



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KÖK KANAL İRRİGASYON VE DOLUM
YÖNTEMLERİNİN KANAL DOLGUSUNUN DENTİN
DUVARINA PENETRASYONUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Dt. ERHAN DEMİR
DOKTORA TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Dilek TÜRKAYDIN

İSTANBUL - 2018

TEZ ONAYI

Kurum : Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Programın seviyesi : Doktora
Anabilim Dalı : Endodonti
Tez Sahibi : Erhan Demir
Tez Başlığı : Farklı kök kanal irrigasyon ve dolgu yöntemlerinin kanal dolgusunun dentin duvarına penetrasyonuna etkisinin incelenmesi
Sınav Yeri : Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Endodonti ABD.
Sınav Tarihi : 27/04/2018

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Dilek Türkaydın

Kurumu

M.Ü. Diş Hekimliği Endodonti ABD.

İmza

Sınav Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Dilek Türkaydın

Marmara Ü. Diş Hek. Endodonti ABD.

Prof. Dr. Mahir Gunday

Marmara Ü. Diş Hek. Endodonti ABD.

Prof. Dr. Hesna Öveçoğlu

Marmara Ü. Diş Hek. Endodonti ABD.

Prof. Dr. Faruk Haznedaroğlu

İstanbul Ü. Diş Hek. Endodonti ABD.

Prof. Dr. M. Baybora Kayahan

Okan Ü. Diş Hek. Endodonti ABD.

Tez tarafınızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.
Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 10.05/2018 tarih ve 06 sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Gökseil ŞENER
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

-Sınav evrakları 3 iş günü içinde ıslak imzalı tek kopya halinde Enstitüye teslim edilmelidir.

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim

Erhan Demir
ERHAN DEMİR

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim boyunca desteğini ve hoşgörüsünü esirgemeyen, bilgisini ve klinik tecrübesini benimle paylaşan, değerli hocam ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. Dilek Erbay Türkaydın'a;

Her zaman her konuda ilgisini ve desteğini hissettiğim, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım kıymetli hocalarım Prof. Dr. Mahir Günday, Prof. Dr. Hesna Sazak Öveçoğlu, Doç. Dr. Emre İriboz ve Doç. Dr. Fatıma Betül Baştürk'e;

Çalışma boyunca fikir ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Baybora Kayahan'a;

Akademik katkılarıyla yol gösteren kıymetli hocam Doç. Dr. Bilge Tarçın'a;

Tez çalışmamda bilgisini ve imkanlarını esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Lütfü Öveçoğlu ve Prof. Dr. Hüseyin Çimenoglu'na;

Bir arada çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm sevgili asistan arkadaşlarıma ve personellerimize;

Ve bana en büyük desteği veren aileme ve eşim Özlem Demir'e;

Minnettarım ve teşekkürlerimi borç bilirim.

Bu tez, Marmara Üniversitesi bilimsel Araştırmalar Komisyon Başkanlığı tarafından SAG-C-DRP-131016-0453 numaralı proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER	vii
ŞEKİL, TABLO VE RESİMLER.....	viii
1. ÖZET.....	1
2.ABSTRACT.....	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
4. GENEL BİLGİLER.....	6
4.1. Endodontik Tedavinin Başarısı.....	6
4.2. Kök Kanallarının İrrigasyonu.....	7
4.2.1. Sıklıkla kullanılan irrikanlar.....	7
4.2.1.1. Sodyum hipoklorit.....	7
4.2.1.2. Klorheksidin glukonat.....	8
4.2.1.3. Etilen diamin tetraasetik asit(EDTA).....	9
4.2.1.4. Sitrik asit.....	10
4.2.1.5. MTAD (Mixture of Tetracycline and Detergent)	10
4.3. Smear Tabakası ve Kanal Dolgu Patlarının Dentin Tübüllerine Penetrasyonu....	11
4.3.1. Smear tabakasının yapısı.....	11

4.3.2. İrrigasyon, smear tabakası ve mikrosızıntı ilişkisi.....	12
4.3.3. İrrigasyon solüsyonun aktive edilme yöntemleri.....	13
4.3.3.1. Manuel aktivasyon yöntemleri.....	13
4.3.3.1.1. İğne-kanül ile yapılan şırınga irrigasyonu.....	13
4.3.3.1.2. Fırçalar.....	13
4.3.3.1.3. Manuel dinamik irrigasyon.....	13
4.3.3.2. Mekanik aktivasyon yöntemleri.....	14
4.3.3.2.1. Döner fırçalar.....	14
4.3.3.2.2. Döner aletler ile irrigasyon.....	14
4.3.3.2.3. Sonik sistemler.....	15
4.3.3.2.4. Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI).....	15
4.4. Kök kanal dolgusunun endodontik tedavideki önemi.....	16
4.5. Kök Kanal Dolumunda Kullanılan Materyaller.....	17
4.5.1. Kanal patları.....	17
4.5.2. Katı dolgu materyali.....	18
4.5.2.1. Gümüş konlar.....	18
4.5.2.2. Guta-perka konlar.....	18
4.5.2.3. Resilon konlar.....	20
4.6. Kök Kanal Dolum Yöntemleri.....	20
4.6.1. Basit tek kon yöntemi.....	21
4.6.2. Soğuk lateral kondensasyon yöntemi.....	22

4.6.3. Sıcak vertikal kondensasyon yöntemi.....	23
4.6.4. Termomekanik kondensasyon yöntemi.....	24
4.6.5. Devamlı ısıyla kondensasyon yöntemi.....	24
4.6.6. Isıtılmış guta-perkanın enjeksiyonu yöntemi.....	25
4.6.6.1. Yüksek ısılı enjeksiyon yöntemi.....	25
4.6.6.2. Düşük ısılı enjeksiyon yöntemi.....	26
4.6.7. Taşıyıcılı sistemler.....	27
4.6.7.1. Termoplastik kor yöntemi.....	27
4.6.7.2. Soft-Core.....	27
4.7. Dentin Tübül Penetrasyon Çalışmalarının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler.....	28
5. GEREÇ VE YÖNTEM.....	29
5.1. Dişlerin Seçimi.....	29
5.2. Dişlerin Kök Kanallarının Genişletilmesi.....	29
5.3. İrrigasyon Deneyinin Uygulanması.....	31
5.4. Örneklerin Hazırlanması.....	35
5.5. CSLM ile Yapılan inceleme.....	36
5.6. Kök Kanallarının Doldurulması.....	37
5.7. İstatiksel Analiz.....	41
6.BULGULAR.....	44
7.TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	53

8.KAYNAKLAR.....	69
9.EKLER.....	97
9.1. Etik Kurul Onayı.....	97
9.2. Tez Kaynaklı Yayın.....	98
10.ÖZGEÇMİŞ.....	101



KISALTMALAR VE SİMGELER

NaOCl	Sodyum Hipoklorit
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
CHX	Klorheksidin glukonat
PUI	Pasif ultrasonik irrigasyon
μm	Mikrometre
dk	Dakika
mL	Mililitre
mm	Milimetre
%	Yüzde
Std. Sapma	Standart sapma
SEM	Tarayıcılı elektron mikroskopu
CLSM	Konfokal lazer tarayıcılı mikroskop
ark.	Arkadaşları
sn	Saniye

ŞEKİL, TABLO VE RESİMLER

Resim 5.1. Kök kanallarının genişletilmesinde kullanılan endodontik motor

Resim 5.2. TF adaptive ML asorti set

Resim 5.3. CLSM görüntülemeye kullanılan Rhodamine-B floresan boya

Resim 5.4. Endo-Eze yandan perfore ejektör ucu

Resim 5.5. PUI'de irrigasyonun aktivasyonu için kullanılan cihaz

Resim 5.6. PUI'de ultrasonik cihaza takılan uç

Resim 5.7. XP Endo Finisher™ eğesi

Resim 5.8. Örneklerin hazırlanışı

Resim 5.9. Hazırlanmış örnekler

Resim 5.10. İsomat hassas testere cihazı

Resim 5.11. İrrigasyon gruplarında 1 mm kesit alınmış örnekler

Resim 5.12. Konfokal lazer taramalı mikroskop

Resim 5.13. Kök kanalların dolumunda kullanılan AH Plus kanal patı

Resim 5.14. Guta-perka konlar

Resim 5.15. ThermaPrep 2 guta-perka fırını

Resim 5.16. Elements Free obtürasyon cihazı

Resim 5.17. Kanal dolumu yapılan kök kanallarından alınan radyografiler

Resim 5.18. Kök-kanal dolum gruplarından 1 mm kesit alınmış örnekler

Resim 5.19. CSLM görüntülerin birleştirilmesi

Resim 5.20. Maksimum derinliğin hesaplanması

Resim 5.21. Penetrasyon yüzdesi hesaplanması

Resim 6.1. XP Endo Finisher™ ile irrigasyon grubuna ait CLSM görüntüsü

Resim 6.2. Pasif Ultrasonik irrigasyon grubuna ait CLSM görüntüsü

Resim 6.3. İğne ile irrigasyon grubuna ait CLSM görüntüsü

Resim 6.4. Taşıyıcılı sistem ile dolum grubuna ait CLSM görüntüsü

Resim 6.5. Devamlı ısıyla kondensasyon ile dolum grubuna ait CLSM görüntüsü

Resim 6.6. Lateral kondensasyon ile dolum grubuna ait CLSM görüntüsü

Tablo 6.1. İrrigasyon gruplarının maksimum penetrasyon derinliğine (μm) ve yüzdesine ait değerler

Tablo 6.2. Kanal dolum grupların maksimum penetrasyon derinliğine (μm) ve yüzdesine ait değerler

Şekil 6.1. İrrigasyon gruplarının penetrasyon yüzdesini gösteren grafik.

Şekil 6.2. İrrigasyon gruplarının maksimum penetrasyon derinliğini gösteren grafik.

Şekil 6.3. Kanal dolum gruplarının penetrasyon yüzdesini gösteren grafik.

Şekil 6.4. Kanal dolum Gruplarının maksimum penetrasyon derinliğini gösteren grafik.

1. ÖZET

Farklı kök kanal irrigasyon ve dolum yöntemlerinin kanal dolgusunun dentin duvarına penetrasyonuna etkisinin incelenmesi

Erhan Demir, Danışman:Yrd. Doç. Dr. Dilek Türkaydın

Bu çalışmamızda üç farklı irrigasyon yönteminin; iğne ile irrigasyon; pasif ultrasonik irrigasyon ve XP Endo Finisher™ ile irrigasyon tekniklerinin dentin tübüllerine penetrasyonunun ve üç farklı dolum yönteminin; devamlı ısıyla kondensasyon, lateral kondensasyon ve taşıyıcılı sisteminin dentin tübüllerine penetrasyonunun CSLM ile incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada çekilmiş 60 adet insan dişi kullanıldı. Dişlerin kronları köklerinden ayrıldı. Kök kanallarının kemomekanik preperasyonu TF Adaptive döner eğe sistemiyle yapıldı. Daha sonra kök kanalları sırasıyla %5,25 NaOCl ve %17 EDTA solüsyon ile yıkandı. Çalışma iki bölümde yapıldığı için örnekler 30'ar adet olacak şekilde 2 gruba ayrıldı. İlk çalışma olan irrigasyon çalışmasında %2 'lik CHX içine %0,1 Florosan boya (Rhodamine-B) ilave edilerek deney yapılmıştır. Daha sonra kök kanallarında horizontal kesitler alınıp CSLM(konfokal lazer tarayıcılı mikroskop) ile görüntüleme yapıldı. Irrigasyon çalışmasının sonuçlarına göre yüksek sonuç veren grup çalışmanın ikinci bölümünde kullanılarak örnekler doluma hazırlandı. Çalışmanın ikinci bölümünde kanal patı içine %0,1 oranında florosan boya (Rhodamine-B) ilave edilip kanal dolumları yapılmıştır. Kök kanallarının dolumu sonrasında alınan horizontal kesitler CSLM ile görüntülenmiştir. Veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

XP Endo Finisher™ ile irrigasyon yöntemi sayısal olarak en iyi penetrasyon sağlamıştır. Ancak Pasif ultrasonik irrigasyonla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. iğne irrigasyonu en düşük penetrasyonu göstermiştir. Kök kanallarının dolumunda üç yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Anahtar Kelimeler:CSLM, irrigasyon, kök kanal dolumu, dentin tübül penetrasyonu.

2. ABSTRACT

Comparison of the effect of different root canal irrigation and filling methods on dentin wall penetration

Erhan Demir, Danışman:Yrd. Doç. Dr. Dilek Türkaydın

The aim of this study was to evaluate penetration of different irrigation methods and different root canal filling methods into radicular tubules via confocal microscopy.

Sixty single rooted teeth were prepared with TF adaptive rotary system and irrigated with % 5,25 NaOCl and %17 EDTA. .Since the study was carried out in two parts, the samples were divided into 2 groups of 30 teeth. The first experiment was carried out by adding% 0,1fluorosan dye (Rhodamine-B) into % 2 CHX. Horizontal sections were then taken in the root canals and visualized with CSLM (confocal laser scanning microscope). According to the results of the irrigation study, the group with high results was prepared to fill the samples using the second part of the study. Fluorosane dye (Rhodamine-B) was added to sealer and roots were filled. The horizontal sections taken after filling the root canals were visualized with CSLM. The data were analyzed statistically.

XP Endo Finisher™ irrigation method provides the best numerical penetration. However, there was no statistically significant difference with passive ultrasonic irrigation. Needle irrigation showed the lowest penetration. No statistically significant difference was found between the three methods of filling the root canals.

Keywords: CSLM, irrigation, root canal filling, dentinal tubulus penetration.

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavinin başarılı olabilmesi için üç ana aşamanın doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekir. Bunlar kök kanallarının temizlenmesi, şekillendirilmesi ve üç boyutlu olarak doldurulmasıdır (Wennber ve ark., 1990). Pulpa ve periapikal doku hastalıklarının en önemli sebebi mikroorganizmalardır (Kakehashi ve ark. 1965). Kök kanal preperasyon tekniği ne olursa olsun, kök kanal sisteminin yaklaşık %35'ine kanal eğesi teması bulunmadığı ortaya konmuştur (Peters ve ark., 2001). Ayrıca bir çok çalışmanın sonucuna göre en iyi koşullarda yapılan kemomekanik preperasyon prosedürlerine karşın kök kanallarından mikroorganizmaların tamamen uzaklaştırılamadığı da görülmüştür (Sjogren ve ark., 1997; Peters ve ark., 2002). Bu çalışmaların sonuçlarına göre biyomekanik preparasyon işlemlerinden sonra kök kanalı içerisinde mikroorganizma saptanabilmektedir.

Kök kanallarının genişletilmesi esnasında dentin duvarı üzerinde organik ve inorganik yapı içeren smear tabakası denilen ince bir film tabaka oluşur (McComb ve Smith, 1975). Bu tabaka kök kanal yüzeyindeki dentin tübüllerinin tıkanmasına neden olur (Kokkas ve ark., 2004). Kanal içi medikamentlerin, irrigasyon solüsyonlarının ve kanal dolum patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engeller (Bystrom ve ark., 1985; Yamada ve ark., 1983; Şen ve ark., 1995). Ayrıca tıkanan kanal içindeki bakteriler canlılıklarını devam ettirir ve dentin tübülleri içinde çoğalan bakteriler için smear tabakası, bir yaşam alanı oluşturarak periapikal dokulara sızıntıya neden olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Brannstrom, 1984; Goldberg ve Spielberg, 1982; Yamada ve ark., 1983). Günümüzde debris ve smear tabakasını kök kanallarından uzaklaştırmak için irrigasyon ajanlarından faydalanılır (Çapar ve Aydinbelge, 2014). En sık kullanılan irrigasyon kombinasyonu %17 EDTA ve %5 NaOCl'dir (Goldberg ve Abramovich, 1977).

Endodontik tedavi işlemlerinde sıklıkla kullanılan iğne irrigasyonun solüsyonu apikal foramenden taşma riski nedeniyle basınçla uygulanamamaktadır. Ayrıca solüsyonun tüm kök kanal sistemine ulaştırılamaması gibi dezavantajından dolayı etkin bir dezenfeksiyon sağlayamamaktadır (Burlesan ve ark., 2007; Bautakis ve ark., 2010; Tay ve ark., 2010). İrrigasyon solüsyonlarının, ultrasonik ve sonik cihazlar,

eğeler, fırçalar ve guta-perkalar kullanılarak etkinliği arttırılmaya çalışılmıştır (Blank-Gonalves ve ark., 2011; DiVito ve ark., 2012; Živković ve ark., 2015; Generali ve ark., 2017). Yakın zamanda kök kanallarından debris, smear tabakası ve kanal içi medikamentlerin temizlenmesinde kullanılan XP Endo finisher™ eğesi geliştirilmiştir. (Turkaydın ve ark., 2017, Elnaghy ve ark., 2016).

Yapılan çalışmalar sonucunda endodontik tedavi başarısızlıklarının en önemli sebeplerinden biri de yetersiz kanal dolumudur (Ingle ve Ark., 2008). Kök kanallarının dolumu için en çok kullanılan materyaller guta-perka ve kanal patlarıdır. İdeal bir kanal dolumu elde edebilmek için farklı patlar ve doldurma teknikleri araştırılmıştır (Ersahan ve Aydın, 2013; Goldberg ve ark., 1995; Wu ve ark., 1995). Bütün bu çalışmalara rağmen ideal bir kanal patı ve dolum tekniği bulunamamıştır. Kanal dolgu materyalinin dentin yüzeyine adezyonu ve penetrasyonu, kanal dolgusunun sızdırmazlık özelliğini belirleyen en önemli faktördür (Limkangwalmongkol ve ark., 1991).

Kök kanal duvarlarına kanal patının adaptasyonu ile fiziksel bir bariyer meydana gelir. Bu bariyer mikroorganizmaların ve sıvıların infiltrasyonu üzerinde önemli rol oynamaktadır (De-Deus ve ark., 2002). Kanal patlarının dentin duvarlarına adhezyonunu araştıran birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda apikal bölgedeki adhezyonun kötü olması sebebiyle marjinal sızıntının kolaylaşabileceği gösterilmiştir (Hovland ve Dumsha, 1985; Sevimay ve Kalaycı, 2005). Kanal patlarının dentin kanallarına penetrasyonuna ilişkin çalışmalarda değerlendirmeler genellikle patın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, smear tabakasının varlığı gibi etkenlere bağımlı olarak yapılmıştır (Limkangwalmongkol ve ark., 1991). Guta-perkaya oranla kanal patlarının daha çok çözünebilme risklerinden dolayı çok az miktarda kullanılması tavsiye edilir (Kontakiotis ve ark., 1997). Kanal patının çözünmesi sonucu kök duvarı ve guta-perkalar arasında boşluk oluşarak mikro sızıntı meydana gelebilmektedir (Smith ve Steiman, 1994). Bu nedenle dolumda kullanılan kor materyali ve kanal dolgu patı ile birlikte sıvı geçirmez, sağlam bir tıkaçlama sağlanması zorunludur (Sjögren ve ark., 1990; Card ve ark., 2002).

Kök kanallarının dolumunda en sık kullanılan yöntem soğuk lateral kondensasyondur. Bu yöntemin dezavantajları yetersiz adaptasyonla birlikte lateral

kanallar, istmuslar gibi alanların dolumlarının yetersiz kalmasıdır (Brayton ve ark., 1973). Bu dezavantajlar, ısı ile kondensasyon tekniklerinin geliştirilmesiyle bertaraf edilmeye çalışılmıştır (Nelson ve ark., 2000). Geliştirilen kök kanal dolum yöntemlerinden biri de termoplastik kor yöntemidir. Bu yöntemde ısıtılmaya başlayan guta-perka yumuşayarak ince bir taşıyıcı vasıtasıyla kanala yerleştirilir. Termoplastik kor yönteminde akıcılığı ve penetrasyonu arttırmak için kanal patlarından faydalanılır (Gandolfi ve ark., 2013). Devamlı ısı ile obturasyon yönteminde ise yan kanalların ve anatomik düzensizliklerin daha iyi doldurulduğu bildirilmiştir (Nelson ve ark., 2000).

Kök kanallarının dolumunun incelenmesinde tarayıcı elektron mikroskopu (SEM) ve konfokal tarayıcı lazer mikroskoplarının (CSLM) kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Gharib ve ark., 2007; Rouhani ve ark., 2013; Generali ve ark., 2017). CSLM ile inceleme yapmak için örnek hazırlığı esnasında örnekler daha az hasara uğramaktadır. Ayrıca florasan madde kullanıldığı için kanal patının adezyonu ve dentin tübüllerine penetrasyonu daha iyi gözlenmektedir (Gharib ve ark., 2007).

Bu çalışmanın amacı; pasif ultrasonik irrigasyon, XP-Endo finisher™ ve iğne irrigasyon yöntemleriyle temizlenen dentine uygulanan Thermafill, devamlı ısıyla obturasyon ve soğuk lateral kondensasyon dolum tekniklerinin dentin duvarlarına penetrasyonunun CSLM ile araştırılmasıdır.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Endodontik Tedavinin Başarısı

Yapılan çalışmaların sonucuna göre kök kanal sisteminin biyo-mekanik preperasyonunun ardından irritan olmayan solüsyonlarla yıkanması gerekmektedir. Daha sonra tedavi kök kanallarının toksik olmayan maddelerle doldurulmasıyla tamamlanır (Alaçam, 2012; Azim ve ark., 2016). Canlılığını yitirmiş diş pulpasından ortaya çıkan irritan maddelerle meydana gelen periapikal doku hastalıkları endodontik tedavi ile iyileştirebilir ve dentisyon korunmuş olur (Schilder, 1967).

Kök kanal tedavisinin başarısı, kanalların yeterli genişletilmesi, yıkanması ve tam olarak doldurulmasına bağlıdır (Schilder, 1967). Endodontik tedavinin başarısızlığının en önemli nedeni mikrosızıntıdır. Endodontik tedavi sonrası kronal restorasyonların uygun olarak yapılmaması ve kanal dolumunun yetersiz olması kronal ve apikal sızıntıya neden olur (Kaufman ve Keila, 1989).

Kanal tedavili dişlerin başarısının değerlendirildiği bir çalışmada yetersiz kanal dolgusu, en önemli başarısızlık nedeni olarak görülmüştür (Ingle ve Ark., 2008). Başka bir çalışmada hem kronal restorasyonun hemde apikal dolumun iyi olduğu vakalarda endodontik tedavinin başarısının %91,4 olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada yetersiz kanal dolumuna rağmen iyi bir kronal restorasyon yapıldığında %67,6 oranında başarı sağlanmıştır. Buna karşılık, iyi bir kanal tedavisine rağmen kronal restorasyonun yetersiz olması durumunda %44,1 başarı görülmüş, hem kanal dolgusunun hemde kronal dolumun yetersiz olduğu vakalarda ise %18,1 başarı elde edilmiştir (Ray ve Trope, 1995).

Endodontik tedavinin başarısı ve mikrosızıntı arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada ideal kanal tedavisi yapıldığı halde kronal restorasyonun yetersiz olduğu dişlerin %50'sinde 30 gün sonunda kök kanalında mikroorganizmaların tarafından ürediği ortaya konmuştur (Torabinejad ve ark., 1990). Dolayısıyla başarılı bir endodontik tedavinin sonunda kök kanalları üç boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulmalı ve iyi bir kronal restorasyonla desteklenmelidir.

4.2. Kök Kanallarının İrrigasyonu

Kanal içi irriganların kullanım nedenleri (Alaçam, 2012)

1. Vital ve nekrotik dokuların fiziksel ve kimyasal yöntemlerle kök kanal sisteminden uzaklaştırılması
2. Kök kanal duvarlarındaki debris, pulpa artıkları ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması
3. Kök kanal sisteminde kanal aletlerinin ulaşamadığı bölümlerin büyük ölçüde temizlenmesi
4. Kanal genişletmesi sırasında kanal aletlerinin kolay çalışmasının sağlanması
5. Smear tabakasının uzaklaştırılarak dentin tübüllerinin açığa çıkarılması
6. Kanal genişletilmesi esnasında apikal foramenin tıkanmasının önlenmesi
7. İrrigasyon solüsyonlarının ağartıcı özelliklerinden faydalanıp dişin doğal renginin kaybının engellenmesi.

4.2.1. Sıklıkla kullanılan irriganlar

4.2.1.1. Sodyum hipoklorit

Endodontide uzun yıllardan beri kullanılan NaOCl'nin antimikrobiyal etki mekanizması bakteri enzimlerinin sülfidril gruplarının oksidasyonu ile açıklanabilir. Ayrıca Ph'sının yüksek olması bakterilerin sitoplazma membranlarında, hücre metabolizmasında ve lipid peroksidasyonunda bozulmalara neden olmaktadır (Estrela ve ark., 2002).

NaOCl, organik dokuları çözebilme yeteneğinin yüksek olması sebebiyle irriganlar arasında önemli bir yere sahiptir (Shen ve ark., 2012). Yapılan bir çalışmada %5 yoğunluktaki NaOCl'nin 20 dk ve 2 saat arasındaki bir sürede organik dokuyu tamamen çözdüğü rapor edilmiştir (Grossman ve Meiman, 1982). Başka bir çalışmada NaOCl'in değişik yoğunluklarda organik doku çözme yeteneği incelenmiştir. %5,25'lik solüsyonun %2,5 yoğunluktaki solüsyona göre 3 kat daha etkili olduğu

gözlemlenmiştir. Ayrıca %1 ve altındaki oranlarda solüsyonların nekrotik dokuları çözemediği belirtilmiştir (Hand ve Ark., 1978).

NaOCl solüsyonların antibakteriyel, doku çözme özelliği ve kostik potansiyelleri yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Düşük Ph ve yüksek yoğunluklarda etkinliği artarken toksisitesi de aynı oranda artmaktadır. İdeal pH'nın 11-12 oranlarında olması gerektiği rapor edilmiştir (Camps ve ark., 2009; Rossi-Fedele ve ark., 2012; Çalışkan, 2005).

NaOCl solüsyonunun geniş spektrumlu antimikrobiyal özelliğinden dolayı kök kanal sistemindeki bakterileri tamamen ortadan kaldırabileceği bildirilmiştir (Basrani ve Haapasalo, 2012). Endodontide NaOCl solüsyonların etkili olabilmesi için gereken konsantrasyonlar hakkında farklı çalışmalar vardır. Birkaç çalışmada antibakteriyel etkinlik için %1 konsantrasyonun yeterli olabileceği savunulmuştur (Zehnder, 2006; Christensen ve ark., 2008). Ancak başka bir çalışmada ise %5,25 konsantrasyondaki NaOCl'nin, %0,25 ve %2,5 konsantrasyonlara göre *E. faecalis* üzerinde daha etkili görülmüştür (Berber ve ark., 2006).

4.2.1.2. Klorheksidin glukonat

Katyonik, bis-biguanid özelliğe sahip olup, negatif yüklü bakterilerin hücre duvarına bağlanarak etki gösterir (Jones ve ark., 1997). Geniş antibakteriyel özelliği ile hem gram pozitif hemde gram negatiflere karşı etki göstermektedir. Ancak mikrobakteriler ve bakteri sporlarına karşı etkisi sınırlıdır (Russell, 1990).

