



T.C.

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI KÖK KANAL DOLGU PATLARININ LATERAL
KANALLARA PENETRASYONUNUN MICRO-CT İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hazırlayan

Amine KÜÇÜKİLHAN

Endodonti Ana Bilim Dalı

Uzmanlık Tezi

Danışman

Doç. Dr. Emre BAYRAM

Tokat-2021



T.C.

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI KÖK KANAL DOLGU PATLARININ LATERAL
KANALLARA PENETRASYONUNUN MICRO-CT İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hazırlayan

Amine KÜÇÜKİLHAN

Endodonti Ana Bilim Dalı

Uzmanlık Tezi

Danışman

Doç. Dr. Emre BAYRAM

Tokat-2021

ETİK SÖZLEŞME

T.C.

GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI'NA

Bu belgeyle, bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak toplanıp sunulduğunu, bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yaptığımı ve kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

08 /02/2021

Tezi Hazırlayan Öğrencinin

Adı ve Soyadı

Amine KÜÇÜKİLHAN

İmzası

TEŞEKKÜR

Akademik ve klinik tecrübeleriyle, eğitimim boyunca bana yol gösteren danışman hocam Doç. Dr. Emre BAYRAM ve saygıdeğer hocam Doç. Dr. H. Melike BAYRAM'a;

Tezimin istatistiksel analizinde yardım ve desteklerini esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üy. Emre KUYUCU'ya;

Tezimin deney aşamalarında bana büyük yardımları olan Arş. Gör. Fatih UÇAR'a, Arş. Gör. Tuğberk CANAVAR'a, Arş. Gör. Şahin KILINÇKAYA'ya, yazım aşamalarında yardımlarını ve manevi destekleri benden esirgemeyen Arş. Gör. Mustafa DİLLİ'ye, Arş. Gör. Hilal EKMEK'e, Arş. Gör. Tunahan DÖKEN, Arş. Gör. Begüm YİĞİT'e;

Her zaman tüm samimiyetiyle bana abilik yapan bölüm sekreterimiz Haluk AÇAR'a;

Asistanlığa başladığım ilk zamanlarımdan uzmanlığımı aldığı sürece kadar her türlü yardımına koşan çok sevdiğim kıdemlim Uzm. Dt. Emine DEMİR ŞEREFİ'ye;

Asistanlığım boyunca her zaman yanımda olan, her türlü desteklerini benden esirgemeyen çok değerli arkadaşlarım, Arş. Gör. Hayrunnisa KASAP'a, Arş. Gör. Özge YÜKSEKAYA'ya, Arş. Gör. Deniz YİĞİTER'e;

Her daim varlıkları ve destekleriyle bana güç veren değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Gülşah TONGA'ya, Arş. Gör. Şeyma Nur GERÇEKÇİOĞLU'na, Arş. Gör. Merve KÖSETÜRK'e,

Bugünlere gelmemde en büyük emeğin sahibi, desteklerini her zaman hissettiğim, varlıklarıyla bana güç veren, dualarını benden esirgemeyen canım babam Ali Rıza KÜÇÜKİLHAN ve canım annem Gülşen KÜÇÜKİLHAN'a, düştüğüm her anda yanımda olmaya çalışarak beni kaldıran biricik ablam Seda ÖZHANCI'ya, manevi desteklerini ve dualarını hep hissettiğim çok değerli kardeşlerim Beka ERDOĞRAL'a, Rehnüma KÜÇÜKİLHAN'a, İsmail ÖZHANCI'ya ve Necdet ERDOĞRAL'a

EN İÇTEN TEŞEKKÜRLERİMLE...



ÖZET

Farklı Kök Kanal Dolgu Patlarının Lateral Kanallara Penetrasyonunun Micro-Ct İle Değerlendirilmesi

Kök kanal sistemleri, dallanmalar ve lateral kanallar gibi karmaşık bir anatomiye sahip olabilir. Lateral kanallar, pulpa dokusuyla periodontal dokular arasında yer alan oluşumlar olduğundan, bu oluşumların 3 boyutlu bir şekilde tıkanması endodontik tedavinin başarısı için gereklidir.

Çalışmamızda iki kanal patının farklı aktivasyon yöntemleriyle, farklı bölgelerde bulunan lateral kanallara penetrasyonunu micro-ct ile 2 ve 3 boyutlu olarak değerlendirmeyi amaçladık.

ProtaperNext #X3 ile prepare edilmiş tek köklü tek kanallı üst santral dişlerin apikal 2, 4, 6 mm seviyelerinde lateral kanallar oluşturuldu. Kullanılan kanal patına göre 2 ana grup (AHPlus-MTAFillapex) ve aktivasyon uygulamasına göre 3 alt grupta [sonik-ultrasonik-kontrol(aktivasyonsuz)] n=8 olacak şekilde doldurulan dişlerde; lateral kanallara penetre olan pat miktarları micro-ct ile, kanal içinde patın boyutsal ve hacimsel olarak kanalın yüzdesel olarak ne kadarında bulunduğu belirlendi.

Bölge, aktivasyon ve patların istatistiksel değerlendirmeleri Kruskal Wallis ve Mann Whitney U testleriyle $P<0,05$ anlamlılık düzeyinde yapıldı. 2 ve 3 boyutlu değerler arasında Pearson korelasyon analizi bakıldı.

Patların penetrasyonunda istatistiksel olarak anlamlı şekilde ultrasonik>sonik>kontrol sıralaması gözlenmiştir. Patlar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Orta ve koronal bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmezken, her iki bölgede de apikale göre istatistiksel olarak daha fazla penetrasyon

görüldü. 2 ve 3 boyutlu micro-ct değerlendirmeleri arasında pozitif yönde yüksek korelasyon görüldü.

Sonuç;

- Aktivasyon sistemleri patların penetrasyonunu artırır,
- Lateral kanalların doldurulması için kullanılan hiçbir pat ve yöntem kanalların tamamen doldurulmasını sağlamamıştır, apikal bölgede görülen lateral kanallar doldurulması en zor olanlardır,
- Lateral kanallara pat penetrasyonunu değerlendirirken; micro-CT yerine, 2b ölçümlerle lateral kanallardaki doluluk oranının analizinin kullanılabileceği görüldü.

Anahtar Kelimeler: penetrasyon, lateral kanal, kök kanal patları, micro-ct, aktivasyon

ABSTRACT

Evaluation of Penetration of Different Root Canal Sealers into Lateral Canals with Micro-Ct

Root canals can have a complex anatomy, such as ramifications and lateral canals. Since the lateral canals are the formations between pulp and periodontium, the 3-dimensional sealing of these formations is necessary for the success of endodontic treatment.

In our study, we aimed to evaluate the penetration of two canal sealers into lateral canals in different levels with different activation methods, with micro-ct in 2 and 3 dimensions.

Lateral canals were created at apical 2, 4, 6 mm levels of single root single canal upper central teeth prepared with ProtaperNext # X3. Teeth were divided by 2 groups according to the sealer's type.(AHPlus-MTAFillapex) and 3 subgroups according to activation application (sonic-ultrasonic-non-activation) (6 different groups with n = 8). The proportion of the paste in the canal in terms of size and volume was determined.

Statistical analysis of the values were made with Kruskal-Wallis and Mann Whitney U test at the significance level of $P < 0.05$. Pearson correlation analysis was performed between 2 and 3 dimensional values.

A statistically significant ultrasonic > sonic > control order was observed in the penetration of the pastes. There was no significant difference between pastes. While there was no statistically significant difference between the middle and coronal regions, statistically more penetration was observed in both regions than the apical region. There was a high positive correlation between the 2 and 3 dimensional evaluations.

Consequently;

- The sealers show a significantly higher penetration with activation - specially ultrasonic-
- No paste or method used to fill the lateral canals has not provided the canals to be filled completely, the lateral canals seen in the apical region are the most difficult to fill,
- When evaluating sealer penetration into lateral canals; It was seen that analysis of the filling ratio in the lateral canals with 2D measurements could be used instead of micro-CT.

Keywords: penetration, lateral canal, root canal sealers, micro-ct, activation

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. KÖK KANAL DOLGU MATERYALLERİ.....	5
2.1.1. Katı Kök Kanal Dolgu Materyalleri.....	6
2.1.2. Kök Kanal Dolgu Patları.....	7
2.2. KÖK KANAL PATLARININ SINIFLANDIRMASI.....	8
2.3. ÇALIŞMAMIZDA KULLANDIĞIMIZ KANAL DOLGU PATLARI.....	11
2.3.1. Rezin Bazlı Kök Kanal Patı [<i>AH Plus™ (Dentsply, De Trey/ Almanya)</i>]	11
2.3.2. Kalsiyum Silikat / Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikli Biyoseramik Kök Kanal Patı [<i>MTA Fillapex (Angelus Industria de Produtos Odontologicos S/A, Londrina-PR Brezilya)</i>]	12
2.4. ÇALIŞMAMIZDA KULLANDIĞIMIZ AKTİVASYON SİSTEMLERİ	15
2.4.1. Ultrasonik Sistemler	16
2.4.2. Sonik Sistemler	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	23
3.1. ÖRNEKLERİN SEÇİLMESİ VE HAZIRLANMASI.....	23
3.2. GİRİŞ KAVİTELERİNİN AÇILMASI VE KÖK KANALLARININ PREPARASYONU	24

3.3. LATERAL KANALLARIN OLUŞTURULMASI.....	24
3.4. KÖK KANALLARININ DOLDURULMASI.....	26
3.5. MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (MİCRO-CT) TARAMASI VE DEĞERLENDİRMESİ	29
4. BULGULAR	33
4.1. KÖK KANAL PATLARININ VE FARKLI AKTİVASYON GRUPLARININ FARKLI SEVİYELERDEKİ LATERAL KANALLARA GÖRE PENETRASYON MİKTARLARININ BULGULARI	37
4.2. KÖK KANAL PATLARININ VE FARKLI SEVİYELERDEKİ LATERAL KANALLARIN AKTİVASYON GRUPLARINA GÖRE PENETRASYON MİKTARLARININ BULGULARI	39
4.3. FARKLI SEVİYELERDEKİ LATERAL KANALLARIN VE FARKLI AKTİVASYON GRUPLARININ KÖK KANAL PATLARINA GÖRE PENETRASYON MİKTARLARININ BULGULARI.....	41
5. TARTIŞMA.....	43
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
7. KAYNAKÇA	64
EKLER.....	89

SİMGELER VE KISALTMALAR

%: Yüzde

°C: Santigrat Derece

2D: 2 boyutlu

3D: 3 boyutlu

ANSI/ADA: American National Standard Institute /American Dental Association

(Amerikan Ulusal Standartları Enstitüsü/Amerikan Diş Hekimleri Birliği)

ark: Arkadaşları

BT: Bilgisayarlı tomografi

Ca(OH)₂: Kalsiyum Hidroksit

CBCT: Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi

CRCS: Calcibiotic Root Canal Sealer

dk: Dakika

EDTA: Etilen diamin tetra asetik asit

g: Gram

Hz: Hertz frekans birimi

ISO: International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon

Örgütü)

KHz: Kilohertz frekans birimi

kVp: X ışın tüpü potansiyeli

mA: Miliamper

micro-CT: Mikro bilgisayarlı tomografi

mm: Milimetre

mm³: Milimetreküp

MTA: Mineral Trioxide Aggregate

NaOCl: Sodyum hipoklorit

No: Numara

pH: Ortamın asidik seviyesi

PUI: Pasit ultrasonik irrigasyon

SEM: Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)

sn: Saniye

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

α : Alfa

β : Beta

μ m: Mikrometre

<: küçüktür

>: büyüktür

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1: Ultrasonik Aktivasyon Yapılan Paslanmaz Çelik Uç.....	18
Şekil 2. 2: Endoactivator Cihazı ve Polimer Uçları	20
Şekil 3. 1: Giriş Kavitesinin Açılması, Protaper Next Eğeler, Preparasyon.....	24
Şekil 3. 2: Dişlerin Asitte Bekletilmesi, Açılacak Seviyelerin İşaretlenmesi.....	25
Şekil 3. 3: Lateral Kanalların Preparasyonu	26
Şekil 3. 4: MTA Fillapex patı, AH Plus patı	27
Şekil 3. 5: Endoactivator ile Kök Kanal Patının Aktivasyonu	28
Şekil 3. 6: Ultrasonik Olarak Kök Kanal Patının Aktivasyonu	28
Şekil 3. 7: Micro-CT Cihazı	30
Şekil 3. 8: MTA Fillapex Ultrasonik Grubuna Ait Bir Örnek	31
Şekil 3. 9: MTA Fillapex Kontrol Grubuna Ait Bir Örnek	31
Şekil 3. 10: MTA Fillapex Sonik Grubuna Ait Bir Örnek.....	31
Şekil 3. 11: AH Plus Ultrasonik Grubuna Ait Bir Örnek	31
Şekil 3. 12: AH Plus Kontrol Grubuna Ait Bir Örnek.....	31
Şekil 3. 13: AH Plus Sonik Grubuna Ait Bir Örnek.....	31

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2. 1: : İçeriklerine Göre Kök Kanal Dolgu Patları.....	10
Tablo 2. 2: : AH Plus Kök Kanal Patının İçeriği	11
Tablo 2. 3: MTA Fillapex Kök Kanal Patının İçeriği.....	14
Tablo 3. 1: Deney Grupları	27
Tablo 4. 1: Tüm Parametrelerin 2D Değerlendirmeleri, Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri.....	33
Tablo 4. 2: Tüm Parametrelerin 3D Değerlendirmeleri, Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri.....	34
Tablo 4. 3: Kullanılan Patların 2D ve 3D Değerlendirmelerinin. Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri.....	34
Tablo 4. 4: Bölgelerin 2D ve 3D Değerlendirmelerinin Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri.....	35
Tablo 4. 5: Aktivasyon Yöntemlerinin 2D ve 3D Değerlendirmelerinin Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri	36
Tablo 4. 6: 2 ve 3 Boyutlu Analiz Değerlerinin Pearson Korelasyon Testi Analizi.....	36
Tablo 4. 7: Kök Kanal Patlarının ve Farklı Aktivasyon Gruplarının Farklı Seviyelerdeki Lateral Kanallara Göre 3D ve 2D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak Ortalama± Standart Sapma Değerleri ve P Değerleri	38
Tablo 4. 8: Kök Kanal Patlarının ve Farklı Seviyelerdeki Lateral Kanalların Aktivasyon Gruplarına Göre Penetrasyon Miktarlarının 3D ve 2D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak Sonucu Ortalama± Standart Sapma Değerleri ve P Değerleri	40

Tablo 4. 9: Farklı Seviyelerdeki Lateral Kanalların ve Farklı Aktivasyon Gruplarının Kök Kanal Patlarına Göre Penetrasyon Miktarlarının 3D ve 2D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak Ortalama± Standart Sapma Değerleri ve P Değerleri	42
---	----



1. GİRİŞ

Endodonti, kök kanal enfeksiyonunu önleme ve tedavi etmeye yönelik bir klinik diş hekimliği dalıdır. Endodontik tedavi; kök kanal sisteminin kemomekanik olarak şekillendirilmesini ve dezenfekte olmasını ve temizlenmiş, şekillendirilmiş kök kanal sisteminin, enfeksiyon ihtimali taşıyan boşluklarını elimine ederek, hermetik bir şekilde kapatılmasını amaçlar (Himel & McSpadden, 2006).

Apikal ve koronal yönde sızdırmaz bir tıkama sağlayan kök kanal dolguları, rezidüel iritanları kanal içinde bırakarak, bu iritanların periapikal dokulara geçişini engelleyebilir. 3 boyutlu olarak kapatılmış kök kanal sistemi, aynı zamanda, tükürük nedenli oluşan koronal rekontaminasyonu ve periradiküler doku sıvılarının kanal içine sızıntısını önleyerek, rezidüel bakterilerin beslenmesini de engellemiş olur. Bu nedenle kök kanal dolgusu, endodontik enfeksiyonların önlenmesinde ve kontrolünde önemli bir rol oynar (Himel & McSpadden, 2006).

Kök kanal sisteminin 3 boyutlu sızdırmaz olarak doldurulması endodontik tedavinin başarısı için çok önemlidir. Etiyolojik faktörlerin tamamen ortadan kaldırılamaması tedavi başarısızlığının en büyük nedenlerinden biridir (Guigand, Glez, Sibayan, Cathelineau, & Vulcain, 2005). Ingle'a göre başarısızlıkların %59'u eksik kök kanal dolguları nedeniyle oluşan apikal sızıntılara dayandırılabilir (Ingle, 1994). Bununla birlikte, kök kanal sistemleri dallanmalar (ramifikasyonlar) ve lateral kanallar gibi karmaşık anatomiye sahip olabilir (Fernando Goldberg, 2001).

Mikro bilgisayarlı tomografi mineralize dokuların mikro mimarisini, morfolojisini ve densitesini, biyomalzemelerin iç yapısını ve pörözitesini değerlendirmek

için kullanılan destrüktif olmayan bir 3 boyutlu görüntüleme tekniğidir (Jones, Poologasundarampillai, Atwood, Bernard, & Lee, 2007).

Endodontide mikro bilgisayarlı tomografi (micro-CT), son yıllarda kök kanal anatomisini daha ayrıntılı değerlendirmek için (Peters, Laib, Rügsegger, & Barbakow, 2000; Verma & Love, 2011) veya kanal enstrümantasyonundan sonra kök kanal morfolojisini ve ayrıntılarını (Markvart et al., 2012) tahmin etmek için sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca kök dolgularındaki, endodontik patlardaki porözitelerin analizinde, (Mokeem Saleh, Hammad, Silikas, & Watts, 2009) dolum teknikleri (Epley, Fleischman, Hartwell, & Cicalese, 2006) ve retreatment (Huomonen, Kvist, Gröndahl, & Molander, 2006) çalışmalarında da kullanılmaktadır.

Klinik uygulamada taramaların uzun sürmesi ve yüksek radyasyon düzeyinden dolayı kullanılamamasına rağmen, yüksek çözünürlük ve ayrıntılı görüntü sağlaması nedeniyle in vitro olarak tercih edilen bir cihazdır (Keleş & Alçin, 2015).

Bu çalışmada, mikrobilgisayarlı tomografi (micro-CT) kullanarak, MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve AH Plus (Dentsply, Konstanz, Almanya) olmak üzere iki adet kök kanal dolgu matının; sonik aktivasyon, pasif ultrasonik aktivasyon ve aktivasyon yapılmamış kontrol gruplarında; yapay olarak oluşturulmuş lateral kanallara penetrasyon derinliğinin boyutsal ve hacimsel olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Hipotezimiz aktivasyonsuz ve aktivasyonlu grupların arasında ve kanal dolgu patları arasında bir fark olmayacağı; lateral kanalların konumunun kök kanal dolgu matının penetrasyonunu etkilemeyeceği, micro-ct görüntülemesiyle elde edilen 2 ve 3 boyutlu analizler arasında bir fark olmayacağı yönündedir.

2. GENEL BİLGİLER

Kök kanalı sistemleri; mekanik yollarla genel olarak temizlenebilen ana kanal ve isthmuslar, aksesuar kanallar, lateral kanallar gibi kompleks anatomik yapıları içeren yan bileşenlerden oluşur (Torabinejad, Fouad, & Shabahang, 2020). Lateral kanallar, kök üzerinde herhangi bir yerde bulunabilir ve genelde kök kanalına dik olarak konumlanırlar. Aksesuar kanallar ise çoğunlukla kökün apikal birkaç mm'lik kısmında bulunurlar ve daha küçük boyuttadırlar. Bu kanallar ana kök kanalı ile periodontal dokular arasındaki bağlantıyı sağlarlar (Carrotte, 2004). Bu oluşumlar dentinogenezis esnasında Hertwig epitelyal kök kınının parçalanması ve arada ufak bir boşluk kalması sonucu oluşurlar (Torabinejad et al., 2020). Ayrıca etnik köken, yaş, gelişimsel anomaliler ve reperatif dentin oluşumunu stimule eden travma, çürük, periodontal hastalık ve restoratif uygulamalar gibi dış uyarılar, bu anatomik varyasyonun oluşmasına katkıda bulunan faktörler olarak bildirilmiştir (Han et al., 2014; Neo & Chee, 1990; Sert & Bayirli, 2004).

Kasahara ve ark. (1990) santral kesici dişlerde yaptıkları çalışmada %60'ından fazlasında aksesuar kanala rastlamıştır. Lateral kanalların görülme sıklığının ise % 8,8 ile % 45 arasında değiştiği bildirilmektedir (Q. D. De Deus & Horizonte, 1975; Rubach & Mitchell, 1965). Seltzer ve ark., diş köklerinde çok sayıda “aksesuar” ve “lateral” kanal bulunmasının bir istisna değil; bir standart olduğunu söylemiştir (Seltzer, Bender, & Ziontz, 1963).

Lateral kanallar pulpadan periodontal membrana doğru iritanların geçişine olanak sağladığı için endodontik açıdan büyük öneme sahiptir. Weine tarafından yapılan bir çalışmada, lateral kanalların endodontik başarısızlığa neden olabileceği gösterilmiştir (Weine, 1984). Aksesuar ve lateral kanallara erişimin zor olması, mekanik olarak bu

oluşumların tam olarak temizlenmesini imkansız kılar. Bu sebeple bakteriler için yaşam alanı olmaya devam ederler. Ancak belirli koşullarda uygun bir irrigasyon ajanıyla etkili bir irrigasyon yapılarak, bu anatomik oluşumların temizlenmesi mümkün hale gelir. Bu yüzden aksesuar ve lateral kanallara sahip dişlerde endodontik tedavi başarı oranı orta seviyede olabilmektedir (Carrotte, 2004).

Endodontik prosedürlerin nihai amacı, kök kanal boşluğunun lateral kanallar ve kompleks anatomik oluşumları da içerecek şekilde tamamen tıkanması olmalıdır (Schilder & Hargreaves, 2006).

