



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI FİNAL İRRİGASYON REJİMLERİNİN ÇEŞİTLİ
KANAL DOLGU PATLARININ DENTİN TÜBÜL
PENETRASYONUNA ETKİSİNİN KONFOKAL LAZER
TARAMA MİKROSKOBU İLE *in vitro* İNCELENMESİ

Dt. Tufan ÖZAŞIR

DOKTORA TEZİ

ANKARA, 2014



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI FİNAL İRRİGASYON REJİMLERİNİN ÇEŞİTLİ
KANAL DOLGU PATLARININ DENTİN TÜBÜL
PENETRASYONUNA ETKİSİNİN KONFOKAL LAZER
TARAMA MİKROSKOBU İLE *in vitro* İNCELENMESİ

Dt. Tufan ÖZAŞIR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mete ÜNGÖR

Yardımcı Tez Danışmanı: Doç. Dr. Kamran Gülşahı

DOKTORA TEZİ

ANKARA, 2014

T.C
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Diş Hastalıkları Tedavisi ve Endodonti Doktora Programı çerçevesinde Dt. Tufan Özaşır tarafından yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 04/07/2014

Tez Konusu: “Farklı Final İrrigasyon Rejimlerinin Çeşitli Kanal Dolgu Patlarının Dentin Tübül Penetrasyonuna Etkisinin Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu ile İn Vitro İncelenmesi ”

TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Mete Üngör

TEZ JÜRİSİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Mete Üngör	Başkent Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet Serper	Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Bahar Özçelik	Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Emel Olga Öney	Başkent Üniversitesi
Doç. Dr. Kamran Gülşahı	Başkent Üniversitesi



ONAY: Bu tez, Başkent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunun 08/07/2014 tarih ve 128... Karar Sayısı ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Rengin ERDAL
Enstitü Müdürü

TEŐEKKÜRLER

Beő yıl süren doktora eğitimim ve tez çalışmam boyunca her konuda desteğini, ilgisini, engin bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mete ÜNGÖR' e,

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerini ihtiyacım olan her anda benimle paylaşan Doç. Dr. Kamran GÜLŞAHI' ya ve Doç. Dr. Emel Olga ÖNAY' a,

Tez projemi destekleyen Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü' ne ve laboratuvar çalışmaları için olanak sağlayan Bilkent Üniversitesi Uluslararası Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) 'ne,

Tez çalışmamın istatistiksel olarak değerlendirmesini titizlikle yapan Doç. Dr. Yasemin YAVUZ' a,

Doktora hayatım boyunca yardımlarını hiç esirgemeyen değerli asistan arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca sevgi ve desteklerini sürekli hissettiren aileme en içten duygularıyla teşekkür ederim.

ÖZET

Dt. Tufan Özaşır, Farklı final irrigasyon rejimlerinin çeşitli kök kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonuna etkisinin konfokal lazer tarama mikroskobu ile *in vitro* incelenmesi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2014

Bu çalışmanın amacı; %17'lik EDTA, %7'lik MA ve %2'lik CHX final irrigasyon solüsyonlarının, 3 farklı kök kanal dolgu patının (AH Plus, EndoRez, Tech BioSealer Endo) dentin tübül penetrasyonuna etkilerinin lazer taramalı konfokal mikroskop (LSCM) ile incelenmesidir.

Çalışmada 160 adet tek köklü, kök gelişimini tamamlamış, insan alt çene premolar dişleri kullanıldı. Kemomekanik preparasyon, %5,25'lik NaOCl irrigasyonu kullanılarak Ni-Ti el aletleri ile yapıldı. Preparasyon işlemlerinden sonra dişler 5ml %5,25'lik NaOCl ile ardından 2,5ml distile su ile irrigate edilip 5 farklı final irrigasyon grubuna ayrıldı (n=32).

Grup 1: 5ml %17 EDTA + 2,5ml DS,

Grup 2: 5ml %17 EDTA + 2,5ml DS + 2,5ml %2 CHX,

Grup 3: 5ml %7 MA + 2,5ml DS,

Grup 4: 5ml %7 MA + 2,5ml DS + 2,5ml %2 CHX,

Grup 5: 5ml %5,25 NaOCl + 5ml DS.

İrrigasyon işlemlerinin ardından her gruptan ikişer kök smear tabakanın durumunu görmek amacı ile SEM analizi için ayrıldı. Kalan kökler farklı kanal dolgu patları ve guta-perka konlarla doldurulmak üzere 3 alt gruba ayrıldı (n=10).

Grup A: AH Plus

Grup E: EndoRez

Grup T: Tech BioSealer Endo

Obturasyon işlemlerinden sonra apekten 2, 6 ve 10 mm mesafeden transvers yönde kesitler alınıp lazer taramalı konfokal mikroskop ile incelendi.