İn vitro çalışmalarda benzer konsantrasyonlarda NaOCl ile benzer antibakteriyel etkiye sahiptir. Diğer taraftan NaOCl'in doku çözme kabiliyeti yüksek iken CHX'in doku çözücü etkisi bulunmamaktadır. Bundan dolayı NaOCl temel irrigasyon maddesi olarak kullanılmaya devam etmektedir (Sen ve Turk, 2009).

CHX, diş hekimliğinde genellikle %0,12 - %2 arasındaki konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Bu konsantrasyon aralığındaki solüsyonların toksisitesi hem lokal hemde sistemik düzeyde düşük bulunmuştur (Löue ve Ark, 1976; Tanomaru Filho ve Ark., 2002).

CHX hidroksiapatit yapısında bulunan fosfat gibi anyonik moleküllere bağlanma yeteneği vardır. Fosfat dentindeki kalsiyum karbonat kompleksinde mevcuttur. CHX

fosfata bağlanır böylece dentinden kalsiyum salınımına neden olur (Rasimick ve Ark., 2008).

White ve ark., %2'lik CHX'in endodontik irrigan olarak kullanıldığında 72 saat boyunca antimikrobiyal etkinlik gösterdiğini rapor etmişlerdir (White ve Ark., 1997). Khademi ve ark., %2'lik CHX'in 5 dk uygulanması ile etkinlik süresinin 4 haftaya kadar çıkabileceğini rapor etmişlerdir (Khademi ve Ark., 2006). Rosenthal ve ark., %2'lik CHX'in 10 dk uygulanması ile antimikrobiyal etkinliğinin 12 haftaya çıktığını göstermişlerdir (Rosenthal ve Ark., 2004). Bu devam eden antimikrobiyal etki dentin ile reaksiyona giren CHX moleküllerinin sayısına bağlıdır (Mohammadi ve Abbott, 2009).

4.2.1.3. Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)

EDTA solüsyonun kök kanal genişletmesini kolaylaştırmak amacıyla kullanımını ilk kez Nygaard-Østby tarafından önerilmiştir. EDTA endodontik tedavide kemomekanik işlemleri etkili kılmak, smear tabakasını uzaklaştırmak, dentin duvarlarının dezenfeksiyonunu artırmak amacıyla kullanılmaktadır (Alaçam, 2012). EDTA, dentin yapısındaki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek çözünebilen kalsiyum şelatları oluşturur. EDTA'nın, dar kanallarda solüsyonun kanal duvarlarına yeterli miktarda temas edememesi nedeniyle deminerilizasyon etkisi düşüktür (Alaçam, 2012). EDTA'nın disodyum tuzunun 5 dk. uygulama ile dentini 20-30 µm derinliğe kadar dekalsifiye ettiği rapor edilmiştir (von der Fehr ve Østby, 1963).

Son yıkama olarak 5 ml %17 EDTA solüsyonu 3 dk. boyunca devamlı uygulandığında etkili bir şekilde smear tabakanın kaldırıldığı bilinmektedir (Mello ve ark., 2010). Saito ve ark. 'nın yaptığı çalışmada 1 dk EDTA uygulamasının 15 sn ve 30 sn'lik uygulamalara göre smear tabakasını çok daha iyi uzaklaştırdığı vurgulanmıştır (Saito ve ark., 2008). %17'lik EDTA irrigasyonunun smear tabaka altındaki dentini de dekalsifiye ederek sertliğini azalttığı rapor edilmiştir. Bu durum EDTA yoğunluğunu azaltarak aşılabilir ancak düşük yoğunluktaki EDTA solüsyonu, smear tabakasını kaldırmak için yetersiz olabilir. EDTA etki gösterirken hidrojen iyonu salar ve ortamda pH düşer. Düşük pH ise EDTA'nın şelasyon özelliğini azaltır. Bu durumun önüne geçmek için alkali EDTA solüsyonları hazırlanmıştır. Sudha ve

ark. EDTA'nın smear tabakasını kaldırma etkinliği ve dentin üzerindeki dekalsifikasyon etkisi arasında optimum sonuç için, pH'ı 9 olan %10'luk EDTA'nın 1 dk uygulanmasını önermişlerdir (Sudha ve ark., 2006).

Kök kanalının apikal bölümünde smear tabakasının ve debrisin kaldırılması için ultrasonik aktivasyon ile kombine ederek 1 dk. %17 EDTA uygulaması yeterlidir (Kuah ve ark. 2009). EDTA smear tabakasının uzaklaştırılmasında ve dentin tübüllerini açmada NaCl ve NaOCl' den daha başarılı bulunmuştur (Gu ve ark., 2009).

4.2.1.4. Sitrik asit

Son irrigasyonda %10'luk sitrik asit uygulamasıyla smear tabakasının etkili şekilde kaldırdığı görülmüştür (Smith ve Wayman, 1986). %17'lik EDTA ile kıyaslandığında daha biyouyumlu olduğu saptanmıştır (Malheiros ve Ark., 2005; Sceiza ve Ark., 2001). Schelza ve ark. fare çenelerinde oluşturulan kemik defektlerinde %17 EDTA, %17 EDTA-T ve %10 sitrik asitin yarattığı inflamatuvar cevapları değerlendirmişler ve %17'lik EDTA solüsyonlarının daha agresif yanıtı neden olduklarını bulmuşlardır (Scelza ve ark., 2010). Başka bir çalışmada %25'lik sitrik asit 1, 5 ve 10 dk'luk uygulamalarda *E. faecalis* üzerine antibakteriyel etkisinin yetersiz kaldığı görülmüştür (Arias-Moliz ve ark., 2009).

4.2.1.5. MTAD (Mixture of Tetracycline and Detergent)

Torabinejad tarafından hem smear tabakasının uzaklaştırılması hemde antibakteriyel etkisinin olması için geliştirilmiş bir solüsyondur (Alaçam, 2012). MTAD, %3 doksisisiklin, %4,25 sitrik asit ve %0,05 polysorbate (Tween- 80)' tan oluşur (Torabinejad ve ark., 2003).

MTAD bakteri eliminasyonuna karşı sinerjistik etkide bulunması düşünülen 3 ana bileşikten oluşur (Torabinejad ve ark., 2003). MTAD'nin antibakteriyel etkinliği *E.faecalis* biyofilmi üzerinde %1 ve %6'luk NaOCl'e göre daha az etkin bulunmuştur (Haapasalo ve ark., 2007). MTAD içeriğindeki sitrik asit ile smear tabakasının daha etkili kaldırılabilceğı ve içerikteki doksisisiklinin dentin tübüllerine penetrasyonunun artabileceğı düşünülmüştür (Torabinejad ve Ark., 2003).

Son irrigasyon olarak MTAD ve EDTA kullanılan bir çalışmada MTAD ile irrigasyon sonucu AH Plus'ın bağlanma dayanımında anlamlı derecede düşüş görülmüştür (Rahman Hashem ve ark., 2009). MTAD ile yapılan son irrigasyon, rezin bazlı ve kalsiyum hidroksit esaslı patların bağlanma dayanımını çökelti oluşumu nedeniyle azaltmaktadır (Gopikrishna ve ark., 2011).

4.3. Smear Tabakası ve Kanal Dolgu Patlarının Dentin Tübüllerine Penetrasyonu

4.3.1. Smear tabakasının yapısı

Dentin kesilirken duvar yüzeyinde amorf bir tabakanın oluştuğu SEM çalışmalarında görüntülenmiştir (Torabinejad ve ark., 2002). İlk defa Boyde ve ark. tarafından kesilmiş mine yüzeyinde tespit edilmiş ve smear tabakası olarak tanımlanmıştır (Boyde, 1963).

McComb ve Smith'in yaptıkları çalışmada kök kanal genişletmesi esnasında da smear tabakası oluştuğu gözlemlenmiştir. Kanal tedavisinde oluşan smear tabakasında odontoblastik yapılar, pulpa dokusu ve bakteriler bulunmaktadır. Bir başka deyişle kök kanallarında oluşan smear tabakası, hem organik hem de inorganik yapılardan oluşur (McComb ve Smith, 1975).

Yapılan araştırmalara göre smear tabakası iki bölümde incelenmiştir (Cameron, 1983; Mader ve Ark., 1984).

1.tabaka: Yüzeyel smear tabakası, ortalama 1-2 μm kalınlığında

2.tabaka: Dentin tübüllerinde yer alan smear tabakası, tübül içerisinde 40 μm kadar ilerlemektedir (Çalışkan, 2006).

Dentin tübülleri pulpa-predentin sınırından kök kanal sisteminin sonu olan sement-dentin birleşimine kadar uzanmaktadır. Milimetrekareye düşen tübüllerinin sayısı 4900-90000 arasındadır (Mjör ve Nordahl, 1996). Dentin tübüllerinin kök yüzeyindeki yoğunluğu apikalden kron yönüne doğru artış göstermektedir, aynı şekilde bu yoğunluk dentinde kök yüzeyinden kanala doğru da görülmektedir (Çalışkan, 2006).

Genişletilmiş kök kanal dentini üzerindeki smear tabakasının ortamdaki uzaklaştırılması veya uzaklaştırılmaması tartışılan bir durumdur. Bazı çalışmalarda smear tabakası bakterilerin dentin kanallarına penetre olmasını engellediği belirtilmektedir (Michelich ve ark., 1980; Vojinovic ve ark., 1973). Ancak bazı araştırmacılar ise kök kanal genişletmesinden sonra bakterilerin smear tabakasında ve dentin tübüllerinde yaşamlarını devam ettirebileceğini belirtmişlerdir (Akpata ve Blechman, 1982; Brännström ve Nyborg, 1973).

4.3.2. İrrigasyon, smear tabakası, ve mikrosızıntı ilişkisi

Smear tabakasının varlığı yada yokluğu, bakterilerin dentin tübülleri içinde penetrasyon derinliğini etkileyebilmektedir. Bakterilerin dentin tübüllerinde invaze olması, bakteri çeşidine ve zamana bağlıdır (Akpata ve Blechman, 1982; Brännström ve Nyborg, 1973). Smear tabakasının *P. vulgaris* bakterisinin penetrasyonunu geciktirdiği ancak tamamen engelleyemediği belirtilmiştir (Williams ve Goldman, 1985). Smear tabakası, *A. viscosus*, *Corynebacterium spp.* ve *S. sangius* bakterileri tarafından sindirilebilmektedir. Bu durum mikro boşluk meydana getirerek bakterilerin penetrasyonu kolaylaşmaktadır (Brännström ve Nyborg, 1973).

Smear tabakası geçirgenlik gösterip albümin benzeri büyük moleküllerin penetre olabildiği rapor edilmiştir (Alaçam, 2012; Pashley ve Livingston, 1978). Bundan dolayı smear tabakası mikroorganizmaların yayılımı için bir bariyer değildir. Bazı mikroorganizmaların proteolitik enzimleriyle smear tabakasını sindirmeleri sonucu kanal duvarları ve kanal dolgu maddeleri arasında boşluk oluşması sonucu sızıntı meydana gelebilmektedir (Uitto ve ark., 1988). Bazı araştırmalarda smear tabakasının dezenfektan materyallerinin dentin tübüllerine penetrasyonunu engellediği belirtilmiştir (Goldberg ve Abramovich, 1977; Baumgartner ve Mader, 1987; Wayman ve ark., 1979; Yamada ve ark., 1983). Smear tabakasının kaldırılması mikroorganizma eliminasyonunu daha etkin kılmaktadır ve antibakteriyel solüsyonların daha az miktarlarda kullanılması ile toksik etkilerinin en aza indirilmesi sağlanmış olmaktadır (alışkan, 2006).

4.3.3. İrrigasyon solüsyonların aktive edilme yöntemleri

4.3.3.1. Manuel aktivasyon yöntemleri

4.3.3.1.1. İğne-kanül ile yapılan şırınga irrigasyonu

Bu yöntem diş hekimleri tarafından en çok tercih edilen yöntemdir. Bu yöntem ile çeşitli kalınlıklardaki kanül-enjektörlerle ileri-geri hareket ettirilerek irrigasyon maddesi kanala gönderilir. Bu yöntem için yandan perfore enjektör uçları geliştirilmiştir (Goldman ve ark., 1976). Yandan perfore enjektör uçla yapılan irrigasyonda geleneksel uçla irrigasyona göre daha fazla irriganın yayılımının sağlandığı gösterilmiştir (Goldman ve ark., 1976)

4.3.3.1.2. Fırçalar

Kök kanallarındaki debris, doku kalıntılarının uzaklaştırılması ve irrigasyonun aktivasyonu için kullanılan aletleridir. Bu amaç için endodonti pratiğinde kullanılmak üzere geliştirilen Endobrush (C&S Microinstruments Limited, Marcham, Ontario, Canada) ve 30 Gauge'luk irrigasyon iğnesi üzerine fırça kaplanan NaviTip FX (Ultradent Products INC., Sout Jordan, UT) geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalara göre fırçaların irrigasyonla beraber kullanılmasında daha fazla debrisin kanaldan uzaklaştırıldığı görülmüştür (Al-Hadlaq ve ark., 2006)

4.3.3.1.3. Manuel dinamik irrigasyon

Bu yöntemde kanal çapına uygun guta-perka konun irrigasyon solüyonun içinde ileri geri hareketleriyle kök kanalında oluşan hidrodinamik aktiviteye bağlı dinamik hareket ile oluşan irrigasyon şeklidir. Yapılan bir çalışmada kök kanal sisteminden debrisin uzaklaştırılmasında manuel dinamik aktivasyonun, ultrasonik aktivasyona göre daha az etkili olduğu görülmüştür (Jiang ve ark., 2012).

4.3.3.2. Mekanik aktivasyon yöntemleri

4.3.3.2.1. Döner Fırçalar

300 Rpm hızda çalışan Microbrush'larda, fırçanın kılları debrisin apikalden kronale doğru uzaklaştırılması için radial olarak dizayn edilmiştir (Ruddle, 2001). Yine aynı amaç için geliştirilen Canalbrush (Coltene Whaledent, Langenau, Germany) ise 600 Rpm dönen motorlarla kullanılmaktadır. Kök kanallarına uyum sağlaması için esnektir. CanalBrush ve ultrasonik aktivasyonunun kanallardaki debrisin uzaklaştırmadaki etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada iki yöntem arasında herhangi bir fark görülmemiş ancak manuel dinamik aktivasyona göre daha etkin bulunmuştur (Al-Ali ve ark., 2012).

4.3.3.2.2. Döner aletler ile irrigasyon

XP-Endo Finisher™, özel bir alaşım olan NiTi MaxWire® (Martensite-Austenite-electropolish-eX) kullanılarak üretilmektedir. Bu malzeme farklı sıcaklık seviyelerinde tepki verir ve oldukça esnektir. XP-Endo Finisher™ eğeleri, NiTi alaşımının şekil-hafıza özelliğine sahiptir. Eğeler oda sıcaklığında M fazında düz şekildedir. Eğe kanala yerleştirildiğinde, vücut sıcaklığına maruz kaldıklarında, moleküler belleklerinden dolayı A fazına şekil değiştirirler. A - faz şekli döndürme modunda, eğelerin standart aletlerle ulaşılması imkansız olan alanlara erişmesini ve temizlemesini sağlar. (TheXP-endoFinisherfileBrochure. <http://www.fkg.ch>)

Kemomekanik irrigasyon tamamlandıktan sonra irrigasyonun aktivasyonu için 800 Rpm hızda kanal içinde solüsyon varken kanal boyunda 7-8 mm ileri-geri hareketlerle 60 sn boyunca kullanılır (Elnaghy ve ark., 2017).

Yapılan bir çalışmada kanal içi medikamentlerin kanaldan uzaklaştırma etkinliği, çeşitli irrigasyon yöntemleri ve XP Endo Finisher™ ile karşılaştırılmıştır. XP-Endo Finisher™'ın Ultrasonik irrigasyon ve iğne ile irrigasyona göre daha etkin olduğu görülmüştür (Turkaydin ve ark., 2017)

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA) irrigasyon sistemi, döner aletler ile preperasyon esnasında devamlı irrigasyon solüsyonun aktivasyonunu sağlayan bir

sistemdir. Bu sistem vasıtasıyla kök kanal sistemine nüfuz eden irrigasyon hacminin ve süresinin artırılması amaçlanmıştır. Yapılan bir araştırmada Quantec-E sistemi kronal bölgelerde şırınga irrigasyonuna oranla daha iyi bir irrigasyon sağlamış ancak orta ve apikal bölgelerde herhangi bir fark görülmemiştir (Setlock ve ark., 2003).

4.3.3.2.3. Sonik sistemler

Endodontik tedavide irrigasyon solüsyonun etkinliğini arttırmak için sonik cihazlardan faydaniılmaktadır. Sonik cihazlar, 2-3 KHz frekanslarda dönme hareketi yapmadan hava basıncı ile çalışan sistemlerdir. Sinüzoidal ve salınma hareketleriyle oluşan titreşim enerjisi alete iletilir. Endo Activator (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, UK) sonik irrigasyonda kullanılan bir alettir. Yapılan bir çalışmada EndoActivator, CanalBrush ve ultrasonic irrigasyon karşılaştırılmış ve kök kanal sisteminden debris uzaklaştırmada 3 yönteminin arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir (Rödig ve ark., 2010)

4.3.3.2.4. Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI)

Pasif ultrasonik irrigasyon, titreşen aletten kök kanalındaki irrigasyon solüsyonuna akustik enerji gönderilmesi esasına dayanmaktadır. Enerji akustik dalgalar ile iletilir ve solüsyon içinde akustik dalgalanma ve kavitasyon meydana gelmektedir (Ahmad ve ark., 2009). Yapılan bir çalışmada pasif ultrasonik irrigasyon ile şırınga irrigasyonu karşılaştırılmış ve PUI pulpa artıklarını, dentin debrisini ve planktonik bakterileri daha etkin uzaklaştırmıştır (Ahmad ve ark., 2009). Kök kanallarının mekanik preperasyonu sonrasında %3'lük NaOCl ile 5 dk PUI ile aktivasyon sonrasında smear tabakasının daha etkin olarak uzaklaştırıldığı rapor edilmiştir (Cameron, 1983). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada NaOCl ve EDTA solüsyonlarının ultrasoniklerle aktivasyonu ile smear tabakasının ve dentin debrislerinin uzaklaştırılmasında da etkin bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Akyuz Ekim ve Erdemir, 2015).

4.4. Kök Kanal Dolgusunun Endodontik Tedavideki Önemi

Kök kanal tedavisinin en önemli amaçlarından biri kanalların 3 boyutlu hermetik olarak tıkaçlamasıdır (De Moor ve ark., 2002). Kök kanallarının hermetik doldurulmasının amacı, kök kanal sistemi içindeki bakteri ve yan ürünlerinin apikale, bakterilerin beslenmesi için gerekli maddelerin ise kanal içine sızıntısını önlemektir. Ayrıca kök kanal preperasyonunda ulaşılamayan alanlardaki bakterilerin bulundukları yerlere hapsedilmesi, bakteriyel ürünlerin periapikal dokulara ulaşmasının ve periapikal dokulardan kök kanallarına sıvıların sızmasının engellenmesidir (Cohen ve Burns, 1987; Ørstavik, 2014). Ayrıca kök kanallarında lateral kanallar da olduğu için bu bölgelerin de tamamen doldurulması tedavinin başarısı için önem taşımaktadır. Böylece kanal içinden dışarıya doğru çift yönlü madde geçişi engellenmiş olur (Ørstavik, 2014)

Bu amaçlardan dolayı günümüzde kök kanalları inert kanal dolum materyali ve kanal patlarıyla doldurulmaktadır. Kanal patları, katı dolum materyalleriyle dentin duvarları arasındaki boşlukları doldurarak tam dolum sağlar. Ancak bazı çalışmalarda kanal patlarının zamanla çözünmesi sonucu ölü boşluklar ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Carrotte, 2004). Buna ek olarak boya penetrasyon çalışmalarında, hangi teknik olursa olsun kanal patının kullanılmadığı kök kanal dolumlarında önemli derecede sızıntılar gözlemlenmiştir (Cohen ve Burns, 1987).

Pulpa ve periapikal doku hastalıklarının temel sebebi bakteriyel kaynaklıdır (Kakehashi ve ark., 1966). Periapikal enfeksiyonun nedeni, prepare edilmiş kök kanal sisteminde ulaşılammış bölgelerde kalan nekrotik artıklar, bakterilerin ve yan ürünlerinin savunma sistemi tarafından yok edilememesidir. Dolayısıyla kök kanal sisteminin yeterli şekilde genişletilip, uygun irrigasyonun yapılıp hermetik bir şekilde doldurulması gerekir. Eğer üç boyutlu sıkı dolum elde edilemezse kan serumu içindeki protein, vitamin ve tuz içeren eksuda kök kanal sistemi içine sürekli sızar. Kök kanalları içindeki eksuda kanal içindeki bakteriler tarafından parçalanır ve bakteriyel yan ürünler periapikal dokulara doğru sızmaya başlar. Sonuç olarak bu sızıntı fizyokimyasal bir irritasyon meydana getirerek periapikal iltihap oluşur (Ingle ve ark., 2008).

4.5. Kök Kanal Dolumunda Kullanılan Materyaller

Kök Kanal dolum materyalleri; katı dolum maddesi ve kanal patları olmak üzere iki başlıktadır:

4.5.1. Kanal patları

Kök kanal dolumunda, katı dolum maddesi ve kanal patları beraber kullanılır. Kanal patları, katı dolgu maddesiyle dentin duvarları arasındaki boşlukları doldurur. Kanal patının akıcılığı sayesinde katı dolum maddesinin kanal boyunca rahat ilerletilmesini sağlar. Dolum işlemi sırasında setleşerek dentin duvarlarına katı kor maddesinin yapışmasını sağlar. Bunlara ek olarak kanal patlarının antibakteriyel olmasından dolayı bakteriler için yaşam alanlarını ortadan kaldırır (Leonardo ve ark., 2000).

Grossman ideal kök kanal patında bulunması gereken özellikleri şu şekilde bildirmiştir (Grossman, 1958);

1. Küçük paritküllü olmalı ve kolay karıştırılabilmeli
2. Hermetik tıkama sağlayabilmeli
3. Çalışma zamanı uzun olmalı
4. Dentin duvarına ve katı dolum maddesine iyi adezyon sağlamalı
5. Boyutsal olarak stabil olmalı
6. Diş yapısını boyamamalı
7. Periradiküler dokuları irrite etmemeli ve toksik olmamalı
8. Radyopak olmalı
9. Antibakteriyel etkiye sahip olmamalı
10. Doku sıvılarından etkilenmemeli
11. Gerekğinde sökülebilmeli

4.5.2. Katı dolgu materyalleri

4.5.2.1. Gümüş konlar

İlk olarak Grossmann tarafından 1928’de kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra Jasper tarafından kanal çapına uygun gümüş konlar imal edilip kanala simantasyonu önerilmiştir. Bu amaçla kanal aletlerinin ebatlarına uygun gümüş konlar üretilmiştir (Ingle ve ark., 2008).

Kök kanallarına tek kon tekniğiyle uygulanır. Radyo-opasitesi guta-perka’ya göre daha iyi olduğu için radyografide apikal bölgeye ulaştığı daha iyi tespit edilebilir (Alaçam, 2012).

Gümüş konların sert oluşu, kolay yerleştirilebilmesine ve boyut kontrolüne kolaylık sağlamasının yanında kök kanallarına iyi adapte edilememesi sonucu mikrosızıntının artmasına neden olur. Oluşan mikro sızıntıyla beraber korozyon meydana gelir. Açığa çıkan korozyon ürünleri sitotoksiktir ve periapikal hastalık oluşumuna neden olurlar (Ingle ve ark., 2008). Ayrıca lateral kondensasyon tekniği ile uygulananaması nedeniyle yan kanalların doldurulamaması, kanal duvarlarına iyi adapte olmaması ve post uygulamasını zorlaştırması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenlerle günümüzde tercih edilen bir materyal değildir (Alaçam, 2012).

4.5.2.2. Guta-perka konlar

Günümüzde guta-perka konlar en popüler katı kök kanal dolgu malzemesidir (Ingle ve ark., 2008). Sapotaceae ağaçlarından elde edilen palaquim gutta özütünden üretilen, trans-1.4 polisopren polimeri olan organik bir moleküldür (Ingle ve ark., 2008). Guta-perka alfa ve beta olarak iki kristal formda bulunmaktadır. Bu iki formda mekanik olarak farklılık yokken, termal ve volumetrik olarak farklılıklar mevcuttur. Alfa form, doğal olarak elde edilen, daha akıcı ve düşük ısılarda yumuşayabilmektedir ve sıcak dolum tekniklerinde kullanılır. Beta formu ise ticari olarak satılan ve bazı değişiklikler sonucu elde edilen ve kanal tedavisinde sık kullanılan formdur (Combe ve ark., 2001).

Guta-perkalar %66 çinko oksit, %20 guta-perka, %11 metal sülfat, %3 pigmentler, iz elementler, rezin ve mum'dan oluşmaktadır. İçeriğindeki çinko oksit, radyoopasite ve antibakteriyel özellik vermektedir. Resin ve mum ise esneklik ve sıkıştırılabilme özelliği vermektedir (Marciano ve Michalesco, 1989). İçerik oranları ticari markaya göre değişebilmektedir (Gurgel-Filho ve ark., 2003).

Guta-perka'nın avantajları;

1. Antibakteriyel ve biyouyumluluğu
2. Uygulamada sıkıştırılabilmesi
3. Boyutsal stabilitesinin yüksek olması
4. Radyopak olması
5. Tekrarlayan endodontik tedavilerde kolaylıkla sökülebilmesi
6. Isıtıldığında plastik özellik kazanabilmesi
7. Düşük toksisite (Allard ve ark., 1987).

Guta-perka'nın dezavantajları

1. Yeterli sertliğinin olmaması
2. Zamanla kırılmalık göstermesi (Alaçam, 2000).
3. Guta-perka konların kanal duvarlarına adhezyon özelliğinin düşük olması nedeniyle kanal dolumunda boşluklar meydana gelir. Bu durum kanal patlılarıyla beraber kullanılmasını gerektirir (Evans ve Simon, 1986; Glickman ve ark., 1990; Rhone ve ark., 1981).

Guta-perkanın kök kanal duvarlarına uyum göstermemesi nedeniyle ısı, mekanik enerji ve çeşitli eriticileri kullanılarak bir takım kondensasyon yöntemleri geliştirilmiştir (Czonstkowsky ve ark., 1985). Bir çok markanın çeşitli açılarda (.02, .04, .06) ve boylarda (15-20.-140) guta-perka konları mevcuttur (Cohen ve Burns, 1987)

Isı ile yumuşatılmış guta-perkanın kanal duvarlarına ve düzensizliklerine daha iyi adapte olacağı düşünülmektedir (Luccy ve ark., 1990). Fakat ısıtılmış guta-perka soğuduğunda %1-2 oranında büzüşmektedir (Wong ve ark., 1982). Bundan dolayı tüm ısı kullanılan dolum tekniklerinde büzülmeyi engellemek için vertikal basınç uygulaması gerekmektedir (Schilder ve ark., 1985). Ni-Ti döner sistemlerin gelişmesiyle beraber eğelerin boy ve taperlarına uygun guta-perka konlar geliştirilmiştir (Senia ve ark., 1977).