Kök kanal sistemlerinin tamamen doldurulma nedenleri;

- 1- Oral kaviteden periapikal dokulara mikroorganizma geçişini engelleyecek bir bariyer oluşturmak,
- 2- Kök kanallarının kemomekanik olarak temizlenmesinin ardından kök kanal sistemi içinde kalmış olabilecek mikroorganizmaları hapsederek, çoğalmalarını ve tekrar enfeksiyon oluşturmalarını engellemek,
- 3- Kök kanal sistemine sızıntı olmasını engellemek,
- 4- Kalan diş dokularına desteklik sağlamak,
- 5- Periapikal iyileşme için uygun şartları oluşturmaktır (Alaçam, 2012).

Yetersiz endodontik tedavi veya tedavi edilmeyen kanallar sık görülen başarısızlık nedenleridir. İyi bir tanı ve tedavi planlaması ile birlikte, kanal morfolojisi ve sık görülen varyasyonlar hakkında bilgi, endodontik başarı için temel bir gerekliliktir (Vertucci, 2005).

2.1. KÖK KANAL DOLGU MATERYALLERİ

Kök kanal sistemi ile çevre dokular arasında bakteri sızıntısının önlenmesi için kök kanal sisteminin üç boyutlu ve boşluksuz olarak tıkanması endodontide esastır (Schilder & Hargreaves, 2006). Bugüne kadar kök kanallarının doldurulmasında birçok farklı materyal kullanılmıştır. Başarılı bir kök kanal tedavisinin yapılabilmesi için kök kanal morfolojisinin ve anatomisinin yanı sıra, kullanılacak dolgu malzemesinin özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir (Hwang et al., 2015).

Kök kanal dolgu malzemeleri, katı ve yarı katı olmak üzere iki gruba ayrılır (Walton & Johnson, 2002). Kök kanal dolgu patları literatürde yarı-katı materyaller olarak geçer. Kök kanalının doldurulması genellikle bir kök kanal patı ile beraber katı bir kor malzeme kullanılarak gerçekleştirilir (Himel & McSpadden, 2006).

Kök kanal sistemini doldururken dolgu patı ve kanal dolgu malzemelerinin beraber kullanılmasıyla elde edilmek istenen amaçlar şu şekilde özetlenebilir;

- ✓ Kanal patlarının antibakteriyel etkinliklerinden faydalanarak kök kanalında dezenfeksiyon sağlamak,
- ✓ Dolgu malzemesi ile dentin duvarı arasındaki boşlukları doldurarak hermetik tıkamaya yardımcı olmak,
- ✓ Sertleşme reaksiyonunun kanal içinde tamamlanmasıyla hem dentine hem de dolgu malzemesine bağlanarak sızdırmazlığı desteklemek,
- ✓ Kanal patının akışkanlığı sayesinde dolgu malzemesinin kanala daha kolay yerleştirilmesini sağlamak (Alaçam, 2012).

2.1.1. Katı Kök Kanal Dolgu Materyalleri

Güta-perka konları, güta-perkayla kaplanmış kor materyalleri, gümüş konlar ve Resilon katı materyaller sınıfında yer alır (Himel & McSpadden, 2006). Katı formdaki dolgu malzemeleri, kök kanal dolgusunun boyutunun ayarlanabilmesine olanak sağlamasından dolayı yarı katı malzemelere göre üstün sayılmaktadır (Regan, 2004; Walton & Johnson, 2002). Güta-perka fiziksel ve kimyasal stabilitesi ve ısı ile plastikleştirilebilmesi nedeniyle 100 yıldan fazladır en yaygın kullanılan katı kanal dolgu materyalidir (Marciano, Michalesco, & Abadie, 1993).

Güta-perka, güta-perka ağacının (Isonandra percha) kabuğundan yapılmış doğal bir üründür. Güta-perka kimyasal olarak izopren bazlı bir polimerdir. Endodontide α -gütaperka ve β -gütaperka olmak üzere iki farklı tipte güta-perka kullanılır. α -gütaperka, güta-perkanın doğada bulunan natürel formudur, daha iyi akışkanlık özeliği gösterdiğinden dolayı enjekte edilebilir teknikler için tercih edilir. β -gütaperka ise; daha esnek, daha az kırılımandır ve öncelikle kon formunda kullanılması tercih edilir (Schmalz, 2009). Sıcaklığa bağlı olarak α -fazı ve β -fazı arasında birbirlerine dönüşler gerçekleşebilir (Schilder, Goodman, & Aldrich, 1974).

Güta-perka konları endodontik eğeler için belirtilen benzer boyut ve koniklik standartlarına uygun (# .02, # .04 ve # .06) konikliklerde üretilirler. Bu konların içeriği; üretici firmaların ufak değişiklikleriyle birlikte yaklaşık olarak %19 – %22 güta-perka, %59 – %79 çinko-oksit, %1 – %17 ağır metal tuzları, %1 – %4 mum veya rezin şeklindedir (Himel & McSpadden, 2006).

Güta-perkanın; klinik olarak kolay sıkıştırılabilir formda olması, boyutsal stabilitesinin iyi olması, toksik olmaması, radyopak olması, ısıtıldığı zaman plastik

özelliik kazanması, organik çözücülerde (ksilen, halotan, kloroform gibi) çözünebilmesi, bu sayede tekrar kök kanal tedavisinin gerektiği durumlarda mekanik ve kimyasal çözücülerle kolaylıkla kanaldan çıkarılabilmesi, antibakteriyel olması ve yumuşak dokulara biyouyumlu olması gibi avantajları mevcuttur (Alaçam, 2012). Dezavantajları ise, yumuşaklığı nedeniyle kolay kıvrılması, stabil olmamasından dolayı zamanla kırılğanlaşması ve kök kanalındaki apikal stop noktası korunamadığında kanal dolgusunun uzunluk kontrolünün zor olmasıdır (Alaçam, 2012).

2.1.2. Kök Kanal Dolgu Patları

Katı materyallerin kök kanal sistemindeki düzensizliklere tek başlarına uyum göstermeleri pek mümkün değildir. Katı materyaller ile kök kanalındaki dentin duvarları arasında boşluk kalabilmektedir. Bu nedenle katı materyallerin, yarı-katı materyaller ile birlikte kullanılması tavsiye edilir (Regan, 2004; Walton & Johnson, 2002).

Kök kanal dolum prosedürlerinde kök kanal dolgularını gerçekleştirmek için endodontik kanal patlarının kullanımı kabul görmüş bir durumdur ve tedavinin başarısında anahtar rol oynar. Bu nedenle, bu materyaller periapikal enflamatuar ve/veya enfeksiyöz süreçlerin çözülmesi ile başarılı bir kök kanal dolgusuna izin vermeli ve daha fazla mikrobiyal kontaminasyonu engelleyecek birtakım özellikleri taşımalıdır (Johnson, Kulild, & Tay, 2016). Patların kullanımıyla; kök kanal dolgusunun bir bütün olarak sızdırmazlığını artırmasından ve akışkanlıkları sayesinde katı materyalin kanala daha kolay yerleştirilmesini sağlamasından da faydalanmak amaçlanmaktadır (Alaçam, 2012). Bu bağlamda, Grossman ideal bir kök kanal patının özelliklerini şöyle sıralamıştır;

- ✓ Kanal duvarına iyi bir adezyon sağlaması için karıştırıldığında yapışkan özellik sergilemelidir.
- ✓ Hermetik bir tıkama sağlamalıdır.
- ✓ Radyografik olarak görülebilmesi için radyoopasite göstermelidir.
- ✓ Toz kısmının partikül boyutu küçük olmalı, böylece likitiyle karıştırılırken zorlanılmadan homojen bir karışım oluşturabilmelidir.
- ✓ Sertleşirken büzülme özelliği göstermemelidir.
- ✓ Dişte renklenmeye neden olmamalıdır.
- ✓ Bakterilerin üremesini durdurmalı veya en azından bakteriyel gelişimi desteklememelidir.
- ✓ Yavaş sertleşmelidir.
- ✓ Doku sıvılarında çözünmemelidir.
- ✓ Periapikal dokulara iritan etki göstermemelidir.
- ✓ Gerektiğinde kanaldan çıkarılabilmesi için yaygın kullanılan çözücü ajanlarda çözünebilmelidir (Grossman, 1982).

Tüm bu kriterleri karşılayan bir kök kanal patı günümüzde halen mevcut değildir. Seçilen pattan bağımsız olarak, tüm patlar sertleşene kadar toksik özellik gösterir. Bu nedenle periradiküler dokulara kök kanal patı taşmasından olabildiğince kaçınılmalıdır (Johnson et al., 2016).

2.2. KÖK KANAL PATLARININ SINIFLANDIRMASI

Kök kanal patları farklı araştırmacılar tarafından çok farklı şekillerde sınıflandırılmıştır.

Grossman (1974);

1. Simanlar
2. Plastikler
3. Patlar
4. Katı maddeler

Cohen ve Burns (1987);

1. Çinko oksit-öjenol içeren patlar
2. Öjenol içermeyen patlar
3. Tedavi edici özelliği olan patlar
4. Tedavi edici özelliği olmayan patlar

Bayırlı (1999);

1. İyodoformlu kanal dolgu maddeleri
2. Öjenollü kanal dolgu maddeleri
3. Öjenolsuz kanal dolgu maddeleri
4. Paraformaldehitli kanal dolgu maddeleri
5. Kalsiyum hidroksitli kanal dolgu maddeleri
6. Cam iyonomer simanlar
7. Katı maddeler
8. Retrograd dolgu maddeleri şeklinde sınıflandırmıştır (Alaçam, 2012).

Biz çalışmamızda içeriklerine göre sınıflandırdık (Tablo 2. 1).

Tablo 2. 1: : İçeriklerine Göre Kök Kanal Dolgu Patları

İÇERİKLERİNE GÖRE PATLAR	ÖRNEK KÖK KANAL PATI
Çinko Oksit-Öjenol Bazlı Kök Kanal Patları	Grossman patı, Rickert's patı, Procosol, Tubli Seal patı, Wach patı, Roth Sealer ve Pulp Canal Sealer
Kalsiyum Hidroksit Bazlı Kök Kanal Patları	Sealapex, CRCS (Calcibiotic Root Canal Sealer), Biocalex, Acroseal, , Apexit ve Apexit Plus
Cam İyonomer İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları	Ketac-Endo, Chembond, Endion, Vitrabond, Fuji İyonomer
Silikon Bazlı Kök Kanal Dolgu Patları	Lee Endo-Fill, RoekoSeal, GuttaFlow
Paraformaldehit İçerikli Kök Kanal Patları	N2, Endamethasone, Riebler's patı
Rezin Bazlı Kök Kanal Patları	AH Plus, EndoRez, Hibrid Root SEAL, MetaSEAL, 2Seal
Kalsiyum Silikat / Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikli Biyoseramik Kök Kanal Patları	MTA Fillapex, ProRoot Endo Sealer, MTA Obtura, Endo-CPM-Sealer, EndoSequance BC patı, TotalFill BC patı ve iRoot SP patı

2.3. ÇALIŞMAMIZDA KULLANDIĞIMIZ KANAL DOLGU PATLARI

2.3.1. Rezin Bazlı Kök Kanal Patı [AH Plus™ (Dentsply, De Trey/ Almanya)]

İlk epoksi rezin içerikli pat olan AH26; toz ve likitten oluşur. İyi sızdırmazlık, bağlanma özellikleri ve antibakteriyel etkinliği vardır (Harty, 2019). Antibakteriyel etkisini (Heling & Chandler, 1996), açığa çıkan formaldehit (Koch, Wünstel, & Stein, 2001) ile sağlar. Formaldehit salınımına bağlı, birkaç hafta sonra azalan şiddetli bir enflamatuvar reaksiyon üretir, daha sonra ise periapikal dokular tarafından iyi tolere edilir (Ørstavik & Mjör, 1988). Günümüzde iki pattan oluşan bir sistem olan, çok daha az formaldehit salımı ile polimerize olacak şekilde formüle edilmiş AH Plus, AH26'nın yerini almıştır (Harty, 2019).

AH Plus, A ve B patları eşit hacimde karıştırılan iki tüpten oluşur. İçeriği Tablo 2.2'de gösterilmiştir:

Tablo 2. 2: : AH Plus Kök Kanal Patının İçeriği

Pat A (Epoksi Patı)	Bisfenol-A epoksi rezin, bisfenol-F epoksi rezin, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, demir oksit pigmentleri
Pat B (Amin Patı)	Dibenzildiamin, aminoadamantan, trisiklodekan-diamin, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, silika, silikon yağı

AH Plus patı ile 23°C' de en az 4 saat boyunca çalışılabilir. Sertleşmesi vücut sıcaklığında 8 saattir (Alaçam, 2012). AH Plus'ın film kalınlığı, boyutsal stabilitesi,, akışkanlığı ve radyoopasitesi ISO standartlarına göre yeterlidir (Alaçam, 2012). Sitotoksisite ve genotoksisitesi olmadığı ve Ames testi ile mutajenik etkileri olmadığı

belirtilmiştir. Yalnızca başlangıç aşamasında hafif derece inflamasyona yol açtığı rapor edilmiştir (Leyhausen, Heil, Reifferscheid, Waldmann, & Geurtsen, 1999).

McMichen ve ark. AH Plus'ın oral sıvılarda diğer patlara göre daha az çözüldüğünü bulmuşlardır (McMichen, Pearson, Rahbaran, & Gulabivala, 2003). AH Plus'ın içeriğindeki her bir amin grubu, kovalent bir bağ oluşturmak için bir epoksit grubu ile reaksiyona girer. Ortaya çıkan polimer, yoğun bir şekilde çapraz bağlıdır ve bu nedenle sert ve güçlüdür (Case, O'Brien, & Ward, 2005). Bu durum, AH Plus'ın düşük çözünürlük göstermesine sebep olur (Resende et al., 2009).

AH Plus bir patta bulunması gereken özellikleri günümüzde en iyi karşılayan materyal olması sebebiyle "altın standart" pat olarak düşünülmektedir (Resende et al., 2009).

2.3.2. Kalsiyum Silikat / Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikli Biyoseramik Kök Kanal Patı [MTA Fillapex (Angelus Industria de Produtos Odontologicos S/A, Londrina-PR Brezilya)]

Kalsiyum silikat / MTA içerikli patlar en son üretilen pat grupları arasında yer alır (Harty, 2019).

Mineral trioksit agregat (MTA), temel bileşenleri arasında kalsiyum bazlı mineralleri içeren nispeten yeni bir endodontik malzemedir. Sertleştikten sonra, kalsiyum hidroksit oluşturmak için doku sıvılarıyla reaksiyona girebilecek kalsiyum oksit içerir. MTA, bir kor malzemenin etrafında kök kanal patı olarak kullanılmak üzere formüle edilmemiş olsa da, özellikle açık apeksli vakalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Desai & Chandler, 2009). Kanal içine yerleştirilmesi ve manipülasyonu hayli zor olsa da

bu üstün özellikleri, tek başına bir kök kanal dolgu / pat malzemesi olarak kullanımını desteklemektedir (Desai & Chandler, 2009).

Kalsiyum silikat içerikli materyaller, büzüşme göstermeyen, biyouyumlu, toksisitesi az materyallerdir. Hidroksil apatit kristalleri oluşturduğu düşünülen bu materyallerin; yüksek viskozite ve küçük partikül boyutuyla karakterize olmasından dolayı, dentin ve dolgu malzemesi arasındaki bağlanmayı artırdığı öne sürülmüştür. Bu patların olumlu özellikleri sayesinde kök kanal dolgusunda daha iyi sonuçlar sağlayabileceği bildirilmiştir (Salles et al., 2012; Zhou et al., 2015).

Bu patlar penetrasyon ve iyi tıkama özellikleri sayesinde dentin tübüllerinin derinlerine penetre olmuş bakterileri hapseder (Espir et al., 2016; McMichael, Primus, & Opperman, 2016; Yoo et al., 2014). Böylece endodontik tekrar tedavileri yapılması gerektiğinde derine penetre olan tüm bakterilerin temizlenmesi mümkün olamadığından, tekrar tedavilerinin başarı ihtimalini artırabileceği bildirilmiştir (Harty, 2019). MTA içerikli patların bir dezavantajı yavaş sertleşmeleridir, ancak bu sertleşme hızlandırıcılardaki gelişmeler ile aşılabılır (Harty, 2019).

2012 yılında piyasaya sürülen MTA Fillapex (Angelus Industria de Produtos Odontologicos S/A, Londrina-PR Brezilya) MTA bazlı bir biyoseramik kök kanal patıdır. İçeriğinde bulunanlar Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2. 3: MTA Fillapex Kök Kanal Patının İçeriği

MTA Fillapex Patının İçeriği
Salisilat rezin
Seyreltilmiş rezin
Natürel rezin
Bizmut oksit (Radyopak ajan olarak)
Silika nanopartikülleri
MTA

İkili pat sistemi şeklinde olduğundan, manipülasyonu kök ucu dolum materyali olarak kullanılan MTA gibi zor değildir (Vitti et al., 2013). Üreticileri bu patın; yüksek radyoopasite, düşük çözünürlük, uzun çalışma zamanı ve sertleşirken genişleme özelliklerini barındırdığını iddia etmektedirler (Özcan, Davut Çapar, Çetin, & Aydınbelge, 2013; Zhou et al., 2015).

Silva ve ark. MTA Fillapex patının sitotoksitesini değerlendirdikleri çalışmalarında; AH Plus patına göre sitotoksitesinin daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir (Silva et al., 2013). Salles ve ark. ise başlangıçta sertleşme esnasında gösterdiği toksik etkiye rağmen, MTA Fillapex'in sitotoksitesinin zaman geçtikçe azaldığını ve insan osteoblast benzeri hücre kültüründe apatit kristallerinin oluşumu için nükleasyon bölgelerini uyarmak suretiyle biyoaktif özellik gösterdiğini bildirmişlerdir (Salles et al., 2012). Ayrıca başka bir çalışmada MTA'nın biyolojik özelliklerinin iyi olmasının, kalsiyum iyonu salma kapasitesinden ve yüksek alkalın pH'ından kaynaklı olabileceği bildirilmiştir (Asgary, Parirokh, Eghbal, & Ghoddusi, 2006). Silva ve ark. pH değerlerinin ilk uygulandığı zamanda en yüksek olup zamanla azaldığını gözlemlemiş,

ancak AH Plus patının nötral pH seviyesinde seyrettiğini belirtmişlerdir. Aynı çalışmada; MTA Fillapex patının radyoopasitesinin AH Plus patına göre düşük olmasına rağmen, ISO 6876/2001 standartlarının gerektirdiği değerleri karşıladığını ve MTA Fillapex'in anlamlı olarak AH Plus'tan daha akışkan olduğu belirtilmiştir (Silva et al., 2013).

AH Plus ile MTA Fillapex'in fiziksel özelliklerinin karşılaştırıldığı bir başka çalışmada akıcılık, çözünürlük, çalışma zamanı, sertleşme zamanı ve su absorpsiyonları değerlendirilmiştir. MTA Fillapex daha kısa sertleşme ve çalışma zamanına sahip olmasına rağmen bu değerler klinik olarak kabul edilebilir bulunmuştur. Çözünürlük, akıcılık ve su absorpsiyonunun da AH Plus'a göre daha az olduğu rapor edilmiştir (Vitti et al., 2013).

Çözünürlük değerlerinin taramalı elektron mikroskobu vasıtasıyla mukayese edildiği bir başka çalışmada ise, MTA Fillapex'in ANSI/ADA standartlarının üstünde kaldığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada MTA Fillapex'in ortama yüksek seviyede yaptığı Ca^{+2} iyonu salınımının AH Plus'ta gözlenmediği de belirtilmiştir (Borges et al., 2012).

2.4. ÇALIŞMAMIZDA KULLANDIĞIMIZ AKTİVASYON SİSTEMLERİ

Kök kanal sisteminin özellikle apikal üçlünün; karmaşık anatomi, dar isthmus ve lateral kanallar nedeniyle temizlenmesi oldukça zordur (Vertucci, 1984). Bu karmaşık anatominin sadece mekanik yolla temizlenebilmesi mümkün değildir (Basmadjian-Charles, Farge, Bourgeois, & Lebrun, 2002). Bu yüzden enstrümantasyon ile kök kanallarının açıklığını ve dişin bütünlüğünü koruyarak; kanalı şekillendirmek, enfekte dokuları uzaklaştırmak ve irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgelere kadar ulaştırılması amaçlanmaktadır. Bununla beraber temizleme işleminin istenilen seviyeye erişmesi için yeterli bir irrigasyon ile kombine edilmesi gerekmektedir (De Gregorio, Estevez,

Cisneros, Paranjpe, & Cohenca, 2010). İrrigasyonun daha etkili olması için birkaç farklı aktivasyon yöntemi kullanılmaktadır. Aktivasyon yöntemleri manuel ve mekanik olarak başta 2'ye ayrılmaktadır. Manuel yöntemlerde geleneksel şırınga yöntemi, manuel fırçalar ve manuel dinamik irrigasyon tekniği yer alır. Mekanik yöntemlerde ise rotary fırçalar, döner aletle enstrümantasyon esnasında devamlı irrigasyon [Quantec-E sistemi (SybronEndo, Orange, Kanada)], sonik sistemler [Endoactivator (Advanced Endodontics, Santa Barbara, ABD)], ultrasonik sistemler, ardışık düzenli basınç oluşturan cihazlar [RinsEndo® (Duerr-Dental, Bittigheim-Bissingen, Almanya), EndoVac® (Discus Dental, Culver City, Kanada)] ve lazerler yer almaktadır (Akyüz Ekim & Erdemir, 2015).

2.4.1. Ultrasonik Sistemler

Ultrasound insan vücudunun duyma eşiğinin üzerinde, 20 kHz'lik bir ses enerjisidir. Orijinal ultrasonik cihazlarda kullanılan frekans aralığı ise 25-40 kHz aralığındadır (Gu et al., 2009; C. J. Stock, 1991). Daha sonra diş yüzeyinde daha az değişikliğe neden olan, 1 ila 8 kHz arasında çalışan düşük frekanslı ultrasonik el aletleri geliştirilmiştir (Lumley, Walmsley, & Marquis, 1994). Ultrasonik sistemler, sonik sisteme nazaran daha yüksek frekansa sahip ve daha düşük dalga genliği oluşturan sistemlerdir (Walmsley & Williams, 1989).

