et al., *Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation.* Int Endod J, 2019. **52**(8): p. 1210-1217.

266. Akyuz Ekim, S.N. and A. Erdemir, *Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study.* Microsc Res Tech, 2015. **78**(3): p. 230-9.

267. YILDIZ, E.D., F.D. YURTSEVEN, and D. HANÇERLİOĞULLARI, *EFFICACY OF VARIOUS LASER-ASSISTED IRRIGATION ACTIVATION TECHNIQUES ON CALCIUM HYDROXIDE REMOVAL.* Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2021. **31**(4): p. 556-562.

268. Kakoura, F. and O. Pantelidou, *Retreatability of root canals filled with Gutta percha and a novel bioceramic sealer: A scanning electron microscopy study.* J Conserv Dent, 2018. **21**(6): p. 632-636.

269. Özyürek, T. and E. Demiryürek, *Comparison of the Effectiveness of Different Techniques for Supportive Removal of Root Canal Filling Material.* Eur Endod J, 2016. **1**(1): p. 1-6.

270. Marques-da-Silva, B., et al., *Effectiveness of five instruments when removing calcium hydroxide paste from simulated internal root resorption cavities in extracted maxillary central incisors.* Int Endod J, 2020. **53**(3): p. 366-375.

271. van der Sluis, L.W., et al., *Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature.* Int Endod J, 2007. **40**(6): p. 415-26.

272. Fruchi Lde, C., et al., *Efficacy of reciprocating instruments for removing filling material in curved canals obturated with a single-cone technique: a micro-computed tomographic analysis.* J Endod, 2014. **40**(7): p. 1000-4.

273. Da Rosa, R.A., et al., *Micro-CT Evaluation of Root Filling Removal after Three Stages of Retreatment Procedure.* Braz Dent J, 2015. **26**(6): p. 612-8.

274. Arslan, H., et al., *Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris.* Int Endod J, 2014. **47**(11): p. 1072-7.

275. Arslan, H., et al., *An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide.* Int Endod J, 2015. **48**(3): p. 246-51.

276. Zhu, X., et al., *Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study.* Photomed Laser Surg, 2013. **31**(8): p. 371-7.

277. Kontogiannis, T.G., et al., *Removal ability of MTA-, bioceramic-, and resin-based sealers from obturated root canals, following XP-endo® Finisher R file: An: ex vivo: study.* Saudi Endodontic Journal, 2019. **9**(1): p. 8-13.

278. Sinsareekul, C. and S. Hiran-Us, *Comparison of the efficacy of three different supplementary cleaning protocols in root-filled teeth with a bioceramic sealer after retreatment-a micro-computed tomographic study.* Clin Oral Investig, 2022. **26**(4): p. 3515-3521.

279. Marques da Silva, B., et al., *Effectiveness of ProTaper, D-RaCe, and Mtwo retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material.* Int Endod J, 2012. **45**(10): p. 927-32.

EKLER

EK 1. Etik Kurul Belgesi

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Tarihi: 26/06/2019
Toplantı Sayısı: 2019/10
Karar No: 2019.06.24

Üniversitemiz Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu 26.06.2019 Çarşamba günü saat 10:00'da Prof. Dr. Berkant ÖZPOLAT başkanlığında toplanarak Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ'ın "**Sonik, Ultrasonik, Fotonla Uyarılmış Fotoakustik Dalgalanma (PIPS) ve XP-endo Finisher R ile Yapılan İlave İşlemlerin Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasındaki Etkisinin Değerlendirilmesi**" isimli başvurusunu görüştü.

KARAR:

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ'ın "**Sonik, Ultrasonik, Fotonla Uyarılmış Fotoakustik Dalgalanma (PIPS) ve XP-endo Finisher R ile Yapılan İlave İşlemlerin Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılmasındaki Etkisinin Değerlendirilmesi**" isimli başvurusu Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkelere uygun bulunmuştur.

ÖZGEÇMİŞ

Fatma Durna Yurtseven …… tarihinde ……'da doğdu. İlköğrenimini Gazneliler İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra Selahattin Akbilek Yunus Emre Lisesi'nden 2007 yılında mezun oldu. 2014 yılında Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ni bitirdi. 2017 yılından itibaren Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.