4.5.2.3. Resilon konlar

Resilon konlar , termoplastik, sentetik, polimer bazlı bir inert dolum materyalidir. Kanal patıyla adeziv bir bağ oluşturur. Resilon ve RealSeal içerik olarak Polikaprolakton kor maddesi, biyoaktif cam, bizmut oksiklorit, baryum sülfattan oluşmaktadır. Polikaplakton $57,6 \pm 0,2$ ve doldurucular $42,4 \pm 0,2$ hacimlerde bulunurlar (Stevens ve ark., 2006). Termoplastik özelliğini polikaprolakton sağlamaktadır (Armani ve Liu, 2000).

Resilon konlar guta-perkalar gibi ısıyla yumuşayabilip, çözücülerle eritilebilmektedir. Lateral kondensasyon için ISO standartlarında konları ile arttırılmış taper açısındaki konlar (Epiphany points; Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD) ve termoplastik vertikal kondensasyon teknikleri için formları bulunmaktadır (Shipper ve ark., 2004).

4.6. Kök Kanal Dolum Yöntemleri

Ingle, kök kanal dolum yöntemlerini kondensasyon yönüne (lateral ve vertikal) ve ısıya göre sınıflandırmıştır.

- 2.6.1. Basit tek kon yöntemi
- 2.6.2. Soğuk lateral kondensasyon yöntemi
- 2.6.3. Sıcak vertikal kondensasyon yöntemi
- 2.6.4. Termomekanik kondensasyon yöntemi
- 2.6.5. Devamlı ısıyla kondensasyon yöntemi

2.6.6. Isıtılmış guta-perkanın enjeksiyonu yöntemi

- a. Yüksek ısılı enjeksiyon yöntemi(obtura)
- b. Düşük ısılı enjeksiyon yöntemi(ultrafil)

2.6.7. Taşıyıcılı sistemleri

- a.Termoplastik kor yöntemi
- b. Soft-core yöntemi

4.6.1. Basit tek kon yöntemi

Bu yöntem endodontik aletlere ISO standartları gelmesiyle beraber gündeme gelmiştir (Tavares ve ark., 2013). Özellikle günümüzde üretilen nikel-titanyum döner alet sistemlerin oluşturduğu preperasyon şekline uygun açılı guttaperkaların kullanılmasıyla, tek kon tekniği tekrar güncellik kazanmıştır (Zmener ve ark., 2005; Jeong ve ark., 2017).

Tek kon yöntemi kanalların enine kesitlerinde dairesel şekilli olduğu durumlarda ve konun apikal kısmının tam olarak oturduğunda kullanılan yöntemdir (Glickman ve ark., 1990). Bu yöntemin en önemli dezavantajı düzensiz genişletme yapılmış kanallarda ana konun kanalın orta veya kronal kısımlarında yeterli adaptasyon sağlayamamasıdır (Monticelli ve ark., 2007). Bu durumlarda kanal patı oranının artması ile sertleşme esnasında polimerizasyon büzülmesinin artmasına bağlı olarak boşluklar meydana gelir ve bu durum mikrosızıntıya neden olur (Wu ve ark., 2000).

NiTi döner sistemlerle genişletilmiş kanallarla son eğenin çapına uygun özel guta-perkalarla doldurulan kanallarda orta ve kronal bölgelerde kanal patı miktarının fazla olmasıyla iyi bir dolum sağlanmadığı bildirilmiştir (Wu ve Wesselink, 2001).

Kök kanallarının genişletilmesi tamamlandıktan sonra çalışma boyunda son eğenin genişliğine uygun kon seçilir. Kon kanala yerleştirildiğinde sıkışma hissi (tug-back) göstermelidir. Bu konun kanala uygun olduğunu gösterir. Ana kon radyografik olarak onaylanıp kanal patına bulanıp kanala yerleştirilir (Glickman ve Gutmann, 1992). Kanal dolumunun fazlalığı ısıtılmış bir ekskavatör yardımıyla kesilip kontrol radyografisi alınır.

4.6.2. Soğuk lateral kondensasyon yöntemi

Soğuk lateral kondensasyon tekniği en çok kullanılan kök kanal dolum yöntemidir. Soğuk lateral kondensasyon yöntemi ana kon çevresinde spreaderlar kullanılarak yardımcı konlarla doldurulmasıdır. Uygulanabilirliğinin kolay olması, maliyetinin düşük olması, tekrarlayan kanal tedavilerinde kolay sökülebilmesi, boyutsal stabilitenin ve kanal duvarlarına adaptasyonun iyi olması ve ayrıca post boşluğu hazırlamaya elverişli olması gibi avantajlara sahip bir tekniktir (Qualtrough ve ark., 1999). Ancak yetersiz genişletme veya spreaderla tam sıkıştırılamadığı durumlarda kanal patı ve kanal duvarları arasında boşluklara neden olabilmektedir (Chu ve ark., 2005). Buna ek olarak uygulama süresinin fazla olması, kök kırığı oluşma riski ve fazla kuvvet uygulandığında taşkınlığı neden olabileceği gibi dezavantajları vardır (Chu ve ark., 2005; Peters, 1986). Bu teknik çok eğri ve anormal anatomiye sahip ve internal rezorbsiyon gibi düzensizliklere sahip dişler dışında apikalde yeterli dentin matriksi olan vakalarda kullanılabilir. Ayrıca bu teknik diğer kanal dolum yöntemleriyle kombine edilerek ve tüm kanal patlarıyla kullanılabilir (Walton ve Johnson, 2002).

Kök kanal genişletmesi tamamlandıktan sonra apikal çapa uygun ana kon seçilip sıkışma hissi (tug-back) alınmasına dikkat edilir. Ana konun çalışma boyunda olup olmadığı periapikal radyografi ile onaylanır. Kanal patı spreader yardımıyla kanala uygulanıp ana kon pat ile kaplanıp kanala yerleştirilir. Kanalın genişliğine uygun bir spreader ile çalışma boyundan 1-2 mm geride ana kon, lateral yönde sıkıştırılarak yardımcı konlar için boşluklar oluşturulur. Kuvvet uygulanan spreader ile aynı kalınlıktaki yardımcı konlar kanal patına bulanıp kanala yerleştirilir. Kanal dolumu kronale doğru dolduruldukça spreader ve yardımcı kon kalınlıkları küçülür. Bu işlem tamamen dolum sağlanana kadar yapılır. Kök kırıklarına oluşumunu önlemek için hafif kuvvetler uygulanmalıdır. 1.5 kg ve üzeri kuvvetler kök kırıklarına neden olabilmektedir. Kanal ağızlarındaki fazla götüperkalar ısıtılmış bir ekskavatör ile kesilir ve sıcak bir plugger ile vertikal kondensasyon yapılır (Regan, 2004).

Lateral kondensasyonun en önemli dezavantajı homejen yoğunlukta bir dolum sağlanamamasıdır. Ayrıca kanal düzensizlikleri ve yan kanallarda kanal patının basınç ile doldurulduğu düşünülmektedir (Cohen ve Burns, 1987).

4.6.3. Sıcak vertikal kondensasyon yöntemi

Schilder tarafından 1967 yılında önerilen bir dolum tekniğidir. Bu teknikte gutaperkanın vertikal yönde kondensasyonun yapılabildiği kanalların 3 boyutlu doldurulması hedeflenmiştir. Teknik küt uçlu ısıtılmış pluggerin gutaperkanın apikal yönde sıkıştırılması esasına dayanmaktadır (Lipski, 2005).

Genişletilmiş kanala standart çalışma boyunda sıkışan ana kon gutaperka seçilir. Daha sonra, çalışma boyunda 1-2 mm derine kadar ulaşan bir plugger seçilir, plugger kanala rahat girmeli ve dentin duvarına sıkışmamalıdır. Kanal patına bulanmış gutaperka apeksten 0.5-1 mm geride sıkışacak şekilde kanala yerleştirilir. Kanal ağzındaki fazlalık ısıtılmış bir aletle kesilir. Isı iletme aleti ile gutaperkanın yumuşaması sağlanarak plugger ile vertikal yönde basınç uygulanarak kondensasyon sağlanır. Amaç yumuşatılmış gutaperkanın vertikal yönde sıkıştırılmasıdır. Apikal bölge dolduruktan sonra geri kalan kısım 'back-packing' yöntemiyle doldurulur. 3-4 mm,'lik gutaperka parçacıkları ısı iletim aletiyle yumuşatılarak vertikal yönde sıkıştırılır. Bu işlemler kanal dolumu tam olarak sağlanana kadar devam eder (Alaçam, 2002).

Soğuk lateral kondensasyon tekniğine göre daha çok kanal alanının gutaperka ile doldurulduğu rapor edilmiştir (Wu ve Wesselink, 2001). Buna ek olarak kanalların 3 boyutlu olarak dolumunun sağlanabildiği görülmüştür (Venturi ve ark., 2005). Bu yöntemle kullanılan kanal patı miktarı en aza indirilebilmektedir (DuLac ve ark., 1999).

Bu teknikte uygun homojenlikte bir dolum sağlanabilmesine rağmen ısı taşıyıcı aletin kanal içine uygulanması için daha fazla bir preperasyon sağlanması, sürekli sıcak alet kullanımının periodontal dokularda harabiyet neden olabilmesi, düz ve sert pluggerlerin eğik kanallarda kullanımının zor olması, vertikal kondensasyon ile taşkın dolum riskinin olması ve uzun sürede dolum sağlanması gibi dezavantajları vardır (Budd ve ark., 1991).

4.6.4. Termomekanik kondensasyon yöntemi

1978 yılında Mcspadden tarafından geliştirilen bu yöntem, guta-perkanın termomekanik kondensasyonundan faydalanılarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntemde paslanmaz çelikten üretilmiş McSpadden kompaktörü kullanılmaktadır. Bu kompaktör hedström eğesi gibi ancak ters yönde yivlere sahiptir. Kompaktör 10000 dev/dk. hızda dönerken guta-perkanın yumuşamasını sağlayarak boşlukların doldurulmasını sağlar (Lugassy ve Yee, 1982). Kök kanal boyutuna uygun guta-perka ve kompaktör seçilir. Kanal yerleştirilen guta-perkanın yanına kompaktör uygulanıp apikal yönde basınç uygulanmadan çalıştırılır. Sürtünmeden dolayı oluşan ısı ile guta-perka yumuşar ve kompaktör, maksimum hızda dönerken yaklaşık 1 dk sonra önceden ölçülen derinliğe kadar yavaşça ilerlenir. Kompaktörün geriye doğru itim hissi oluşunca alet kanaldan yavaşça çıkarılır. Kompaktörün boyutundan dolayı ortaya çıkan boşluğa yardımcı konlar yerleştirilir ve işlem kanal tamamen dolana kadar uygulanır (Alaçam, 2012)

Yöntemin hızlı bir dolum sağlaması, rezorbsiyon olgularında iyi bir dolum sağlaması yetersiz dolum yapılmış kanallarda doluma devam edilebilmesi gibi avantajlarının yanında kompaktörün kırılabilmesi, dar kanallara uygulama güçlüğü, çok geniş apeksli dişlerde taşkın dolum meydana gelmesi gibi dezavantajları vardır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için Zipperer, Gutta-Condenser ve Engine Plugger gibi sistemler geliştirilmiştir. Ayrıca Mc Spadden, sistemin daha etkin kullanılması amacıyla daha basit ve düşük devirde kullanılabilen Micro-seal yöntemini geliştirilmiştir (Alaçam, 2012; Ingle ve Bakland, 2008).

4.6.5. Devamlı ısıyla kondensasyon yöntemi

İlk defa 1987’de System-B (SybronEndo, Orange, CA) cihazının geliştirilmesi kullanılan bir yöntemdir. Kök kanallarının doldurulması için elektikle ısıtılmış plugger yardımıyla kanal içinde guta-perkaların yumuşatılıp vertikal yönde kondensasyonu ile kanal dolumu elde edilir (Buchanan, 1994; Çalışkan, 2006).

System-B cihazı ısı ayarı yapılabilen ve plugger’ı istenildiği zaman ısıtılabilen istenildiği zaman soğutulabilen bir ısı kaynağıdır. Bu sistemde plugger uçları non standardize kon boyutlarına göre ayarlanmıştır. Kök kanallarının kemomekanik genişletmesinin tamamlanmasını takiben uygun boyutta ve kanal duvarlarına tam

yerleşen guta-perka kon belirlenir. Kon uyumunu belirledikten sonra çalışma boyundan 3 mm geride sıkışan boydaki plugger seçilir. Ve uzunluk stopper ile sabitlenir. Ana kon kanal patına bulanarak kanal içine yerleştirilir. Cihazın ısısı 200 °C ayarlanır. Plugger ısısı çalıştırıldıktan sonra kanal içine doğru vertikal yönde basınçla yavaş yavaş ilerletilir. Apikal kısımdan 3 mm geride sıkışan plugger 1 sn bekletilir ve cihaz kapatılır. Ve guta-perkanın soğuması için 5-10 sn kadar bekletilir. Apikal kısımdaki guta-perka donduktan sonra cihaz tekrar çalıştırılarak 1-2 sn içinde plugger kanaldan çıkarılır. Ve apikal kısmın dolumu sağlanmış olur (Down-packing) (Bowman ve Baumgartner, 2002). Kanal geri kanal kısmı Back-fill parçasıyla doldurulmaya devam eder. Back fill ucu ile kanalın konikliği aynı genişlikte olmalıdır.

Obtura sıcak dolum tekniğinin doldurmada başarısının düşük olaması sebebiyle son zamanlarda system B ve obtura sistemlerinin beraber kullanılması önerilmektedir. System-B cihazıyla down-packing ve yüksek ısıyla çalışan obtura sistemiyle back-fill dolumu yapılmaktadır (System B HeatSource Model 1005, Instruction Guidelines, Analytic.).

Bütün ısı ile dolum tekniklerinde olduğu gibi Devamlı ısıyla dolum tekniğinde de kök yüzeyinde ciddi sıcaklık artışı periodontal dokularda harabiyete neden olabilmesi en önemli dezavantajıdır (Cumbo ve ark., 2012).

Yan kanalların iyi bir şekilde doldurulabilmesi, kısa sürede optimal bir dolum yapılabilmesi, eğri, düzensiz kanalların ve internal rezorbsiyon vakalarının dolumunda kullanılabilmesi gibi avantajları vardır (Pommel ve Camps, 2001; Silver ve ark., 1999)

4.6.6. Isıtılmış guta-perkanın enjeksiyonu yöntemi

4.6.6.1. Yüksek ısı enjeksiyon yöntemi

Bu sistemde özel ısıtıcı içinde guta-perkanın 160°C ısıtılarak kanal içine enjeksiyonun yapılması sağlanır. Daha çok back-fill için tercih edilmektedir. Cihazın enjektörü, hazne kısmı, kanül, piston ve ısıtma elemanı gibi bölümlerden oluşmaktadır.

Kanül kısmı yumuşamış guta-perka'nın ısısını koruyarak akışkan kalmasını sağlar. guta-perka kanülden çıktığında sıcaklığı ortalama 62-65 °C arasındadır.

Kanal ağzına lübrikasyon sağlamak için kanal patı yerleştirilir. Cihaz ısındıktan sonra kanülün boyu çalışma uzunluğundan 3-5 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirilir ve yumuşamış guta-perka kanal içine enjekte edilir. Enjeksiyon tamamlandıktan sonra kanülün ucu kanal dışına doğru çıkma eğilimindedir. Kanal tamamen doldurultan sonra büyük boy bir plugger ile vertikal yönde kondensasyon yapılır. Yumuşamış guta-perka'nın sertleşme esnasında büzüşmesini engellemek için 3-4 dk kondensasyon yapıp fazlalıklar kanal ağzından uzaklaştırılmalıdır. Bu sistemin kolayca taşkın dolum oluşturabileceği göz önünde bulundurularak iyi bir apikal stop oluşturmaya dikkat edilmelidir (Çalışkan, 2006; Ingle ve Bakland, 2008).

Hızlı bir dolum sağlaması, rezorpsiyon, düzensiz kanallar ve aşırı geniş kanallar gibi kompleks anatomiye sahip kanalların dolumunda iyi bir dolum sağlaması avantajlarındadır (Bolles ve ark., 2013). Kök yüzeyinde ciddi ısı artışına neden olabilmesi önemli dezavantajıdır (Cumbo vd., 2012).

4.6.6.2. Düşük ısıli enjeksiyon yöntemi

Ultrafil 3D guta-perka içeren kanüller, ısıtma ünitesi ve enjeksiyon şırıngasından oluşan bir termoplastik enjeksiyon tekniğidir. Sistem içeriğinde regula, firmset ve endoset gibi 3 tip kanül bulunmaktadır. Uygun kanül seçildikten sonra 90 °C ayarlanmış ısıtıcıda 15 dak. ısıtılarak apikalden 6 mm geride konumlandırılıp kanala enjekte edilir. 15-30 sn içinde dolum sağlanır. Vertikal kompaksiyon önerilmemektedir. Enjektör dolum tamamlandığında geriye doğru bir basınç oluşturur. Önemli noktalardan biri ani olarak enjektörün kanaldan çıkarılmamasıdır (Çalışkan, 2006).

Bu sistem ile kök kanal boşluğu ve dolum materyali adaptasyonun çok iyi olması ve hızlı bir dolum sağlaması gibi avantajlarının yanında materyalin çabuk soğuması nedeniyle kondensasyonun zayıf olması ve aşırı preperasyon gerekliliği gibi dezavantajları vardır (Gatot ve ark., 1989).

4.6.7. Taşıyıcı sistemler

4.6.7.1. Termoplastik kor yöntemi

Bu sistem 1978 yılında Johanson tarafından yumuşatılmış guta-perkanın bir kanal egesi yardımıyla kanala iletilmesi ile ortaya atılmıştır (Johnson, 1978). Geliştirilen bu teknikle alfa fazdaki guta-perka ile kaplı paslanmaz çelik, titanyum veya plastik taşıyıcı üç tip Thermafil endodontik obtüratörleri (Tulsa Dental Products, Tulsa, UK) piyasaya sürülmüştür (Ingle ve Bakland, 2008). Kök kanallarının kemomekanik preperasyonu tamamlandıktan sonra kanal duvarlarına kanal patı sürülür. Kanal genişliğine uygun obtüratör seçilip üretici firmanın talimatına göre Prep Oven (Tulsa Dental Products, Tulsa, UK) ısıtıcılarında ısıtılır. Thermafil obtüratör kanal içinde basınçla ve rotasyon yapılmadan apikal yönde yerleştirilir. Thermafil yerleştirildikten sonra kanal ağzında dışarıda kalan kısım kesilmelidir (Çalışkan, 2006).

Hızlı uygulanması, kolay bir yöntem olması, radyografik kontrolünün iyi olması yumuşayan guta-perkanın kanal duvarlarına ve düzensiz alanlara iyi yayılması gibi avantajları mevcuttur (Alaçam, 2012; Glickman ve Gutmann, 1992). Fakat dolum materyalinin apikal foramenden taşma riskinin yüksek olması, dolum homojenitesinin tam olarak kontrol edilememesi gibi dezavantajları mevcuttur (Alaçam, 2012).

4.6.7.2. Soft Core

Thermafil'e benzeyen bir teknik olan Soft Core, Soft Core Oven ısıtıcılarında ısıtılıp çalışma boyuna kadar kanal içine yerleştirilir. Thermafil'den farklı olarak iki bölümden oluşur. Birincisi plastik saplı metal yerleştirme pini, ikincisi ise guta-perka kaplı plastik kor'dur. Metal pin plastik kor'a tam olarak tutunmaz ve Soft-Core kanala yerleştirildikten sonra plastik sap bükülerek metal pinle birlikte çıkartılır. Thermafil'den bir diğer farkı ise taşıyıcının içinin boş olmasıdır. Bu durum kanal tedavisinin yenilenmesi gereken olgularda büyük kolaylık sağlar (Çalışkan, 2006).

De Moor ve Martens'in yaptıkları bir çalışmada, soğuk lateral kondansasyon, hibrit guta-perka kondansasyonu ve Soft-core dolum tekniğini apikal mikrosızıntı açısından incelenmiş ve Soft-core dolum tekniğinin diğer tekniklerden en az iki kat daha fazla mikrosızıntıya neden olduğunu bildirmişlerdir (De Moor ve Martens, 1999).

4.7. Dentin Tübüllerine Penetrasyon Çalışmalarının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

Yapılan in vitro dentin tübül penetrasyon çalışmalarında incelemeler tarayıcıli elektron mikroskobu ve CSLM kullanılmıştır (De Deus ve ark., 2004; Weis ve ark., 2004; Gharib ve ark., 2007; Patel ve ark., 2007; Ordinola-Zapata ve ark., 2009; Nikhil ve Singh, 2013) SEM incelemelerinde deney numunesinin hazırlanması sürecinde altın kaplama işlemiyle numune üzerinde zarar oluşturulabilmektedir. Ancak CLSM incelemesiyle örnek hazırlanmasıyla numuneye büyük bir zarar verilmez ve daha detaylı inceleme sağlanabilir. SEM incelemesinde kanal patıyla dentin arasındaki ayrım tam yapılamamaktadır. CLSM incelemesinde kullanılan florosan madde ile pat ve dentin arasındaki ayrım daha net olarak yapılabilmektedir (Cremer ve Cremer, 1978; Gharib ve ark., 2007; Patel ve ark., 2007).

Florosan mikroskopunun daha gelişmiş modeli olan CSLM'ta, lazerle sağlanan ışık kaynağı, florosan boyayla işaretlenmiş örnek üzerine düşürülür. Örnek üzerinden yayılan ışığın lensler tarafından foton toplayıcılarına iletilip birleştirilmesiyle görüntü elde edilir (Cengiz ve ark., 2004). Son yıllarda endodontide kullanımı yaygınlaşan CSLM, kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu (Kuçi ve ark., 2014), irrigasyon yöntem ve solüsyonlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu (Akçay ve ark., 2017) ve hassasiyet giderici ajanların dentin tübüllerine penetrasyonunu (Tosun ve ark., 2016) inceleyen araştırmalarda kullanılmaktadır.

Diğer taraftan SEM analizi yapılırken numunenin tüm alanının görüntülenmesi zordur. Ancak CLSM analizinde numune üzerinden daha geniş alanlardan görüntü elde edilebilir (Mamootil ve Messer, 2007).

5. GEREÇ VE YÖNTEM

5.1. Dişlerin Seçimi

Bu in vitro çalışma M. Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulu tarafından 30/05/2016 tarihli toplantıda 39 onay sayısı ile tıbbi açıdan uygun bulunmuştur. Bu çalışma Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projesi Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Çalışmamızın irrigasyon ve dolum materyali penetrasyonuna ait deneyleri Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda yapılmış, ve CLSM görüntüleme değerlendirilmesine ait deneyler ise İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalı Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada apikal kök gelişimini tamamlamış kırık ve çatlak içermeyen 60 adet tek köklü insan dişi kullanılmıştır. Dişlerin yüzeyindeki yumuşak ve sert doku birikintileri periodontal küret yardımıyla temizlenip organik dokulardan arındırmak için 15 dk %5,25 NaOCl içinde bekletilmiştir. Toplanan dişler deneyin yapılacağı zamana kadar serum fizyolojik içinde saklanmıştır. Stereomikroskop ile dişlerde çatlak ve kırık olup olmadığı incelenmiştir. Dişlerden fasiyal ve proksimal yönlerden alınan radyografilerle tek kök ve tek kanallı olduğu belirlenmiştir. Daha sonra karbon separe diskler ile dişlerin kronları kanal boyunu standardize etmek için 16 mm olacak şekilde kesilerek ayrılmıştır.

5.2. Dişlerin Kök-Kanallarının Genişletilmesi

Hazırlanan kök kanallarına 15 no K-tipi eğe (Mani Inc. Tochigi, Japan) yerleştirilerek, çalışma boyu apikalden 1 mm geride olacak şekilde belirlendi. Daha sonra kökler Elements motor (Axis/sybronEndo Orange, CA, USA)(Resim 5.1) ile adaptive modunda sırasıyla ML1(25-,08)-ML2(35-,06)-ML3(50-,06) kadar TF ADAPTIVE (Axis/sybronEndo Orange, CA, USA)(Resim 5.2) döner eğe sistemiyle genişletildi. Kemomekanik preperasyon esnasında her eğe geçişlerinde 27 G yandan perfore endodontik irrigasyon iğnesiyle (Resim 5.4) %5,25 NaOCl (Werax; SDD, İzmir, Türkiye) ile irrigasyon yapıp 15 no K-tipi eğe ile apikal patensi sağlandı.



Resim 5.1. Kök kanallarının genişletilmesinde kullanılan endodontik motor

Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra tüm dişler, dentin duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılması için 5 ml %17 EDTA (Werax; SDD, İzmir, Türkiye) ile 1 dk irriye edildi. Daha sonra EDTA solüsyonunu uzaklaştırmak için 5 ml distile su ile irrigasyon yapıldı. Kanallar steril paper pointlerle kurulandı.



Resim 5.2: TF adaptive ML asorti set



Resim 5.4. Endo-Eze yandan perfor ejetör ucu

Grup 2: Pasif Ultrasonik ile Irrigasyon

Bu grubada aynı şekilde hazırlanan 5 ml CHX+ Rhodamine-B solüsyonu ile 3*20 sn olacak şekilde toplamda 1 dk NSK Various (NSK, Tokyo, Japan) ultrasonik cihaza (Resim 5.5.) takılı E11 ve U-file (NSK, Tokyo, Japan) (Resim 5.6) ultrasonik uç ile apikalden 2 mm geride irrigasyon aktive edilerek irrige edildi. Solüsyon her periotta yenilendi.



Resim5.5. PUI'de irrigasyonun aktivasyonu için kullanılan cihaz



Resim 5.6. PUI'de ultrasonik cihaza takılan uç

Grup 3: XP Endo Finisher™ ile irrigasyon

İlk iki grup için hazırlanan %2'lik CHX+Rhodamine-B solüsyonu kök kanalına uygulandı ve apikalden 1 mm geride XP Endo Finisher™ (FGK Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) (Resim 5.7.) eğe yerleştirilip 3*20 sn olacak şekilde Elements endodontik motorla 800 rpm ve 0,8 N torkla ileri geri hareketle solüsyon aktive edildi. Solüsyon her periotta yenilendi.



Resim 5.7. XP Endo Finisher™ eğesi

Tüm irrigasyon gruplarındaki solüsyon steril Paper Pointlerle (Diadent Group International, Chongju, Korea) kurulandı (Resim 5.9.).