Ultrasonikler, diş hekimliğinde terapötik ve tanısal uygulamaların yanı sıra sterilizasyon öncesi aletlerin temizlenmesi için kullanılmasına rağmen, en önemli kullanım alanı kök düzlemesi ve kanal tedavisidir (Walmsley, 1988).

Ultrasonik sistemler ve ultrasonik enstrümanlar, diş hekimliğinde ilk defa kavite preparasyonu için kullanılmıştır (Balamuth, 1967; Postle, 1958). Endodontide ilk

kullanımı ise Richman tarafından 1957’de gerçekleşmiştir (Richman, 1957). Martin ve ark. tarafından K tipi eğelerin, dentini kesmek için ultrasonik olarak aktive edilmesiyle, kök kanallarının preparasyonunda da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Martin, Cunningham, & Norris, 1980).

Ultrasonik cihazların endodontide kök kanal preparasyonu, irrigasyon aktivasyonu gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır (Nagendrababu, Jayaraman, Suresh, Kalyanasundaram, & Neelakantan, 2018). Ultrasonik cihazların oluşturduğu akustik dalgalar ile kanal içerisindeki solüsyonda patlamalar meydana gelmekte, bu da solüsyonun dentine penetrasyonunu artırmaktadır (Ahmad, Pitt Ford, & Crum, 1987a; De Gregorio et al., 2010).

Endodontide kullanılan ultrasonikler doğrusal, ileri-geri, piston benzeri bir hareketle çalışır (Plotino, Pameijer, Maria Grande, & Somma, 2007). Titreşim tüm alet boyunca olduğundan (Lea, Walmsley, Lumley, & Landini, 2004), enstrumentasyon sırasında ulaşılamayan kanallara giriş sağlayabilmek, post ve kırık aletleri çıkarmak ve retrograd dolgu için preparasyon yapmak kolaylaşır (Plotino et al., 2007).

- Kalsifiye kanalların bulunması ve pulpa taşlarının kaldırılması
- Kanal içindeki engellerin kaldırılması (kırık aletler, postlar, gümüş konlar, kırık metal postlar)
- İrrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu
- Güta-perkanın ultrasonik kondenzasyonu
- MTA yerleştirilmesi
- Endodontik cerrahide kök ucu kavite preparasyonu ve kök ucu tıkama materyalinin yerleştirilmesi
- Kök kanal preparasyonu

- Kök kanal patlarının aktivasyonu endodontide en sık kullanılan ultrasonik uygulamalarıdır (Plotino et al., 2007).

Kök kanal sisteminin özellikle apikal üçlünün karmaşık bir anatomiye sahip olması, dar isthmus ve lateral kanalların görülme sıklığının fazla olması nedeniyle temizlenmesi oldukça zordur (Vertucci, 1984). Buraların temizlenebilmesi sadece mekanik yolla mümkün olmadığından, irrigasyon sistemleri ile kombine edilerek kök kanal boşluğu tamamen bakterilerden arındırılmaya çalışılmaktadır (De Gregorio et al., 2010). Özetle; ultrasonik aletler, lateral kanallar gibi zor anatomik yerlerin temizlenmesinde ultrasonik titreşimi aracılığıyla irrigantların sürekli hareketini sağlayarak önemli bir etki göstermektedir (De Gregorio, Estevez, Cisneros, Heilborn, & Cohenca, 2009).

Çalışmamızda kullanacağımız cihaz Newtron P5XS BLED'in (Satelec Acteon, Mérignac, Fransa) ucuna takılan paslanmaz çelik uçların (Şekil 2.2) aktivasyonu, smear tabakasının uzaklaştırılmasına ve kök kanallarının dezenfeksiyonuna etki eder (Nagendrababu et al., 2018).



Şekil 2. 1: Ultrasonik Aktivasyon Yapılan Paslanmaz Çelik Uç

Yapılan çalışmalar irrigantın ultrasonik olarak aktive edilmesiyle geleneksel irrigasyon ve sonik sistemlere nazaran; pulpa dokusunu temizlemede, smear tabakasını

kaldırmada ve bakteri sayısını azaltmada daha başarılı olduğunu belirtmiştir (De Gregorio et al., 2010; S. J. Lee, Wu, & Wesselink, 2004).

Literatürde kök kanal patlarının kanala gönderilmesinde aktivasyon yöntemlerinin etkinliğinin değerlendirildiği az sayıda çalışma mevcuttur (Guimarães, Amoroso-Silva, Alcalde, Marciano, de Andrade, et al., 2014). Arslan ve ark. sonik olarak aktive edilen ve aktivasyon yapılmayan gruba kıyasla, ultrasonik olarak aktive edilen grupta, patların lateral kanallara penetrasyonunun daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (Arslan, Abbas, & Karatas, 2016). Ultrasonik aktivasyon, lentülo ve döner sistemlerin saat yönünün tersine hareketinin kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada da ultrasonik sisteminin etkinliğinin fazla olduğu gösterilmiştir (Nikhil, Bansal, & Sawani, 2015).

2.4.2. Sonik Sistemler

Sonik cihazlarla aktivasyonda, kullanılan enstrumanın ucunda, 1 ila 6 kHz arasında değişen frekansta mekanik salınım oluşur (Ahmad et al., 1987a). Bu frekans aralığı ultrasonik cihazlardan daha düşük olmakla beraber, sonik olarak üretilen dalgaların genliğinin ultrasonik dalgalardan daha büyük olduğu bilinmektedir (Ruddle, 2017). Sonik cihazların, oluşturdukları dalgaların genliğinin büyük olmasıyla etkinlik sağladıkları belirtilmiştir (Walmsley, Lumley, & Laird, 1989)

İyi şekillendirilmiş kanallarda irrigasyon solüsyonlarının sonik olarak aktifleştirilmesi, sonik aktivasyon cihazlarının aktivasyon ucunun kanal içinde oluşturduğu akustik dalgalarla sağlanmaktadır. Oluşan dalgalar kendi içlerinde çarpışarak baloncuklar meydana getirir ve bu baloncuklar büyüyerek patlar. Bu baloncukların her

birinin patlaması ile şok dalgaları açığa çıkar, bu şekilde irrigasyon solüsyonlarının dentin dokusunun daha derinlerine penetre olduğu belirtilmiştir. Sonik aktivasyon cihazı sıvı ile dolu pulpa odasında debris bulutu oluşturur ve bu durum klinik olarak kabarcıklar şeklinde gözlenir (Ruddle, 2015, 2017).

Çalışmamızda kullandığımız cihaz olan Endoactivator (Advanced Endodontics, Santa Barbara, ABD), irrigasyon solüsyonlarını titreştirmek suretiyle aktive eder. 22 mm'lik esnek polimer uçları Small, Medium ve Large olmak üzere 3 farklı boyutta ve renkte olup; düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 farklı hız ayarı bulunmaktadır (Ruddle, 2017) (Şekil 2.1).



Şekil 2. 2: Endoactivator Cihazı ve Polimer Uçları

Yapılan çalışmalar irrigasyon solüsyonlarının enstrümente edilemeyen alanlara ve lateral kanallara penetrasyonunun, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu açısından oldukça önemli olduğunu ortaya koymuş (Archer, Reader, Nist, Beck, & Meyers, 1992); sonik aktivasyonun bu durumu anlamlı olarak artırdığını göstermiştir (De Gregorio et al., 2009).

Kök kanal patının yapay lateral kanallara penetrasyonunun değerlendirildiği bir çalışmada, sonik aktivasyon grubunun aktive edilmemiş gruba göre daha iyi pat penetrasyonu gösterdiği belirtilmiştir (Arslan et al., 2016).

Sonik ve ultrasonik aktivasyonun, medikaman ve patlar üzerindeki etkinlikleri hakkında yeterince bilgi olmamakla beraber literatürde bu konuda yapılmış az sayıda çalışma vardır. Arslan ve ark.'nın (Arslan et al., 2016) sonik ve ultrasonik aktivasyonun lateral kanallara patların penetrasyonuna etkisini değerlendirdikleri çalışmada; ultrasonik ve sonik olarak aktive edilen gruplarda, aktive edilmeyen gruba kıyasla daha fazla kök kanal patı penetrasyonu olduğunu gözlemlemişlerdir.

2.5. MICRO-CT GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ

Bilgisayarlı tomografi görüntüleme sistemleri 1970'li yılların başında geliştirilmeye başlanmıştır (Hounsfield, 1973).

Geleneksel iki boyutlu radyografi görüntülemesinde piksel olarak oluşturulan görüntüler, klinik BT görüntülemesinde tarayıcılar tarafından voksel (1 mm^3 volüm elements) olarak oluşturulur. Yani iki boyutlu dilim yerine doğrudan üç boyutlu bir rekonstrüksiyon dizisi oluşturulur. 1980'lerin başında geliştirilen micro-ct sistemlerinde bu voksel boyutu, klinik BT'lerin aksine daha küçük ve daha yüksek çözünürlük elde edilecek şekilde getirilmiştir (Feldkamp, Goldstein, Parfitt, Jesion, & Kleerekoper, 1989). Şu anda neredeyse bir milyon kez daha küçük ve 5-50 um aralığındadır (Keleş & Alçin, 2015).

Micro-CT cihazının çalışma prosedürü taranacak nesnenin kendi eksenini etrafında döndürülmesiyle sağlanır. Bu taramalarda ayrıntılı kesitler elde edildiği için görüntülerden detaylı bilgi elde etmek mümkün olmaktadır. Son yıllarda daha da fazla gelişim gösteren bu teknoloji ile geçmişte değerlendirmesi yeterince yapılamayan birçok durumun üstesinden gelindiği bildirilmektedir (Keleş, Alcin, Kamalak, & Versiani, 2014).

Çalışmalarda kullanılan bu görüntüleme tekniği ile örneklerle zarar verilmeksizin taramada kullanılan kesitler yeniden yapılandırılarak 2 veya 3 boyutlu ayrıntılı görüntüler elde edilebilmektedir (Berutti, 1993).

Çalışmamızda, mikro bilgisayarlı tomografi (micro-CT) kullanarak, MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve AH Plus (Dentsply, Konstanz, Almanya) olmak üzere iki adet kök kanal dolgu matının; sonik aktivasyon, pasif ultrasonik aktivasyon ve aktivasyon yapılmamış kontrol gruplarında; yapay olarak oluşturulmuş lateral kanallara penetrasyon derinliğinin boyutsal ve hacimsel olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Hipotezimiz aktivasyonsuz ve aktivasyonlu grupların arasında ve kanal dolgu matları arasında bir fark olmayacağı; lateral kanalların konumunun kök kanal dolgu matının penetrasyonunu etkilemeyeceği, micro-ct görüntülemesiyle elde edilen 2 ve 3 boyutlu analizler arasında bir fark olmayacağı yönündedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından, 19-KAEK-195 numarasıyla onaylanmıştır. (EK 1)

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2020/07 proje numarası ile desteklenmiştir.

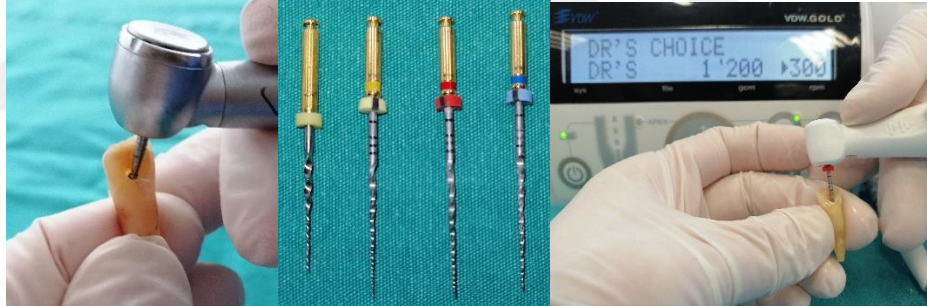
3.1. ÖRNEKLERİN SEÇİLMESİ VE HAZIRLANMASI

Çalışmamızda 48 adet, çekilmiş, daimi, tek köklü, üst orta keser insan dişi kullanıldı. Dişler çekimden sonra distile suda bekletildi. Dişler seçilirken; kök uzunluklarının yakın olmasına, radyografik olarak tek ve düz bir kanal izlenmesine, köklerin apikal oluşumlarının tamamlanmış olmasına, kanalda kalsifikasyonlar ve internal rezorbsiyon durumlarının olmamasına dikkat edildi.

Çalışmamızda kullanılacak dişlerin kökleri üzerindeki tüm yumuşak ve sert doku eklentileri Newtron P5XS BLED ultrasonik cihazı (Satelec Acteon, Mérignac, Fransa) kullanılarak kaldırıldı ve doku etrafındaki artık organik dokuyu çözmek için %5 sodyum hipokloritte (Microvem, Altun Sterilizasyon ve Medikal, İstanbul, Türkiye) 15 dakika bekletildi. Daha sonra dişler distile su altında yıkandıktan sonra çalışmada kullanıncaya kadar serum fizyolojik içerisinde bekletildi.

3.2. GİRİŞ KAVİTELERİNİN AÇILMASI VE KÖK KANALLARININ PREPARASYONU

Seçilen dişlerin giriş kaviteleri 0.14 numaralı rond frez (Ultradent products inc., South Jordan, ABD) ile açıldı. Daha sonra kanal boyu #10 numara K tipi paslanmaz çelik el eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile apikalden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi, apikalde tıkanıklık olup olmadığı kontrol edildi. Ardından Protaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) eğe sistemi kullanılarak, crown down yöntemiyle üreticinin tavsiyesine uyularak kanallar #X3 eğesine kadar genişletildi (Şekil 3.1). Enstrumentasyon esnasında her kanal aleti arasında irrigasyon için 2,5 ml % 5 sodyum hipoklorit (Microvem, Altun Sterilizasyon ve Medikal, İstanbul, Türkiye) kullanıldı.

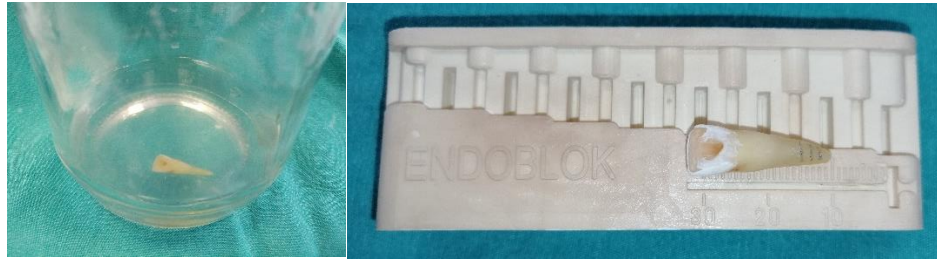


Şekil 3. 1: Giriş Kavitesinin Açılması, Protaper Next Eğeler, Preparasyon

3.3. LATERAL KANALLARIN OLUŞTURULMASI

Dişlerin preparasyonu bittikten sonra lateral kanallara daha kolay giriş yapılabilmesi için Gregorio ve ark. (De Gregorio et al., 2009)'nın uyguladığı teknik modifiye edilerek kullanıldı. %5'lik nitrik asit (Tıp Kim San, İstanbul, Türkiye) çözeltisinde dişler 4 saat bekletildi. Nitrik asit çözeltisinden çıkarılan dişler, saf suda 1

1 dakika boyunca yıkandı. Lateral kanalların oluşturulacağı 2-4-6 mm seviyeleri kök yüzeyinin bukkal ve lingual duvarları üzerinde işaretlendi (Şekil 3.2). Daha sonra lateral kanallar, apeksten 2, 4 ve 6 mm'de dış yüzeye dik olacak şekilde, kökün dış yüzeyinden kanal duvarına bir #10 K-eğesi ile oluşturuldu (Şekil 3.3). Eğenin dentin içinde ilerlemesi esnasında, irrigasyon için %17 EDTA kullanıldı. 3 farklı bölgede, bukkal ve lingual yüzeylerde olmak üzere toplamda 6 adet horizontal lateral kanal oluşturuldu. Son irrigasyonda smear tabakasını uzaklaştırmak için 5 ml %17 EDTA (Promida, Eskişehir, Türkiye) 1 dakika boyunca kanalda bekletilip ardından toplamda 10 ml olacak şekilde %5'lik sodyum hipoklorit kullanıldı. İrrigasyon solüsyonları 20 sn süreyle Endoactivator cihazının orta kalınlıktaki ucu ile orta hızda aktive edildi. Ardından ana kanal ve lateral kanallar distile su ile irrigate edildi. Bu aşamada radyografi alınarak yapay lateral kanallar kontrol edildi. Lateral kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra dişler periodontal dokuyu taklit etmesi amacıyla kökün apikalinden mine dentin sınırına kadar, tüm kökü kaplayacak şekilde numuneler muma gömüldü.



Şekil 3. 2: Dişlerin Asitte Bekletilmesi, Açılacak Seviyelerin İşaretlenmesi



Şekil 3. 3: Lateral Kanalların Preparasyonu

Kanallar daha sonra kağıt konlarıyla kurulandı. AH Plus grubunda kanallar, son kağıt konun kuruluğu görsel olarak doğrulanana kadar kurutuldu. MTA Fillapex grubunda ise; pat sertleşirken neme ihtiyaç duyduğundan, bu grubun örneklerinde kanal içindeki solüsyon aspire edilip, #30 numara tek bir kağıt konla kanallar kurularak hafif nemli kalması sağlandı.

3.4. KÖK KANALLARININ DOLDURULMASI

Çalışmamızda kök kanallarının doldurulması amacı ile iki farklı kök kanal dolgu patı ve bu patların aktivasyonu için iki farklı aktivasyon sistemi kullanıldı. 48 adet diş önce kullanılacak pata göre iki adet ana gruba, ardından yapılacak aktivasyona göre üç adet alt gruba rastgele olarak ayrıldı. Her bir grupta 8 diş bulunacak şekilde gruplar oluşturuldu (Tablo 3.1).

Tablo 3. 1: Deney Grupları

Ana Grup 1: AH Plus grubu			Ana Grup 2: MTA Fillapex		
<i>Alt grup 1</i>	<i>Alt grup 2</i>	<i>Alt grup 3</i>	<i>Alt grup 4</i>	<i>Alt grup 5</i>	<i>Alt grup 6</i>
AH Plus	AH Plus	AH Plus	MTA	MTA	MTA Fillapex
Sonik	Ultrasonik	Aktivasyonsuz	Fillapex	Fillapex	Aktivasyonsuz
aktivasyon	aktivasyon	kontrol grubu	Sonik	Ultrasonik	kontrol grubu
<i>n=8</i>	<i>n=8</i>	<i>n=8</i>	aktivasyon	aktivasyon	<i>n=8</i>
			grubu	grubu	
			<i>n=8</i>	<i>n=8</i>	

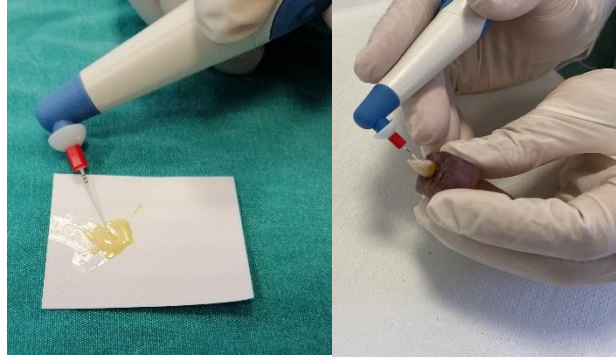
Kanal dolum işlemine başlamadan önce #30.06 güta-perka konlar (VDW, München Germany) kanala çalışma boyunda yerleştirilerek tug-back hissi ile kanala uyumları sağlandı. Kök kanal patları üreticinin talimatları doğrultusunda karıştırıldı (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4: MTA Fillapex patı, AH Plus patı

Sonik aktivasyon grubunda, EndoActivator (Advanced Endodontics, Santa Barbara, ABD) cihazının orta kalınlıktaki ucu (25,04) orta hızda kullanıldı. Cihazın ucu pata bulanıp kanala yerleştirildi. 15 saniyelik iki döngü şeklinde ve her seferinde patı

yenilemek suretiyle çalışma boyundan 2 mm geride yapılan aktivasyondan sonra gütaperka kanala yerleştirildi (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5: Endoactivator ile Kök Kanal Patının Aktivasyonu

Ultrasonik aktivasyonda yine gütaperka kanala yerleştirilmeden önce sonik aktivasyondaki gibi, ultrasonik #20 numaralı uç (Irrisafe; Satelec Acteon, Mérignac, Fransa) pata bulunarak kanala yerleştirilip, 15 saniyelik iki döngü şeklinde ve her seferinde patı yenilemek suretiyle çalışma boyunun 2 mm gerisinde aktive edildi. Newtron P5XS BLED (Satelec Acteon, Mérignac, Fransa) cihazı #6 güç ayarında, 20 numaralı uçla kullanıldı (Şekil 3.6).



Şekil 3. 6: Ultrasonik Olarak Kök Kanal Patının Aktivasyonu

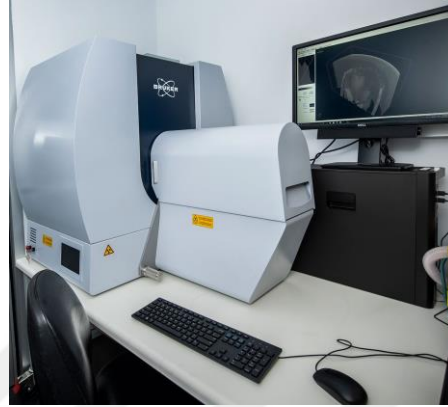
Aktivasyon yapılmamış olan kontrol grubunda ise gütaperkalar patlara bulunarak kanallara yerleştirildi.

Tüm kanallar tek kon tekniği ile dolduruldu. Fazlalık güta-perkalar ısıtılmış aletler vasıtasıyla uzaklaştırıldı. Daha sonra güta-perka 40 numaralı el pluggeri (VDW, Münih, Almanya) kullanılarak dikey olarak sıkıştırıldı. Kavitele geçici dolgu maddesi (Cavit, 3M Espe, Minneapolis, ABD) ile kapatıldı. Dişler kök kanal patlarının sertleşmesi için 1 hafta boyunca 37 °C’de %100 nemli bir ortamda bekletildi.