Resim 5.8. Örneklerin hazırlanışı



Resim 5.9. Hazırlanmış örnekler

5.4. Örneklerin Hazırlanması

Her bir kökten, apekten 3 mm geride olacak şekilde, 1 mm kalınlıkta enine kesitler alındı. Kesitlerin hazırlanması için 0,3 mm kalınlıktaki diskler ile hassas testere (IsoMet 1000, Buehler, IL, USA) kullanıldı (Resim 5.10). Elde edilen kesitler 1000 gren ve 2000 gren silikon su zımparalarıyla cilalandı. Örnekler CLSM görüntülemesi için cam lamalar üzerine yapıştırıldı (Resim 5.11).



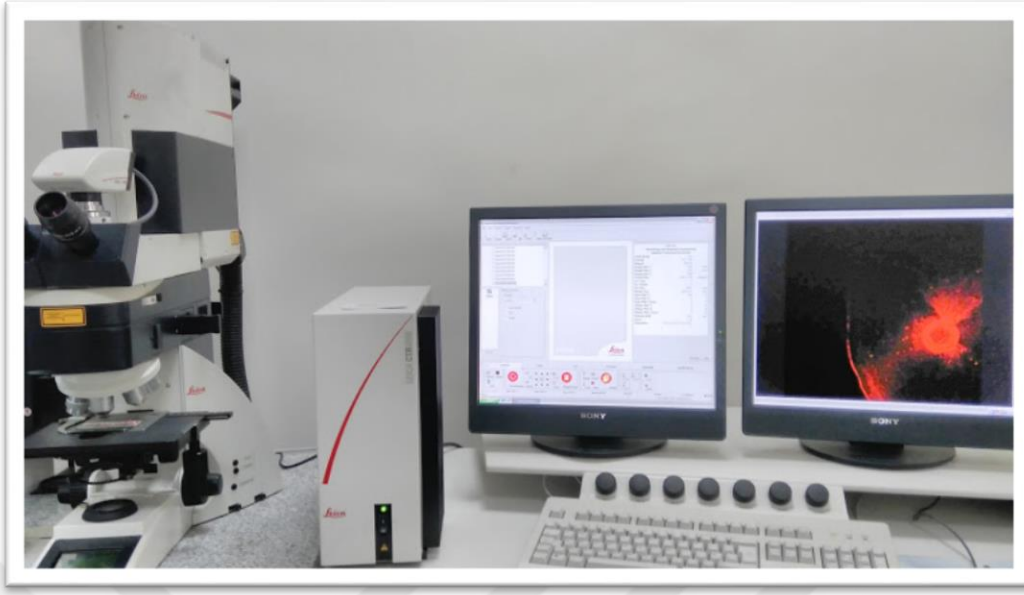
Resim 5.10. İsoMet hassas testere cihazı



Resim 5.11. İrrigasyon gruplarından 1 mm kesit alınmış örnekler

5.5. CSLM ile Yapılan İnceleme

Örnekler, Leica TCS-SPE (Leica, Mannheim, Germany) CSLM ile 565-605 dalga boyunda görüntülendi (Resim 5.12). Işın kaynağı olarak argon lazer kullanıldı. Görüntüler X5 büyütme altında kayıt edildi ve Photoshop (Adobe Syastems, San Jose, CA) programı kullanılarak görüntüler birleştirildi. Photoshop programında Lasso aracı kullanılarak kanal çevresinin uzunluğu hesaplandı. Ayrıca kanal patı ve irrigasyon solüsyonun dentin tübüllerine penetrasyon gösterdiği uzunluk ölçüldü. Bu iki ölçümün birbirine oranı dentin penetrasyon yüzdesi olarak belirlendi (Resim 5.19.). Penetrasyon derinliği CSLM mikroskopu içeriğindeki LAS-AF yazılımıyla hesaplandı. Maksimum penetrasyon derinliği ise kanal duvarından penetrasyonun en uzak olduğu noktaya kadar olan uzaklık ölçülerek hesaplandı (Resim 5.18.). Ölçümler için Gharib ve ark.'larının yöntemleri kullanıldı (Gharib ve ark., 2007).



Resim 5.12. Konfokal lazer tarayıcı mikroskop

5.6. Kök Kanallarının Doldurulması

Çalışmanın ikinci bölümünde, irrigasyon gruplarındaki sayısal sonuçlara göre daha etkin bulunan XP-Endo Finisher™ irrigasyon tekniği dolum için ayrılan 30 adet dişe, solüsyonlara Rhodamin-B ilave edilmeksizin uygulandı. Daha sonra tüm dişler steril paper pointlerle kurulandı.

Diş kökleri 3 gruba ayrılarak aşağıdaki yöntemlerle dolduruldu.

1. Grup: Lateral kondensasyon ile dolum

Soğuk lateral kondensasyon tekniği uygulanırken ISO standartlarında 0,2 konikliğe sahip guta-perka (Diadent Group International Inc., Chongju, Korea), Spreader (Mani Inc. Tochigi, Japan) ve AH Plus (Dentsply, Konstanz, Germany) kanal patı kullanıldı. Ah Plus kanal patı içine %0,1 oranında Rhodamine-B florosan madde bir spatül ile karıştırıldı. Hazırlanan kanal patı ISO 30 numara paper point ile kanal içine uygulandıktan sonra fazla pat temiz paper point ile kanaldan uzaklaştırıldı. 50 no guta-perka kanal patına bulanarak kanala yerleştirildi. Daha sonra çalışma boyundan 1-2 mm geride sıkışacak bir spreader ile sıkıştırma ve yer açma işlemi yapılarak

kullanılan spreaderın 1 boy küçüğü yan kon pata bulanıp kanala yerleştirildi. Bu işlem kronale doğru devam ettirilip işlem sonlandırıldı. Kanal ağzı dışındaki fazla gutaperkalar sıcak bir ekskavatör yardımıyla kesildi.



Resim 5.13. Kök kanalların dolumunda kullanılan AH Plus kanal patı



Resim 5.14. Guta-perka konlar

2. Grup: Taşıyıcı kor ile dolum

Bu Grupta, taşıyıcılı dolum yönteminde AH Plus kanal patı, Guttaperka fırını ((Therma-prep 2 (Dentsply Maillefer)) (Resim 5.15), Kor taşıyıcılı guta-perka ((GuttaCore (Dentsply Maillefer))), kanal boyu doğrulayıcı (Dentsply Maillefer) ve plugger (Axis/sybronEndo Orange, CA, USA) kullanıldı. Çalışma boyu ve apikal

kanal apı GuttaCore kanal boyu doğrulayıcı ile doğrulandı. AH Plus kanal patı içine %0,1 oranında Rhodamine-B floresan madde bir spatül ile karıştırıldı. Hazırlanan kanal patı ISO 30 numara paper point ile kanal içine uygulandı. Fazla pat temiz paper point ile kanaldan uzaklaştırıldı. Genişletme sonrası apikal genişlik 50 numara olduğu için 50 numara GuttaCore obturatör seçildi. ThermaPrep obtüratör fırınına yerleştirilen GuttaCore uyarı sesi gelince fırından çıkarılıp kök kanalına rotasyonel hareket yapılmadan apikale doğru tek hamlede itildi. Sıcak bir ekskavatör yardımıyla kök kanalın kronal kısmından obtratrn geri kalan kısmı kesilip uzaklaştırıldı.



Resim 5.15. ThermaPrep 2 guta-perka fırını

3. Grup: Devamlı ısı ile dolum

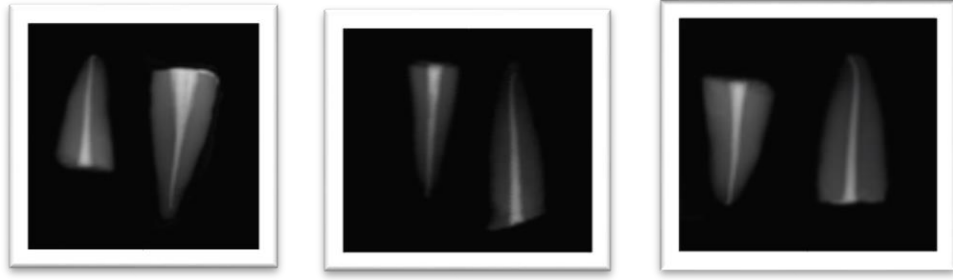
Devamlı ısıyla kanal dolum yönteminde, AH Plus kanal patı, 50 - ,06 taper açısına sahip guta-perka (TF Adaptive guta-perka), Elements Free Cordless Obturation Unit cihazı (Resim 5.16.), ve el Plugger'ı kullanıldı. AH Plus kanal patı içine %0,1 oranında Rhodamine-B floresan madde bir spatül ile karıştırılmıştır. Hazırlanan kanal patı ISO 30 numara paper point ile kanal içine uygulandı. Fazla pat temiz paper point ile kanaldan uzaklaştırıldı. 50 - ,06 konikliğe sahip guta-perka kanal patına bulanarak kanala yerleştirildi. Daha sonra Down-pack nitesi ısıtılıp uyarı sesi gelince kanala yerleştirilerek apikalden 3-4 mm geride kalacak şekilde konumlandırıldı ve cihazın

soğuması beklendi. Cihaz tekrar ısıtılıp plugger ucu kanal duvarlarına temas ettirilerek fazla guta-perka kanaldan uzaklaştırıldı. El pluggeri yardımıyla apikal kısımda kalan guta-perka kondense edildikten sonra Backfill ünitesine takılı kartuş 200 °C'ye ısıtıldı. Isıtılan kartuş 3-4 mm tabaka olacak şekilde enjekte edildi. Her seferde el pluggeri ile kondensasyona devam edildi.

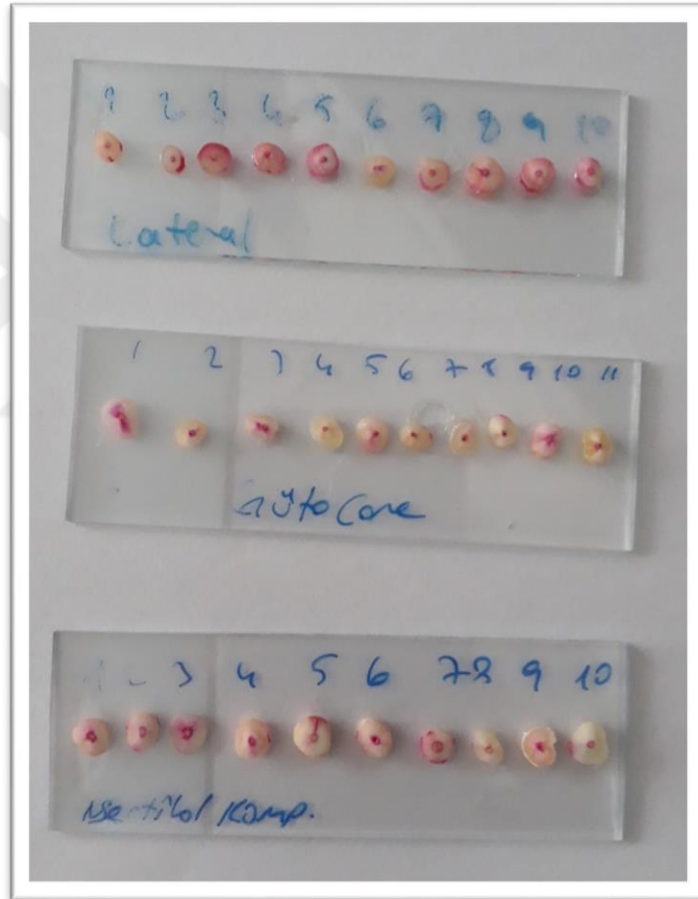
Kök kanallarının dolulukları periapikal radyografiler alınarak herhangi bir boşluk olup olmadığı incelendi (Resim 5.17.).



Resim 5.16. Elements Free obtürasyon cihazı



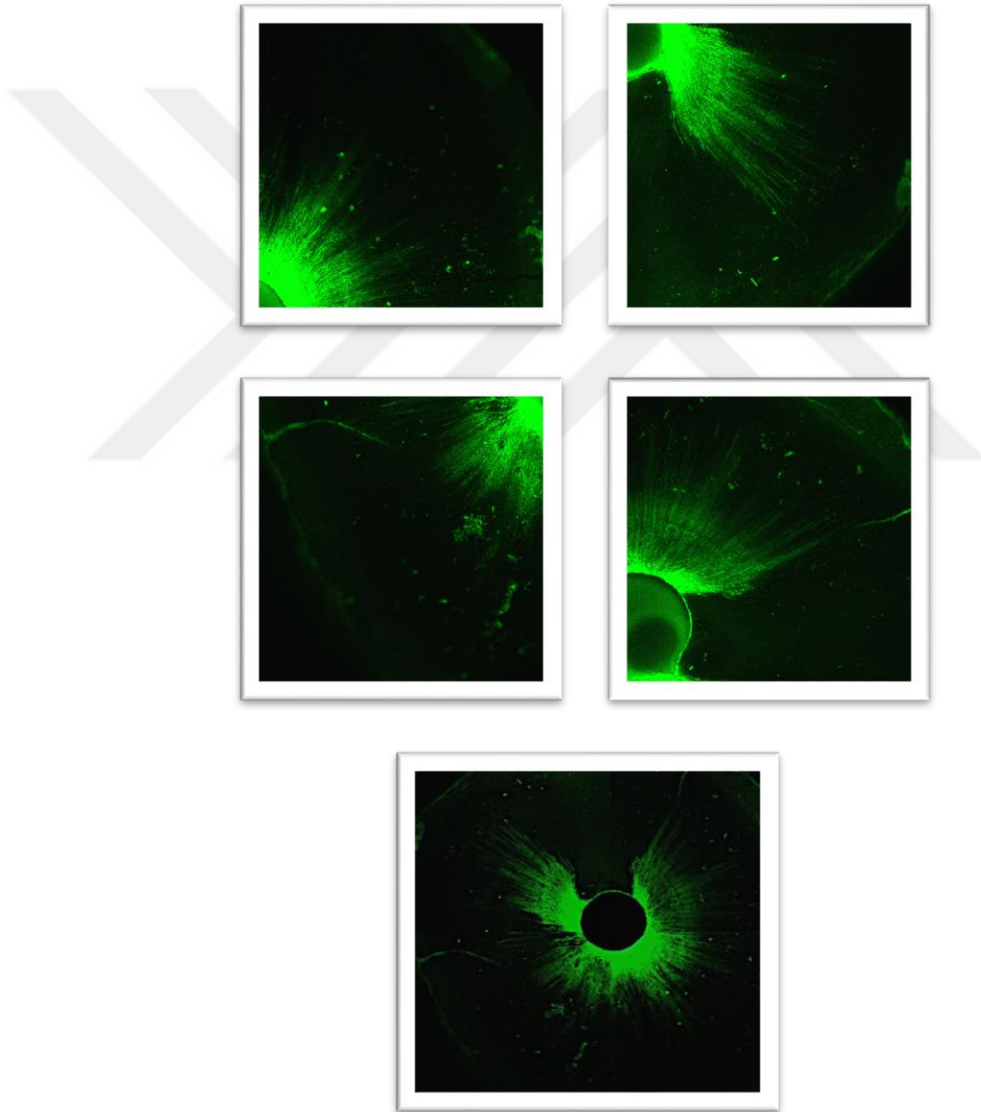
Resim 5.17. Kanal dolumu yapılan kök kanallarından alınan radyografler



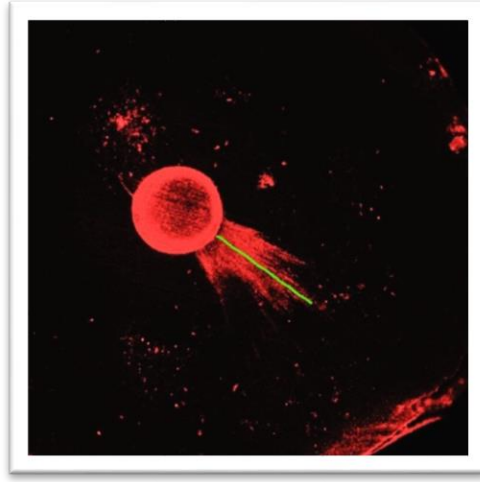
Resim 5.18. Kök-kanal dolum gruplarından 1 mm kesit alınmış örnekler

5.7. İstatiksel Analiz

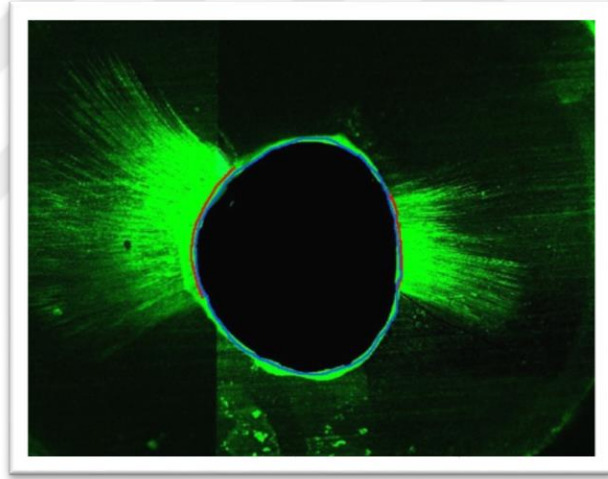
İstatistiksel analizler için SPSS Windows versiyon 24.0 paket programı kullanıldı ve $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile test edildi. Normal dağılmayan özelliklerin 2’den fazla bağımsız grupta karşılaştırılmasında Kruskal Wallis ve All Pairwise çoklu karşılaştırma testleri kullanıldı.



Resim 5.19. CSLM görüntülerin birleştirilmesi



Resim 5.20. Maksimum derinliğin hesaplanması



Resim 5.21. Penetrasyon yüzdesi hesaplanması

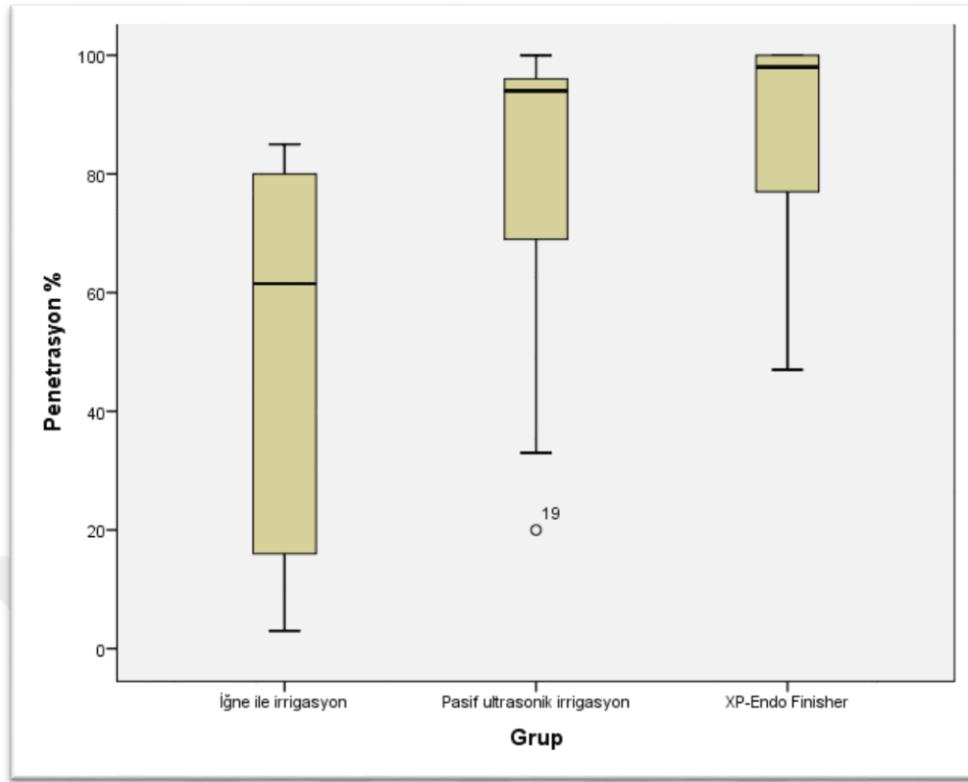
6. BULGULAR

Çalışmamızın ilk bölümünde 3 farklı irrigasyon yönteminin dentin tübüllerine penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon derinliği ölçülerek değerlendirildi (Tablo 6.1.).

Tablo 6.1. İrrigasyon grupların maksimum penetrasyon derinliği(μm) ve penetrasyon yüzdesine ait değerler

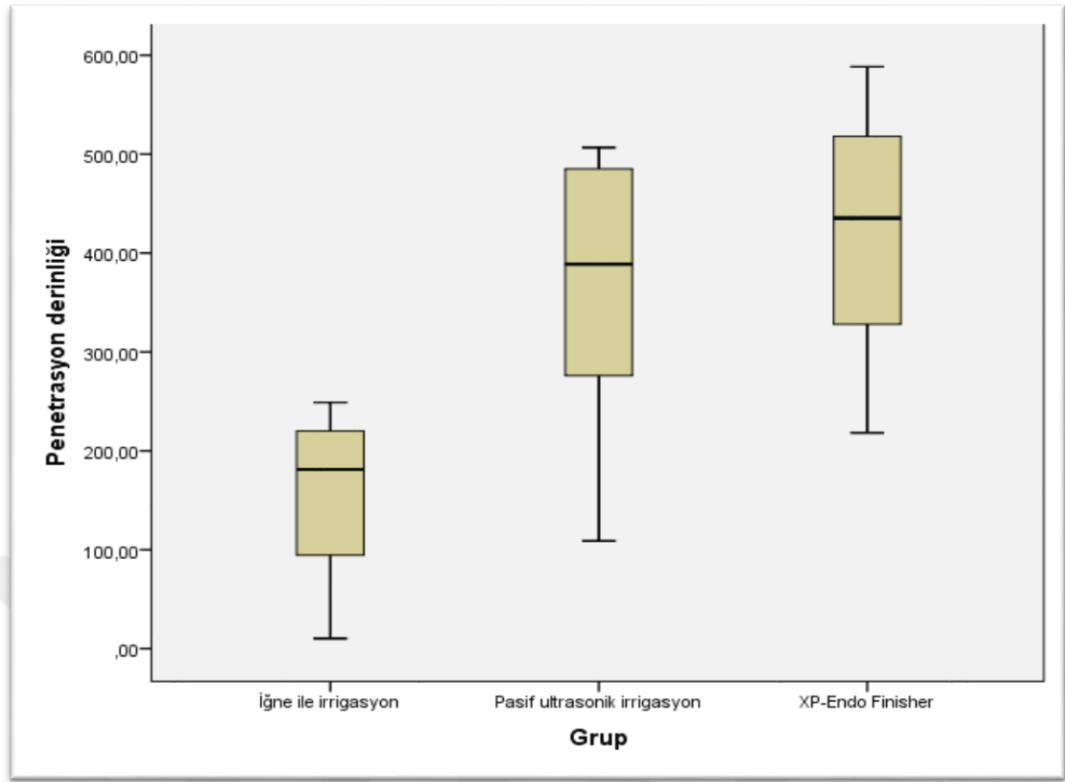
	Gruplar			<i>p</i>
	İğne ile irrigasyon(n=10)	Pasif ultrasonik irrigasyon(n=10)	XP-Endo Finisher™(n=10)	
Penetrasyon derinliği	152,49 ± 80,10	357,04± 145,61‡	425,82 ± 119,53‡	0,001*
Penetrasyon yüzdesi	51,20 ± 31,96	77,60 ± 28,75‡	86,70 ± 18,66‡	0,018*

Gruplar içinde XP Endo-Finisher™ ile irrigasyon (%86,70±18,66) en yüksek penetrasyon yüzdesi oluşturdu. Pasif ultrasonik irrigasyon grubu (%77,60±28,75) ise iğne ile irrigasyon grubuna (%51,20±31,96) göre daha yüksek penetrasyon yüzdesi gösterdi ve istatistiksel verilere göre gruplar arasında dentin tübül penetrasyon yüzdesi açısından anlamlı bir farklılık elde edildi ($p=0.018$, $p<0.05$). Ayrıca iğne ile irrigasyon grubu ile diğer gruplar arasındaki fark anlamlı olarak yüksek bulundu. Buna karşın Pasif ultrasonik irrigasyon ve XP Endo Finisher™ grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (Şekil 6.1.) (Tablo 6.1.).



Şekil 6.1. İrrigasyon gruplarının penetrasyon yüzdesini gösteren grafik.

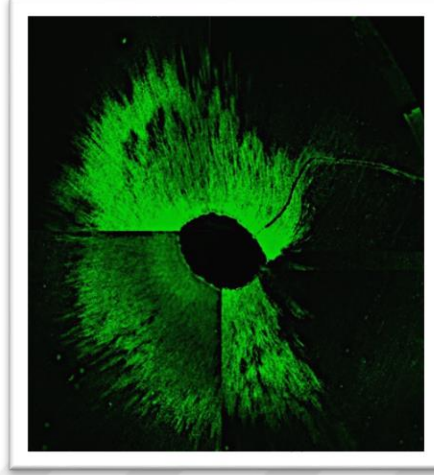
Çalışmamızda incelenen 3 grup içinde XP Endo Finisher™ grubunda ($425,82 \pm 119,53 \mu\text{m}$) en derin penetrasyon değerleri elde edildi. PUI grubunda ($357 \pm 145,61 \mu\text{m}$) ise İğne ile irrigasyon grubuna ($152,49 \pm 80,10 \mu\text{m}$) göre daha derin penetrasyon gerçekleştiği saptandı. İstatistik analizlere göre gruplar arasında dentin tübül penetrasyon derinliği açısından anlamlı bir farklılık bulundu ($p=0,01$; $p<0,05$). Ayrıca XP Endo Finisher™ ve Pasif ultrasonik irrigasyon grupları, iğne ile irrigasyon grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulundu. Buna karşın Pasif ultrasonik irrigasyon ve XP-Endo Finisher™ grupları arasında anlamlı farklılık elde edilemedi (Şekil 6.2).



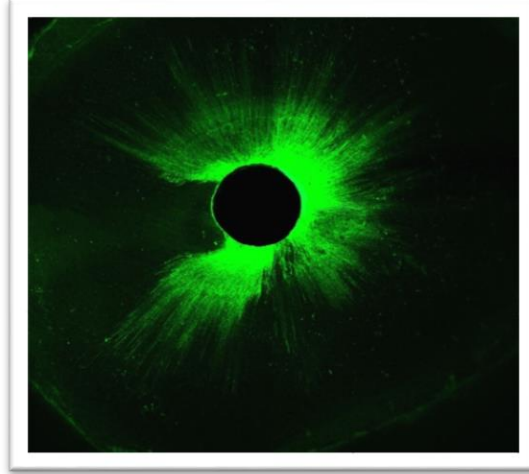
Şekil 6.2. İrrigasyon gruplarının maksimum derinliğini gösteren grafik.

Hem penetrasyon yüzdesi hemde penetrasyon derinliği sayısal değerlerine göre en yüksek XP Endo Finisher™ (425,82μm, %86,70), daha sonra Pasif Ultrasonik irrigasyon (357,04μm, % 77,60) ve en düşük iğne ile irrigasyon (152,49μm, %51,20) saptandı.

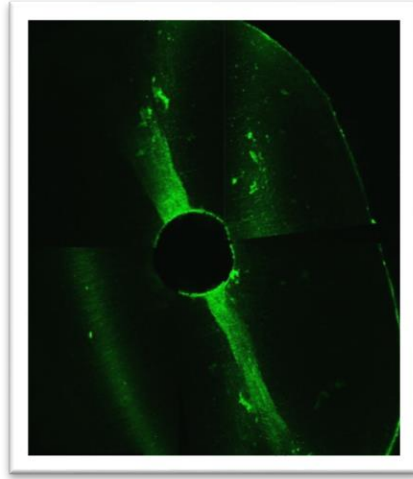
CLSM ile çekilen görüntüler Resim 6.1, 6.2, ve 6.3’de gösterilmektedir.



Resim 6.1. XP Endo Finisher™ ile irrigasyon grubuna ait CLSM görüntüsü



Resim 6.2. Pasif Ultrasonik irrigasyon grubuna ait CLSM görüntüsü



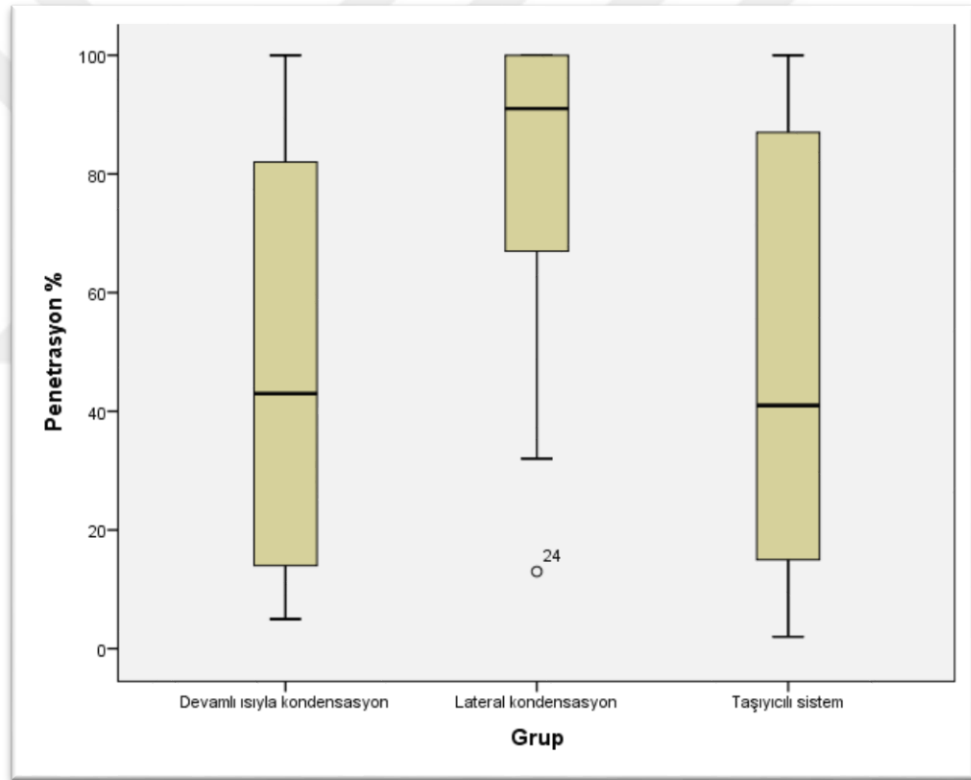
Resim 6.3. İğne ile irrigasyon grubuna ait CLSM görüntüsü

Çalışmanın ikinci bölümünde 3 farklı kanal dolum yöntemi dentin tübüllerine penetrayon yüzdesi ve penetrasyon derinliği açısından ölçülerek değerlendirildi (Tablo 6.2.).

Tablo 6.2. Kanal dolum grupların maksimum penetrasyon derinliği(μm) ve yüzdesine ait değerler

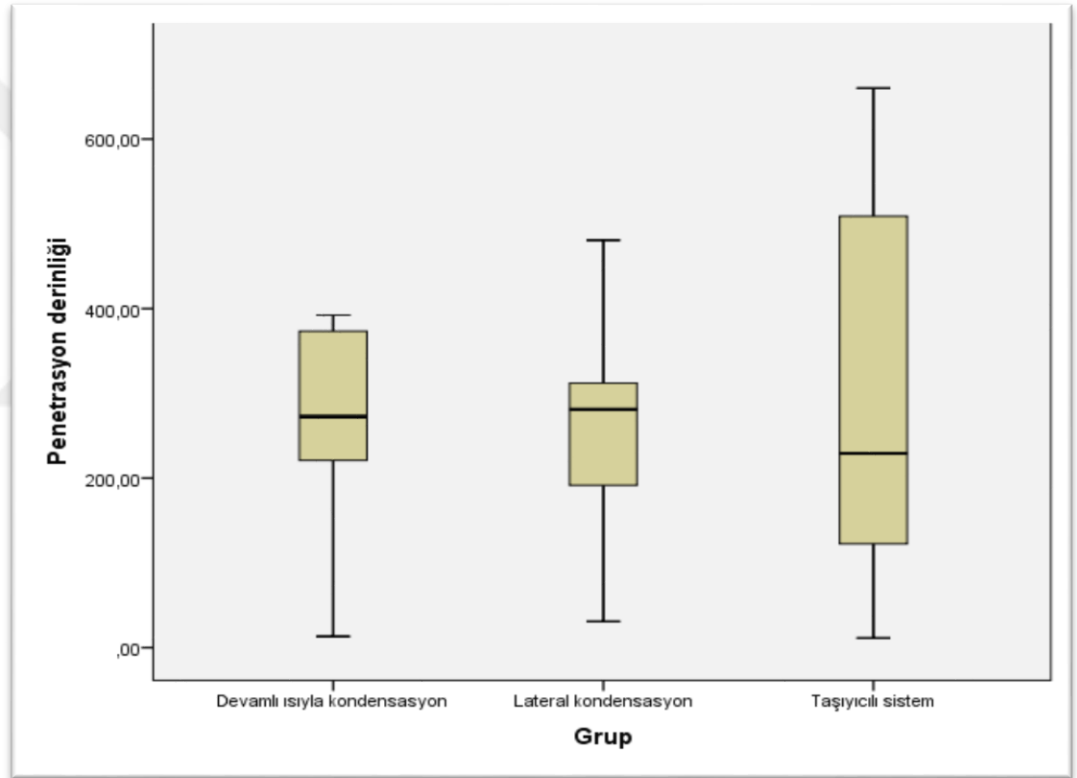
Gruplar				
	Devamlı ısıyla kondensasyon(n=10)	Lateral kondensasyon(n=10)	Taşıyıcılı sistem(n=10)	<i>p</i>
Penetrasyon derinliği	259,29 $\pm$ 127,12	260,65 $\pm$ 130,36	283,92 $\pm$ 221,35	0,993
Penetrasyon yüzdesi	49,6 $\pm$ 37,77	77,5 $\pm$ 30,9	50 $\pm$ 39,1	0,160

Lateral kondensasyon grubunda ($77,5 \pm 30,9$) en yüksek penetrasyon yüzdesi görüldü. Taşıyıcılı sistem ile dolum grubuyla ($50 \pm 39,1$), Devamlı ısıyla kondensasyon dolum grubu ($50 \pm 39,1$) arasındaki penetrasyon yüzdesi hemen hemen aynı bulunurken penetrasyon yüzdesi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p > 0.05$). En yüksek penetrasyon yüzdesi değeri lateral kondensasyon grubunda, en düşük değer ise devamlı ısıyla kondensasyon grubunda bulundu (Şekil 6.3)(Tablo 6.2.).



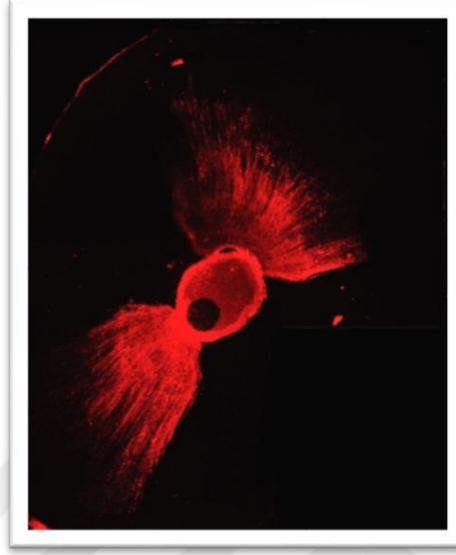
Şekil 6.3. Kanal dolum gruplarının penetrasyon yüzdesini gösteren grafik

Taşıyıcı sistem ile dolum grubunda ($283,92 \pm 221,35 \mu\text{m}$) en yüksek penetrasyon derinliği görülmüştür. Lateral kondensasyon ile dolum grubu ($260,65 \pm 130,36 \mu\text{m}$) devamlı ısıyla kondensasyon grubuna ($259,29 \pm 127,12 \mu\text{m}$) göre daha fazla penetrasyon göstermiştir. Bu sayısal verilerin istatistiksel analizine göre penetrasyon derinliği açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). En yüksek penetrasyon derinliği değeri taşıyıcı sistem ve en düşük değeri devamlı ısıyla kondensasyon yönteminde bulunmuştur (Tablo 6.2) (Şekil 6.4.).

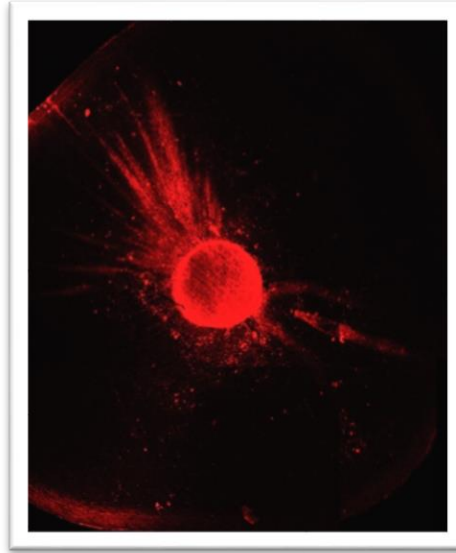


Şekil 6.4. Kanal dolum gruplarının penetrasyon derinliğini gösteren grafik.

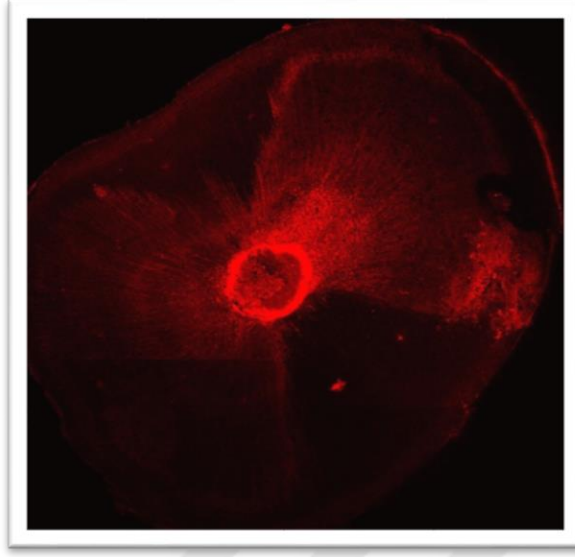
CLSM ile çekilen görüntüler Resim 6.4, 6.5 ve 6.6’de gösterilmektedir.



Resim 6.4. Taşıyıcılı sistem ile dolum grubuna ait CLSM görüntüsü



Resim 6.5. Devamlı ısıyla kondensasyon ile dolum grubuna ait CLSM görüntüsü



Resim 6.6. Lateral kondensasyon ile dolum grubuna ait CLSM görüntüsü

7. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Endodontik tedavinin başarısızlığının en önemli nedeninin kök kanal sistemi içindeki mikroorganizmalar olduğu savunulmaktadır (Kakehashi ve ark. 1966). Kök kanallarından bakteriyel mikrofloranın yok edilmesi veya azaltılması ve tekrar enfekte olmasının önlenmesi endodontinin asıl amacıdır (Nair ve ark., 2005). Peters ve ark.'larının yaptığı çalışmada kök kanal preperasyon tekniği ne olursa olsun, kök kanal sisteminin yaklaşık %35'ine kanal egesi teması bulunmadığı ortaya konmuştur (Peters ve ark., 2001). Ayrıca bir çok çalışmanın sonucunda en iyi koşullarda yapılan kemomekanik preperasyon prosedürlerine karşın kök kanallarından mikroorganizmaların tamamen uzaklaştırılamadığı görülmüştür (Sjogren ve ark., 1997; Peters ve ark., 2002). Bu nedenle irrigasyon, endodontik tedavinin en önemli aşamalarından birisini oluşturmaktadır (Gulabivala ve ark., 2005).

Birçok *in vitro* ve *ex vivo* çalışmada konvansiyonel iğne irrigasyonunun kök kanal dezenfeksiyonundaki etkinliği araştırılmıştır (Hulsmann ve ark., 2005; Park ve ark., 2012; Peters ve ark., 2003; Rödig ve ark., 2010). Bu çalışmaların sonucuna göre konvansiyonel iğne irrigasyonu kök kanal sisteminin irrigasyonunun tam olarak sağlanamadığı rapor edilmiştir (Nielson ve Baumgartner, 2007; Boutsoukis ve ark., 2009).

Etkin bir kanal tedavisi için, irrigasyon maddesinin etkinliğinin artırılarak tüm kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunun sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla çalışmamızda farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin dentin tübüllerine etkisinin ve kök kanal dolum yöntemleri ile kanal patının tübüler penetrasyonunun incelenmesi amaçlandı.

Kök kanal duvarlarında, hem manuel hem de döner sistem eğelerinin kanal duvarlarına temas ettiği bölgelerde smear tabakası oluşmaktadır. Bu amorf yapı inorganik ve organik maddeler içermektedir. Bu tabaka 1-2 µm kalınlıktadır ve dentin tübüllerini 40 µm derinliğe kadar doldurabilmektedir (Mader ve ark., 1984). Koukas ve ark.'larının çalışmasında smear tabakasının, kanal patının dentin tübüllerine girmesini engellediği vurgulanmıştır (Koukas ve Ark., 1998). Ayrıca smear

tabakasının kalınlığı, kesici enstrümanın keskinliğine, tipine ve şekillendirme esnasında dentinin ıslak veya kuru olup olmamasına göre değişmektedir (Gilboe ve ark., 1980).

Smear tabakasının içeriğindeki mikroorganizmalar ve yan ürünleri, kök kanal genişletmesi esnasında dentin tübülleri içine itilebilmektedir (Sen ve ark., 1995). Buna ek olarak nekrotik pulpalı mandibular ve maksiller azı dişlerin kök kanal florasının incelendiği bir çalışmada, mikroorganizmaların dentin tübüllerinde 50 ile 150 µm arasında penetrasyon derinliğinde kolonize olabildiği rapor edilmiştir (Sen ve ark., 1995). Haapasalo ve Orstavik'in yaptıkları çalışmada *E. faecalis* bakterisinin dentin tübüllerinde 800 ile 1000 µm arasında bir derinliğe kadar kolonize olabildiğini bildirmiştir (Haapasalo ve Orstavik, 1987). Wang ve ark.'larının smear tabakasının kök kanal dezenfeksiyonuna etkisini inceledikleri çalışmada ise, smear tabakasının irrigasyon solüsyonlarının dezenfeksiyon etkinliğini düşürdüğü rapor edilmiştir (Wang ve ark., 2013).

Dolayısıyla smear tabakasının varlığında irrigasyon solüsyonlarının ve kanal içi medikamentlerin dentin tübüllerine penetrasyonu zorlaşmaktadır (Violich ve Chandler, 2010). Bu tabakanın ortamdaki uzaklaştırılmasıyla tedavinin başarısı artmaktadır.

Endodontik tedavide en çok kullanılan irrigasyon maddeleri, organik doku artıkları ve mikroorganizmaların eliminasyonu için NaOCl ve inorganik maddelerin ortamdaki uzaklaştırılması için EDTA'dır. Klinik olarak NaOCl %0,5 ve %6 konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Basrani ve Haapasalo, 2012). Bazı çalışmalarda solüsyonların konsantrasyonunun artmasıyla inatçı bakteriler üzerindeki antibakteriyel etkinliğin de arttığı rapor edilmiştir (Gomes ve ark., 2001; Radcliffe ve ark., 2004). Ancak NaOCl'nin yüksek konsantrasyonlarda toksisitesinin arttığı vurgulanmıştır (Spangberg ve ark., 1973).

Smear tabakasının organik komponentinin uzaklaştırılması için en etkili solüsyon NaOCl'dir (Rubin ve ark., 1979; Goldman ve ark., 1982). Birçok araştırmacıya göre kanal genişletmesi sırasında ve sonrasında NaOCl ile yapılan yıkamayla yüzeyel bir temizleme elde edilmektedir (Baker ve ark., 1975; Goldman ve ark., 1981; Berg ve ark., 1986). Taneja ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada klorin dioksit, kalsiyum hipoklorit

ve NaOCl'in doku çözme yeteneği araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda %5,25 NaOCl'in en etkili irrigasyon solüsyonu olduğu bildirilmiştir (Taneja ve ark., 2014). Başka bir çalışmada ise %5,25 NaOCl ve %13,8 klorin dioksit solüsyonlarının doku çözme etkinliği araştırılmış ve her iki solüsyonun da doku çözücü özelliği arasında fark bulunamamıştır (Cobankara ve ark., 2010).

NaOCl'in etkinliği konsantrasyona göre değişebilmektedir. Hand ve ark.'nın yaptığı çalışmada NaOCl'in çeşitli konsantrasyonları değerlendirilmiş ve nekrotik dokular üzerinde en etkin konsantrasyon %5,25 olarak rapor edilmiştir (Hand ve ark., 1978). Ayrıca NaOCl'nin antibakteriyel etkisinin konsantrasyonla ilişkisini araştıran bir çok çalışmada konsantrasyonun azalmasına bağlı antibakteriyel özelliğinin de azaldığı saptanmıştır (Chávez de Paz ve ark., 2010; Frough-Reyhani ve ark., 2016).

Endodontik tedavide kullanılan diğer bir solüsyon olan CHX'in en önemli avantajları geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajan olmasının yanı sıra NaOCl'e göre daha düşük toksisitesi ve yan etkisinin olmasıdır. Kök kanallarından debrislerin uzaklaştırılması, intrakanal medikamenti olarak kullanımı ve antibakteriyel etkisinin uzun sürmesi gibi özellikleri vardır (Ercan ve ark., 2004). Ancak doku çözme yeteneğinin olmaması en büyük dezavantajı olarak rapor edilmiştir (Komorowski ve ark., 2000). %5,25 NaOCl ve %2 CHX solüsyonlarının antibakteriyel özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada CHX daha etkili bulunmuştur (Jeansonne, 1994).

CHX intrakanal medikamenti olarak kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada dentine uygulanan 10 dk CHX'in antibakteriyel etkisinin 12 haftaya kadar sürdüğü rapor edilmiştir (Rosenthal ve ark., 2004). İntranal medikamenti olarak %2'lik CHX jel formu geliştirilmiştir. Ferraz ve ark., jel formunu ayrıca kök kanal genişletilmesi esnasında kanal duvarlarında oluşan debrisin uzaklaştırılması açısından NaOCl ve CHX solüsyonu ile karşılaştırmış ve sonuç olarak, CHX jel, pozitif grup hariç (NaOCl+EDTA) dentin duvarlarını en etkili temizleyen grup olarak bulunmuştur (Ferraz ve ark., 2001).

Endodontik tedavide etkin bir irrigasyon için sırasıyla NaOCl ve EDTA kullanımı ve final irrigasyon için CHX önerilmiştir (Zehnder, 2006). NaOCl ve CHX aynı ortamda kullanıldığında parakloroanalin maddesi oluşmaktadır. Bu madde bir çökelti oluşturarak dentin tubüllerini tıkeyip kanal patının penetrasyonunu engellemektedir.

Ayrıca bu çökelti mutojenik, sitotoksik ve karsinojeniktir (Basrani ve ark., 2007). Buna ek olarak smear tabakasının dentin duvarından uzaklaştırılmasında kullanılan EDTA ile CHX solüsyonları birleşince beyaz bir çökelti meydana gelmektedir. Bu çökeltinin dentin tübüllerini tıkayabileceği de düşünülmektedir (Rasimick ve ark., 2008).

Smear tabakasının inorganik kısmının uzaklaştırılması için şelasyon ajanlarının kullanılması gerekmektedir. En sık kullanılan şelasyon ajanı EDTA'dır. Yapılan bir çalışmada EDTA dentini 5 dak. içinde 20-30 µm derinliğe kadar çözebilmektedir (von der Fehr ve Östby, 1963). Yapılan bir *in vitro* çalışmada sitrik asit solüsyonunun smear tabakası üzerine etkisi SEM'de incelenmiş ve sitrik asitin NaOCl'e göre daha etkili bulunmuştur (Vallabhaneni ve ark., 2017). Başka bir çalışmada sitrik asit, MTAD ve EDTA ajanlarının smear tabakası üzerindeki etkisi incelenmiş ve sitrik asit ve MTAD smear tabakasını EDTA'ya göre daha iyi temizlediği rapor edilmiştir. Ancak sitrik asit ve MTAD dentin üzerinde ciddi erozyon alanları oluşturmuştur (Gandhi ve ark., 2016). Davies ve ark.'larının yaptığı bir çalışmada ise EDTA ve MTAD'ın smear tabakasının uzaklaştırma etkinliği incelenmiş, kronal ve orta bölümde anlamlı bir farklılık olmazken apikal bölgede MTAD'ın daha etkin olduğu rapor edilmiştir. Buna ek olarak MTAD'ın EDTA'ya göre daha etkin bulunmasına rağmen dentin duvarlarında erozyon oluşturması ve tetrasiklin içeriği nedeniyle hamile ve çocuklarda kullanımının güvenilir olmaması gibi dezavantajları olduğu bildirilmiştir (Davies ve ark., 1962).

Bizde bu tez çalışmasında komo-mekanik preperasyon esnasında oluşan smear tabakasını kaldırarak dentin tübüllerine penetrasyonun artmasını amaçladık. Bu amaç için %5,25 NaOCl ve %17 EDTA solüsyonlarını kullandık. Final irrigasyon öncesinde ise kök kanallarını distile suyla yıkayarak tüm irrigasyon solüsyonların uzaklaştırılmasını sağladık.

Bir çok çalışmada final irrigasyon için NaOCl kullanılmıştır. Ancak Vasconcelos ve ark.'ları CHX ve NaOCl'in final irrigasyon solüsyonu olarak kullanılabileceğini belirtmiştir (de Vasconcelos ve ark., 2007). Llena ve ark.'larının yaptığı CSLM incelemesinde CHX ve NaOCl'in dentin tübüllerine penetrasyonu arasında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmiştir (Llena ve ark., 2015). Baca ve ark.'ları smear

tabakasının kaldırıldığı nekrotik kanallarda CHX'in antibakteriyel etkisinin daha üstün olabileceğini rapor etmiştir (Baca ve ark., 2011). Llena ve ark.'larının yaptıkları çalışmada NaOCl ve CHX solüsyonları, PUI ve iğne irrigasyon yöntemleri ile uygulanmış ve dentin tübüllerine penetrasyonu değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, PUI ile her iki solüsyonun da yüksek penetrasyon etkinliğinde olduğu bildirilmiştir (Llena ve ark., 2015). Biz de çalışmamızda Llena ve ark.'nın çalışmasını örnek alarak final irrigasyonunda CHX'i tercih ettik.

Kök kanal şekillendirmesinde apikal genişletme boyutu enfekte kanallarda bakterilerin eliminasyonu için önemlidir (Siqueira ve ark., 1999; Rollison ve ark., 2002; Mickel ve ark., 2007). Apikal genişletmenin 40 no ve altında olduğu genişletmelerde iğne irrigasyonunun daha az etkili olduğu savunulmaktadır (Gu ve ark., 2009). Bizim çalışmamızda kök kanallarının genişletilmesi apikal genişlik 50 no olacak şekilde döner sistem eğeler ile yapılmıştır.

In vitro çalışmalarda insan dişinin kullanımı, boyut standardizasyonunun zor olması ve diş dokularındaki farklılıklarından dolayı standart sapmalara neden olabilmektedir (Tidmarsh, 1978). Bu durum ancak yakın kanal morfolojisine sahip dişler kullanılarak aşılabilmektedir (Wu Wesselink, 1993). Bir çok dentin tübül penetrasyon çalışmasında tek köklü ve tek kanallı dişler kullanılmıştır (Gharib ve ark., 2007; Tzanetakakis ve ark., 2010; Kara Tuncer ve Ünal, 2014; Generali ve ark. 2017). Çalışmamızda da örnekler arasındaki farklılıkları ortadan kaldırabilmek için tek köklü ve tek kanallı düz köklü dişler kullanıldı.

Yapılan bir çok çalışmada kök kanallarının şekillendirilmesi Ni-Ti döner sistemler kullanılarak yapılmaktadır (Chandra ve ark., 2012; De Deus ve ark., 2004; Kara Tuncer ve Ünal, 2014; Kok ve ark., 2012; Kuçi ve ark., 2014; Mamootil ve Messer, 2007; Rouhani ve ark., 2013). Generali ve ark., kanal patlarının dentine penetrasyonunu inceledikleri çalışmada, kök kanal şekillendirmesini Protaper Universal eğeleriyle apikal genişlik 40 no olacak şekilde tamamlamıştır (Generali ve ark., 2017). Paragliola ve ark. da, kök kanal şekillendirmesini apikal genişlik 40 no olacak şekilde Flexmaster döner eğe sistemiyle yapmıştır (Paragliola ve ark., 2010). Ordinola-Zapata ve ark. ise, kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunu inceledikleri çalışmada apikal genişlik 50 no olacak şekilde genişletme yapmıştır

(Ordinola-Zapata ve ark., 2009). Bizim çalışmamızda da kök kanalları TF Adaptive döner ege sistemiyle apikal genişlik 50 no olacak şekilde gerçekleştirildi.

Kök kanallarının irrigasyonunda solüsyonun tüm kanal sistemine ulaşması esas amaçtır (Zehnder, 2006). Yapılan birçok çalışmada irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin arttırılması amacıyla farklı irrigasyon ajitasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bunlar; guta-perka ve eğelerle manuel aktivasyon, fırçalar ve eğelerle mekanik aktivasyon, sonik ve ultrasonik cihazlarla aktivasyondur (Gu ve ark., 2009; DeVito ve ark., 2012; Jiang ve ark., 2012; Elnaghy ve ark., 2012). Townsende ve Maki'nin yaptıkları çalışmada çeşitli irrigasyon ajitasyon yöntemlerinin antimikrobiyal etkinliği araştırılmış, sonik ve ultrasonik ile ajitasyon yönteminin iğne irrigasyonuna göre daha etkili olduğu bildirilmiştir (Townsend ve Maki, 2009). Yapılan bir çok çalışmada irrigasyon solüsyonun ultrasonik cihazlarla ajitasyonu sonucu kök kanal sistemi daha iyi temizlenmiştir (Cunningham, 1982; Sabins ve ark., 2003; Gutarts ve ark., 2005; van der Sluis ve ark., 2006). Ancak ultrasonik irrigasyon yönteminin dentin yüzeyinde harabiyet oluşturması ve anatomik olarak düzensiz kanallarda perforasyon oluşturabilmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Walmsley ve ark., 1991).