3.5. MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (MİCRO-CT) TARAMASI VE DEĞERLENDİRMESİ

Kanal dolguları tamamlanan örnekler inceleme için, micro-CT (Bruker Skyscan1275 CT, Kontich, Belçika) cihazının içerisindeki döner platforma tek tek sabitlendi. Micro-CT cihazı (Bruker Skyscan1275 CT, Kontich, Belçika) ile tarama parametreleri; 125 kvp, 80 mA ve 10 um/piksel boyutta 0,2 rotasyon basamağı belirlenerek ayarlandı. Çekimler sırasında oluşacak artefaktları engellemek için 1mm kalınlığında alüminyum filtre kullanıldı. 360 derece rotasyonla görüntüler elde edildi. Her bir numunenin görüntülenmesi yaklaşık olarak 50 dk sürdü. Her örneğin kanallarındaki kök kanal patının üç boyutlu görüntülerinin modelleri, NRecon v.1.7.4.6 yazılımı (Bruker Skyscan1275 CT, Kontich, Belçika) yazılımı ile otomatik bölümlenme ve yüzey modelleme kullanılarak kaynak görüntülerden elde edildi. %40 beam hardening düzeltilmesi yapılmıştır. Ring artefakt azaltması optimum görüntü elde edilmesi için her bir numuneye özel olarak uygulandı. Lateral kanalların bulunduğu bölge ilgili bölge olarak kabul edildi. Örneklerin ilgili bölgelerinin aksenel kesitlerine, kanal duvarındaki lateral kanalların başlangıcını gösteren birinci dilimden elde edilen kesitler kullanılarak ulaşıldı. Her bir örnekten yaklaşık 1800 adet vertikal kesit alındı. Lateral kanalların içerisindeki kök kanal patı miktarının hem hacimsel hem de boyutsal olarak

değerlendirmek için CTAn v.2.2.1 yazılımı (Bruker Skyscan1275 CT, Kontich, Belçika) kullanıldı. CTVol v.2.4 yazılımı (Bruker Skyscan1275 CT, Kontich, Belçika) örneklerin kök kanal dolgularının görüntülenmesi ve kalitatif değerlendirmesi için kullanıldı (Şekil 3.7).



Şekil 3. 7: Micro-CT Cihazı

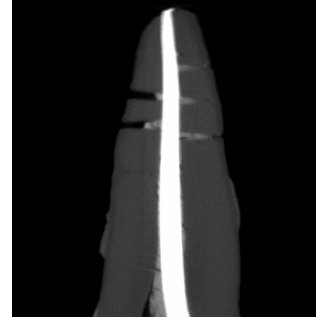
İlgili bölgelerdeki her bir seviye için ayrı ayrı değerlendirmeler yapıldı. 2 boyutlu değerlendirmelerde her bir seviyenin lateral kanalındaki patın ulaştığı en uzak mesafe ile lateral kanalın ana kanala komşu dentin duvarı arasındaki mesafe pat miktarı kabul edilip, kanalın tüm boyuna oranlanarak ne kadar pat içerdiği yüzde olarak hesaplandı. 3 boyutlu değerlendirmelerde ise her bir seviyedeki kanalda bulunan patın hacmi, o seviyedeki lateral kanalın tüm hacmine oranlanarak, yüzdesel olarak değerlendirildi (Şekil 3.8 - 3.9 – 3.10 – 3.11 – 3.12 – 3.13).



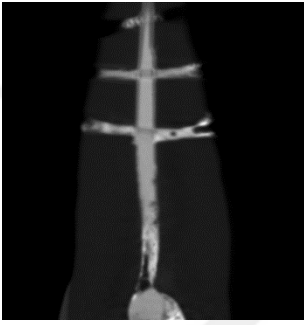
Şekil 3. 8: MTA Fillapex Ultrasonik Grubuna Ait Bir Örnek



Şekil 3. 9: MTA Fillapex Kontrol Grubuna Ait Bir Örnek



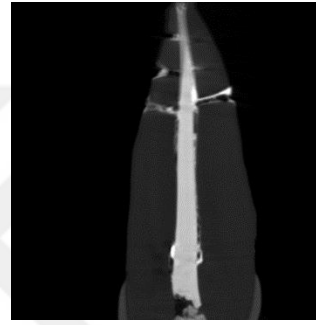
Şekil 3. 10: MTA Fillapex Sonik Grubuna Ait Bir Örnek



Şekil 3. 11: AH Plus Ultrasonik Grubuna Ait Bir Örnek



Şekil 3. 12: AH Plus Kontrol Grubuna Ait Bir Örnek



Şekil 3. 13: AH Plus Sonik Grubuna Ait Bir Örnek

3.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Micro-CT kullanarak, iki farklı kök kanal patının, farklı aktivasyon grupları ile yapay olarak oluşturulmuş lateral kanallara penetrasyon derinliğinin boyutsal ve hacimsel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tüm istatistiksel analizler IBM® SPSS® İstatistik 20 (IBM SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) yazılımı kullanılarak yapıldı.

Aktivasyon şekline, lateral kanalın konumuna ve kök kanal patlarına göre kanal patlarının penetrasyon miktarı $p < 0.05$ anlamlılık değerinde Kruskal Wallis analizi ve Mann Whitney U testi ile analiz edildi. Gruplar arasındaki etkileşimler $p < 0.05$ için 3 yönlü varyans analizi ile kullanıldı. Gruplar içindeki çoklu karşılaştırmalar $p < 0.05$

anlamlılık değerinde Tukey HSD testine tabi tutuldu. 2 boyutlu ve 3 boyutlu değerlendirmeler arasındaki ilişki Pearson Korelasyon analizi kullanılarak test edildi.



4. BULGULAR

AH Plus ve MTA Fillapex kök kanal patlarının, sonik, ultrasonik ve kontrol grubunda, apikal-orta-koronal bölgelerdeki (2 mm - 4 mm - 6 mm seviyelerindeki) lateral kanallara penetrasyon miktarlarının hacimsel (3D) ve boyutsal (2D) olarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.1-4.2).

Tablo 4. 1: Tüm Parametrelerin 2D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri

	Örnek Sayıları	Ortalama	Standart Sapma	%25 Değeri	Median (%50)	%75 Değeri	
Patlar	Ah Plus	72	0,62 ^(a)	0,28	0,40	0,71	0,86
	MTA Fillapex	72	0,56 ^(a)	0,25	0,34	0,58	0,77
Aktivasyon	Sonik	48	0,62 ^(a)	0,20	0,51	0,63	0,77
	Ultrasonik	48	0,76 ^(b)	0,19	0,68	0,84	0,90
	Kontrol	48	0,40 ^(c)	0,26	0,12	0,39	0,55
Bölgeler	Apikal	48	0,46 ^(a)	0,28	0,21	0,45	0,70
	Orta	48	0,61 ^(b)	0,25	0,49	0,61	0,81
	Koronal	48	0,72 ^(c)	0,20	0,60	0,76	0,87

Aynı üst indis istatistiksel anlamsızlığı ifade etmektedir. P değeri 0,05 düzeyinde anlamlı

Tablo 4. 2: Tüm Parametrelerin 3D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak, Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri

		Örnek Sayıları	Ortalama	Standart Sapma	%25 Değeri	Median (%50)	%75 Değeri
Patlar	Ah Plus	72	0,49 ^(a)	0,26	0,32	0,52	0,67
	MTA Fillapex	72	0,41 ^(a)	0,25	0,16	0,42	0,61
Aktivasyon	Sonik	48	0,44 ^(a)	0,22	0,26	0,50	0,60
	Ultrasonik	48	0,61 ^(b)	0,22	0,45	0,65	0,79
	Kontrol	48	0,30 ^(c)	0,24	0,06	0,29	0,50
Bölgeler	Apikal	48	0,32 ^(a)	0,25	0,08	0,27	0,51
	Orta	48	0,48 ^(ab)	0,26	0,27	0,53	0,67
	Koronal	48	0,55 ^(b)	0,20	0,40	0,57	0,67

Aynı üst indis istatistiksel anlamsızlığı ifade etmektedir. P değeri 0,05 düzeyinde anlamlı

AH Plus ve MTA Fillapex patları arasında 2 ve 3 boyutlu değerlendirmelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($P < 0,05$) (Tablo 4.3).

Tablo 4. 3: Kullanılan Patların 2D ve 3D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri

		Örnek Sayıları	Ortalama	Standart Sapma	%25 Değeri	Median %50	%75 Değeri
2D	Ah Plus	72	0,62 ^(a)	0,28	0,40	0,71	0,86
	MTA Fillapex	72	0,56 ^(a)	0,25	0,34	0,58	0,77
3D	Ah Plus	72	0,49 ^(a)	0,26	0,32	0,52	0,67
	MTA Fillapex	72	0,41 ^(a)	0,25	0,16	0,42	0,61

Aynı üst indis istatistiksel anlamsızlığı ifade etmektedir. P değeri 0,05 düzeyinde anlamlı

Bölgeler arasında 2 ve 3 boyutlu değerlendirmeler arasında istatistiksel olarak anlamlı koronal > orta > apikal sıralaması mevcuttur. Ancak 3 boyutlu değerlendirmelerin orta ve koronal bölge değerlendirmeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($P<0,05$) (Tablo 4.4).

Tablo 4. 4: Bölgelerin 2D ve 3D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri

		Örnek Sayıları	Ortalama	Standart Sapma	%25 Değeri	Median %50	%75 Değeri
2D	Apikal	48	0,46 ^(a)	0,28	0,21	0,45	0,70
	Orta	48	0,61 ^(b)	0,25	0,49	0,61	0,81
	Koronal	48	0,72 ^(c)	0,20	0,60	0,76	0,87
3D	Apikal	48	0,32 ^(a)	0,25	0,08	0,27	0,51
	Orta	48	0,48 ^(b)	0,26	0,27	0,53	0,67
	Koronal	48	0,55 ^(b)	0,20	0,40	0,57	0,67
<i>Aynı üst indis istatistiksel anlamsızlığı ifade etmektedir. P değeri 0,05 düzeyinde anlamlı</i>							

2 ve 3 boyutlu değerlendirmelerde, her bir aktivasyon grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı ultrasonik > sonik > kontrol sıralaması bulunmuştur ($P<0,05$) (Tablo 4.5).

Tablo 4. 5: Aktivasyon Yöntemlerinin 2D ve 3D Değerlendirmelerinin Ortalama, Standart Sapma, Median, % 25 ve % 75 Değerleri

		Örnek Sayıları	Ortalama	Standart Sapma	%25 Değeri	Median %50	%75 Değeri
2D	Sonik	48	0,62 ^(a)	0,20	0,51	0,63	0,77
	Ultrasonik	48	0,76 ^(b)	0,19	0,68	0,84	0,90
	Kontrol	48	0,40 ^(c)	0,26	0,12	0,39	0,55
3D	Sonik	48	0,44 ^(a)	0,22	0,26	0,50	0,60
	Ultrasonik	48	0,61 ^(b)	0,22	0,45	0,65	0,79
	Kontrol	48	0,30 ^(c)	0,24	0,06	0,29	0,50

Aynı üst indis istatistiksel anlamsızlığı ifade etmektedir. P değeri 0,05 düzeyinde anlamlı.

Gruplar arası etkileşimlerde bölgelerin ve aktivasyonların kendi içinde 3 boyutlu değerlendirmelerinde anlamlı fark görülmüştür. Patlar*aktivasyon yöntemi etkileşiminin de 3 boyutlu değerlendirmelerinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. 2 boyutlu değerlendirmelerde ise bölgeler, patlar*bölgeler, patlar*aktivasyon yöntemi arasında anlamlı bir istatistiksel fark tespit edilmiştir (P<0,05).

2 ve 3 boyutlu değerlendirme yöntemleri arasında anlamlı ilişki bulunmuş (P<0,001), pearson korelasyon katsayısı 0,818 olup, aralarında pozitif yönlü yüksek düzeyde korelasyon izlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4. 6: 2 ve 3 Boyutlu Analiz Değerlerinin Pearson Korelasyon Testi Analizi

		3D Analiz	2D Analiz
3D Analiz	Pearson Korelasyon	1	0,818*
	N	144	144
2D Analiz	Pearson Korelasyon	0,818*	1
	N	144	144

p değeri P<0,001 düzeyinde anlamlı

4.1. KÖK KANAL PATLARININ VE FARKLI AKTİVASYON GRUPLARININ FARKLI SEVİYELERDEKİ LATERAL KANALLARA GÖRE PENETRASYON MİKTARLARININ BULGULARI

AH Plus patının, sonik aktivasyon grubunda bölgeler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir ($P>0,05$). Ultrasonik aktivasyon, AH Plus'ın penetrasyonunda 3 boyutlu değerlendirmelerde bölgeler arasında anlamlı fark yaratmazken, 2 boyutlu değerlendirmelerde anlamlı olarak en fazla koronal ardından orta ve apikal bölgede penetrasyon göstermiştir ($P<0,05$). Kontrol grubunda 2 ve 3 boyutlu değerlendirmelerde istatistiksel olarak anlamlı koronal > orta > apikal sıralaması görülmüştür ($P<0,05$).

MTA Fillapex'in apikal bölgedeki penetrasyonuna bakıldığı 2 ve 3 boyutlu değerlendirmelerde, sonik aktivasyon uygulandığında bölgeler arasında anlamlı olarak çoktan aza sırasıyla koronal, orta ve apikal sıralaması gözlenmiştir ($P<0,05$). Ultrasonik aktivasyonda ise bölgeler arasında anlamlı fark bulunmazken, sonik aktivasyon grubundaki gibi sırasıyla koronal, orta, apikal sıralaması görülmüştür. Kontrol grubunun sadece 3 boyutlu değerlendirmelerde bölgeler arasında anlamlı fark oluşurken ($P<0,05$), 2 boyutlu değerlendirmelerde istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ($P>0,05$) (Tablo 4.7).

Sadece bölgelere bakılan 2 boyutlu değerlendirmelerde penetrasyon sıralaması anlamlı olarak koronal > orta > apikal şeklinde görülmüştür ($P<0,05$). 3 boyutlu değerlendirmelerde apikal bölge, orta ve koronal bölgeye göre anlamlı olarak daha az penetrasyon göstermiştir ($P<0,05$).

Tablo 4. 7: Kök Kanal Patlarının ve Farklı Aktivasyon Gruplarının Farklı Seviyelerdeki Lateral Kanallara Göre 3D ve 2D Değerlendirmelerinin Yüzesel Olarak Ortalama± Standart Sapma Değerleri ve P Değerleri

Patlar	Aktivasyon	Bölgeler	3 boyutlu analiz	2 boyutlu analiz	χ^2 ;P1 (3D)	χ^2 ;P2 (2D)
AH Plus	Sonik	Apikal	0,52±0,15 ^(a)	0,68±0,19 ^(a)	0,380; 0,827	2,765; 0,251
		Orta	0,54±0,27 ^(a)	0,71±0,12 ^(a)		
		Koronal	0,57±0,13 ^(a)	0,80±0,12 ^(a)		
	Ultrasonik	Apikal	0,47±0,19 ^(a)	0,59±0,24 ^(a)	2,795; 0,247	6,305; 0,043*
		Orta	0,63±0,27 ^(a)	0,79±0,17 ^(ab)		
		Koronal	0,67±0,24 ^(a)	0,85±0,15 ^(b)		
	Kontrol	Apikal	0,08±0,10 ^(a)	0,12±0,09 ^(a)	10,360; 0,006*	10,390; 0,006*
		Orta	0,39±0,30 ^(ab)	0,43±0,34 ^(ab)		
		Koronal	0,53±0,14 ^(b)	0,65±0,21 ^(b)		
MTA Fillapex	Sonik	Apikal	0,20±0,15 ^(a)	0,36±0,17 ^(a)	6,125; 0,047*	9,920; 0,007*
		Orta	0,40±0,19 ^(ab)	0,54±0,14 ^(ab)		
		Koronal	0,43±0,20 ^(b)	0,65±0,16 ^(b)		
	Ultrasonik	Apikal	0,52±0,26 ^(a)	0,71±0,23 ^(a)	3,255; 0,196	2,780; 0,249
		Orta	0,65±0,14 ^(a)	0,78±0,14 ^(a)		
		Koronal	0,71±0,12 ^(a)	0,86±0,03 ^(a)		
	Kontrol	Apikal	0,11±0,13 ^(a)	0,30±0,17 ^(a)	9,465; 0,009*	3,260; 0,196
		Orta	0,25±0,18 ^(ab)	0,38±0,16 ^(a)		
		Koronal	0,41±0,19 ^(b)	0,50±0,23 ^(a)		
* p değeri 0,05 düzeyinde anlamlı.						
Aynı üst indis istatistiksel anlamsızlığı ifade etmektedir.						

4.2. KÖK KANAL PATLARININ VE FARKLI SEVİYELERDEKİ LATERAL KANALLARIN AKTİVASYON GRUPLARINA GÖRE PENETRASYON MİKTARLARININ BULGULARI

Sonik aktivasyon grubunda; AH Plus patı apikal bölgede, ultrasonik grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha fazla, kontrol grubuna göre ise istatistiksel olarak anlamlı daha fazla penetrasyon göstermiştir ($P<0,05$). AH Plus patının apikal bölgede sonik aktivasyonu, kontrol grubundan daha fazla gösterdiği penetrasyon değeri, hem hacimsel hem de boyutsal olarak anlamlıdır. Sonik grubuna göre orta bölgede hacimsel olarak ultrasonik aktivasyondan daha az, kontrol grubuna göre ise daha fazla penetrasyonu görülmesine rağmen istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). 2 boyutlu değerlendirmelerde ise anlamlı olarak ultrasonik grubunda daha fazla, ardından sonik grup ve en son olarak kontrol grubunda pat penetrasyon değerleri izlenmiştir ($P<0,05$). 2 ve 3 boyutlu değerlendirmelerde koronal bölgede aktivasyon grupları arasında bir fark bulunmamıştır ($P>,05$).

Ultrasonik aktivasyon grubunda; MTA Fillapex patı, tüm bölgelerde hem hacimsel hem boyutsal olarak kontrol grubu ve sonik gruba göre anlamlı olarak daha fazla penetrasyon göstermiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4. 8: Kök Kanal Patlarının ve Farklı Seviyelerdeki Lateral Kanalların Aktivasyon Gruplarına Göre Penetrasyon Miktarlarının 3D ve 2D Değerlendirmelerinin Yüzesel Olarak Sonucu Ortalama± Standart Sapma Değerleri ve P Değerleri

Patlar	Bölgeler	Aktivasyon	3 Boyutlu Analiz	2 Boyutlu Analiz	χ^2 ;P1	χ^2 ;P2
AH Plus	Apikal	Sonik	0,52±0,15 ^(a)	0,68±0,19 ^(a)	13,686 ; 0,001*	15,102; 0,001*
		Ultrasonik	0,47±0,19 ^(a)	0,59±0,24 ^(a)		
		Kontrol	0,08±0,10 ^(b)	0,12±0,09 ^(b)		
	Orta	Sonik	0,54±0,27 ^(a)	0,71±0,12 ^(ab)	2,765; 0,251	6,125; 0,047*
		Ultrasonik	0,63±0,27 ^(a)	0,79±0,17 ^(a)		
		Kontrol	0,39±0,30 ^(a)	0,43±0,34 ^(b)		
	Koronal	Sonik	0,57±0,13 ^(a)	0,80±0,12 ^(a)	2,205; 0,332	5,840; 0,054
		Ultrasonik	0,67±0,24 ^(a)	0,85±0,15 ^(a)		
		Kontrol	0,53±0,14 ^(a)	0,65±0,21 ^(a)		
Mta Fillapex	Apikal	Sonik	0,20±0,15 ^(a)	0,36±0,17 ^(a)	10,655 ; 0,005*	11,115; 0,004*
		Ultrasonik	0,52±0,26 ^(b)	0,71±0,23 ^(b)		
		Kontrol	0,11±0,13 ^(a)	0,30±0,17 ^(a)		
	Orta	Sonik	0,40±0,19 ^(a)	0,54±0,14 ^(a)	12,435 ; 0,002*	15,435; <0,001 *
		Ultrasonik	0,65±0,14 ^(b)	0,78±0,14 ^(b)		
		Kontrol	0,25±0,18 ^(a)	0,38±0,16 ^(a)		
	Koronal	Sonik	0,43±0,20 ^(a)	0,65±0,16 ^(a)	10,565 ; 0,005*	15,395; <0,001 *
		Ultrasonik	0,71±0,12 ^(b)	0,86±0,03 ^(b)		
		Kontrol	0,41±0,19 ^(a)	0,50±0,23 ^(a)		
* p değeri 0,05 düzeyinde anlamlı. Aynı üst indis istatistiksel anlamsızlığı göstermektedir.						

4.3. FARKLI SEVİYELERDEKİ LATERAL KANALLARIN VE FARKLI AKTİVASYON GRUPLARININ KÖK KANAL PATLARINA GÖRE PENETRASYON MİKTARLARININ BULGULARI

MTA Fillapex patı ultrasonik aktivasyon yapılan tüm bölgelerde AH Plus patından hem 2 hem 3 boyutlu değerlendirmelerde istatistiksel olarak anlamlı olmayan ama daha fazla penetrasyon göstermiştir ($P>0,05$). Sonik aktivasyon yapılan gruplarda ise AH Plus patı, 2 boyutlu değerlendirmelerinin tümünde anlamlı olarak MTA Fillapex patından daha fazla penetrasyon göstermiştir ($P<0,05$). AH Plus patının sonik olarak aktive edildiği apikal bölgede 3 boyutlu değerlendirmede anlamlı olarak daha fazla pat penetrasyonu gözlenmiştir ($P<0,05$). Kontrol grubunun apikal bölgesinde MTA Fillapex daha fazla penetrasyon göstermiştir. Bu durum 3 boyutlu değerlendirmelerde istatistiksel olarak anlamlı değilken ($P>0,05$), 2 boyutlu değerlendirmelerde anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Diğer tüm alt gruplarda AH Plus patı MTA Fillapex patından daha fazla pat penetrasyonu göstermesine rağmen; farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P>0,05$) (Tablo 4.9).