Ultrasonik enerjinin kök kanallarında kullanımıyla irrigasyon ajanının etkinliği arttırılır. Ultrasonik cihazın frekans aralığı 25-40 kHz'dir (Plotino ve ark., 2007). Ultrasonik enerji ile sıvı içinde kavitasyon ve akustik akım meydana gelir. Bu hareketle sıvı içinde baloncuklar oluşur ve solüsyonun temas etkinliği artar. Ultrasonik aktivasyon kanal içine 3 kez 20 sn aralıklarla ve her seferinde solüsyonun yenilenmesiyle uygulanır (Plotino ve ark., 2007). Yapılan bir *in vitro* çalışmada 30 sn ve 60 sn pasif ultrasonik aktivasyonun, kök kanallarında debris uzaklaştırmadaki önemi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre en az 30 sn aktivasyon ile debrisin uzaklaştırılabileceği ve 60 sn'de tamamen temiz kök kanallarının elde edilebileceği vurgulanmıştır (Sabins ve ark., 2003). Bizim çalışmamızda da ultrasonik ile aktivasyon her periot 20 sn olacak şekilde 3 periotta tamamlandı.

XP Endo Finisher™ ile kanal içi medikamentlerinin kök kanallarından etkili şekilde uzaklaştırılabileceği bildirilmiştir (Wigler ve ark., 2017; Türkaydın ve ark., 2017; Kesekin ve ark., 2017). Ayrıca kanal dolum materyalinin dentin duvarlarından uzaklaştırılmasında da kullanılabileceği vurgulanmıştır (Alves ve ark., 2016). Elnaghy

ve ark.'nın XP Endo Finisher™ ve sonik aktivasyonun smear tabakası ve kök kanalından debris uzaklaştırmadaki etkinliğinin araştırıldığı çalışmalarında her iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı vurgulanmıştır (Elnaghy ve ark., 2017). Çalışmamızda yakın zamanda geliştirilen bir kanal eğesi olan XP Endo Finisher™ ile genel kabul görmüş pasif ultrasonik irrigasyon aktivasyonu yöntemlerini karşılaştırdık.

Zamanla dentin tübüllerinin etrafındaki peritübüler dentinde mineralizasyon artmakta ve bazen dentin tübülünün tamamen tıkanmasına neden olabilmektedir (Carrigan ve ark., 1984). Bu durum kronalden apikale doğru dentin tübüllerinin çap ve yoğunluğunun azalmasına neden olur. Buna ek olarak kanal duvarlarından sementle doğru dentin tübüllerinin çapında daralma meydana gelir. Dolayısıyla apikal bölgede kanal patlarının dentine penetrasyonu düşük olmaktadır (Mjör ve ark., 2001). Endodontik irrigasyon maddesinin ve kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunun incelendiği çalışmalarda kesitler apikal, orta ve kronal olacak şekilde üç bölgeden alınmıştır. Bu çalışmaların bulgularına göre her zaman servikal ve orta bölgelerden alınan kesitler apikal bölgeye göre daha yüksek penetrasyon göstermiştir. Bunun sebebinin apikal bölgedeki sklerozis ve dentin tübül çapının daralması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, bu alandaki smear tabaka, orta ve kronal alandaki smear tabakasına göre daha zor ortadan kaldırılmaktadır. Dolayısıyla apikal bölgede kanal dolumunun daha düşük dentin penetrasyonu gösterdiği vurgulanmaktadır (Patel ve ark., 2007; Gharib ve ark., 2007; Chandra ve ark., 2012; Kara Tuncer ve Ünal, 2014; Generali ve ark., 2017; Gu ve ark., 2017). Çalışmamızda, apikal bölgenin dezenfeksiyonunun ve obturasyonunun etkin bir şekilde yapılması gerektiği düşünüldüğü için, kesitlerin apikal 3 mm'den alınması uygun bulundu.

CLSM görüntülerinde bukkal ve lingual yönlerde dentin tübüllerine penetrasyon miktarları daha yüksek görünmektedir (Resim 5.19). Weis ve ark. da çalışmalarında benzer bulgular elde etmiştir (Weis ve ark., 2004). Bu durum mesial-distal yöndeki intrapulpal kalsifikasyonun bukkal-lingual yöndeki kalsifikasyondan daha fazla gelişmesiyle açıklanmaktadır (Paqué ve ark., 2006).

İğne irrigasyonu, apikal daralımdan solüsyonun taşmasını önlemek amacıyla çalışma boyundan en fazla 2 mm geride konumlandırılmaktadır (Shin ve ark., 2010).

Ancak iğne irrigasyonu ile solüsyon iğnenin ucundan ancak 1 mm ileriye kadar ulaşabilmektedir (Ram, 1977). Tay ve ark., kök kanal içinde hava kabarcığı (vapor lock) oluşumu nedeniyle irrigasyon solüsyonunun apikal bölge dentin duvarlarına tam temas etmeyeceğini vurgulamıştır (Tay ve ark., 2010). Tüm bu olumsuzluklar, iğne irrigasyonunun etkisinin apikal bölgede daha az olduğunu düşündürmektedir. Azim ve ark.'ı XP Endo finisher™, sonik aktivasyon, iğne irrigasyonu ve lazerle aktivasyon yöntemlerinin dentin tübüllerinde bakteri eliminasyonlarına etkisini incelemiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre XP Endo Finisher™'in sonik aktivasyona ve iğne irrigasyonuna göre, dentin tübüllerine invaze olmuş bakterilerin eliminasyonunda etkili olduğu ancak lazer ile aktivasyona göre daha düşük etkili bulunduğu belirtilmiştir (Azim ve ark., 2016). Vadhana ve ark.'nın pasif ultrasonik irrigasyon ile iğne irrigasyonunun dentine etkilerini inceledikleri çalışmalarının sonucunda ise pasif ultrasonik aktivasyon en etkili yöntem olarak görülmüş ve en fazla penetrasyon kronal bölgede, en düşük penetrasyon apikal bölgede bulunmuştur (Vadhana ve ark., 2015). Paragliola ve ark.'nın yaptığı bir *in vitro* çalışmada, ultrasonik ile sonik cihazların final irrigasyonda kullanılmasıyla NaOCl'nin dentin tübüllerine penetrasyonu incelenmiş ve pasif ultrasonik irrigasyonunun sonik irrigasyona göre daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Paragliola ve ark., 2010). Akçay ve ark.'larının yaptığı bir çalışmada da pasif ultrasonik irrigasyon, sonik irrigasyon ve iğne irrigasyonu incelenmiş, sonuçta pasif ultrasonik irrigasyonun daha etkin dentinal tübül penetrasyonu gösterdiği belirtilmiştir (Akçay ve ark., 2017).

Boya penetrasyon tekniğiyle yapılan bir çalışmada, PUI ile irrigasyon solüsyonunun etkinliğinin artırıldığı bildirilmiştir (Srivastava ve ark., 2017). Gu ve ark., yaptıkları çalışmada sonik ve ultrasonik ile aktivasyonun iğne irrigasyonuna göre daha etkin olduğunu ancak lazer aktivasyonunun en etkin yöntem olduğunu vurgulamıştır (Gu ve ark., 2017). Cherian ve ark.'nın yaptığı SEM çalışmasında ise pasif ultrasonik irrigasyonun iğne irrigasyonuna göre dentin tübüllerine daha iyi penetre olabileceği rapor edilmiştir (Cherian ve ark., 2016). Neeleakantan ve ark., pasif ultrasonik irrigasyonu, kök kanallarından kalsiyum hidroksiti en etkin uzaklaştıran yöntem olarak bildirmiştir (Neelakantan ve ark., 2017). Çalışmamızda ise XP Endo Finisher™ 425 µm derinlik ve %88 oranında, pasif ultrasonik irrigasyon 357 µm derinlik ve %77 oranında ve iğne ile irrigasyon 152 µm ve %51 oranında penetrasyon gösterdi.

Xp Endo Finisher™ ve PUI ile etkin bir irrigasyon elde edilmesine rağmen iğne irrigasyonu apikal bölgede diğer tekniklere göre daha az etki gösterdi. Çalışmamızın sonuçları daha önce yapılan çalışmalarla uyumludur.

Son yıllarda geliştirilen CSLM, kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyon derecesinin incelenmesi (Kara Tuncer ve Ünal, 2014; Moon ve ark., 2010), irrigasyon yöntemlerinin dentin tübüllerine penetrasyonu (Vadhana ve ark., 2015) ve mikroorganizmaların dentin tübüllerine penetrasyonunun incelenmesinde (Mohammed ve ark., 2017) kullanılmıştır. Bu çalışmaların çoğu SEM ve stereomikroskop ile de yapılabilmektedir (De Deus ve ark., 2004; Kokkas ve ark., 2004; Mamootil ve Messer, 2007). Ancak SEM ile geniş alanların incelemesinin yapılamaması, örneklerde altın kaplanması sonucu harabiyet oluşabilmesi gibi dezavantajlar bulunmaktadır. Stereomikroskop altında yapılan görüntülemelerde ise dentin tübüllerinin incelenmesi çok zordur. Weis ve ark., çalışmalarında, patları histolojik boya ile boyayıp dentin tübüllerine penetrasyonunu incelemiştir (Weis ve ark., 2004). Ancak her histolojik boya, irrigasyon solüsyonu veya kanal patıyla karıştırılamayabilir. Dolayısıyla dentin tübül penetrasyon çalışmalarında SEM ve stereomikroskop kullanımı kısıtlıdır.

CSLM ile küçük büyütmelemlerle daha geniş alanlarda analiz yapılabilir. Örnekler üzerinde ek bir işleme gerek kalmadan inceleme yapıldığı için de örneklerde herhangi bir zarar meydana gelmez. CSLM incelemesi için kullanılacak maddenin Rhodamine-B florosan boyayla işaretlenmesi gerekmektedir. Bu boya sayesinde örnekler üzerinde kullanılan maddenin adaptasyonu görüntülenebilir (Ordinola-Zapata ve ark., 2009). Gharib ve ark.'ları %0,1 orandan fazla Rhodamine-B'nin aşırı florosans etkiye neden olabileceğini rapor etmiştir. Çalışmamızda, CSLM incelemesi için CHX solüsyonu ve kanal patına hassas tartı yardımıyla %0,1 Rhodamine-B boyası ilave edilmiştir.

Literatürde kök kanal sisteminin irrigasyonu ile bakterilerin tam olarak elimine edilemediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Baker ve ark., 1975; Bystrom ve Sundqvist, 1985; Oguntebi, 1994). Ancak kök kanallarının hermetik bir şekilde doldurulmasının bakterilerin çoğalmasını engellediği kabul edilmektedir (Kokkas ve ark., 2004; Nikhil ve Singh, 2013). Bu nedenle farklı dolum teknikleri ve kanal patlarının geliştirilmesiyle, kemomekanik preperasyonun limitasyonunun ortadan

kaldırılacağı düşünülmektedir (Mamootil ve Messer, 2007; Weis ve ark., 2004). Bizde çalışmamızın ikinci bölümünde üç farklı kanal dolum tekniğinin dentin tübüllerine penetrasyonunu değerlendirmeyi amaçladık.

Yapılan bir *in vitro* çalışmada, 4 farklı kanal patı lateral kondensasyon ile doldurulmuş kanallardaki sızdırmazlıkları incelenmiş ve en az sızıntının AH 26 kanal patında olduğu rapor edilmiştir (Limkangwalmongkol ve ark., 1991). Ayrıca Schäfer ve Zandbiglari'nin yaptığı bir çalışmada AH plus ve AH 26 kanal patlarının Apexit, Ketac Endo, SealApex, Diaket patlarına göre daha az çözündüğü bildirilmiştir (Schäfer ve Zandbiglari, 2003). Farklı kanal patlarının dentin kanallarına adaptasyonunun incelendiği bir SEM çalışmasında, AH 26 kanal patının Roeko Seal Automix ve CRCS (Calcibiotic Root Canal Sealer) kanal patlarına göre daha iyi penetrasyon ve adaptasyon sağladığı bildirilmiştir (Sevimay ve Dalat, 2003). Başka bir çalışmada ise AH 26 kanal patının, EndoRez ve Pulp Canal Sealer patına göre daha iyi bir penetrasyon gösterdiği vurgulanmıştır (Mamootil ve Messer, 2007). Epoksi rezin içerikli bir kanal patı olan AH plus, uzun dönem boyutsal stabilitesinin yüksek olması, düşük çözünürlüğünün olması, apikal adaptasyonunun iyi olması ve mikro retansiyonunun iyi olması nedeniyle endodonti araştırmalarında sıklıkla kullanılan bir kanal patıdır (Silva ve ark., 2017). Bu bilgilere ek olarak CHX ile yapılan son irrigasyonun AH plus kanal patının dentine bağlanma dayanımına herhangi olumsuz bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Prado ve ark., 2013). Bizde çalışmamızda kanal dolum gruplarında AH Plus kanal patını kullandık.

Kök kanallarının dolum işlemi soğuk ve sıcak teknikler olarak ikiye ayrılmıştır. Klinik olarak soğuk lateral kondensasyonun düşük maliyetli olması ve kontrollü uygulama şekli nedeniyle yaygın kullanımı mevcuttur (Brayton ve ark., 1973; Dummer ve ark., 1994; Mjör ve Nordahl, 1996; De-Deus ve ark., 2006). Schilder, soğuk lateral kondensasyon tekniğinin kanal duvarları yetersiz tıkayacağını belirtip ısıtılmış guta-perka yöntemlerini ortaya atmıştır (Schilder, 1967). Johnson, termoplastik guta-perka yöntemiyle 3 boyutlu bir dolum elde edilebileceğini belirtmiştir (Johnson, 1978). Termoplastik dolum yöntemlerinin, homojen dolum sağlama, lateral kanalları daha iyi doldurma ve dentin duvarlarına iyi adaptasyon gösterme özellikleri sonucunda daha başarılı olduğu çalışmalar bulunmaktadır (Clinton ve Van Himel, 2001; Gençoglu, 2003). Aqrawabi'nin yaptığı çalışmada sıcak

vertikal kompaksiyon yönteminin soğuk lateral kondensasyon yöntemine göre daha başarılı klinik sonuçları olduğu rapor edilmiştir (Aqrabawi, 2006).

Literatürde kanal dolum tekniklerinin incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Nelson ve ark., kanal dolum yöntemleriyle kullanılan guta-perka miktarını araştırdıkları çalışmalarında, devamlı ısıyla dolum yönteminde lateral kondensasyona göre %23,97 daha fazla guta-perka kullanıldığını belirtmiştir (Nelson ve ark., 2000). Ayrıca Er ve Akpınar'ın çalışmasında da devamlı ısıyla dolum yönteminde soğuk lateral kondensasyona göre daha fazla guta-perka kullanılmıştır (Er ve Akpınar, 2002). Boya infiltrasyon yöntemleriyle incelenen kanal dolum yöntemlerinde lateral kondensasyon yöntemi ve tek kon yöntemi en çok sızıntıya neden olan yöntemlerdir (Beatty ve ark., 1989). Ayrıca De-Deus ve ark., üç farklı dolum yöntemini karşılaştırmış, lateral kondensasyon ile dolumda devamlı ısıyla kondensasyon ve Thermafil'e göre daha fazla boşluk kaldığını bildirmiştir (De-Deus ve ark., 2004).

Çalışmamızda, endodonti kliniğinde yaygın kullanımı olan soğuk lateral kondensasyon, devamlı ısıyla vertikal kompaksiyon ve taşıyıcı kor ile dolum yöntemlerinin dentin tübüllerine penetrasyonu incelendi.

Kanal dolumunun dentin duvarlarına penetrasyon çalışmalarının çoğunda kanal patlarının penetrasyonu incelenmiştir (Kara Tuncer ve Ünal, 2014; Bolles ve ark. 2013; Generali ve ark., 2017). Ancak literatürde kök kanallarının dolum yöntemlerinin dentin tübüllerine penetrasyonunun incelendiği kısıtlı çalışma mevcuttur (Weis ve Ark., 2004; Ordinola-Zapata ve Ark., 2009; De Deus ve Ark., 2004). Dolayısıyla çalışmamızın bulguları bu çalışmalarla değerlendirilecektir.

Kanal dolum yöntemlerinin dentin tübüllerine penetrasyonu incelemesinde en fazla penetrasyon derinliği sayısal olarak taşıyıcı sistemde (284 µm), daha sonra lateral kondensasyon (260µm) ve en düşük devamlı ısıyla dolumda (259µm) görülmektedir. Penetrasyon yüzdesi olarak değerlendirildiğinde ise en fazla yüzde lateral kondensasyon grubunda (%77), daha sonra taşıyıcı kor yönteminde (%50) ve en düşük yüzde devamlı ısıyla dolum (%49) yönteminde bulunmuştur. Ancak hem penetrasyon yüzdesi hem de penetrasyon derinliği birlikte değerlendirildiğinde, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Weis ve ark.'nın yaptıkları çalışmada, Thermafil, devamlı ısılı kondensasyon ve lateral kondensasyon teknikleri, AH 26 kanal patı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre en fazla penetrasyon derinliği 5 mm, en düşük penetrasyon derinliği 1 mm kesitlerde elde edilmiştir. Ancak gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı da belirtilmiştir (Weis ve ark., 2004).

Çalışmamızda apikalden 3 mm geride kesitler alınarak soğuk lateral kondensasyon, devamlı ısıyla kondensasyon ve Thermafil teknikleri karşılaştırıldı. Çalışmamızın sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olamadığı saptandı. Sonuçlarımız Weis ve ark.'nın çalışmasıyla uyumludur.

De Deus ve ark., yaptıkları çalışmada Thermafil, lateral kondensasyon ve devamlı ısıyla kondensasyon tekniklerinin dentin tübüllerine penetrasyonunu ışık mikroskopu altında incelemiş ve çalışmanın sonunda en fazla penetrasyon derinliğinin Thermafil yönteminde olduğunu, lateral kondensasyon ile devamlı ısıyla kondensasyon yöntemi arasında fark olmadığını rapor etmiştir (De Deus ve ark., 2004). Çalışmamızda da sayısal veriler dikkate alındığında en fazla penetrasyon derinliği Thermafil grubunda (284 µm) bulundu. Ordinola-Zapata ve ark. da çalışmamızla benzer şekilde Thermafil ile dolumun dentin tübüllerine penetrasyonunun yüksek olduğunu belirtmiştir (Ordinola ve ark., 2009).

Kok ve ark.'nın, AH Plus kanal patı yapılan dolum yöntemlerinin dentine adaptasyonunu inceledikleri çalışmanın bulgularına göre, kanal dolum yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ancak Thermafil ile dolumda lateral kondensasyon ve tek kon tekniğine göre daha az kanal patı ile dolum sağlanmıştır (Kok ve ark., 2012). Biz de çalışmamızda, Kok ve ark.'nın sonucunu destekleyecek şekilde, dolum teknikleriyle kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonu arasında anlamlı bir farklılık bulamadık.

Silva ve ark., AH plus, Pulp Canal Sealer, SealApex ve MTA Fillapex kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu, vertikal kondensasyon yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, örneklerin çoğunda dentin tübüllerine tam bir penetrasyon olmadığını belirtmiştir (Silva ve ark., 2015). Çalışmamızın sonuçları Silva ve ark. ile benzerdir. Bu durumun, dişlerin kanallarındaki dentinal sklerozisin mesial ve distal yüzeylerde çok, bukkal ve lingual yüzeylerde daha az olmasından

kaynaklandığı düşünülmektedir (Vasiliadis ve ark., 1983; Bansode ve ark., 2017). Ayrıca çalışmamızda kesitler apikal bölgeden alındı. Bu bölgede yaş ile birlikte dentin tübüllerindeki sklerozis nedeniyle daralma meydana geldiği bilinmektedir (Carvalho ve ark., 2017). Tüm örneklerde tam bir penetrasyon olmaması bu sebeplerle açıklanabilir.

Kök kanal dolum yöntemleri bir çok çalışmada incelenmiştir. Mahare ve ark.'ları lateral kondensasyon ve devamlı ısıyla kondensasyon yöntemini sıvı infiltrasyon yöntemiyle karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda dolum teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı bildirilmiştir (Mahare ve ark., 2009). Başka bir çalışmada da lateral kondensasyon, Thermafil ve devamlı ısıyla kondensasyon yöntemlerinin sızdırmalık değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın bulgularına göre 3 dolum tekniği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (İnan ve ark., 2007). Bağlanma dayanımının incelendiği başka bir çalışmada ise, AH plus ile lateral kondensasyon, ve BC sealer ile devamlı ısıyla kondensasyon dolumunun en iyi bulguları verdiği bildirilmiştir. Ancak çalışmanın sonucunda farklı kanal patlarıyla, kanal dolum yöntemlerinin etkileşiminin farklı bağlanma dayanımı meydana getirebileceği vurgulanmıştır (Gade ve ark., 2015).

McMichael ve ark., MTA Fillapex kanal patının devamlı ısıyla kondensasyon tekniğini tek kon tekniği ile karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda termoplastik tekniğin dentin tübüllerine penetrasyonunun daha iyi olduğunu belirtilmiştir (McMichael ve ark., 2015). Kuçi ve ark.'nın *in vitro* yaptığı çalışmada, AH plus kanal patının termoplastik yöntem ile, MTA Fillapex kanal patının soğuk lateral kondensasyon ile dentin tübüllerine penetrasyonunun daha iyi olduğunu vurgulamıştır (Kuçi ve ark., 2014). Ayrıca başka bir çalışmada da kalsiyum silikat içerikli kanal patların tek kon yöntemiyle kullanılmasının tavsiye edildiği bildirilmiştir (Kim ve ark., 2015). Çeşitli kanal patlarının, farklı kanal dolum yöntemleriyle kullanılması sonucunda dentin tübül penetrasyon oranları değişmektedir. Bu değişikliğin sebebi kanal patlarının viskozitesine, ısıyla akışkanlığının artmasına, yüzey gerilimine ve partikül büyüklükleri gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olduğu belirtilmiştir (Mamootil ve Messer, 2007).

Macedo ve ark., farklı kanal dolum yöntemlerinin dentin tübüllerine penetrasyonunu inceledikleri çalışmalarında tek kon yönteminin, lateral kondensasyon ve termoplastik dolum tekniklerine göre daha düşük penetrasyon gösterdiğini bildirmiştir (Macedo ve ark., 2017). Lateral kondensasyon tekniğinde dolum aşamasında spreader ile 1-3 kg'lık bir kuvvet uygulanır (Harvey ve ark., 1981). Devamlı ısıyla kondensasyon tekniğinde downpack aşamasında plugger ile vertikal yönde kuvvet uygulanır (Whitworth, 2005). Thermafil tekniğinde ise taşıyıcı kor ile krono-apikal yönde bir miktar kuvvet uygulanarak dolum tamamlanır (Levitan ve ark., 2003). Hatton ve ark. kök kanalları dolumunda uygulanan kuvvet sonucu kanal patıyla dentin duvarları arasında bağlantının güçlendiğini belirtmiştir (Hatton ve ark., 1988). Dolayısıyla çalışmamızdaki 3 yöntemde de uygulanan kuvvet sonucu dentin tübüllerine penetrasyon meydana geldiği saptandı.

Endodontik tedavinin başarısının artırılması için kök kanal sistemi içindeki tüm vital ve devital dokularla beraber enfeksiyona neden olabilecek mikroorganizmaların eliminasyonu gerekmektedir. Bunun için irrigasyon en önemli aşamadır. Günümüzde sıklıkla kullanılan iğne ile irrigasyon yönteminin dentin tübüllerine yeterli penetrasyon sağlayamadığı, PUI ve XP Endo Finisher egesi ile aktive edilen irrigasyon yönteminin daha başarılı olduğu saptanmıştır. Maliyet ve kullanım kolaylığı açısından birbirlerine kıyasla üstünlükleri bulunmadığından her iki yöntemde irrigasyon için tercih edilebilir.

Ayrıca yapılan endodontik tedavinin prognozu açısından hermetik bir kanal dolumu şarttır. Çalışmamızın ikinci bölümünde kanal dolum yöntemlerinin dentin tübüllerine penetrasyonu incelenmiş ve üç yöntem (lateral kondensasyon, devamlı ısıyla kondensasyon ve taşıyıcı kor ile dolum) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Çalışmamızda standardizasyonu sağlamak amacıyla tek köklü ve tek kanallı düz formda dişler kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmamasının sebebinin, düz köklerin kullanılmış olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ancak klinik uygulamalarda farklı kök kanal sistemine sahip dişlerle de karşılaşabilmekteyiz. Bu durumda kullanılan dolum teknikleri ile farklı sonuçlar elde edilebilir. Çalışmamızın farklı kök kanal sistemine sahip dişler üzerinde de tekrarlanmasının literatüre katkıda bulunacağını düşünmekteyiz. Ayrıca hem irrigasyon solüsyonlarının hem de kanal patlarının dentin

tübüllerine penetrasyonunu, dentin tübüllerinin çapı, dentinde oluşan sklerizasyon ve smear tabakası etkilemektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda dişlerin standardizasyonu önem kazanmaktadır. Di  seçimi yapılırken özellikle aynı ya  grubu bireylerden çekilmiş di ler seçilmelidir.



SONUÇLAR

1. Çalışmamızın ilk aşamasında, irrigasyon yöntemlerinin dentin tübüllerine penetrasyonu incelenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre klinikte kullanımı yaygın olan iğne irrigasyonun dentine penetrasyonu yetersiz bulunmuştur.
2. XP-Endo Finisher™ irrigasyon yöntemi ile PUI yöntemi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.
3. Kanal dolumu çalışmamızın bulgularına göre ise lateral kondensasyon, devamlı ısıyla kondensasyon ve taşıyıcı kor yöntemi ile dolum tekniklerinin kullanılmasıyla kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonu incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda 3 yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Çalışmamızın sonucunda başarılı bir kanal tedavisi için iğne ile irrigasyon yöntemi yerine PUI veya XP Endo Finisher yönteminin kullanılmasının gerektiği gözlenmiştir. Ayrıca düz kök anatomisine sahip dişlerde kanal dolum yöntemlerinin başarıyı etkilemediği görülmüştür. Ancak karşımıza çıkabilecek farklı kök anatomisine sahip dişlerde farklı dolum yöntemleri ile farklı sonuçlar alınabileceği göz ardı edilmemelidir.

XP Endo Finisher'ın dentin tübüllerine penetrasyonun ilk defa çalışmamızda incelenmiş olması literatüre katkıda bulunacaktır.

8. KAYNAKLAR

Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA, Walton AJ. Ultrasonic debridement of root canals: Acoustic cavitation and its relevance. *International Endodontic Journal*. 2009;42(5):391–398.

Akçay M, Arslan H, Mese M, Durmus N, Capar ID. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming, passive ultrasonic, and sonic irrigation techniques on dentinal tubule penetration of irrigation solution: a confocal microscopic study. *Clinical Oral Investigations*. 2017;21(7):2205–2212.

Akpata ES, Blechman H. Bacterial Invasion of Pulpal Dentin Wall *in vitro*. *Journal of Dental Research*. 1982;61(2):435–438.

Akyuz Ekim SN, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: An *in vitro* study. *Microscopy Research and Technique*. 2015;78(3):230–239.

Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *International Endodontic Journal*. 2012;45(10),898–906.

Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a New Brush-Covered Irrigation Needle in Removing Root Canal Debris: A Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Endodontics*. 2006; 32(12):1181–1184.

Alaçam,T. Endodonti. Ankara: Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksek Okulu Basımevi. 2012. sf. 700.

Allard U, Strömberg U, Strömberg T. Endodontic treatment of experimentally induced apical periodontitis in dogs. *Dental Traumatology*. 1987;3(5):240–244.

Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JCN, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF. (2016). Removal of root canal fillings in curved canals using either reciprocating

single-or rotary multi-instrument systems and a supplementary step with the XP-Endo Finisher™. *Journal of endodontics*. 2016;42(7),1114-1119.

Aqrabawi JA. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation versus vertical compaction (Schilder's technique). *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2006; 7(1):017–024.

Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. Enterococcus faecalis Biofilms Eradication by Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*. 2009;35(5):711–714.

Armani DK, Liu LC. Microfabrication technology for polycaprolactone, a biodegradable polymer. *Proceedings IEEE Thirteenth Annual International Conference on Micro Electro Mechanical Systems*. 2000;10:80–84.

Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GTJ. Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *Journal of Endodontics*. 2016;42(6):928–934.

Baca P, Mendoza-Llamas ML, Arias-Moliz MT, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Residual effectiveness of final irrigation regimens on enterococcus faecalis-infected root canals. *Journal of Endodontics*. 2011;37(8):1121–1123.

Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *Journal of endodontics*. 1975;1:127–35.

Bansode PV, Pathak SD, Wavdhane MB, Khedgikar S, Rai S. (2017). Butterfly Effect in Endodontics: A Systemic Review. *Journal of Medical and Dental Science Research*. 2017;4(2):21-23.

Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics* 2012;27:74–102.

Basrani BR, Manek S, Sodhi RNS, Fillery E, Manzur A. Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate. *Journal of Endodontics*. 2007; 33(8):966–

969.

Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod*. 1987;13(4):147–157.

Boutsioukis C, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LW. (2010). The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *Journal of Endodontics*. 2010;36(10):1664-1668.

Beatty RG, Baker PS, Haddix J, Hart F. The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration. *The Journal of the American Dental Association*. 1989; 119(5):633–637.

Berber VB, Gomes BPFA, Sena NT, Vianna ME, Ferraz CCR, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. *International Endodontic Journal*. 2006;39(1):10–17.

Berg MS, Jacobsen EL, BeGole E A, Remeikis NA. A comparison of five irrigating solutions: A scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*. 1986; 12(5):192–197.

Blank-Gonçalves LM, Nabeshima CK, Martins GHR, MacHado MEDL. Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: Conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(9):1268–1271.

Bolles JA, He J, Svoboda KKH, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of vibringe, endoactivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *Journal of Endodontics*. 2013;39(5):708–711.

Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: A Computational Fluid Dynamics. *International Endodontic Journal*. 2009;42(2):144-155

Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. *Journal of endodontics*. 2002;28(3):220–223.

Boyde A. Advances in fluorine research and dental caries prevention. In: *An assessment of two new physical methods applied to the study of dental tissues*. Oxford, UK: Pergamon Press. 1963. sf. 254

Brännström M, Nyborg H. Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: Growth of bacteria and effect on the pulp. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1973; 30(3):303–310.

Brännström M. (1984). Smear layer: pathological and treatment considerations. *Operative dentistry. Supplement*. 1984;3:35.

Brayton SM, Davis SR, Goldman M. Gutta-percha root canal fillings. An *in vitro* analysis. Part I. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1973; 35(2):226-231.

Buchanan L. S. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *Dentistry today*. 1994;13:10.

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

Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The *in vivo* evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *Journal of Endodontics*. 2007;33:782–787.

Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal*. 1985;18(1):35-40.

Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: A scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 1983;9(7):289–292.

Camps J, Pommel L, Aubut V, Verhille B, Satoshi F, Lascola B, About I. Shelf life, dissolving action, and antibacterial activity of a neutralized 2,5% sodium hypochlorite solution. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and*

Endodontology. 2009;108(2).

Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *Journal of endodontia*. 2002;28(18):779–783.

Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. (1984). A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *Journal of endodontics*. 1984;10(8):359-363.

Carrotte P. Endodontics: Part 1 The modern concept of root canal treatment. *British Dental Journal*. 2004;197(4):181–183.

Carvalho TS, Lussi A. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. *Journal of oral rehabilitation*. 2017;44(4):291-298.

Cengiz T, Mısırlıgil A, Aydın M. Tıp ve diş hekimliğinde genel ve özel mikrobiyoloji. 2004. Güneş Kitabevi Ltd. Şti, Ankara.

Chandra SS, Shankar P, Indira R. Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: A confocal microscopic study. *Journal of Endodontics*. 2012;38(10):1412–1416.

Chávez de Paz LE, Bergenholtz G, Svensäter G. The Effects of Antimicrobials on Endodontic Biofilm Bacteria. *Journal of Endodontics*. 2010;36(1):70–77.

Cherian B, Gehlot PM, Manjunath MK. Comparison of the antimicrobial efficacy of octenidine dihydrochloride and chlorhexidine with and without passive ultrasonic irrigation - An invitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016;10(6):71-77.

Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P. Effect of Lowering the pH of Sodium Hypochlorite on Dissolving Tissue *in Vitro*. *Journal of Endodontics*. 2008;34(4):449–452.

Chu CH, Lo ECM, Cheung GSP. Outcome of root canal treatment using Thermafil and cold lateral condensation filling techniques. *International Endodontic Journal*.

2005;38(3):179–185.

Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *Journal of endodontics*.2001;27(11):692–695.

Cobankara FK, Ozkan HB, Terlemez A. Comparison of Organic Tissue Dissolution Capacities of Sodium Hypochlorite and Chlorine Dioxide. *Journal of Endodontics*. 2010;36(2):272–274.

Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp* (fourth edi). St.Louis: Mosby. 1963. sf.565

Combe EC, Cohen BD, Cummings K. Alpha- and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *International Endodontic Journal*.2001;34(6).

Cremer C, Cremer T. Considerations on a laser-scanning-microscope with high resolution and depth of field. *Acta Microscopica*.1978;81(1):31–44.

Cumbo E, Russo R, Gallina G. System B, Endo-Twinn and E-Fill. True temperatures inside the canal. *Journal of Conservative Dentistry*. 2012;15(4):342.

Cunningham WT. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surgery*. 1982;5(5):527–531.

Czonstkowsky M, Michanowicz A, Vazquez JA. Evaluation of an injection of thermoplasticized low-temperature gutta-percha using radioactive isotopes. *Journal of Endodontics* 1985;11(2):71–74.

Çalışkan K. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. İstanbul TR. 2006; Nobel Matbaacılık. sf. 240.

Çalışkan MK. Nonsurgical retreatment of teeth with periapical lesions previously managed by either endodontic or surgical intervention. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2005;100(2):242–248.

Çapar ID, Aydınbelge HA. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. *Scanning*.

2014;36(6):640–647.

Davies P, Little K, Aherne W. Tetracyclines and yellow teeth. *The Lancet*. 1962;279(7232):743.

De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, system B and lateral condensation. *International Endodontic Journal*. 2006;39(5):378–383.

De-Deus G, Gurgel Filho ED, Ferreira CM, Coutinho Filho T. (2002). Intratubular penetration of root canal sealers. *Pesquisa Odontológica Brasileira*. 2002;16(4),332-336.

De-Deus G, Gurgel-Filho E, Maniglia-Ferreira O, Coulinho-Filho T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: A study using light microscopy and digital image processing. *Australian Endodontic Journal*. 2004;30(1):23–28.

De Moor RJ, Homme GM. The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta percha obturation techniques. *International Endodontic Journal*. 2002;35(3):275–282.

De Moor RJ, Martens LC. Apical microleakage after lateral condensation, hybrid gutta-percha condensation and Soft-Core obturation: an *in vitro* evaluation. *Endodontics & dental traumatology*. 1999;15(5):239–43.

de Vasconcelos BC, Luna-Cruz SM, De-Deus G, de Moraes IG, Maniglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED. Cleaning ability of chlorhexidine gel and sodium hypochlorite associated or not with EDTA as root canal irrigants: a scanning electron microscopy study. *Journal of applied oral science*. 2007;15(5):387–91.

DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers in Medical Science*. 2012;27(2):273–280.

DuLac K, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ, Hatton JF. Comparison of the

obturation of lateral canals by six techniques. *Journal of Endodontics*. 1999;25(5):376–380.

Dummer PMH, Lyle L, Rawle J, Kennedy JK. A laboratory study of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or Thermafil obturators. *International Endodontic Journal*. 1994;27(1):32–38.

Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher™, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology*. 2017;105(2):178–183.

Er K, Akpınar KE. Devamlı ısıyla obturasyon ve lateral kondensasyon yöntemleri ile doldurulan kök kanallarındaki guta perka miktarının karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2002;5(1).

Ercan E, Ozekinci T, Atakul F, Gul K. Antibacterial Activity of 2% Chlorhexidine Gluconate and 5,25% Sodium Hypochlorite in Infected Root Canal: In Vivo Study. *Journal of Endodontics*. 2004;30(2):84–87.

Ersahan S, Aydin C. Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin- and epoxy resin-based sealers. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2013;71(3–4):857–862.

Estrela CR, Estrela CR, Barbin EL, Spano JC, Marchesan M, Pecora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*. 2002;13:113–117.

Evans JT, Simon JHS. Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *Journal of Endodontics*. 1986;12(3):101–107.

Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics* 2001;27(7):452–455.

Frough-Reyhani M, Ghasemi N, Soroush-Barhaghi M, Amini M, Gholizadeh Y.

Antimicrobial efficacy of different concentration of sodium hypochlorite on the biofilm of *Enterococcus faecalis* at different stages of development. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2016;8(5):263–270.

Gade VJ, Belsare LD, Patil S, Bhede R, Gade JR. Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An *in vitro* study. *Journal of conservative dentistry*. 2015;18(2),124.

Gandolfi MG, Parrilli AP, Fini M, Prati C, Dummer PMH. 3D micro-CT analysis of the interface voids associated with Thermafil root fillings used with AH Plus or a flowable MTA sealer. *International Endodontic Journal*. 2013;46(3):253–263.

Gatot A, Peist M, Mozes M. Endodontic overextension produced by injected thermoplasticized gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 1989;15(6):273–274.

Gençoğlu N. Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and lateral condensation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*. 2003;96(1):91–95.

Generali L, Cavani F, Serena V, Pettenati C, Righi E, Bertoldi C. Effect of Different Irrigation Systems on Sealer Penetration into Dentinal Tubules. *Journal of Endodontics*. 2017;43(4):652–656.

Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A Confocal Laser Scanning Microscope Investigation of the Epiphany Obturation System. *Journal of Endodontics*. 2007;33(8):957–961.

Gilboe DB, Svare CW, Thayer KE, Drennon DG. Dentinal smearing: An investigation of the phenomenon. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1980;44(3):310–316.

Glickman GN, Winford TE, Gutmann JL. Microbiological evaluation of the Hygenic Ultrafil heated gutta-percha delivery system. *International Endodontic Journal*. 1990;23(3):148–155.

Glickman GN, Gutmann JL. Contemporary perspectives on canal obturation. *Dental clinics of North America*. 1992;36(2):327–341.

Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *Journal of Endodontics*. 1977;3(3):101–105.

Goldberg F, Massone EJ, Artaza LP. Comparison of the sealing capacity of three endodontic filling techniques. *Journal of Endodontics*. 1995;21(1):1–3.

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*. 1982;53(1),74-77.

Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: A scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1981;52(2):197–204.

Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Sun Lin P. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *Journal of Endodontics*. 1982;8(11):487–492.

Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J. New method of irrigation during endodontic treatment. *Journal of Endodontics*. 1976;2(9):257–260.

Gomes BPF, Ferraz CCR, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, de Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*. 2001;34:424–428.

Gopikrishna V, Venkateshbabu N, Krithikadatta J, Kandaswamy D. Evaluation of the effect of MTAD in comparison with EDTA when employed as the final rinse on the shear bond strength of three endodontic sealers to dentine. *Australian Endodontic Journal*. 2011;37(1):12–17.

Grossman LI. An improved root canal cement. *Journal of American Dentistry Association*. 1958;58(3):381–385.

Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. *Journal of Endodontics*. 1982;8:10-12.

Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *Journal of Endodontics*. 2009;35(6):791–804.

Gu X H, Mao CY, Kern M. Effect of Different Irrigation on Smear Layer Removal after Post Space Preparation. *Journal of Endodontics*. 2009;35(4):583–586.

Gu Y, Perinpanayagam H, Kum DJW, Yoo YJ, Jeong JS, Lim SM, Kum KY. Effect of Different Agitation Techniques on the Penetration of Irrigant and Sealer into Dentinal Tubules. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2017;35(2):71–77.

Gulabivala K, Gulabivala Patel B, Evans G, Ng YL. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):103–122.

Gurgel-Filho ED, Feitosa JPA, Teixeira FB, De Paula RCM, Silva JBA, Souza-Filho FJ. Chemical and X-ray analyses of five brands of dental gutta-percha cone. *International Endodontic Journal*. 2003;36(4):302–307.

Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *Journal of Endodontics*. 2005;31(3):166–70.

Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *Journal of Dental Research*. 1987;66(8):1375–1379.

Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of Dentin on the Antimicrobial Properties of Endodontic Medicaments. *Journal of Endodontics*. 2007;33(8):917–925.

Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*. 1978;4(2):60–64.

Harvey TE, White JT, Leeb IJ. Lateral condensation stress in root canals. *Journal of Endodontics*, 1981;7(4), 151-155.

Hatton JF, Ferrillo PJ, Wagner G, Stewart P. The effect of condensation pressure on the apical seal. *Journal of Endodontics*. 1988;14:305-308.

Hovland J, Dumsha C. Leakage evaluation *in vitro* of the root canal sealer cement Sealapex. *International Endodontic Journal*. 1985;18:179–182.

Hulsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*. 2005;10(1):30–76.

Inan U, Aydemir H, Taşdemir T. Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. *Australian Endodontic Journal*. 2007;33(1),18-22.

Ingle JI, Bakland LK. *Endodontics* 6. London: BC Decker Inc. 2008. Sf.566

Jeanson MJ. A comparison of 2,0% chlorhexidine gluconate and 5,25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *Journal of Endodontics*. 1994;20(6):276–278.

Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *Journal of Endodontics*. 2017;43(4):633-637.

Jiang LM, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, Van Der Sluis LWM. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *Journal of Endodontics*. 2012;38(6):838–841.

Johnson WB. A new gutta-percha technique. *Journal of Endodontics*. 1978;4(6):184–188.

Jones MN, Song YH, Kaszuba M, Reboiras MD. The interaction of phospholipid liposomes with bacteria and their use in the delivery of bactericides. *Journal of Drug Targeting*. 1997;5(1):25–34.

Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germfree and conventional laboratory rats. *Journal - Southern California Dental Association*. 1966;34(9):449–451.

Kara Tuncer A, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of Endodontics*. 2012;38:860-863.

Kara Tuncer A, Ünal B. Comparison of sealer penetration using the endovac irrigation system and conventional needle root canal irrigation. *Journal of Endodontics*. 2014;40(5):613–617.

Kaufman AY, Keila S. Conservative treatment of root perforations using apex locator and thermatic compactor-case study of a new method. *Journal of Endodontics*. 1989;15(6):267-272.

Keskin C, Sariyilmaz E, Sariyilmaz Ö. Efficacy of XP-endo Finisher™ file in removing calcium hydroxide from simulated internal resorption cavity. *Journal of Endodontics*. 2017;43(1),126-130.

Khademi A, Mohammadi Z, Havaee A. Evaluation of the antibacterial substantivity of several intra-canal agents. *Australian Endodontic Journal*. 2006;32(3):112–115.

Kim H, Kim E, Lee SJ, Shin SJ. Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *Journal of Endodontics*. 2015;41:2025–30

Kok D, Duarte MAH, Da Rosa RA, Wagner MH, Pereira JR, Só MVR. Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microscopy Research and Technique*. 2012;75(9):1277–1280.

Kokkas AB, Boutsoukis AC, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an *in vitro* study. *Journal of Endodontics*. 2004;30(2):100–2.

Komorowski R, Grad H, Wu XY, Friedman S. Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *Journal of Endodontics*. 2000;26(6):315–317.

Kontakiotis EG, Wu MK, Wesselink PR. Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *International Endodontic Journal*. 1997;30:307–312.

Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis I, Parissis-Messimeris S, Boutsoukias A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Dental Traumatology*. 1998;14(4):191-195.

Kuçi A, Alaçam T, Yavaş Özer, Ergül-Ulger Z, Kayaoglu G. Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: A confocal laser scanning microscopic study. *Journal of Endodontics*. 2014;40(10):1627–1631.

Kuah HG, Lui JN, Tseng PSK, Chen NN. The Effect of EDTA with and without Ultrasonics on Removal of the Smear Layer. *Journal of Endodontics*. 2009;35(3):393–396.

Kumar Y, Gandhi A, Lohar J, Bhat S, Bhati M, Mehta A. Comparative evaluation of demineralization of radicular dentin with 17% ethylenediaminetetraacetic acid, 10% citric acid, and MTAD at different time intervals: An *in vitro* study. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2016;6(1):44–48.

Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifácio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *Journal of Endodontics*. 2000;26(7):391–394.

Levitan ME, Himel VT, Luckey JB. The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *Journal of Endodontics*. 2003;29(8), 505-508.

Limkangwalmongkol S, Burtscher P, Abbott PV, Sandler AB, Bishop BM. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 1991;17(10)495–499.

Lipski M. Root surface temperature rises during root canal obturation, *in vitro*, by the continuous wave of condensation technique using System B HeatSource. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*.

2005;99(4):505–510.

Llena C, Forner L, Cambralla R, Lozano A. Effect of three different irrigation solutions applied by passive ultrasonic irrigation. *Restorative dentistry & endodontics*. 2015;40(2):143–8.

Löue H, Rindom Schiöutt C, Glavind L, Karring T. Two years oral use of chlorhexidine in man: I. General design and clinical effects. *Journal of Periodontal Research*. 1976;11(3):135–144.

Luccy CT, Norman Weller R, Kulild JC. An evaluation of the apical seal produced by lateral and warm lateral condensation techniques. *Journal of Endodontics*. 1990;16(4):170–172.

Lugassy AA, Yee F. Root canal obturation with gutta-percha: a scanning electron microscope comparison of vertical compaction and automated thermatic condensation. *Journal of Endodontics*. 1982;8(3):120–125.

Macedo LMD, Silva-Sousa Y, Silva SRC, Baratto SSP, Baratto-Filho F, Abi Rached-Júnior FJ. Influence of Root Canal Filling Techniques on Sealer Penetration and Bond Strength to Dentin. *Brazilian Dental Journal*. 2017;28(3),380-384.

Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 1984;10(10):477–483.

Mahera F, Economides N, Gogos C, Beltes P. Fluid-transport evaluation of lateral condensation, ProTaper gutta-percha and warm vertical condensation obturation techniques. *Australian Endodontic Journal*. 2009;35(3),169-173.

Malheiros CF, Marques MM, Gavini G. In Vitro Evaluation of the Cytotoxic Effects of Acid Solutions Used as Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*. 2005;31(10):746–748.

Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and *in vivo*. *International Endodontic Journal*.

2007;40(11):873–881.

Marciano J, Michailescu P. Dental gutta-percha: chemical composition, x-ray implications, enthalpic studies, and clinical implications. *Journal of Endodontics*. 1989;15(4):149–153.

McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*. 1975;1(7):238–242.

McMichael G, Primus C, Opperman L. Dentinal tubule penetration of tricalcium silicate sealers. *Journal of Endodontics*. 2016;42:632–6.

Mello I, Kammerer BA, Yoshimoto D, Macedo MCS, Antoniazzi JH. Influence of Final Rinse Technique on Ability of Ethylenediaminetetraacetic Acid of Removing Smear Layer. *Journal of Endodontics*. 2010;36(3):512–514.

Michelich VJ, Schuster GS, Pashley, DH. Bacterial Penetration of Human Dentin *in vitro*. *Journal Dental Research*. 1980;59(8):1398–1403.

Mickel AK, Chogle S, Liddle J, Huffaker K, Jones JJ. The Role of Apical Size Determination and Enlargement in the Reduction of Intracanal Bacteria. *Journal of Endodontics*. 2007;33(1):21–23.

Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Archives of Oral Biology*. 1996;41(5):401–412.

Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal*. 2001;34(5):346–353.

Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal*. 2009;42(4):288–302.

Mohammed SA, Vianna ME, Penny MR, Hilton ST, Mordan N, Knowles JC. Confocal laser scanning, scanning electron, and transmission electron microscopy investigation of *Enterococcus faecalis* biofilm degradation using passive and active sodium hypochlorite irrigation within a simulated root canal model. *MicrobiologyOpen*.

2017;6(4):455.

Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, Tay FR. Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. *International Endodontic Journal*. 2007;40(5):374–385.

Moon YM, Shon WJ, Baek SH, Bae KS, Kum KY, Lee W. Effect of Final Irrigation Regimen on Sealer Penetration in Curved Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):732–736.

Nair PNR, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2005;99(2):231–252.

Neelakantan P, Sriraman P, Gutmann JL. Removal of calcium hydroxide intracanal medicament by different irrigants and irrigating techniques: a cone beam computed tomography analysis. *General Dentistry*. 2017;65(6):45–49.

Nelson E, Liewehr FR, West L. Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *Journal of Endodontics*. 2000;26(12):748–50.

Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics*. 2007;33(5), 611-615.

Nikhil V, Singh R. Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic , sonic and rotary sealer placement. *Journal of Conservative Dentistry*. 2013;16(4):294–300.

Oguntebi BR. Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *International Endodontic Journal*. 1994;27(4):218–222.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MSZ, Garcia RB, de Moraes IG, Debelian G. A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root

canals of mandibular molars. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. 2009;108(6):961–968.

Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MSZ, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, de Moraes IG. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: A confocal laser scanning microscopy study. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology. 2009;108(3):450–457.

Ørstavik D. Endodontic filling materials. Endodontic Topics 2014;31(1):53–67.

Paqué F, Luder HU, Sener B, Zehnder M. Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. International Endodontic Journal. 2006;39(1):18–25.

Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzone A, Nato F, Tay FR, Grandini S. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. Journal of Endodontics. 2010;36(2):282–285.

Park E, Shen Y, Haapasalo M. Irrigation of the apical root canal. Endodontic Topics, 2012;27(1):54–73.

Pashley DH, Livingston MJ. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. Archives of Oral Biology. 1978;23(5):391–395.

Patel DV, Sherriff M, Ford TRP, Watson TF, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: A confocal microscopic study. International Endodontic Journal. 2007;40(1):67–71.

Peters DD. Two-year *in vitro* solubility evaluation of four gutta-percha sealer obturation techniques. Journal of Endodontics. 1986;12(4):139–145.

Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: Effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. International Endodontic Journal. 2003;36(2):86–92.

Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal*. 2001;34(3):221–230.

Peters LB, Van Winkelhoff AJ, Buijs JF, Wesselink PR. Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *International Endodontic Journal*. 2002;35(1), 13-21.

Plotino G, Pameijer CH, Maria Grande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*. 2007;33(2):81–95.

Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *Journal of Endodontics*. 2001;27(7):449–451.

Prado M, Simao RA, Gomes BPFA. Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *Journal of Endodontics*. 2013;39(5):689–692.

Qualtrough AJE, Whitworth JM, Dummer PMH. Preclinical endodontology: An international comparison. *International Endodontic Journal*. 1999;32(5):406-14.

Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh N, Qualtrough A, Worthington H, Drucker DB. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*. 2004;37(7):438–446.

Rahman Hashem AA, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY. The Effect of Different Irrigating Solutions on Bond Strength of Two Root Canal-filling Systems. *Journal of Endodontics*. 2009;35(4):537–540.

Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1977;44(2):306–312.

Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between Chlorhexidine Digluconate and EDTA. *Journal of Endodontics*. 2008;34(12):1521–1523.

Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *International Endodontic Journal*. 1995;28(1):12-18.

R Sudha, VR Sukumaran, Jaya Ranganathan, NB. Comparative evaluation of the effect of two different concentrations of EDTA at two different PH and time periods on root dentin. *Journal of Conservative Dentistry*. 2006;9(1):36–42.

Regan JD. *Endodontics*(3rd Edition). Edinburg: Elsevier Ltd. 2004 sf. 302

Rhome BH, Solomon EA, Rabinowitz JL. Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *Journal of Endodontics*. 1981;7(10):458–461.

Rollison S, Barnett F, Stevens RH. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals *in vitro* related to instrumentation technique and size. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*. 2002;94(3):366–371.

Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2004;98(4):488–492.

Rossi-Fedele G, Doramac EJ, Guastalli AR, Steier L, Poli De Figueiredo JA. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *Journal of Endodontics*. 2012;38(4):426–431.

Rouhani A, Ghoddusi J, Naghavi N, Al-Lawati G. Scanning electron microscopic evaluation of dentinal tubule penetration of Epiphany in severely curved root canals. *European Journal of Dentistry*. 2013;7(4):423–428.

Rödig T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: A scanning electron microscopy study. *Journal of Endodontics*. 2010;36(12):1983–1987.

Rubin LM, Skobe Z, Krakow AA, Gron P. The effect of instrumentation and flushing

of freshly extracted teeth in endodontic therapy: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 1979;5(11):328–335.

Ruddle C. *Microbrush for Endodontic Use*. Washington, Dc: 2001.

Russell AD. Bacterial spores and chemical sporicidal agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 1990;3(2):99-119.

Sabins R, Johnson J, Hellstein J. A Comparison of the Cleaning Efficacy of Short-Term Sonic and Ultrasonic Passive Irrigation after Hand Instrumentation in Molar Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2003;29(10): 674–678.

Saito K, Webb TD, Imamura GM, Goodell GG. Effect of Shortened Irrigation Times with 17% Ethylene Diamine Tetra-acetic Acid on Smear Layer Removal after Rotary Canal Instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2008;34(8):1011–1014.

Sceiza MF, Daniel RL, Santos EM, Jaeger MM. Cytotoxic effects of 10% citric acid and EDTA-T used as root canal irrigants: an *in vitro* analysis. *Journal of endodontics*. 2001;27(12):741–743.

Schäfer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International Endodontic Journal*. 2003;36(10):660–669.

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

Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dental Clinic North America*. 1967;32(4):723-744.

Sen BH, Turk B. An update on chlorhexidine in endodontics. *Endodontic Practice Today*. 2009;3(2):87–99.

Sen BH, Wesselink PR, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*. 1995;28(3):141–148.