Tablo 4. 9: Farklı Seviyelerdeki Lateral Kanalların ve Farklı Aktivasyon Gruplarının Kök Kanal Patlarına Göre Penetrasyon Miktarlarınının 3D ve 2D Değerlendirmelerinin Yüzdesel Olarak Ortalama± Standart Sapma Değerleri ve P Değerleri

Bölgeler	Aktivasyon	Patlar	3 Boyutlu Analiz	2 Boyutlu Analiz	Z;P1	Z;P2
Apikal	Sonik	AH Plus	0,52±0,15	0,68±0,19	2,731; 0,006*	2,731 0,006*
		MTA Fillapex	0,20±0,15	0,36±0,17		
		Ultrasonik	AH Plus	0,47±0,19	0,59±0,24	0,834; 0,878
	MTA Fillapex		0,52±0,26	0,71±0,23		
	Kontrol	AH Plus	0,08±0,10	0,12±0,09	0,210; 0,878	2,312; 0,021*
		MTA Fillapex	0,11±0,13	0,30±0,17		
Orta	Sonik	AH Plus	0,54±0,27	0,71±0,12	1,260; 0,234	2,100; 0,036*
		MTA Fillapex	0,40±0,19	0,54±0,14		
		Ultrasonik	AH Plus	0,63±0,27	0,79±0,17	0,210; 0,834
	MTA Fillapex		0,65±0,14	0,78±0,14		
	Kontrol	Ah Plus	0,39±0,30	0,43±0,34	0,840; 0,401	0,420; 0,674*
		MTA Fillapex	0,25±0,18	0,38±0,16		
Koronal	Sonik	AH Plus	0,57±0,13	0,80±0,12	1,575; 0,115	2,205; 0,027*
		MTA Fillapex	0,43±0,20	0,65±0,16		
		Ultrasonik	AH Plus	0,67±0,24	0,85±0,15	0,105; 0,916
	MTA Fillapex		0,71±0,12	0,86±0,03		
	Kontrol	AH Plus	0,53±0,14	0,65±0,21	1,155; 0,179	1,155; 0,279
		MTA Fillapex	0,40±0,19	0,50±0,23		
Veriler Ortalama±Standart Sapma şeklinde verilmiştir.						
* p değeri 0,05 düzeyinde anlamlı.						

5. TARTIŞMA

Kök kanal dolgusu sızıntı ve mikrobiyal gelişim için elverişli olabilecek boşlukları hermetik olarak doldurmayı amaçlar (Schilder & Hargreaves, 2006). Pulpa ve periodontal dokular arasındaki ilişki sadece foramen apikale aracılığıyla değil; aynı zamanda aksesuar ve lateral kanallar ile de sağlanmaktadır. Bu yüzden yapılan endodontik tedavinin uzun dönemde başarı şansını artırabilmek için; kök kanal anatomilerinin, dallanmalarının ve lateral kanalların tespit edilip, kök kanal sisteminin 3 boyutlu olarak tedavi edilmesi gereklidir. Yalnızca bu şekilde yapılan kök kanal dolguları periradiküler dokular ile diş dokusu arasındaki bağlantıyı kesebilirler (Şener, Çobankara, & Akgünlü, 2007).

Endodontik tedavilerde başarı ihtimalini azaltan lateral kanalların (Schilder & Hargreaves, 2006) sıklıklarını, lokalizasyonlarını ve doğrultularını değerlendiren çalışmalarda değişken oranlar görülür. Bu çalışmalara göre; ramifikasyon oranları çeşitli diş gruplarında ve diş üzerindeki farklı bölgelerde değişkenlik göstermektedir. Bunun sebebinin ırk, çekim sebebi yaş, cinsiyet gibi etkenler olabileceği bildirilmiştir (Q. D. De Deus & Horizonte, 1975). Bu çalışmalar lateral kanalların en çok premolar ve molar dişlerde görüldüğünü bildirirken (Q. D. De Deus & Horizonte, 1975); Kasahara ve ark. maksiller santral dişlerde bu lateral kanalların bulunma sıklığının %60'tan daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir (Kasahara, Yasuda, Yamamoto, & Anzai, 1990). Bu ramifikasyonların çoğunlukla apikalde bulunduğu ve ana kanala dik, perpendiküler bir seyir izlediği belirtilmiştir (Q. D. De Deus & Horizonte, 1975; Sert & Bayirli, 2004; Vertucci, 1984).

Tedavi sırasında lateral kanallara ve dallanmalara ulaşmak, temizlemek, dezenfekte etmek oldukça zordur ve lateral kanalların hiçbir zaman tam olarak doldurulamadığı

belirtilmiştir (Ricucci & Siqueira, 2010). Bu zorluklara rağmen Swart ve ark. üst orta keser dişlerdeki klinik başarı oranını % 91 olarak belirtmiştir (Swartz, Skidmore, & Griffin, 1983). Lateral kanallarla ilgili olarak ortaya çıkan önemli bir soru, yüksek görülme sıklıkları göz önüne alındığında, bu kanallarla ilişkili lateral kök apselerinin neden bu kadar sık görülmediğidir. Bu sorunun net bir cevabı yoktur, ancak lateral kanalın genişliği, açıklığı ve içeriğinin histolojik / mikrobiyolojik durumu ile ilgili olabilir (Ricucci & Siqueira, 2010). Lateral kanalların çaplarına bakıldığında, en büyük olanlarının bile apikal foramen çapından 2-3 kat daha küçük olduğu belirtilmiştir (Ricucci & Siqueira, 2010). Bundan dolayı apikal tıkama tam olarak sağlandığı takdirde, lateral kanalların kök kanal tedavisinin prognozunu olumsuz etkilemeyebileceğini söyleyen araştırmacılar vardır (Almeida, Gomes, Ferraz, Souza-Filho, & Zaia, 2007). Ayrıca bazı lateral kanalların kronik pulpa irritasyonu ile kendiliğinden kalsifiye olması, çoğunluğunun da klinik olarak önemli olmayabilecek kadar az doku içermesi de lateral kök apselerinin neden sık görülmediğinin bir başka açıklayıcı sebebi olabilir (Schilder & Hargreaves, 2006). Buna karşın, apikal foramen çapına yakın genişlikte olan lateral kanalların içlerindeki doku nekrotik veya enfekte olduğunda, bu kanallar temizlenip hermetik olarak kapatılmadıkça tedavilerde başarısızlığa sebep olabilir (Schilder & Hargreaves, 2006). Hatta bu kanalların endodontik tedavi sırasında ağrıya neden olabileceği de iddia edilmiştir (Weine, 1984). Bu yüzden kök kanal doldurma işlemleri, ana kanalların doldurulmasının yanı sıra lateral kanalların da doldurulmasına yönelik olmalıdır (Schilder & Hargreaves, 2006). Lateral kanalların sadece pat ile doldurulmuş olması bile prognoz açısından boş kalmış kanallardan daha iyi sonuçlar ortaya koyar (Schilder & Hargreaves, 2006).

Lateral kanalların doldurulabilmesi için literatürde çeşitli doldurma tekniklerinin ve aktivasyon yöntemlerinin etkinlikleri değerlendirilmiştir (Arora & Hegde, 2014; Arslan et al., 2016; Candeiro et al., 2019; Carvalho-Sousa et al., 2010; DuLac, Nielsen, Tomazic, Ferrillo, & Hatton, 1999; Fernández, Restrepo, Aristizábal, & Álvarez, 2016; Venturi, Lenarda, Prati, & Breschi, 2005). Bu değerlendirmeler genellikle numuneler asitle dekalsifiye edilmek, boyanmak veya kesitlere ayırmak suretiyle tahrip edilerek; 2 boyutlu, tek kesitten alınan görüntülerle yapılmış; değerlendirirken SEM, stereomikroskop ve periapikal radyograflar kullanılmıştır. Lateral kanalları doldurma teknikleri ve aktivasyon yöntemlerinin etkinlikleri değerlendirilirken kullanılan destrüktif teknikler karmaşık ve zaman alıcıdır. Bu tekniklerin numunelere uygulanması sırasında; numunelerin iç anatomilerinin bozulabileceği ve artefaktlara neden olabilen birçok zorlukla karşılaşılabilineceği ve dişlerin iç-dış anatomisinin aynı anda üç boyutlu olarak gözlemlenmesine izin vermediği belirtilmiştir (Grande et al., 2012). Numunelerin tahrip edilmesi, incelemelerin tekrar yapılmasını ve başka testlerin de uygulanabilmesini olanaksız hale getirir. Ayrıca destrüktif tekniklerde kesit alınırken oluşan materyal kaybının (Hegedus et al., 2000) ve kesitlerde ideal kalınlığın sağlanamamasının sonuçları etkileyebileceği bildirilmiştir (Grande et al., 2012).

Endodontik değerlendirmeler için altın standart kabul edilen micro-CT (Verma & Love, 2011), mikro yapıların invaziv olmayan değerlendirmesi için günümüzde kullanılan 3D görüntüleme yöntemidir. Dolgu malzemeleri, boşluklar ve diş yapıları arasında ayırım yapar, ayrıca görüntülerin kalitatif analizini kolaylaştırır ve hacmin ölçülmesine olanak sağlar (Celikten et al., 2015; Jung, Lommel, & Klimek, 2005). Bu yöntemin en büyük avantajlarından birisi; dişlerin iç anatomisinin farklı yönlerden çok defa görüntülendiğinde, bilgisayar algoritmaları sayesinde üç boyutlu yapı bilgisinin elde

edilebilmesidir. Tomografik rekonstrüksiyon adı verilen bu işlem (Keleş & Alçin, 2015); görüntüleme prosedürünün zararsız olması sebebiyle, aynı örneğin iç yapısının defalarca incelenebilmesine ve taramadan sonra hala ilave biyolojik ve mekanik testler yapılabilecek durumda kalabilmesine olanak tanır (Kumar, 2019). Micro-CT'nin destrüktif olmayan yaklaşımı, önceki morfolojik çalışma tekniklerinin eksikliklerinin üstesinden gelirken, anatominin daha doğru çalışılmasını mümkün kılar (Verma & Love, 2011). Ayrıca kök kanal dolgusu olan dişlerde teşhis veya değerlendirme doğruluğunu geliştirmek için daha küçük voksel boyutu ve FOV uygulanarak uzaysal çözünürlüğün yüksek olması sağlanır (Huang et al., 2018; Swain & Xue, 2009). Biz de 3 boyutlu görüntüleme yöntemi olan micro-CT cihazının bu avantajlarından faydalanmak için kesit sayısını yaklaşık 1800 olarak belirlediğimiz numunelerimizin görüntülenmesini 125 kvp, 80 mA, 10 um/piksel boyutta ve 0,2 rotasyon basamağı parametre değerleriyle ve 1 mm kalınlığında alüminyum filtreyle, yüksek çözünürlüklü, numunelere zarar vermeden görüntüler elde ederek; daha önce belirlenemeyen kantitatif değerlere ulaşabilmeyi amaçladık. Micro-ct cihazı ile lateral kanallara dolgu malzemelerinin penetrasyon değerlerini hem derinlik olarak hem hacimsel olarak değerlendiren Fragachan ve ark. (2018) analiz sonuçlarının aralarındaki korelasyonlarını değerlendirmemiştir. Micro-ct cihazında hem iki hem üç boyutlu veriler aralarındaki korelasyona bakan başka bir çalışma da literatürde bizim bildiğimiz kadarıyla mevcut değildir; biz de çalışmamızda 2 ve 3 boyutlu değerler arasındaki korelasyonu değerlendirmeyi amaçladık.

Literatürde çeşitli patlar ve doldurma teknikleri uygulanarak dişlerin köklerinde var olan veya yapay olarak oluşturulan lateral kanallardaki dolgu kalitesinin incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda çekilmiş daimi dişler kullanan araştırmacılar olduğu gibi (Almeida et al., 2007; Barbizam, Souza, Cecchin, & Dabbell, 2007; Fernando

Goldberg, 2001); şeffaf rezin blokların (DuLac et al., 1999; Reader, Himel, Germain, & Hoen, 1993) ve plastik dişlerin de (Karabucak, Kim, Chen, & Iqbal, 2008) kullanıldığı araştırmalar mevcuttur. Çalışmamızda klinik şartları daha iyi yansıtabilmesi amacıyla çekilmiş doğal dişler kullanılmış ve dişlerin standardizasyonunun yapılabilmesi için de tek köklü, geniş ve düz kanala sahip üst orta kesici dişler tercih edilmiştir.

Çalışmamızda lateral kanallar oluşturulurken; kanala eğenin ilk girişini kolaylaştırmak adına Gregorio ve ark. (De Gregorio et al., 2009)'nın uyguladığı teknik modifiye edilerek, numuneler %5'lik nitrik asit çözeltisinde bekletilmiştir. Literatürde; dişleri dekalsifiye etmek için nitrik asitle muamele etme süresi 36 saat olarak belirtilmiştir (De Gregorio et al., 2009). Ancak 36 saatlik asitleme işlemi demineralizasyonla diş dokularının radyoopasitelerini değiştirip, görüntü kalitesinin bozulmasına sebep olabilmektedir (Weiss et al., 1985). Bizim çalışmamızda değerlendirmeler micro-ct cihazı ile yapılacağından dolayı ve yalnızca eğenin kanala girişini kolaylaştırmak amacıyla asitleme uyguladığımız için, kendi ölçümlerimiz sonucunda 4 saat asitlemenin yeterli olduğunu tespit ettik ve numunelere 4 saat asit uygulaması yaptık.

Lateral kanal oluşturulurken farklı doldurma tekniklerinin sonuçlarını karşılaştırmak için çeşitli in vitro modeller önerilmiştir (Budd, Weller, & Kulild, 1991; Clinton & Van Himel, 2001; DuLac et al., 1999; Wolcott, Van Himel, Powell, & Penney, 1997; Wong, Peters, & Lorton, 1981). Lateral kanalları taklit eden uzantılara sahip bir ana kanal içeren dikey olarak ikiye bölünmüş ve menteşeli sert metal model (Wong et al., 1981), lateral ramifikasyonlu bir ana kanalı olan rezin bloklar (DuLac et al., 1999; Wolcott et al., 1997), dişlerin uzunlamasına ikiye bölündüğü ve daha sonra kök kanal düzensizlikleri üretilip dişlerin yeniden birleştirildiği (Budd et al., 1991; Clinton & Van Himel, 2001) yöntemler mevcuttur. Kasahara ve ark. yaptıkları çalışmada; maksiller

santral dişlerde %56,4'ünün #10 reamer çapından daha ince olduğunu, %24,7'sinin yaklaşık olarak #10 reamer çapında olduğunu, %9,7'sinin yaklaşık #15 reamer çapında olduğunu ve düşük oranlarda daha geniş çaplı lateral kanallara da rastladıklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle lateral kanalların çaplarının geniş bir aralıkta değiştiğini raporlamışlardır (Kasahara et al., 1990). Daha önceki çalışmalarda; apikalinden kesilmiş #06-K eğe ve #15 numara reamer ile kök yüzeyine dik bir şekilde çekilmiş dişlerde yapay lateral kanallar oluşturulmuştur (Fernando Goldberg, 2001; Venturi et al., 2005). Yapay lateral kanallar oluşturulurken kanal doğrultuları çalışmalarda çeşitlilik göstermektedir. Arslan ve ark. (2016) lateral kanalları kökün bukkal-lingual yüzünde oluştururken, Goldberg ve ark. (2001) ile Fragachan ve ark. (2018) mesial-distal yönlerde oluşturmuştur. De Deus ve ark. (Q. D. De Deus & Horizonte, 1975) ise bukkal-lingual ve mesial-distal doğrultudaki kök kanallarının birbirine yakın miktarlarda olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda Arslan ve ark.'nın çalışmasıyla uyumlu olarak dişin bukkal ve lingual yüzünde, apikalden 2, 4 ve 6. mm seviyelerinde #10-K eğeler kullanarak, bütün örneklerde aynı şekilde oluşturduğumuz lateral kanallar, doğal lateral kanallar ile benzerdir.

Venturi ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada doğal lateral kanalların %45'inin silindirik şekil gösterdiğini, %34,6'sının kökün kanala bakan yüzündeki çapının daha geniş olduğunu, %20,4'ünün ise periodontal dokulara bakan taraftaki çapının daha geniş olduğunu belirtmişlerdir. Carvalho ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada lateral kanalların, tabanı periodontal tarafa bakan konik şekil göstermesinin, patın penetrasyonunu etkilemediğini belirtmişlerdir (Carvalho-Sousa et al., 2010). Çalışmamızda da lateral kanallar, eğeler ile oluşturulduğundan ve eğelerin koronale doğru açılanmasından kaynaklı olarak nispeten daha az görülen, taban tarafı dış kök yüzeyinde hafifçe konik bir

şekil gösteren kanalları taklit etmekte ve lateral kanalların gösterdiği bu konikliğin, penetrasyon değerlendirmeleri açısından limitasyon oluşturmayacağını düşündük.

Smear tabakası enstrumentasyon esnasında oluşan, organik ve inorganik maddeler içerebilen, kanalın durumuna göre bakteri ve yan ürünleri de içerebilen bir katmandır. Ayrıca kök kanal patlarının kanal duvarlarına adaptasyonunu ve penetrasyonunu etkileyebilir (Mohammadi et al., 2019). Kök kanalındaki bu tabakanın, daimi kök kanal dolgusundan önce kanal duvarından kullanılan aletler ve irrigasyon ajanlarıyla uzaklaştırılmasının gerektiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Akyüz Ekim & Erdemir, 2015; Bürklein, Hinschitzka, Dammaschke, & Schäfer, 2012; F. Goldberg & Spielberg, 1982; Mohammadi et al., 2019; White, Goldman, & Lin, 1984; Yamada, Armas, Goldman, & Lin, 1983). Smear tabakasının kaldırılmasının başarılı olması için şelasyon ajanları ve sodyum hipoklorit kullanılır (Lim, Wee, Choi, Koh, & Sae-Lim, 2003). Biz de çalışmamızda EDTA-NaOCl kombine kullanarak, smear tabakasının daha iyi temizlenmesini ve lateral kanalların açıklığını sağlayıp pat penetrasyonunun smear tabakasından etkilenmemesini sağladık.

Endodontide kapalı sistem; lateral kanallar ve apikal foramen dahil olmak üzere, kök kanal sisteminin çıkışının periapikal dokularla çevrelenerek geçirgen ancak kapalı bir sistem oluşturması demektir (Parente et al., 2010). Kliniksel olarak ise irrigasyon solüsyonlarının kanala, kanal girişinden iletilmesi ve aynı yerden çıkması anlamına gelir (Parente et al., 2010). Bu durum, irrigasyon solüsyonunun kanal içinde dağılmasını zorlaştırır. Ancak açık sistemlerde bu zorluk görülmez. Bu yüzden smear ve debris temizliğinin açık sistemlerde çok daha etkili bir şekilde yapılabildiği literatürde gösterilmiştir (Parente et al., 2010). Biz de lateral kanalların preparasyonundan sonra kök

kanallarını lateral kanallardan solüsyon çıkışını gözlemlediğimiz açık bir sistem olarak irrige edip, smear tabakasını uzaklaştırarak daha etkili bir irrigasyon yapmayı amaçladık.

Sonik ve ultrasonik aktivasyon cihazları, irrigasyon çözeltilerinin etkinliğini arttırmak ve kanal düzensizliklerinin daha iyi dezenfeksiyonu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada simüle lateral kanallarda ultrasonik aktivasyonun temizleyebilme etkileri değerlendirilmiş, ultrasonik aktivasyon ile lateral kanalın açısı ve pozisyonundan bağımsız bir şekilde mekanik temizleme yapılabildiğini göstermişlerdir (Al-Jadaa, Paqué, Attin, & Zehnder, 2009). Biz de çalışmamızda irrigasyon aktivasyonu yaparak daha etkin kök kanal sistemi temizliği elde etmeyi amaçladık. Yapılan bir çalışmada ultrasonik sistemlerin kanal temizliğinde sonik sistemlere nazaran daha etkili olduğu bildirilse de (L. W.M. Van Der Sluis, Versluis, Wu, & Wesselink, 2007); başka bir çalışmada sonik aktivasyon sistemlerinin kanal içinde aktivasyon süresi uzatıldığında ultrasonikler kadar başarılı olduğu rapor edilmiştir (Jensen, Walker, W., & Nicoll, 1999). Sonik aktivasyon cihazının polimer uçlarının yüksek fleksibilite göstermesi, kesici olmaması ve son irrigasyon işleminde orijinal kanal anatomisini bozmamasından faydalanarak (Neuhaus, Liebi, Stauffacher, Eick, & Lussi, 2016), irrigasyon solüsyonlarını sonik olarak aktive etmeyi tercih ettik.

Kök kanal sisteminin doldurulmasından önce kanalların kurutulması ile kök kanal patlarının daha fazla penetrasyon gösterdiği ve daha az sızıntıya neden olduğu belirlenmiştir (Stevens, Strother, & McClanahan, 2006). Öte yandan kanalların tamamen kurutulması, hidrofilik patların etkili bir şekilde penetre olmasını engelleyebildiği bildirilmektedir (Ozlek, Gündüz, Akkol, & Neelakantan, 2020). Çalışmalarda nemli ortam; kanal içi aspirasyonun ardından bir tane kağıt kon uygulanmasıyla sağlanmıştır (Nagas et al., 2012; Ozlek et al., 2020). Çalışmamızda kullandığımız hidrofilik özellikteki

MTA Fillapex patı, sertleşirken hafif nemli bir ortama ihtiyaç duyduğundan (Ozlek et al., 2020); bu grubun örneklerinde, irrigasyon iğnesi ile kanal içindeki solüsyon aspire edildikten sonra tek bir kağıt kon ile kanalların kurulanması sağlandı. AH Plus grubu örneklerinin ise, AH Plus'ın hidrofobik olmasından dolayı (Rahman Hashem, Ghoneim, Lutfy, & Fouda, 2009) kağıt konlar kanaldan çıkarıldığında tamamen kuru olduğu görülene kadar kurulandı.

Piyasada çok çeşitli patlar olmasına rağmen; rezin esaslı patların diğer patlarla karşılaştırmak için altın standart olarak kabul edildiği (Resende et al., 2009), en yaygın kullanılan patlar olduğu ve yakın zamanlarda biyoseramik esaslı patların da klinik uygulamada kayda değer bir artışa geçtiği (Lopes et al., 2019) göz önünde bulundurularak, çalışmamızda rezin esaslı olan AH Plus patı ile biyoseramik esaslı olan MTA Fillapex patı tercih edilmiştir.

Kanal dolumu esnasında patların lateral kanala doğru geçişinde, pata sürekli değil anlık bir etki olmasından dolayı ilerletici kuvvetler dağılır ve lateral kanallar tam olarak doldurulamaz (Fernández et al., 2016; Negm, Lilley, & Combe, 1985; Uhrich, Moser, & Heuer, 1978). Kanala gönderilen pata yapılan aktivasyon; patın kanal duvarlarına karşı basıncını arttırarak kanal içi düzensizliklere (Guimarães, Amoroso-Silva, Alcalde, Marciano, Bombarda de Andrade, et al., 2014) ve aksesuar kanallara (Arslan et al., 2016) penetrasyonunu artırır (Wiesse et al., 2018). Biz de çalışmamızda aktivasyonun patların penetrasyonunu nasıl etkilediğini değerlendirmek için sonik ve ultrasonik aktivasyon sistemlerini kullandık.

Bir sıvının içindeki molekül akışı iki mekanizma aracılığıyla gerçekleşir: difüzyon ve konveksiyon. Difüzyon, akışkan içindeki bireysel parçacıkların rastgele hareketinin

bir sonucudur ve yavaştır. Konveksiyon, moleküllerin akışkanın hareketiyle taşındığı daha hızlı ve daha verimli bir taşıma mekanizmasıdır (Macedo, Verhaagen, Wesselink, Versluis, & van der Sluis, 2013). Ultrasonik ve sonik aktivasyon sırasında sıvının akışına akustik dalgalar yoluyla konveksiyon hakimdir (Ahmad et al., 1987a; Jiang, Verhaagen, Versluis, & van der Sluis, 2010). Aktive edilmeyen gruplarda ise moleküler taşınmada ana mekanizma difüzyondur (Macedo et al., 2013). Sıvılarda görülen bu hareket dinamiğinin; aktivasyon esnasında oluşan akustik enerjinin dağılımıyla viskozitesi daha yüksek sıvılarda da görüleceği belirtilmiştir (Lighthill, 1978).

Literatürde aktivasyon cihazlarının kullanılmasının endodontik patların penetrasyon düzeyine etkisini inceleyen az sayıda araştırma vardır (Alcalde et al., 2017; Arslan et al., 2016; Nikhil et al., 2015). Bununla birlikte, sonik ve ultrasonik aktivasyonun farklı kök kanal patlarının kimyasal reaksiyonunda ve fizikokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin ne olduğu hala tam olarak belirlenememiştir. Ancak sonik ve ultrasonik aktivasyonun oluşturduğu akustik enerjinin pata enerji yüklemesi yaparak ısı oluşturduğu ve viskozitesini azaltıp kanal duvarlarına olan basıncını artırarak penetrasyonunu artırdığı belirtilmiştir (Lopes et al., 2019).

Aktivasyon yapılırken kullanılan uçlar seçilirken çalışma boyundan 2 mm kısalıkta rahat bir şekilde hareket edebilmesine dikkat edilir (Ruddle, 2015). Kullanılan ucun kanal içinde rahatça hareket edebilmesi irrigasyon dinamiğini sağlayarak daha etkili bir aktivasyon gerçekleştirilir (Ahmad, Pitt Ford, & Crum, 1987b; L. W.M. Van Der Sluis et al., 2007). Kanala uygun olmayan büyük bir ucun seçilmesi, uç hareketini azaltır veya kısıtlar; bu da irrigasyon solüsyonunun aktive olmasını sınırlar (Ruddle, 2015). Biz de çalışmamızda yaptığımız kanal şekillendirmesine uygun olan 25.04 Endoactivator ucu ve

#20 numara İrrisafe aktivasyon uçları kullanarak en etkili şekilde aktivasyon yapmayı amaçladık.

Ne sonik ne de ultrasonik aktivasyon, aktivasyon esnasında solüsyona apikal yönde büyük bir hız katmaz; bu da solüsyonun ekstrüzyon ihtimalini azaltır (Nanzer, Langlois, & Coeuret, 1989). Diğer yandan bu durum, aktivasyon uçlarının apekse yakın yerleştirilmesini de zorunlu kılmaktadır. Bununla birlikte; ultrasonik aktivasyonun amaçlarına ulaşabilmesi için, aletin çalışma uzunluğundan 3 mm daha kısa konumlandırılması gerektiği belirtilmiştir (Malki et al., 2012). Bizim çalışmamızda da önceki çalışmalarda belirtildiği gibi çalışma boyundan 2 mm koronalde aktivasyon yapılmıştır. 1 mm daha apikalde yerleştirilmesiyle apikal bölgede daha fazla penetrasyon elde edilebilirdi. Ancak; ekstrüzyon ihtimalinin artması nedeniyle tercih edilmemiş, çalışma boyunun 2 mm koronalinde aktivasyon yapılmıştır.

İrrigasyon solüsyonlarına yapılan ultrasonik aktivasyon ile kök yüzeyinde en düşük ayarda çok kısa süre çalışılsa bile mutlaka bir sıcaklık artışı görüldüğü, bu artışın periodontal dokularda 10°C'ye kadar çıkabildiği ve bu sıcaklık artışının periodontal dokular için tehlikeli olabileceği söylenmektedir (Bailey et al., 2004; Macedo et al., 2013). İrrigasyon esnasında oluşan bu sıcaklık artışının patlarda da görülebileceğini düşünerek; çalışmamızda patların aktivasyonunu 30 sn boyunca durmadan yapmak yerine 15'er saniyelik 2 döngü şeklinde yapılarak klinik şartlarda oluşabilecek yüksek sıcaklık artışının olumsuz etkileri azaltılmaya çalışılmıştır. Böylece oluşabilecek sıcaklık artışının daha az olabilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Daha önce yapılan çalışmalarda; patların penetrasyonunun farklı doldurma teknikleri ile değiştiği rapor edilmiştir (Carvalho-Sousa et al., 2010; Venturi et al., 2005).

Kök kanalı doldurulurken yapılacak herhangi bir kondenzasyon, patın akışkanlığını artıracak (Zhou et al., 2013), penetrasyonunu kuvvet uygulayarak değiştirmiş olacaktır. Bu çalışmada patların aktivasyonunun, penetrasyonlarına etkisine bakmak istediğimiz kondenzasyon nedeniyle oluşabilecek penetrasyon farklılıklarının önüne geçilmesi, döner eğelerle prepare edilen kanal ölçüleriyle birebir eşleşen kon sayesinde kanalın güvenilir şekilde doldurulması (Krug, Krastl, & Jahreis, 2017) sağlandı.

Kök kanal patlarının sertleşme reaksiyonunun tamamlanması için uygun süre beklenilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde kanal patı stabil hale geçemez (Orstavik, 2005). Teixeira ve ark. kök kanal patlarının sertleşmesinin tamamlanması için 24 saat beklerken (Teixeira et al., 2009), Jainaen ve ark. bu süreyi 48 saat olarak seçmiştir (Jainaen, Palamara, & Messer, 2007). Huffman ve ark. çalışmalarında kullandıkları kök kanal patlarının sertleşmesi için geçen süreyi bir hafta olarak belirlemişlerdir (Huffman et al., 2009). Biz de çalışmamızda örneklerimizi 37°C'de %100 nemli ortamda 1 hafta bekletmeyi tercih ettik.

Çoğu kök kanal patı pseudoplastik özellik gösterir (Zhou et al., 2013). Sıcaklık artışı (Lacey, Pitt Ford, Yuan, Sherriff, & Watson, 2006) ve kompaksiyon (Zhou et al., 2013) ile viskoziteleri azalır, akışkanlıkları artar. Bu durum patların düzensizliklere penetrasyonunu artırır, buna karşın foramen apikaleden de taşkınlığa neden olarak periapikal bölgede şiddetli doku reaksiyonu gelişmesine sebep olabilir (Gambarini, Testarelli, Pongione, Gerosa, & Gagliani, 2006). Bu nedenle; akıcılık özelliklerinin uluslararası standartların belirlediği ISO 6876/2001 sınırlarının dışında olmaması gerekir. Çalışmamızda kullandığımız kök kanal patları da bu sınırlar içerisinde yer almaktadır (Zhou et al., 2013).

Kök kanal patlarının akıcılık ve film kalınlıkları, penetrasyon yeteneklerini etkiler (Gambarini et al., 2006). Önemli fiziksel özelliklerden olan akıcılık, küçük alanlara ve düzensizliklere nüfuz etme kabiliyetidir (Zhou et al., 2013); artan akışkanlık düzensizliklere, lateral ve aksesuar kanallara difüzyon yeteneğini artırır (Fragachán et al., 2018). İdeal akıcılık özelliklerine sahip materyallerin dentin duvarlarına uyumu iyidir, bu sayede kök kanal duvarına iyi uyumlanmış bir kanal dolgusu yapılmasına yardımcı olur (Balamuth, 1967). Akıcılık dışındaki tüm özellikleri ideal olan bir kök kanal patı, eğer apeks ve kanaldaki düzensizliklere akmazsa ideal kök kanal dolumu sağlanamaz (Seltzer et al., 1963). Akışkanlığın; parçacık boyutuna (Weisman, 1970); sıcaklık ve süreye (Vermilyea, de Simon, & Huget, 1978; Watts, Combe, & Greener, 1981) ve patın kanala yerleştirilme hızına (Lacey, Pitt Ford, Watson, & Sherriff, 2005) bağlı olduğu bulunmuştur. Çalışmamızda deneyin yapıldığı oda sıcaklığı, patların kanala gönderilme şekilleri ve uygulama tek bir araştırmacı tarafından yapılmış olduğundan akıcılığın bu durumlardan etkilenmemesi sağlanmıştır.

MTA Fillapex patının, AH Plus patına göre akışkanlığının daha fazla olduğunu belirten araştırmalar olmakla beraber (Camilleri, 2015; J. K. Lee, Kwak, Ha, Lee, & Kim, 2017; Zhou et al., 2013); AH Plus patının daha akışkan olduğunu söyleyen araştırmacılar da literatürde mevcuttur (Shakya et al., 2016; Vitti et al., 2013). Bu durum; Baldi ve ark.'nın çalışmasında bahsedildiği üzere; patın bulunduğu tüpten alındığı yere bağlı olarak fizikokimyasal özelliklerindeki farklılıklarla açıklanabilir (Baldi et al., 2012).

Penetrasyonu etkileyen bir diğer özellik olan film kalınlığı (G. A. de Deus et al., 2003), belli bir kuvvete maruz bırakıldığında kök kanal patının göstereceği minimum kalınlıktır. Teorik olarak bu kalınlık, tozdaki en büyük partikül boyutuna eşdeğer olmalıdır. Ancak; bazı durumlarda karıştırma sırasında partiküllerin likit içinde erimesi

sebebiyle, bu değerden farklı olabilmektedir (Schroeder, 1954). Ancak Ørstavik, tozun partikül boyutu ile patın film kalınlığı arasında bir ilişki saptayamamış fakat film kalınlığının fazla olmasının kanal boşluğuna gütaperka'nın yerleştirilmesini engellediğini belirtmiştir (Ørstavik, 2005). Kök kanal dolgu patının film kalınlığı ne kadar az ise; sıvının, katı yüzeyi ile arasında boşluk kalmaksızın kaplayabilmesi olan ıslatma yeteneği o kadar fazla olacaktır (Alaçam, 2012). Bir başka deyişle kök kanal patının film kalınlığının az olması, kanal içi düzensizliklere ve boşluklara daha iyi adaptasyon sağlamaktadır (Wennber & Niom, 1990). AH Plus ve MTA Fillapex patlarının film kalınlıklarına bakılan bir araştırmada, AH Plus patının film kalınlığının MTA Fillapex'ten daha düşük olduğu belirtilmiştir (Zhou et al., 2013). Buna karşın; Camilleri'nin yaptığı bir çalışmada; MTA Fillapex patının film kalınlığının AH Plus patından daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Camilleri, 2015). Çalışmalar arasındaki bu farklılık; patın içinde bulunduğu tüpten kullanıldığı yere bağlı olarak fizikokimyasal özelliklerinin farklı olmasıyla ve bazı komponentlerin tüpün alt kısmında birikmesiyle açıklanmıştır (Baldi et al., 2012; Vitti et al., 2013).

Çalışmamızda; patların penetrasyon değerleri arasında genel olarak bakıldığında, anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Ancak ultrasonik olarak aktive edilen örnekler hariç AH Plus patı, MTA Fillapex patından istatistiksel olarak anlamlı olmasa da lateral kanallara daha fazla penetrasyon göstermiştir. Bu durum AH Plus patının MTA Fillapex patına göre; Vitti ve ark.'nın (2013) çalışmasında belirtildiği gibi daha akışkan olmasından ve Zhou ve ark.'nın (2013) rapor ettiği gibi film kalınlığının daha az olmasından kaynaklanmış olabilir.

Lateral kanalın konumunun pat penetrasyonuna etkilerine bakılan çalışmalarda; apikal bölgede, koronal ve orta bölgeden daha az penetrasyon görüldüğü rapor edilmiştir

(Candeiro et al., 2019; Carvalho-Sousa et al., 2010; Fernández et al., 2016; Fernando Goldberg, 2001). Bizim çalışmamızda da benzer bulgular gözlenmiştir. Bu durumun; aktivasyon uçlarının, daha önceki çalışmalarda belirtildiği gibi (Al-Ali, Sathorn, & Parashos, 2012; Lopes et al., 2019; Lucas W.M. van der Sluis, Vogels, Verhaagen, Macedo, & Wesselink, 2010); çalışma boyunca 2 mm geride tutularak kullanılması ve her iki aktivasyon şeklinde de, oluşan akustik etkinin koronal ve orta bölgede apikal bölgeden daha fazla olması, kanalların apikal bölgeye doğru daralım göstermesiyle ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca yapılan bir çalışmada; irrigasyon solüsyonlarının ultrasonik aktivasyonu ile kanal içindeki sıcaklığın arttığını, bu artışın en fazla koronal bölgede görüldüğünü belirtilmiştir (Zeltner, Peters, & Paqué, 2009). Bu sıcaklık artışının patlarda da görülebileceğini ve patların akışkanlığının sıcaklık artışıyla arttığı göz önünde bulundurularak; koronal ve orta bölgedeki lateral kanallara daha fazla pat penetrasyonuna bu durumun sebep olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca apikal bölgeye ulaşan pat miktarının koronal ve orta bölgeden daha az olması da bu duruma sebep olmuş olabilir.

Candeiro ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, simüle ettikleri lateral kanalların çapının pat penetrasyonuna etkisine baktıklarında AH Plus patının bu durumdan etkilenmediğini söylemişlerdir (Candeiro et al., 2019). Bizim çalışmamızda da kanalların tümü aynı şekilde oluşturulduğundan lateral kanalların çaplarının pat penetrasyonlarını etkilemeyeceğini söylemek mümkündür.

Ultrasonik cihazlar yüksek frekanslarda çalışır ve 100 µm'den daha düşük genliklere sahiptir (Lea et al., 2004). Ultrasonik aktivasyon cihazlarında oluşan yüksek frekans, sonik cihazlardan daha karmaşık bir hareket modeline yol açar (Bram Verhaagen et al., 2012). Ultrasonik aktivasyon yüksek güçte bir akustik iletimin kullanımına dayanır. Ultrasonik aktivasyon sırasında aletin salınımıyla; bir sıvı içinde baloncukların oluşması,

birleşmesi, büyümesi ve patlaması olarak tanımlanabilen kavitasyon oluşur (Jiang et al., 2010). Ultrasonik aktivasyon ile oluşan baloncuklar tarafından tetiklenen mikro düzeydeki akışın ve yüksek düzeydeki akustik iletimin kullanımının; lateral kanalların giriş bölgesindeki konveksiyonu ve dolayısıyla lateral kanallar içindeki taşınmayı artırabileceği belirtilmiştir (B. Verhaagen et al., 2014). Ultrasonik aktivasyon kök kanal patlarının kanal duvarlarına, düzensizliklere daha iyi adaptasyonunu sağlar; daha iyi penetrasyon sağladığı rapor edilmiştir (Guimarães, Amoroso-Silva, Alcalde, Marciano, Bombarda de Andrade, et al., 2014). Arslan ve ark. da yaptıkları çalışmada SEM kullanarak ultrasonik aktivasyon ile kök kanal patının oluşturdukları lateral kanallara daha fazla penetrasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (Arslan et al., 2016). AH Plus patının ultrasonik aktivasyonunun dolum kalitesine ve isthmuslardaki kök kanal patı miktarına etkisine bakılan bir çalışmada, ultrasonik olarak aktive edilen grupta anlamlı miktarda daha fazla penetrasyon değerleri elde edilmiştir (Alcalde et al., 2017). Benzer şekilde Guimarães ve ark. dört epoksi rezin esaslı patın doldurma kalitesine (intratübüler pat penetrasyonu, interfasiyal adaptasyon ve boşlukların varlığı) ilişkin ultrasonik aktivasyonun etkilerini değerlendirmiş ve epoksi rezin bazlı bir patın ultrasonik aktivasyon ile daha fazla penetrasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalarda araştırmacılar; ultrasonik aktivasyon esnasında oluşan yüksek frekanslı titreşimler ve ortamda artan ısı sebebiyle, patın daha iyi penetrasyon gösterdiği ve daha az boşluk oluşturduğu sonucuna varmışlardır (Alcalde et al., 2017; Arslan et al., 2016; Guimarães, Amoroso-Silva, Alcalde, Marciano, Bombarda de Andrade, et al., 2014). Bizim çalışmamızda da bu çalışmalara benzer olarak ultrasonik aktivasyonun oluşturduğu yüksek güçteki akustik titreşimlerinin, ısının ve kavitasyon etkisinin; konveksiyon taşınımı ve patların akışkanlığını artırarak; sonik aktivasyon yapılan ve aktivasyon

yapılmayan kontrol gruplarından anlamlı olarak lateral kanallara daha fazla penetrasyona sebep olduğu görülmüştür.

Fragachan ve ark. yapay olarak oluşturdukları lateral kanalların doldurulmasına 3 farklı doldurma tekniğinin etkisini micro-ct ile değerlendirdikleri çalışmalarında; GuttaCore™ ile doldurdukları kanallarda, lateral kondenzasyon ve Tagger'ın hibrit tekniği ile doldurdukları diğer örneklere göre anlamlı olarak daha fazla penetrasyon gözlemlemişlerdir. Bu penetrasyon farkını güta-perkanın akışkanlığı ve kök kanal patı ile güta-perkanın ısı ile difüzyonlarının kolaylaşmasına bağlamışlardır (Fragachán et al., 2018).

Ortam ısısının yükselmesi patların akışkanlığını artırır ama aynı zamanda ultrasonik aktivasyonun bazı patların partikül boyutlarını büyüttüğü ve dolayısıyla film kalınlığının artılabileceği yönünde araştırmalar mevcuttur (Bittmann, Hauptert, & Schlarb, 2009; Camilleri, 2015). Bizim çalışmamızda ultrasonik aktivasyon yapılan gruplarda; AH Plus patının penetrasyon miktarının artışı, MTA Fillapex'teki kadar yükselme göstermemiştir. Bu duruma Camilleri'nin (2015) çalışmasında belirttiği gibi; ultrasonik aktivasyonun ortam ısısını artırmasından dolayı; AH Plus'ın film kalınlığının artmış olabileceğini, MTA Fillapex'in film kalınlığının ısıdan etkilenmemiş olabileceğini düşünmekteyiz. İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da AH Plus patının MTA Fillapex patına göre daha az penetrasyon göstermiş olması bu durumdan kaynaklanmış olabilir. Bununla beraber kanal içinde oluştuğunu tahmin ettiğimiz ısının patların içeriklerinin farklı olması sebebiyle, akışkanlıklarını farklı oranlarda artırmış olması da mümkündür. MTA Fillapex patının kanal içinde artmış olabilecek ısıyla, akışkanlığının AH Plus patından daha fazla artarak da bu durumu meydana getirmiş olması olasıdır.

Sonik aktivasyon; aletin cihaza bağlandığı yerde küçük genliğe, aletin ucunda büyük genliğe sahip basit bir hareket modeli sergiler (Lumley, Walmsley, & Laird, 1991). Sonik cihazlar duyulabilir frekanslarda (20 kHz'nin altında) çalışır ve 1 mm'ye kadar eğe salınım genliklerine sahiptir (Jiang et al., 2010). Aletin ucundaki genliğin kök kanal çapından daha büyük olabilmesi nedeniyle sık bir şekilde duvar teması meydana gelir, bunun da etkinliğinin azalmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Jiang et al., 2010). Sonik aktivasyon yapılan gruplarda kontrol gruplarından anlamlı olarak daha fazla penetrasyon görülmesinin sebebi, sonik cihazın kanal içinde neden olduğu akustik etkiden kaynaklı olabilir. Sonik aktivasyon yapılan gruplarda, ultrasonik aktivasyon yapılan gruplardan anlamlı olarak daha az penetrasyon göstermiş olmasının sebebi ise; frekansının ultrasonik cihazdan daha düşük olması ve dalga genliğinin daha fazla olması sebebiyle ultrasonik cihazlardan daha fazla duvar temasının meydana gelmesinin sonik cihazların etkisini azaltmış olabileceğini düşünmekteyiz.

Aktive edilmeyen grupta moleküler taşınma sadece difüzyon yoluyla olduğundan en az penetrasyon bu grubun örneklerinde gözlenmiştir. Literatürde de bizim çalışmamızla benzer olarak; patların aktivasyon yapılmayan gruplarda, sonik ve ultrasonik aktivasyon yapılan gruplardan anlamlı olarak daha az penetrasyon gösterdiği belirtilmiştir (Arslan et al., 2016).