Senia ES, Marraro RV, Mitchell JL. Cold sterilization of gutta-percha cones with formocresol vapors. *Journal of the American Dental Association*. 1977;(1939), 94(5):887–890.

Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: A comparative scanning electron microscope study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*. 2003;96(5):614–617.

Sevimay S, Dalat D. Evaluation of penetration and adaptation of three different sealers: A SEM study. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2003;30(9):951–955.

Sevimay S, Kalayci A. (2005). Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005;32(2),105–110.

Shen Y, Gao Y, Lin J, Ma J, Wang Z. Methods and models to study irrigation. *Endodontic Topics*. 2012;27(1):3–34.

Shipper G, Orstavik D, Teixeira F, Trope M. An Evaluation of Microbial Leakage in Roots Filled with a Thermoplastic Synthetic Polymer-Based Root Canal Filling Material (Resilon). *Journal of Endodontics*. 2004;30(5):342–347.

Shin SJ, Kim HK, Jung IY, Lee CY, Lee SJ, Kim E. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2010;109(3):479–484.

Silva EJ, Perez R, Valentim RM, Belladonna FG, De-Deus GA, Lima IC, Neves AA. (2017). Dissolution, dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. *International Endodontic Journal*. 2017;50(4):407–414.

Silva RV, Silveira FF, Horta MCR, Duarte MAH, Cavenago BC, Morais IG, & Nunes E. (2015). Filling Effectiveness and Dentinal Penetration of Endodontic Sealers: A

Stereo and Confocal Laser Scanning Microscopy Study. Brazilian Dental Journal, 2015;26(5):541-546.

Silver GK, Love RM, Purton DG. Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch 'n Heat modified and System B. International Endodontic Journal. 1999;32(4):287–295.

Siqueira JF, Lima KC, Magalhães FAC, Lopes HP, De Uzeda M. Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. Journal of Endodontics. 1999;25(5):332–335.

Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. International Endodontic Journal. 1997;30(5), 297-306.

Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. Journal of Endodontics. 1990;16(10):498–504.

Smith JJ, Wayman BE. An evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid as a root canal irrigant. Journal of Endodontics 1986;12(2):54–58.

Smith M, Steiman HR. An *in vitro* evaluation of microleakage of two new and two old root canal sealers. Journal of Endodontics. 1994;20(1):18–21.

Spangberg L, Engström B, Langeland K. Biologic effects of dental materials. 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics *in vitro*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1973;36(6):856–871.

Srivastava S, Kukreja M, Kharbanda S, Grover R, Paliwal A. Effect of different methods of agitation on penetration of an endodontic irrigant. Endodontology. 2017;29(2):156.

Stevens RW, Strother JM, McClanahan SB. Leakage and Sealer Penetration in Smear-free Dentin After a Final Rinse With 95% Ethanol. Journal of Endodontics. 2006;32(8):785–788.

Taneja S, Mishra N, Malik S. Comparative evaluation of human pulp tissue dissolution by different concentrations of chlorine dioxide, calcium hypochlorite and sodium hypochlorite: An *in vitro* study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2014;17(6):541.

Tanomaru Filho M, Leonardo MR, Silva LAB, Aníbal FF, Faccioli LH. Inflammatory response to different endodontic irrigating solutions. *International Endodontic Journal*. 2002;35(9):735–739.

Tavares CO, Böttcher DE, Assmann E, Kopper PMP, De Figueiredo JAP, Grecca FS, Scarparo RK. Tissue reactions to a new mineral trioxide aggregate-containing endodontic sealer. *Journal of Endodontics*. 2013;39(5):653–657.

Tay FR, Gu L sha, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Pashley DH. Effect of Vapor Lock on Root Canal Debridement by Using a Side-vented Needle for Positive-pressure Irrigant Delivery. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):745–750.

Tidmarsh BG. Acid-cleansed and resin-sealed root canals. *Journal of Endodontics*. 1978;4(4):117–121.

Torabinejad M, Cho Y, Khademi A, Bakland L, Shabahang S. The Effect of Various Concentrations of Sodium Hypochlorite on the Ability of MTAD to Remove the Smear Layer. *Journal of Endodontics*. 2003;29(4):233–239.

Torabinejad M, Khademi A, Babagoli J, Cho Y, Johnson W, Bozhilov K, Shanahang S. A New Solution for the Removal of the Smear Layer. *Journal of Endodontics*. 2003;29(3):170–175.

Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*. 2002;94(6):658-666.

Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*. 1990;16(12):566–569.

Tosun S, Culha E, Aydin U, Ozsevik AS. The combined occluding effect of sodium fluoride varnish and Nd: YAG laser irradiation on dentinal tubules-A CLSM and SEM study. *Scanning*. 2016;38(6):619-624.

Townsend C, Maki J. An In Vitro Comparison of New Irrigation and Agitation Techniques to Ultrasonic Agitation in Removing Bacteria From a Simulated Root Canal. *Journal of Endodontics*. 2009;35(7):1040–1043.

Turkaydin D, Demir E, Basturk FB, Sazak Övecoglu, H. Efficacy of XP-Endo Finisher in the Removal of Triple Antibiotic Paste from Immature Root Canals. *Journal of Endodontics*. 2017;43(9):1528–1531.

Tzanetakakis GN, Kakavetsos VD, Kontakiotis EG. Impact of smear layer on sealing property of root canal obturation using 3 different techniques and sealers. Part I. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2010;109(2):145-153.

Uitto VJ, Haapasalo M, Laakso T, Salo T. Degradation of basement membrane collagen by proteases from some anaerobic oral microorganisms. *Oral Microbiology and Immunology*. 1988;3(3):97–102.

Vadhana S, Latha J, Velmurugan N. Evaluation of penetration depth of 2% chlorhexidine digluconate into root dentinal tubules using confocal laser scanning microscope. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2015;40(2):149–54.

Vallabhaneni K, Kakarla P, Avula SSJ, Venu Gopal Reddy N, Pratap Gowd MJS, Vardhan KR. Comparative analyses of smear layer removal using four different irrigant solutions in the primary root canals – A scanning electron microscopic study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2017;11(4):64-67.

van der Sluis LWM, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*. 2006;39(6):472–476.

Vasiliadis L, Darling AI, Levers BGH. The amount and distribution of sclerotic human root dentine. Archives of Oral Biology. 1983;28.7:645-649.

Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An In Vitro Model to Investigate Filling of Lateral Canals. Journal of Endodontics. 2005;31(12):877–881.

Venumbaka NR, Baskaran P, Mungara J, Chenchugopal M, Elangovan A, Vijayakumar P. Comparative Evaluation of the Efficacy of EndoVac and Conventional Irrigating Systems in Primary Molars – An *in Vitro* Study. Journal of Clinical Pediatric Dentistry. 2017;1053–4628–42.2.10.

Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. International Endodontic Journal. 2010;43(1):2–15.

Vojinovic O, Nyborg H, Brannstrom M. Acid treatment of cavities under resin fillings: bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. Journal of Dental Research. 1973;52(6):1189–1193.

von der Fehr FR, Östby BN. Effect of edta and sulfuric acid on root canal dentine. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1963;16(2):199–205.

Walmsley AD, Murgel C, Krell KV. Canal markings produced by endosonic instruments. Dental Traumatology. 1991;7(2):84–89.

Walton RE, Johnson WT. Obturation. In: Principles and Practice of Endodontics. (3rd Edition). Philadelphia: W.B. Saunders Co. 2002. Sf.455

Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effect of smear layer against disinfection protocols on *Enterococcus faecalis* infected dentin. Journal of Endodontics. 2013;39(11):1395-1400.

Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari EP. Citric and lactic acids as root canal irrigants *in vitro*. Journal of Endodontics. 1979;5(9):258–265.

Weis MV, Parashos P, Messer HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. International Endodontic Journal,

2004;37(10):653–663.

Wennber A, Orstavik Niom D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *International Endodontic Journal*. 1990;23(1):13–19.

White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *Journal of Endodontics*. 1997;23(4):229–231.

Whitworth J. Methods of filling root canals: principles and practices. *EndodonticTopics*. 2005;12(1), 2-24.

Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *International Endodontic Journal*. 2017;50(7), 700-705.

Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of proteus vulgaris. *Journal of Endodontics*. 1985;11(9):385–388.

Wong M, Peters DD, Lorton L, Bernier WE. Comparison of gutta-percha filling techniques: three chloroform-gutta-percha filling techniques, part 2. *Journal of Endodontics*. 1982;8(1):4–9.

Wu MK, Wesselink PR, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *International Endodontic Journal*. 1995;28(4):185–189.

Wu, MK, Wesselink PR. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*. 1993;26(1):37–43.

Wu MK, Özok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *International Endodontic Journal*. 2000;33(4):340–345.

Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*. 2001;34(2):137–141.

Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of Endodontics*. 1983;9(4):137–142.

Zaccaro Scelza MF, Pierro VSS, Chagas MA, da Silva LE, Scelza, P. Evaluation of Inflammatory Response of EDTA, EDTA-T, and Citric Acid in Animal Model. *Journal of Endodontics*. 2010;36(3):515–519.

Zehnder M. Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*. 2006;32(5):389-398

Živković S, Nešković J, Jovanović-Medojević M, Popović-Bajić M, Živković-Sandić, M. (2015). XP-endo Finisher: A New Solution for Smear Layer Removal. *Serbian Dental Journal*. 2015;62(3):122–129.

Zmener O, Pameijer CH, Macri E. Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an *in vitro* study. *Journal of Endodontics*. 2005;31(5):392–395.

9. EKLER

9.1. Etik Kurul Onayı





T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Etik Kurulu

PROJENİN ADI : Farklı Kök Kanal İrrigasyon Ve Dolum Yöntemlerinin Kanal Dolgusunun Dentin Duvarına Penetrasyonuna Etkisinin İncelenmesi
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Yrd.Doç..Dr.Dilek TÜRKAYDIN
PROJEDEKİ ARAŞTIRICILAR : Erhan DEMİR
ONAY TARİHİ VE ONAY SAYISI: 30.05.2016 - 39

Sayın Yrd.Doç..Dr.Dilek TÜRKAYDIN

39 protokol nolu "Farklı Kök Kanal İrrigasyon Ve Dolum Yöntemlerinin Kanal Dolgusunun Dentin Duvarına Penetrasyonuna Etkisinin İncelenmesi" isimli projeniz Enstitümüz Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve etik yönden uygunluğuna karar verilmiştir.

Prof. Dr. Göksel ŞENER
Komisyon Başkanı

Yrd.Doç.Dr. Pınar MEGA TİBER

Prof. Dr. Dilsad SAVE

Prof.Dr. Hülya AŞÇI

Prof.Dr. Ufuk YURDALAN

Prof.Dr. Tuğba TUNALI AKBAK

Doç. Dr. Neşet BAĞÇECİK

Doç.Dr. Tolga GÜVEN

Doç. Dr. Oya ORUN

Yrd.Doç.Dr. Betül OKUYAN

Doç.Dr. Hakan ARIKAN

Yrd.Doç.Dr. M. Ümit UĞURLU

Avk. Funda IŞIK ÖZCAN



Marmara Üniversitesi Göztepe
Kampüsü Sağlık Bilimleri
Enstitüsü 34688 Kadıköy /
İSTANBUL

0 (216) 414 44 23/12 (Faks)
0 (216) 414 44 23

saglik.ogrenci@marmara.edu.tr
<http://saglik.marmara.edu.tr>

Ayrıntılı bilgi için:
AYŞE KARA

9.2. Tez Kaynaklı Yayın

Efficacy of XP-Endo Finisher in the Removal of Triple Antibiotic Paste from Immature Root Canals

Dilek Turkaydin, PhD, Erban Demir, DDS, Fatima Betul Basturk, PhD, BDS, and Hesna Sazak Övecoglu, PhD

Abstract

Introduction: The aim of this study was to evaluate and compare the effectiveness of the XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) with passive ultrasonic irrigation (PUI) and needle irrigation in the removal of triple antibiotic paste (TAP) from the straight immature root canals of extracted teeth. **Methods:** Thirty-four freshly extracted single-rooted teeth were used. All canals were prepared up to the ProTaper F5 file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). Apices were drilled to simulate teeth with immature apices. The canals were filled with TAP, sealed, and incubated at 37°C and 100% humidity for 1 month. Samples were randomly assigned to 3 experimental groups according to the method used for TAP removal: XP-Endo Finisher, PUI, and needle irrigation ($n = 10$). Then, the roots were split into 2 halves. The amount of TAP residue in the apical portion of each segment was evaluated using a scanning electron microscopy and scored. **Results:** The amount of remaining TAP was significantly lower in the XP-Endo Finisher group compared with the needle irrigation and PUI groups ($P < .05$). Between the needle irrigation and PUI groups, there were no statistically significant differences ($P > .05$). **Conclusions:** Within the limitations of this study, the XP-Endo Finisher removed significantly more TAP than needle irrigation and PUI. (*J Endod* 2017; ■:1–4)

Key Words

Passive ultrasonic irrigation, scanning electron microscopy, triple antibiotic paste, XP-Endo Finisher

Endodontic management of immature permanent teeth with necrotic pulps is both a clinical challenge for dental practitioners and a public health care problem (1). Immature teeth are at risk for pulp necrosis because of trauma, dental anomalies, and caries (2). Regenerative endodontic procedures have emerged as an alternative treatment option for young permanent teeth with immature roots (1, 3). Banchs and Trope (4) reported that if the canal could be effectively disinfected, a matrix into which new tissue could grow was created, and the coronal seal was achieved, then the repair should occur in immature permanent teeth.

The most essential factor influencing the success of both apexification and revascularization is disinfection of the root canal space (2, 3). Many disinfection protocols include the use of intracanal medicaments. The most commonly used intracanal medicament in regenerative endodontics is triple antibiotic paste (TAP), which is a mixture of metronidazole, ciprofloxacin, and minocycline (2, 3). Because of the possible development of resistant bacterial strains and tooth discoloration, thorough removal of TAP from the root canal space is essential (4, 5). The studies that evaluated the efficacy of irrigation protocols for the removal of TAP reported that the irrigation solutions alone were unable to remove TAP entirely from the root canals (2, 6).

The XP-Endo Finisher (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) instrument is a size 25 nontapered instrument that was recently introduced with the promise of enhancing root canal cleaning and disinfection (7). So far, few studies investigated the cleaning efficacy of the XP-Endo Finisher (8, 9). To date, no studies have evaluated the effect of the XP-Endo Finisher on the removal of TAP from root canals. Thus, the aim of this study was to evaluate the effectiveness of the XP-Endo Finisher and compare its efficacy with needle irrigation and passive ultrasonic irrigation (PUI) in the removal of TAP from straight immature root canals of extracted teeth. The null hypothesis was that there is no difference between the various techniques in removing TAP from root canals.

Significance

Thorough removal of TAP is essential because of the possible development of resistant bacteria and discoloration, but it remains a challenge. We compared a novel instrument (XP-Endo Finisher) with PUI and needle irrigation to remove TAP from straight immature root canals.

From the Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Marmara University, Istanbul, Turkey.
Address requests for reprints to Dr Fatima Betul Basturk, Faculty of Dentistry, Marmara University, Basibuyuk Yolu 9/3, 34854 Maltepe, Istanbul, Turkey. E-mail address: fatimabasturk@gmail.com
0099-2399/\$ - see front matter
Copyright © 2017 American Association of Endodontists.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.04.017>

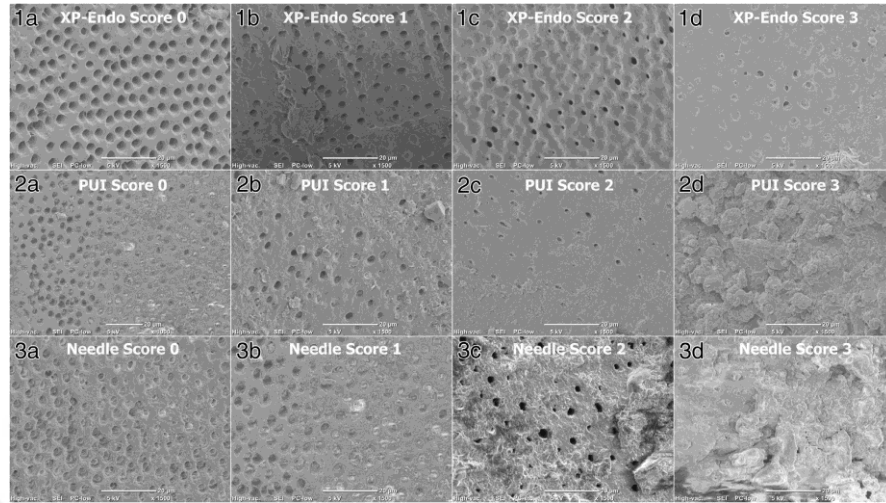


Figure 1. Representative SEM images of the apical thirds of (row 1) the XP-Endo Finisher group, (row 2) the PUI group, and (row 3) the needle irrigation group. (a) Score 0, (b) score 1, (c) score 2, and (d) score 3.

Discussion

The remnants of TAP on the canal walls could affect the outcome of regenerative endodontic treatment (2); therefore, they should be removed from the root canals. In the present study, the ability of several irrigation solutions to remove TAP from the straight immature root canal walls after 1 month of placement was investigated.

The advantage of using an immature apex model is that the width and length of the root canal space can be standardized (12). However, it might not accurately reflect the natural root canal system with respect to the complex anatomy. Thus, it may be easier to remove TAP from simulated immature teeth than from natural immature teeth.

TAP is a highly effective antimicrobial agent (13) that has been used in regenerative endodontic procedures (1, 14). Recent studies (3, 15) showed that this medicament when used at various concentrations has an adverse effect on stem cell survival even after attempts to remove them from the root canals. Moreover, TAP can cause significant staining (16), demineralization (17), and reduced microhardness and fracture resistance (18). Because of its potential adverse effects on the microenvironment of the root canal system, it is crucial that the TAP be adequately removed from the root canal once it has served its antimicrobial purpose (2, 6).

The results of this study showed that it was difficult to completely remove TAP from the root canal. A study by Berkhoff et al (2) in which TAP removal was compared with calcium hydroxide also concluded that TAP had high retention within dentin regardless of the removal efforts with different irrigation methods (6).

Factors such as the type of irrigant used (2), solution agitation (12), penetration depth of the irrigation needle (19–21), and the instrumentation technique used (22) affect the attainment of clean root canals. Antibiotic pastes were previously removed using various irrigating solutions such as NaOCl, EDTA, and sterile saline (23–25). Therefore, an irrigation protocol adopted from Arslan et al (23) was used.

In the present study, TAP was removed from the root canals using various techniques. The amount of residual TAP on root canal walls has been assessed in varied ways from calculating the volumes of residues by stereomicroscopy (24) to radioactive labeling (2). In this study, 2 calibrated examiners evaluated the presence of TAP residue in longitudinally sectioned root halves based on digitally recorded SEM images at $\times 1500$ magnification to reveal the remaining paste inside the dentinal tubules using a modified scoring system (26). This scoring system was recently used by Wigler et al (8) and Capar et al (27).

TABLE 1. The Mean, Median, and Minimum-maximum Values of the Amount of Remaining Triple Antibiotic Paste on the Apical Root Section for Each Experimental Group

Groups	Amount of remaining debris			P value
	Mean $\pm$ SD	Median	Minimum-maximum	
XP-Endo Finisher	0.85 $\pm$ 0.87	1	0–2	.001*
PUI	2.55 $\pm$ 0.60	3	1–3	
Needle Irrigation	2.30 $\pm$ 0.73	2	0–3	

PUI, passive ultrasonic irrigation; SD, standard deviation.

*Kruskal-Wallis test, $P < .05$.

Basic Research—Technology

Even though the scoring method used in the present study involved qualitative analysis, it is a simple scoring system performed by 2 calibrated examiners with concordance between them.

Recent studies evaluated the cleaning efficacy of needle irrigation (2), sonic irrigation (6), PUI (2, 24), CanalBrush (Coltene/Whaledent GmbH+ Co KG, Langenau, Germany) (6), EndoActivator (Dentsply, Tulsa, OK) (2), and EndoVac (SybronEndo, Coppell, TX) (2) on the removal of TAP. Compared with traditional needle irrigation, PUI can be an important supplement for cleaning the root canal system because it removes more organic tissue and debris from the root canal (24). However, in this study, there were no significant differences between needle irrigation and PUI in terms of TAP removal.

The XP-Endo Finisher is formed using a proprietary NiTi alloy (Martensite-Austenite Electropolish-Flex; FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland). The instrument is straight in its martensite phase at room temperature, but it changes to the austenite phase at body temperature and develops a spoon shape; when rotated and moved up and down in the canal, this shape makes the instrument expand and contract to touch the canal walls and shake the irrigant solution (7, 28). The idea behind this is that in rotation mode the austenite phase shape will allow the file to contract and expand according to the root canal anatomy, accessing and cleaning areas that are otherwise impossible to reach with standard instruments (7). This expectation was realized in the present study in terms of TAP. Recent studies showed that the irrigation of root canals using the XP-Endo Finisher appeared to be more effective on debris and smear layer removal than needle irrigation (8), which was in accordance with our findings. In previous studies, the XP-Endo Finisher showed similar results to PUI (8) and the EndoActivator (9). However, in this study, the XP-Endo Finisher showed better cleaning efficacy than PUI. Therefore, the null hypothesis that there is no difference between the various techniques was rejected because the XP-Endo Finisher removed significantly more TAP than PUI and needle irrigation. This can be attributed to its metallurgy (7).

Within the limitations of this study, the XP-Endo Finisher removed significantly more TAP than the needle irrigation and PUI groups. The XP-Endo Finisher can be used as an alternative irrigation method for the removal of TAP from straight immature root canals when used in combination with NaOCl and EDTA.

Acknowledgments

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

References

- Diogenes A, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KM. An update on clinical regenerative endodontics. *Endod Topics* 2013;28:2–23.
- Berkhoff JA, Chen PB, Teixeira FB, Diogenes A. Evaluation of triple antibiotic paste removal by different irrigation procedures. *J Endod* 2014;40:1172–7.
- Ruparel NB, Teixeira FB, Ferraz CC, Diogenes A. Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *J Endod* 2012;38:1372–5.
- Banchs F, Trope M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? *J Endod* 2004;30:196–200.
- da Silva LA, Nelson-Filho P, da Silva RA, et al. Revascularization and periapical repair after endodontic treatment using apical negative pressure irrigation versus conventional irrigation plus triantibiotic intracanal dressing in dogs' teeth with apical periodontitis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109:779–87.
- Thakur DA, Patil S, Gade V, et al. Comparative scanning electron microscopy evaluation of Canal Brushing technique, sonic activation, and master apical file for the removal of triple antibiotic paste from root canal (*in vitro* study). *Contemp Clin Dent* 2015;6:517–27.
- FKG Dentaire SA. The XP Endo Finisher File Brochure. Available at: www.fkg.ch/sites/default/files/fkg_xp_endo_brochure_en_vb.pdf. Accessed November 15, 2016.
- Wigler R, Dvir R, Weisman A, et al. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized groove in the apical third of oval root canals. *Int Endod J* 2017;50:700–5.
- Elnaghy AM, Mandorah A, Elsakka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology* 2017;105:178–83.
- Paqué F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J* 2005;38:8–16.
- Kuga MC, Campos EA, Faria-Junior NB, et al. Efficacy of NiTi rotary instruments in removing calcium hydroxide dressing residues from root canal walls. *Braz Oral Res* 2012;26:19–23.
- Altunsoy M, Ok E, Tanriver M, Capar ID. Effects of different instrumentation techniques on calcium hydroxide removal from simulated immature teeth. *Scanning* 2015;37:265–9.
- Sato T, Hoshino E, Uematsu H, Noda T. *In vitro* antimicrobial susceptibility to combinations of drugs of bacteria from carious and endodontic lesions of human deciduous teeth. *Oral Microbiol Immunol* 1993;8:172–6.
- Windley W, Teixeira F, Levin L, et al. Disinfection of immature teeth with a triple antibiotic paste. *J Endod* 2005;31:439–43.
- Althumairy RI, Teixeira FB, Diogenes A. Effect of dentin conditioning with intracanal medicaments on survival of stem cells of apical papilla. *J Endod* 2014;40:521–5.
- Kim J-H, Kim Y, Shin S-J, et al. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *J Endod* 2010;36:1086–91.
- Yassen GH, Chu T-MG, Eckert G, Platt JA. Effect of medicaments used in endodontic regeneration technique on the chemical structure of human immature radicular dentin: an *in vitro* study. *J Endod* 2013;39:269–73.
- Yassen G, Val M, Chu T, Platt J. The effect of medicaments used in endodontic regeneration on root fracture and microhardness of radicular dentine. *Int Endod J* 2013;46:688–95.
- Hsieh Y, Gau C, Kung Wu S, et al. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. *Int Endod J* 2007;40:11–7.
- Gu L-S, Kim JR, Ling J, et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod* 2009;35:791–804.
- Sedgley C, Nagel A, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging *in vitro*. *Int Endod J* 2005;38:97–104.
- Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, et al. Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study. *Braz Dent J* 2010;21:310–4.
- Arslan H, Akcay M, Capar ID, et al. Efficacy of needle irrigation, EndoActivator, and photon-initiated photoacoustic streaming technique on removal of double and triple antibiotic pastes. *J Endod* 2014;40:1439–42.
- Arslan H, Capar ID, Saygili G, et al. Efficacy of various irrigation protocols on the removal of triple antibiotic paste. *Int Endod J* 2014;47:594–9.
- Akman M, Akbulut MB, Aydınbelge HA, Belli S. Comparison of different irrigation activation regimens and conventional irrigation techniques for the removal of modified triple antibiotic paste from root canals. *J Endod* 2015;41:720–4.
- Salgado RJC, Moura-Netto C, Yamazaki AK, et al. Comparison of different irrigants on calcium hydroxide medication removal: microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:580–4.
- Capar ID, Özcan E, Arslan H, et al. Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. *J Endod* 2014;40:451–4.
- Trope M, Debelian G. XP-3D Finisher file—the next step in restorative endodontics. *Endod Pract US* 2015;8:22–4.

10. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler			
Adı	Erhan	Soyadı	DEMİR
Uyruğu	Türkiye	TC Kimlik no	15026289698
e-mail	derhandemir@gmail.com	Tel	542-7843030

Eğitim Düzeyi	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora	Marmara Üniv. Diş Hek. Fak. Endodonti ABD	2018
Lisans	Marmara Üniv. Diş Hek. Fak.	2007
Lise	Tekerekoğlu Anadolu Lisesi	1999

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama	Konuşma	Yazma
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu [#]								
YDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
	72.5							

[#] KPDS: Kamu Personeli Yabancı Dil Sınavı; ÜDS: Üniversitelerarası Kurul Yabancı Dil Sınavı, IELTS: International English Language Testing System; TOEFL IBT: Test of English as a Foreign Language-Internet-Based Test; TOEFL PBT: Test of English as a Foreign Language-Paper-Based Test; TOEFL CBT: Test of English as a Foreign Language –Computer-Based Test; FCE: First Certificate in English; CAE: Certificate in Advanced English; CPE: Certificate of Proficiency in English.

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	70	70	70

Bilgisayar Bilgisi	
Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office	İyi