Kök kanal dolgularının histolojik kesitlerinin fotoğraflarının alınmasıyla elde edilen görüntüleri ve micro-CT görüntülerinin süperpoze edilerek aralarındaki korelasyonunun değerlendirildiği Jung ve ark.'nın yaptığı çalışmada; kalitatif ve kantitatif olarak aralarında pozitif yönde yüksek korelasyon görülmüştür. Micro-CT değerlendirmeleri kök kanal dolgularının incelenmesinde oldukça hassas ve doğruluğu neredeyse kesin sonuçlar ortaya koyar (Jung et al., 2005). Acar ve ark.'nın da stereomikroskop görüntüleri

ile micro-CT görüntüleri arasında pozitif yönde yüksek korelasyon olduğunu belirtmesi de bu durumu doğrular niteliktedir (Acar et al., 2015).

Micro-CT ile CBCT'yi karşılaştıran bir çalışmada; CBCT'nin, dişlerin 3 boyutlu olarak görüntülenmesine izin verse bile, kapsamlı bir anatomik çalışma için micro-CT kadar yüksek çözünürlükte görüntüler veremediğini ve hassas olmadığını belirtmişlerdir (Acar et al., 2015). Ayrıca CBCT; micro-CT gibi destrüktif olmayan, bununla beraber daha hızlı ve daha az radyasyon düzeyiyle görüntü elde eden bir sistem olsa da; genelde bilimsel araştırmalar için görüntü kalitesi ve çözünürlük, analiz için gereken zamandan daha önemlidir (Kumar, 2019). CBCT görüntülerinde saçılma gibi artefaktların görülmesinden dolayı kanal dolumu sonrası değerlendirmelerinde kullanılmasının sonuçlarda yanıltıcı olabileceği bildirilmiştir (Arora & Hegde, 2014). Bununla birlikte, micro-CT tekniği güvenilir sonuçların elde edilmesi için çeşitli parametrelerin ön ayarlarını gerektirir. İşlem sırasında, düşük enerjili radyasyonu absorbe etmek için filtreler kullanılır (Naranjo, Lloréns, Alcañiz, & López-Mir, 2011). Bu ayarlamaların her biri sonuçların doğruluğunu sağlamak için yapılır (Araújo, Souza-Gabriel, Cruz Filho, Pécora, & Silva, 2016). Öte yandan micro-CT görüntülemesi, geleneksel görüntüleme yöntemlerine göre daha maliyetlidir. Micro-CT kullanmanın diğer sınırlayıcı faktörleri ise; geleneksel radyografilerden farklı olarak rutin kullanımda mevcut olmaması, veri elde edilmesinin uzun sürmesi ve uğraştırıcı olmasıdır (Fumes et al., 2014). Bu sebepler micro-CT çalışmalarında daha az numune kullanılmasını haklı çıkarmaktadır (Roizenblit, Soares, Lopes, dos Santos, & Gusman, 2020). Bizim çalışmamızda numune sayısı istatistiksel değerlendirmelerin yapılabilmesi için yeterlidir, ancak daha fazla numune kullanılamaması bu durumlardan kaynaklanmaktadır.

Üç boyutlu objeler iki boyutlu görüntüye çevrilirken süperpozisyonlar görülebilir. (Cotton, Geisler, Holden, Schwartz, & Schindler, 2007). Çalışmamızda da micro-CT ile elde edilen 3 boyutlu taranmış görüntülerin analiz değerlerinde, 2 boyutlu değerlendirmelere göre daha az penetrasyon değerleri gözlenmiştir. Bu duruma 2 boyutlu değerlendirmelerde süperpozisyonlardan dolayı bazı boşlukların gözden kaçabilmesinin neden olduğunu düşünmekteyiz.

Arslan ve ark.'nın ultrasonik ve sonik aktivasyonun etkisiyle yapay lateral kanallara pat penetrasyonunu SEM vasıtasıyla değerlendirdikleri çalışmalarında; bizim çalışmamızla benzer olarak istatistiksel açıdan anlamlı ultrasonik > sonik > aktivasyonsuz sıralamasını elde etmişlerdir (Arslan et al., 2016). Bu durumda, 3 boyutlu değerlendirmelerimizin, önceki literatür çalışmasında yapılan 2 boyutlu değerlendirmelerle korelasyon gösterdiğini söylemek mümkündür. Çalışmamızda 2 ve 3 boyutlu analizler arasında da pozitif yönlü yüksek korelasyon görülmüştür. Bu nedenle maliyetli ve nispeten uğraştırıcı 3 boyutlu micro-CT ölçümleri yerine, 2 boyutlu ölçümlerle lateral kanallardaki doluluk oranının analizinin yapılabileceğini söylemek mümkündür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Aktivasyon sistemleri -ultrasonik daha fazla olmak üzere- patların lateral kanallara penetrasyonunu artırır,
- Lateral kanalların doldurulması için kullanılan hiçbir pat ve yöntem kanalların tamamen doldurulmasını sağlamamıştır, apikal bölgede görülen lateral kanallar doldurulması en zor olan kanallardır,
- Lateral kanallara pat penetrasyonunu değerlendirirken; pahalı, zor ve vakit alan 3 boyutlu micro-CT ölçümleri yerine, 2 boyutlu ölçümler lateral kanallardaki doluluk oranının belirlenmesinde kullanılabilir.

7. KAYNAKÇA

- Acar, B., Kamburođlu, K., Tatar, I., Arikan, V., Çelik, H. H., Yüksel, S., & Özen, T. (2015). Comparison of micro-computerized tomography and cone-beam computerized tomography in the detection of accessory canals in primary molars. *Imaging Science in Dentistry*, 45(4), 205–211. <https://doi.org/10.5624/isd.2015.45.4.205>
- Ahmad, M., Pitt Ford, T. R., & Crum, L. A. (1987a). Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic streaming and its possible role. *Journal of Endodontics*, 13(10), 490–499. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80016-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80016-X)
- Ahmad, M., Pitt Ford, T. R., & Crum, L. A. (1987b). Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*, 13(3), 93–101. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80173-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80173-5)
- Akyüz Ekim, Ş. N., & Erdemir, A. (2015). Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 10, 98–104.
- Al-Ali, M., Sathorn, C., & Parashos, P. (2012). Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *International Endodontic Journal*, 45(10), 898–906. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02046.x>
- Al-Jadaa, A., Paqué, F., Attin, T., & Zehnder, M. (2009). Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: Impact of canal location and angulation. *International Endodontic Journal*, 42(1), 59–65. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01497.x>
- Alaçam, T. (2012). *Endodonti*. (T. Alaçam, Ed.). Ankara: Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksek Okulu Basımevi, (pp.705-829).

- Alcalde, M. P., Bramante, C. M., Vivan, R. R., Amoroso-Silva, P. A., De Andrade, F. B., & Duarte, M. A. H. (2017). Intradental antimicrobial action and filling quality promoted by ultrasonic agitation of epoxy resin-based sealer in endodontic obturation. *Journal of Applied Oral Science*, 25(6), 641–649. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2017-0090>
- Almeida, J. F. A., Gomes, B. P. F. A., Ferraz, C. C. R., Souza-Filho, F. J., & Zaia, A. A. (2007). Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 40(9), 692–699. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01268.x>
- Araújo, V. L. ess., Souza-Gabriel, A. E. vangelist., Cruz Filho, A. M. da, Pécora, J. D. jalm., & Silva, R. G. arib. (2016). Volume of sealer in the apical region of teeth filled by different techniques: a micro-CT analysis. *Brazilian Oral Research*, 30(1). <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0027>
- Archer, R., Reader, A., Nist, R., Beck, M., & Meyers, W. J. (1992). An in vivo evaluation of the efficacy of ultrasound after step-back preparation in mandibular molars. *Journal of Endodontics*, 18(11), 549–552. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81212-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81212-4)
- Arora, S., & Hegde, V. (2014). Comparative evaluation of a novel smart-seal obturating system and its homogeneity of using cone beam computed tomography: In vitro simulated lateral canal study. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(4), 364. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.136512>
- Arslan, H., Abbas, A., & Karatas, E. (2016). Influence of ultrasonic and sonic activation of epoxy-amine resin-based sealer on penetration of sealer into lateral canals. *Clinical Oral Investigations*, 20(8), 2161–2164. <https://doi.org/10.1007/s00784->

016-1737-z

- Asgary, S., Parirokh, M., Eghbal, M. J., & Ghoddusi, J. (2006). SEM evaluation of pulp reaction to different pulp capping materials in dog's teeth. *Iranian Endodontic Journal*, *1*(4), 117–123. <https://doi.org/10.22037/iej.v1i4.367>
- Bailey, G. C., Ng, Y. L., Cunnington, S. A., Barber, P., Gulabivala, K., & Setchell, D. J. (2004). Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-percha. Part II: An in vitro investigation of the quality of obturation. *International Endodontic Journal*, *37*(10), 694–698. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00858.x>
- Balamuth, L. (1967). The application of ultrasonic energy in the dental field. In B. Brown & D. Gordon (Eds.), *Ultrasonic Techniques in Biology and Medicine* (pp. 194–205). London: Ilife.
- Baldi, J. V., Bernardes, R. A., Duarte, M. A. H., Ordinola-Zapata, R., Cavenago, B. C., Moraes, J. C. S., & de Moraes, I. G. (2012). Variability of physicochemical properties of an epoxy resin sealer taken from different parts of the same tube. *International Endodontic Journal*, *45*(10), 915–920. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02049.x>
- Barbizam, J. V. B., Souza, M., Cecchin, D., & Dabbel, J. (2007). Effectiveness of a silicon-based root canal sealer for filling of simulated lateral canals. *Brazilian Dental Journal*, *18*(1), 20–23. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402007000100005>
- Basmadjian-Charles, C. L., Farge, P., Bourgeois, D. M., & Lebrun, T. (2002). Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: A review of the literature. *International Dental Journal*, *52*, 81–86. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2002.tb00605.x>
- Berutti, E. (1993). Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system.

- Journal of Endodontics*, 19(5), 236–238. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81298-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81298-7)
- Bittmann, B., Hauptert, F., & Schlarb, A. K. (2009). Ultrasonic dispersion of inorganic nanoparticles in epoxy resin. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(5), 622–628. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2009.01.006>
- Borges, R. P., Sousa-Neto, M. D., Versiani, M. A., Rached-Júnior, F. A., De-Deus, G., Miranda, C. E. S., & Pécora, J. D. (2012). Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International Endodontic Journal*, 45(5), 419–428. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01992.x>
- Budd, C. S., Weller, R. N., & Kulild, J. C. (1991). A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 17(6), 260–264. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81863-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81863-7)
- Bürklein, S., Hinschitza, K., Dammaschke, T., & Schäfer, E. (2012). Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal*, 45(5), 449–461. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01996.x>
- Camilleri, J. (2015). Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 41(1), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.06.007>
- Candeiro, G. T. de M., Lavor, A. B., Lima, I. T. de F., Vasconcelos, B. C. de, Gomes, N. V., Iglecias, E. F., & Gavini, G. (2019). Penetration of bioceramic and epoxy-resin endodontic cements into lateral canals. *Brazilian Oral Research*, 33(5), e.049. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2019.VOL33.0049>

- Carrotte, P. (2004). Endodontics: Part 4. Morphology of the root canal system. *British Dental Journal*, 197(7), 379–383. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4811711>
- Carvalho-Sousa, B., Almeida-Gomes, F., Carvalho, P. R. B., Maníglia-Ferreira, C., Gurgel-Filho, E. D., & Albuquerque, D. S. (2010). Filling lateral canals: evaluation of different filling techniques. *European Journal of Dentistry*, 4(3), 251–256. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20613912>
- Case, S. L., O'Brien, E. P., & Ward, T. C. (2005). Cure profiles, crosslink density, residual stresses, and adhesion in a model epoxy. *Polymer*, 46(24), 10831–10840. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2005.09.053>
- Celikten, B., Uzuntas, C. F., Orhan, A. I., Tufenkci, P., Misirli, M., Demiralp, K. O., & Orhan, K. (2015). Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of Oral Science*, 57(4), 361–366. <https://doi.org/10.2334/josnurd.57.361>
- Clinton, K., & Van Himel, T. (2001). Comparison of a warm Gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *Journal of Endodontics*, 27(11), 692–695. <https://doi.org/10.1097/00004770-200111000-00010>
- Cotton, T. P., Geisler, T. M., Holden, D. T., Schwartz, S. A., & Schindler, W. G. (2007). Endodontic Applications of Cone-Beam Volumetric Tomography. *Journal of Endodontics*, 33(9), 1121–1132. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.06.011>
- de Deus, G. A., Martins, F., Lima, A. C. M. R., Gurgel-Filho, E. D., Maniglia, C. F., & Coutinho-Filho, T. (2003). Analysis of the film thickness of a root canal sealer following three obturation techniques. *Pesquisa Odontológica Brasileira = Brazilian Oral Research*, 17(2), 119–125. <https://doi.org/10.1590/s1517-74912003000200004>

- De Deus, Q. D., & Horizonte, B. (1975). Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *Journal of Endodontics*, 1(11), 361–366. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(75\)80211-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(75)80211-1)
- De Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., Heilborn, C., & Cohenca, N. (2009). Effect of EDTA, Sonic, and Ultrasonic Activation on the Penetration of Sodium Hypochlorite into Simulated Lateral Canals: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, 35(6), 891–895. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.015>
- De Gregorio, C., Estevez, R., Cisneros, R., Paranjpe, A., & Cohenca, N. (2010). Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: An in vitro study. *Journal of Endodontics*, 36(7), 1216–1221. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.02.019>
- Desai, S., & Chandler, N. (2009). Calcium Hydroxide-Based Root Canal Sealers: A Review. *Journal of Endodontics*, 35(4), 475–480. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.026>
- DuLac, K. A., Nielsen, C. J., Tomazic, T. J., Ferrillo, P. J., & Hatton, J. F. (1999). Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *Journal of Endodontics*, 25(5), 376–380. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81175-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81175-1)
- Epley, S. R., Fleischman, J., Hartwell, G., & Cicalese, C. (2006). Completeness of Root Canal Obturations: Epiphany Techniques versus Gutta-Percha Techniques. *Journal of Endodontics*, 32(6), 541–544. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.059>
- Espir, C. G., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Spin-Neto, R., Chávezandrade, G. M., Berbert, F. L. C. V., & Tanomaru-Filho, M. (2016). Solubility and bacterial sealing ability of MTA and root-end filling materials. *Journal of Applied Oral Science*, 24(2), 121–

125. <https://doi.org/10.1590/1678-775720150437>

Feldkamp, L. A., Goldstein, S. A., Parfitt, M. A., Jesion, G., & Kleerekoper, M. (1989).

The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *Journal of Bone and Mineral Research*, 4(1), 3–11.

<https://doi.org/10.1002/jbmr.5650040103>

Fernández, R., Restrepo, J. S., Aristizábal, D. C., & Álvarez, L. G. (2016). Evaluation of

the filling ability of artificial lateral canals using calcium silicate-based and epoxy resin-based endodontic sealers and two gutta-percha filling techniques. *International*

Endodontic Journal, 49(4), 365–373. <https://doi.org/10.1111/iej.12454>

Fragachán, M., Pons, M., Barriuso, E., Frigola, J., Ballester, M. L., & Berástegui, E.

(2018). Micro-computed tomography assessment of different obturation techniques for filling lateral canals. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10(7),

e702–e708. <https://doi.org/10.4317/jced.54806>

Fumes, A. C., Sousa-Neto, M. D., Leoni, G. B., Versiani, M. A., da Silva, L. A. B., da

Silva, R. A. B., & Consolaro, A. (2014). Root canal morphology of primary molars: a micro-computed tomography study. *European Archives of Paediatric Dentistry*,

15(5), 317–326. <https://doi.org/10.1007/s40368-014-0117-0>

Gambarini, G., Testarelli, L., Pongione, G., Gerosa, R., & Gagliani, M. (2006).

Radiographic and rheological properties of a new endodontic sealer. *Australian Endodontic Journal*, 32(1), 31–34. [https://doi.org/10.1111/j.1747-](https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2006.00005.x)

[4477.2006.00005.x](https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2006.00005.x)

Goldberg, F., & Spielberg, C. (1982). The effect of EDTAC and the variation of its

working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surgery, Oral*

Medicine, Oral Pathology, 53(1), 74–77. <https://doi.org/10.1016/0030->

4220(82)90489-3

- Goldberg, Fernando. (2001). Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *Journal of Endodontics*, 27(5), 362–364. <https://doi.org/10.1097/00004770-200105000-00015>
- Grande, N. M., Plotino, G., Gambarini, G., Testarelli, L., D'Ambrosio, F., Pecci, R., & Bedini, R. (2012). Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Annali Dell'Istituto Superiore Di Sanita*, 48(1), 26–34. https://doi.org/10.4415/ann_12_01_05
- Grossman, L. (1982). *Endodontic Practice* (10th.). Philadelphia: Lea & Febiger, (pp.297).
- Gu, L. sha, Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *Journal of Endodontics*, 35(6), 791–804. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.010>
- Guigand, M., Glez, D., Sibayan, E., Cathelineau, G., & Vulcain, J. M. (2005). Comparative study of two canal obturation techniques by image analysis and EDS microanalysis. *British Dental Journal*, 198(11), 707–711. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4812389>
- Guimarães, B. M., Amoroso-Silva, P. A., Alcalde, M. P., Marciano, M. A., Bombarda de Andrade, F., & Hungaro Duarte, M. A. (2014). Influence of Ultrasonic Activation of 4 Root Canal Sealers on the Filling Quality. *Journal of Endodontics*, 40(7), 964–968. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.11.016>
- Guimarães, B. M., Amoroso-Silva, P. A., Alcalde, M. P., Marciano, M. A., de Andrade, F. B., & Duarte, M. A. H. (2014). Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. *Journal of Endodontics*, 40(7), 964–968. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.11.016>

- Han, T., Ma, Y., Yang, L., Chen, X., Zhang, X., & Wang, Y. (2014). A study of the root canal morphology of mandibular anterior teeth using cone-beam computed tomography in a Chinese subpopulation. *Journal of Endodontics*, *40*(9), 1309–1314. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.05.008>
- Harty, F. (2019). *Harty's Endodontics in Clinical Practice*. (B. S. Chong, Ed.) (7th ed.). Elsevier, (pp.151-179)
- Hegedus C, Flóra-Nagy E, Martos R, Juhász A, Fülöp I, Pomaházi S, Nagy IP, Tóth Z, Márton I, Keszthelyi G (2000). 3D reconstruction based on hard tissue microtome cross-section pictures in dentistry. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, *63*(2), 77–84. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(00\)00059-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(00)00059-6)
- Heling, I., & Chandler, N. P. (1996). The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of Endodontics*, *22*(5), 257–259. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(06\)80144-5](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)80144-5)
- Himel, V. T., & McSpadden. (2006). Instruments, Materials and Devices. In S. Cohen & K. M. Hargreaves (Eds.), *Pathways of The Pulp* (9th Ed., pp. 233–289). St.Louis: Mosby.
- Hounsfield, G. N. (1973). Computerized transverse axial scanning (tomography): I. Description of system. *British Journal of Radiology*, *46*(552), 1016–1022. <https://doi.org/10.1259/0007-1285-46-552-1016>
- Huang, Y., Orhan, K., Celikten, B., Orhan, A. I., Tufenkci, P., & Sevimay, S. (2018). Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: A combined SEM and micro-CT study. *Journal of Applied Oral Science*, *26*. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0584>
- Huffman, B. P., Mai, S., Pinna, L., Weller, R. N., Primus, C. M., Gutmann, J. L., Pashley,

- D. H., & Tay, F. R. (2009). Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *International Endodontic Journal*, 42(1), 34–46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01490.x>
- Huumonen, S., Kvist, T., Gröndahl, K., & Molander, A. (2006). Diagnostic value of computed tomography in re-treatment of root fillings in maxillary molars. *International Endodontic Journal*, 39(10), 827–833. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01157.x>
- Hwang, J. H., Chung, J., Na, H. S., Park, E., Kwak, S., & Kim, H. C. (2015). Comparison of bacterial leakage resistance of various root canal filling materials and methods: Confocal laser-scanning microscope study. *Scanning*, 37(6), 422–428. <https://doi.org/10.1002/sca.21231>
- Ingle, J. (1994). *Endodontics* (4th ed.). Philadelphia: Lea & Febiger, (pp.228-307)
- Jainena, A., Palamara, J. E. A., & Messer, H. H. (2007). Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *International Endodontic Journal*, 40(11), 882–890. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01308.x>
- Jensen, S. A., Walker, T. L., W., H. J., & Nicoll, B. K. (1999). Comparison of the Cleaning Efficacy of Passive Sonic Activation and Passive Ultrasonic Activation After Hand Instrumentation in Molar Root Canals. *Journal of Endodontics*, 25(11), 735–738.
- Jiang, L. M., Verhaagen, B., Versluis, M., & van der Sluis, L. W. M. (2010). Evaluation of a Sonic Device Designed to Activate Irrigant in the Root Canal. *Journal of Endodontics*, 36(1), 143–146. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.06.009>
- Johnson, W., Kulild, J. C., & Tay, F. (2016). Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. In K. M. Hargreaves & L. . Berman (Eds.), *Cohen's Pathways of the*

- Pulp* (pp. 280–322). St. Louis, MO: Elsevier.
- Jones, J. R., Poologasundarampillai, G., Atwood, R. C., Bernard, D., & Lee, P. D. (2007). Non-destructive quantitative 3D analysis for the optimisation of tissue scaffolds. *Biomaterials*, 28(7), 1404–1413. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2006.11.014>
- Jung, M., Lommel, D., & Klimek, J. (2005). The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International Endodontic Journal*, 38(9), 617–626. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.00990.x>
- Karabucak, B., Kim, A., Chen, V., & Iqbal, M. K. (2008). The Comparison of Gutta-Percha and Resilon Penetration into Lateral Canals with Different Thermoplastic Delivery Systems. *Journal of Endodontics*, 34(7), 847–849. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.03.024>
- Kasahara, E., Yasuda, E., Yamamoto, A., & Anzai, M. (1990). Root canal system of the maxillary central incisor. *Journal of Endodontics*, 16(4), 158–161. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81962-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81962-X)
- Keleş, A., Alcin, H., Kamalak, A., & Versiani, M. A. (2014). Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *International Endodontic Journal*, 47(12), 1177–1184. <https://doi.org/10.1111/iej.12269>
- Keleş, A., & Alçin, H. (2015). Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri. *Türkiye Klinikleri Journal of Endodontics Special Topics*, 1(3), 32–39.
- Koch, M. J., Wünnstel, E., & Stein, G. (2001). Formaldehyde release from ground root canal sealer in vitro. *Journal of Endodontics*, 27(6), 396–397. <https://doi.org/10.1097/00004770-200106000-00006>
- Krug, R., Krastl, G., & Jahreis, M. (2017). Technical quality of a matching-taper single-

- cone filling technique following rotary instrumentation compared with lateral compaction after manual preparation: a retrospective study. *Clinical Oral Investigations*, 21(2), 643–652. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1931-z>
- Kumar, A. (2019). *Quantitative Analysis Of The Apical Delta Morphologies In Mandibular Molars And To Evaluate The Sealer Penetration After Chemo-Mechanical Preparation/Obturation Using Micro Ct-An In Vitro Study*. THE TAMILNADU Dr. M.G.R. MEDICAL UNIVERSITY. Retrieved from http://repository-tnmgrmu.ac.in/10844/1/240402319aravind_kumar.pdf
- Lacey, S., Pitt Ford, T. R., Watson, T. F., & Sherriff, M. (2005). A study of the rheological properties of endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 38(8), 499–504. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.00953.x>
- Lacey, S., Pitt Ford, T. R., Yuan, X. F., Sherriff, M., & Watson, T. (2006). The effect of temperature on viscosity of root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 39(11), 860–866. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01154.x>
- Lea, S. C., Walmsley, A. D., Lumley, P. J., & Landini, G. (2004). A new insight into the oscillation characteristics of endosonic files used dentistry. *Physics in Medicine and Biology*, 49(10), 2095–2102. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/49/10/018>
- Lee, J. K., Kwak, S. W., Ha, J. H., Lee, W. C., & Kim, H. C. (2017). Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/2582849>
- Lee, S. J., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2004). The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*, 37(10), 672–678.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00848.x>

- Leyhausen, G., Heil, J., Reifferscheid, G., Waldmann, P., & Geurtsen, W. (1999). Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *Journal of Endodontics*, 25(2), 109–113. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(99\)80007-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(99)80007-7)
- Lighthill, S. J. (1978). Acoustic streaming. *Journal of Sound and Vibration*, 61(3), 391–418. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(78\)90388-7](https://doi.org/10.1016/0022-460X(78)90388-7)
- Lim, T. S., Wee, T. Y., Choi, M. Y., Koh, W. C., & Sae-Lim, V. (2003). Light and scanning electron microscopic evaluation of Glyde™ File Prep in smear layer removal. *International Endodontic Journal*, 36(5), 336–343. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00648.x>
- Lopes, F. C., Zangirolami, C., Mazzi-Chaves, J. F., Silva-Sousa, A. C., Crozeta, B. M., Silva-Sousa, Y. T. C., & Sousa-Neto, M. D. (2019). Effect of sonic and ultrasonic activation on physicochemical properties of root canal sealers. *Journal of Applied Oral Science*, 27(9), e20180556. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0556>
- Lumley, P. J., Walmsley, A. D., & Laird, W. R. E. (1991). Streaming patterns produced around endosonic files. *International Endodontic Journal*, 24(6), 290–297. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00138.x>
- Lumley, P. J., Walmsley, A. D., & Marquis, P. M. (1994). Effect of air inlet ring opening on sonic handpiece performance. *Journal of Dentistry*, 22(6), 376–379. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(94\)90093-0](https://doi.org/10.1016/0300-5712(94)90093-0)
- Macedo, R. G., Verhaagen, B., Wesselink, P. R., Versluis, M., & van der Sluis, L. W. M. (2013). Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated

- irrigation. *International Endodontic Journal*, 47(2), 147–154.
<https://doi.org/10.1111/iej.12125>
- Malki, M., Verhaagen, B., Jiang, L. M., Nehme, W., Naaman, A., Versluis, M., Wesselink, P., & van der Sluis, L. (2012). Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: Visualization and cleaning efficacy. *Journal of Endodontics*, 38(5), 657–661.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.001>
- Marciano, J., Michalesco, P., & Abadie, M. J. M. (1993). Stereochemical structure characterization of dental gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 19(1), 31–34.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81038-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81038-1)
- Markvart, M., Darvann, T. A., Larsen, P., Dalstra, M., Kreiborg, S., & Bjørndal, L. (2012). Micro-CT analyses of apical enlargement and molar root canal complexity. *International Endodontic Journal*, 45(3), 273–281. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01972.x>
- Martin, H., Cunningham, W. T., & Norris, J. P. (1980). A quantitative comparison of the ability of diamond and k-type files to remove dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 50(6), 566–568. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(80\)90442-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(80)90442-9)
- McMichael, G. E., Primus, C. M., & Opperman, L. A. (2016). Dentinal tubule penetration of tricalcium silicate sealers. *Journal of Endodontics*, 42(4), 632–636.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.12.012>
- McMichen, F. R. S., Pearson, G., Rahbaran, S., & Gulabivala, K. (2003). A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 36(9), 629–635. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00701.x>

- Mohammadi, Z., Shalavi, S., Yaripour, S., Kinoshita, J. I., Manabe, A., Kobayashi, M., Giardino, L., Palazzi, F., Sharifi, F., & Jafarzadeh, H. (2019). Smear layer removing ability of root canal irrigation solutions: A review. *Journal of Contemporary Dental Practice, 20*(3), 395–402. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2528>
- Mokeem Saleh, A., Hammad, M., Silikas, N., & Watts, D. C. (2009). Micro-CT evaluation of porosity in set endodontic sealers. *Dental Materials, 25*(5), e16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.01.029>
- Nagas, E., Uyanik, M. O., Eymirli, A., Cehreli, Z. C., Vallittu, P. K., Lassila, L. V. J., & Durmaz, V. (2012). Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *Journal of Endodontics, 38*(2), 240–244. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.027>
- Nagendrababu, V., Jayaraman, J., Suresh, A., Kalyanasundaram, S., & Neelakantan, P. (2018). Effectiveness of ultrasonically activated irrigation on root canal disinfection: a systematic review of in vitro studies. *Clinical Oral Investigations, 22*(2), 655–670. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2345-x>
- Nanzer, J., Langlois, S., & Coeuret, F. (1989). Electrochemical engineering approach to the irrigation of tooth canals under the influence of a vibrating file. *Journal of Biomedical Engineering, 11*(2), 157–163. [https://doi.org/10.1016/0141-5425\(89\)90128-3](https://doi.org/10.1016/0141-5425(89)90128-3)
- Naranjo, V., Lloréns, R., Alcañiz, M., & López-Mir, F. (2011). Metal artifact reduction in dental CT images using polar mathematical morphology. *Computer Methods and Programs in Biomedicine, 102*(1), 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.11.009>
- Negm, M. M., Lilley, J. D., & Combe, E. C. (1985). A study of the viscosity and working

- time of resin-based root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 11(10), 442–445.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80083-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80083-2)
- Neo, J., & Chee, L. F. (1990). A retrospective clinical study of endodontically treated mandibular incisors in a selected Chinese population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 70(6), 782–783. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(90\)90021-J](https://doi.org/10.1016/0030-4220(90)90021-J)
- Neuhaus, K. W., Liebi, M., Stauffacher, S., Eick, S., & Lussi, A. (2016). Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. *Journal of Endodontics*, 42(12), 1799–1803. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.08.024>
- Nikhil, V., Bansal, P., & Sawani, S. (2015). Effect of technique of sealer agitation on percentage and depth of MTA Fillapex sealer penetration: A comparative in-vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(2), 119–123.
<https://doi.org/10.4103/0972-0707.153073>
- Orstavik, D. (2005). Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12(1), 25–38. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00197.x>
- Ørstavik, D., & Mjör, I. A. (1988). Histopathology and X-ray microanalysis of the subcutaneous tissue response to endodontic sealers. *Journal of Endodontics*, 14(1), 13–23. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80236-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80236-X)
- Özcan, E., Davut Çapar, İ., Çetin, A. R., & Aydınbelge, H. A. (2013). Farklı irrigasyon solüsyonlarının MTA Fillapex kanal patının bağlanma dayanımı üzerine etkisi. *Acta Odontologica Turcica*, 30(1), 1-5. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/gaziaot/86646>
- Ozlek, E., Gündüz, H., Akkol, E., & Neelakantan, P. (2020). Dentin moisture conditions strongly influence its interactions with bioactive root canal sealers. *Restorative*

- Dentistry & Endodontics*, 45(2), e24. <https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e24>
- Parente, J. M., Loushine, R. J., Susin, L., Gu, L., Looney, S. W., Weller, R. N., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2010). Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *International Endodontic Journal*, 43(11), 1001–1012. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01755.x>
- Peters, O. A., Laib, A., Rügsegger, P., & Barbakow, F. (2000). Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *Journal of Dental Research*, 79(6), 1405–1409. <https://doi.org/10.1177/00220345000790060901>
- Plotino, G., Pameijer, C. H., Maria Grande, N., & Somma, F. (2007). Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*, 33(2), 81–95. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.008>
- Postle, H. H. (1958). Ultrasonic cavity preparation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 8(1), 153–160. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(58\)90027-1](https://doi.org/10.1016/0022-3913(58)90027-1)
- Rahman Hashem, A. A., Ghoneim, A. G., Lutfy, R. A., & Fouda, M. Y. (2009). The Effect of Different Irrigating Solutions on Bond Strength of Two Root Canal-filling Systems. *Journal of Endodontics*, 35(4), 537–540. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.003>
- Reader, C. M., Himel, V. T., Germain, L. P., & Hoen, M. M. (1993). Effect of three obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *Journal of Endodontics*, 19(8), 404–408. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81505-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81505-0)
- Regan, J. D. (2004). Root canal system obturation. In C. J. R. Stock, K. Gulabivala, & R. Walker (Eds.), *Endodontics*. (3rd ed., pp. 181–196). Mosby.

- Resende, L. M., Rached-Junior, F. J. A., Versiani, M. A., Souza-Gabriel, A. E., Miranda, C. E. S., Silva-Sousa, Y. T. C., & Sousa Neto, M. D. (2009). A comparative study of physicochemical properties of AH plus, epiphany, and epiphany SE root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 42(9), 785–793. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01584.x>
- Richman, R. (1957). The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Medical Dental Journal*, 12, 12–18.
- Ricucci, D., & Siqueira, J. F. (2010). Fate of the Tissue in Lateral Canals and Apical Ramifications in Response to Pathologic Conditions and Treatment Procedures. *Journal of Endodontics*, 36(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.038>
- Roizenblit, R. N., Soares, F. O., Lopes, R. T., dos Santos, B. C., & Gusman, H. (2020). Root canal filling quality of mandibular molars with EndoSequence BC and AH Plus sealers: A micro-CT study. *Australian Endodontic Journal*, 46(1), 82–87. <https://doi.org/10.1111/aej.12373>
- Rubach, W. C., & Mitchell, D. F. (1965). Periodontal Disease, Accessory Canals and Pulp Pathosis. *Journal of Periodontology*, 36(1), 34–38. <https://doi.org/10.1902/jop.1965.36.1.34>
- Ruddle, C. J. (2015). Endodontic disinfection: Tsunami irrigation. *Saudi Endodontic Journal*, 5(1), 1–12. Retrieved from https://www.saudiendodj.com/temp/SaudiEndodJ511-6844327_190043.pdf
- Ruddle, C. J. (2017). Endodontic Disinfection: The Sonic Advantage. *Dentistry Today*, 36(6), 86–87.
- Salles, L. P., Gomes-Cornélio, A. L., Guimarães, F. C., Herrera, B. S., Bao, S. N., Rossa-Junior, C., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2012). Mineral

- trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. *Journal of Endodontics*, 38(7), 971–976. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.018>
- Schilder, H., Goodman, A., & Aldrich, W. (1974). The thermomechanical properties of gutta-percha. III. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 38(1), 109–114. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(74\)90321-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(74)90321-1)
- Schilder, H., & Hargreaves, K. M. (2006). Filling root canals in three dimensions. *Journal of Endodontics*, 32(4), 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.007>
- Schmalz, G. (2009). Root canal filling materials. In *Biocompatibility of Dental Materials* (pp. 187–220). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77782-3_7
- Schroeder, A. (1954). [The impermeability of root canal filling material and first demonstrations of new root filling materials]. *Schweizerische Monatsschrift Fur Zahnheilkunde = Revue Mensuelle Suisse d'odonto-Stomatologie*, 64(9), 921–931. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/13225678>
- Seltzer, S., Bender, I. B., & Ziontz, M. (1963). The interrelationship of pulp and periodontal disease. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 16(12), 1474–1490. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(63\)90385-2](https://doi.org/10.1016/0030-4220(63)90385-2)
- Şener, S., Çobankara, F. K., & Akgünlü, F. (2007). İki kök kanallı üst yan kesici: İki olgu sunumu. *Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 17(1), 46–50.
- Sert, S., & Bayirli, G. S. (2004). Evaluation of the root canal configurations of the mandibular and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *Journal of Endodontics*, 30(6), 391–398. <https://doi.org/10.1097/00004770->

200406000-00004

- Shakya, V. K., Gupta, P., Tikku, A. P., Pathak, A. K., Chandra, A., Yadav, R. K., Bharti, R., & Singh, R. K. (2016). An invitro evaluation of antimicrobial efficacy and flow characteristics for AH plus, MTA fillapex, CRCS and gutta flow 2 root canal sealer. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10(8), ZC104–ZC108. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/20885.8351>
- Silva, E., Rosa, T., Herrera, D., Jacinto, R., Gomes, B., & Zaia, A. (2013). Evaluation of Cytotoxicity and Physicochemical Properties of Calcium Silicate-based Endodontic Sealer MTA Fillapex. *Journal of Endodontics*, 39(2), 274–277.
- Stevens, R. W., Strother, J. M., & McClanahan, S. B. (2006). Leakage and Sealer Penetration in Smear-free Dentin After a Final Rinse With 95% Ethanol. *Journal of Endodontics*, 32(8), 785–788. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.027>
- Stock, C. J. (1991). Current status of the use of ultrasound in endodontics. *International Dental Journal*, 41(3), 175–182.
- Swain, M. V., & Xue, J. (2009). State of the art of Micro-CT applications in dental research. *International Journal of Oral Science*, 1(4), 177–188. <https://doi.org/10.4248/IJOS09031>
- Swartz, D. B., Skidmore, A. E., & Griffin, J. A. (1983). Twenty years of endodontic success and failure. *Journal of Endodontics*, 9(5), 198–202. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(83\)80092-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(83)80092-2)
- Teixeira, C. S., Alfredo, E., De Camargo Thomé, L. H., Gariba-Silva, R., Silva-Sousa, Y. T. C., & Sousa-Neto, M. D. (2009). Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta-percha: Shear and push-out bond strength measurements and sem analysis. *Journal of Applied Oral Science*, 17(2), 129–135. <https://doi.org/10.1590/S1678->

77572009000200011

- Torabinejad, M., Fouad, A., & Shabahang, S. (2020). Root Canal Anatomy. In M. Versiani, C. Blaine, & W. Christie (Eds.), *Endodontics: Principles and Practice* (6th ed., pp. 225–265). Elsevier.
- Uhrich, J. M., Moser, J. B., & Heuer, M. A. (1978). The Rheology of Selected Root Canal Sealer Cements. *Journal of Endodontics*, 4(12), 373–379. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(78\)80212-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(78)80212-X)
- Van Der Sluis, L. W.M., Versluis, M., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2007). Passive ultrasonic irrigation of the root canal: A review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40(6), 415–426. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01243.x>
- van der Sluis, Lucas W.M., Vogels, M. P. J. M., Verhaagen, B., Macedo, R., & Wesselink, P. R. (2010). Study on the Influence of Refreshment/Activation Cycles and Irrigants on Mechanical Cleaning Efficiency During Ultrasonic Activation of the Irrigant. *Journal of Endodontics*, 36(4), 737–740. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.004>
- Venturi, M., Lenarda, R. Di, Prati, C., & Breschi, L. (2005). An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *Journal of Endodontics*, 31(12), 877–881. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000164131.46519.d5>
- Verhaagen, B., Boutsoukis, C., Sleutel, P., Kastrinakis, E., van der Sluis, L., & M., V. (2014). Irrigant transport into dental microchannels. *Microfluidics and Nanofluidics*, 16(6), 1165–1177.
- Verhaagen, Bram, Lea, S., De Bruin, G. J., Van Der Sluis, L. W. M., Walmsley, A. D., & Versluis, M. (2012). Oscillation characteristics of endodontic files: Numerical model and its validation. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and*

- Frequency Control*, 59(11), 2448–2459. <https://doi.org/10.1109/TUFFC.2012.2477>
- Verma, P., & Love, R. M. (2011). A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth. *International Endodontic Journal*, 44(3), 210–217. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01800.x>
- Vermilyea, S. G., de Simon, L. B., & Huget, E. F. (1978). The rheologic properties of endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 46(5), 711–716. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(78\)90468-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(78)90468-1)
- Vertucci, F. J. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 58(5), 589–599. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(84\)90085-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90085-9)
- Vertucci, F. J. (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 10(1), 3–29. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00129.x>
- Vitti, R. P., Prati, C., Silva, E. J., Sinhoreti, M. A., Zanchi, C. H., de Souza e Silva, M. G., Ogliari, F. A., Piva, E., & Gandolfi, M. G. (2013). Physical properties of MTA fillapex sealer. *Journal of Endodontics*, 39(7), 915–918. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.015>
- Walmsley, A. D. (1988). Applications of ultrasound in dentistry. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 14(1), 7–14. [https://doi.org/10.1016/0301-5629\(88\)90158-5](https://doi.org/10.1016/0301-5629(88)90158-5)
- Walmsley, A. D., Lumley, P. J., & Laird, W. R. E. (1989). The oscillatory pattern of sonically powered endodontic files. *International Endodontic Journal*, 22(3), 125–132. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1989.tb00910.x>
- Walmsley, A. D., & Williams, A. R. (1989). Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *Journal of Endodontics*, 15(5), 189–194.

[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(89\)80233-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(89)80233-X)

- Walton, R. ., & Johnson, W. T. (2002). Obturation. In R. . Walton & M. Torabinejad (Eds.), *Principles and Practice of Endodontics* (3rd ed., pp. 239–267). Philadelphia: W.B. Saunders.
- Watts, D. C., Combe, E. C., & Greener, E. H. (1981). The rheological properties of polyelectrolyte cements: II. Glass ionomers. *Journal of Oral Rehabilitation*, 8(1), 61–67. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1981.tb00476.x>
- Weine, F. S. (1984). The enigma of the lateral canal. *Dental Clinics of North America*, 28(4), 833–852.
- Weisman, M. I. (1970). A study of the flow rate of ten root canal sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 29(2), 255–261. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(70\)90094-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(70)90094-0)
- Weiss, G., Stabholz, A., Markitziu, A., Meyer, I., Brayer, L., & Gedalia, I. (1985). The effect of iron on in vitro decalcification of human tooth enamel. *Journal of Oral Rehabilitation*, 12(1), 91–93.
- Wennber, A., & Niom, D. O. (1990). Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 23(1), 13–19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1990.tb00797.x>
- White, R. R., Goldman, M., & Lin, P. S. (1984). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*, 10(12), 558–562. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(84\)80100-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(84)80100-4)
- Wiesse, P. E. B., Silva-Sousa, Y. T., Pereira, R. D., Estrela, C., Domingues, L. M., Pécora, J. D., & Sousa-Neto, M. D. (2018). Effect of ultrasonic and sonic activation of root canal sealers on the push-out bond strength and interfacial adaptation to root canal

- dentine. *International Endodontic Journal*, 51(1), 102–111.
<https://doi.org/10.1111/iej.12794>
- Wolcott, J., Van Himel, T., Powell, W., & Penney, J. (1997). Effect of two obturation techniques on the filling of lateral canals and the main canal. *Journal of Endodontics*, 23(10), 632–635. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(97\)80176-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(97)80176-8)
- Wong, M., Peters, D. D., & Lorton, L. (1981). Comparison of gutta-percha filling techniques, compaction (mechanical), vertical (warm), and lateral condensation techniques, part 1. *Journal of Endodontics*, 7(12), 551–558.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(81\)80214-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(81)80214-2)
- Yamada, R. S., Armas, A., Goldman, M., & Lin, P. S. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of Endodontics*, 9(4), 137–142.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(83\)80032-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(83)80032-6)
- Yoo, J. S., Chang, S. W., Oh, S. R., Perinpanayagam, H., Lim, S. M., Yoo, Y. J., Oh, Y. R., Woo, S. B., Han, S. H., Zhu, Q., & Kum, K. Y. (2014). Bacterial entombment by intratubular mineralization following orthograde mineral trioxide aggregate obturation: A scanning electron microscopy study. *International Journal of Oral Science*, 6(4), 227–232. <https://doi.org/10.1038/ijos.2014.30>
- Zeltner, M., Peters, O. A., & Paqué, F. (2009). Temperature Changes During Ultrasonic Irrigation with Different Inserts and Modes of Activation. *Journal of Endodontics*, 35(4), 573–577. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.007>
- Zhou, H. M., Du, T. F., Shen, Y., Wang, Z. J., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2015). In Vitro Cytotoxicity of Calcium Silicate-containing Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 41(1), 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.012>

Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1281–1286.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>



EKLER

ETİK KURUL ONAYI



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 83116987
Konu : Etik Kurul Kararı
Toplantı Tarihi : 10.10.2019
Toplantı No : 2019/14
Proje No : 19-KAEK-195

04.11.2019

Sayın, Doç.Dr. Emre BAYRAM

Etik Kurulumuzun 10.10.2019 tarihli toplantısında görüşülen 19-KAEK-195 kayıt numaralı "**Farklı Kök Kanal Dolgu Patlarının Lateral Kanallara Penetrasyonunun Micro-CT ile Değerlendirilmesi**" başlıklı çalışmanız gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup, çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına karar verilmiştir.

İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmeliğin 14-4. maddesi ve yönergemizin 18-3. maddesine göre çalışmanız tamamlandıktan sonra sonuç raporunun tarafımıza en geç 90 gün içerisinde bildirilmesi gerekmektedir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Faruk KUTLUTÜRK
Başkan