Elde edilen verilere göre AH Plus patı dentin tübüllerine en iyi penetrasyonu göstermiştir. Klorheksidin irrigasyonunun, MA + CHX grubunda (G4A) AH Plus patının penetrasyon derinliğini azaltması haricinde olumsuz etkisi olmamış, EndoRez ve Tech BioSealer Endo patlarının tübül penetrasyonunu artırmıştır.

Anahtar kelimeler: Dentin tübül penetrasyonu, lazer taramalı konfokal mikroskop, klorheksidin glukonat, EndoRez, Tech BioSealer Endo

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: D-DA 14/03) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

ABSTRACT

Dt. Tufan Özaşır, The Effect of Different Final Irrigation Regimens on The Dentin Tubule Penetration of Various Root Canal Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study *in vitro*, Baskent University Institute Of Health Science, Department of Endodontics, Doctoral Thesis, 2014

The purpose of this study is to evaluate the effects of different final irrigation regimens on tubular penetration of root canal sealers; AH Plus, EndoRez, Tech BioSealer Endo into dentinal tubules using confocal laser scanning microscope.

One hundred and sixty recently extracted human mandibular premolar teeth with single canals were used. After chemomechanic preparation using Ni-Ti hand instruments with 5,25% sodium hypochlorite (NaOCl) irrigation, all teeth were irrigated with 5ml 5,25% NaOCl and 2,5ml distilled water then the samples were divided into 5 groups (n=32) according to the final irrigation solution used.

G1: 5ml %17 EDTA + 2,5ml DW,

G2: 5ml %17 EDTA + 2,5ml DW + 2,5ml %2 CHX,

G3: 5ml %7 MA + 2,5ml DW,

G4: 5ml %7 MA + 2,5ml DW + 2,5ml %2 CHX,

G5: 5ml %5,25 NaOCl + 2,5ml DW.

Before obturation, two roots from each group (total of 10 roots) were left unobturated to examine under scanning electron microscopy to analyse smear layer removal. The groups were subgrouped randomly into 3 groups (n=10) for obturation with root canal sealers; AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), EndoREZ (Ultradent, Inc, South Jordan, UT, USA), Tech BioSealer Endo (Isasan, Rovello Porro, Italy) labeled with fluorescent dye. The teeth were sectioned at distances of 2, 6, and 10 mm from the root apex. Total percentage and maximum depth of sealer penetration were measured using confocal laser scanning microscopy.

AH Plus showed the greatest tubule penetration while Tech BioSealer Endo showed the least. Chlorhexidine irrigation did not negatively effect sealer penetration except group G4A and made a positive effect on the tubule penetration of other sealers examined.

Key words: Sealer penetration, confocal microscope, chlorhexidine gluconate, EndoRez, Tech BioSealer Endo

This study was approved by Baskent University Institutional Review Board (Project no: D-DA 14/03) and supported by Baskent University Research Fund.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Endodontik Tedavide Başarı.....	3
2.2. Kök Kanalının Doldurulması.....	4
2.3. Kanal Dolgu Maddeleri.....	5
2.3.1. Katı Kor Materyaller.....	6
2.3.2. Kök Kanal Dolgu Patları.....	7
2.3.3. Çalışmada kullanılan Patlar.....	15
2.4. Kök Kanallarının İrrigasyonu.....	17
2.4.1. Kanal içi İrrigantların Kullanım Nedenleri.....	17
2.4.2. Sodyum Hipoklorit.....	17
2.4.3. İyodün Solüsyonları.....	22
2.4.4. Klorheksidin glukonat.....	22

2.4.5. Etilendiamintetraasetikasit.....	25
2.4.6. Sitrik asit.....	26
2.4.7. MTAD.....	26
2.4.8. Elektrokimyasal aktive edilmiş su.....	27
2.4.9. Işıkla aktive olan dezenfeksiyon.....	27
2.4.10. Maleik asit.....	28
2.5. Smear Tabakası ve Kanal Dolgu Patlarının Dentin Tübüllerine Penetrasyonu.....	28
2.5.1. Smear tabakasının yapısı.....	28
2.5.2. Smear tabaka, irrigasyon ve mikrosızıntı ilişkisi.....	29
2.6. Dentin Tübül Penetrasyon Değerlendirme Yöntemleri.....	30
2.6.1. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop.....	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	32
3.1. Örneklerin Kanal Preparasyonu.....	32
3.2. Final İrrigasyon.....	33
3.3. Obturasyon ve Kesit Alma.....	35
3.4. Kesitlerin Mikroskopta İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması.....	37
3.5. İstatistiksel Değerlendirme.....	39
4. BULGULAR.....	40
4.1. SEM görüntüleri.....	40
4.2. Koronal üçlüye ait bulgular.....	41
4.3. Orta üçlüye ait bulgular.....	46
4.4. Apikal üçlüye ait bulgular.....	51
4.5 Klorheksidin glukonat irrigasyonuna ait bulgular.....	56

5. TARTIŞMA.....	62
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
7. KAYNAKLAR.....	75

KISALTMALAR VE SİMGELER

Ark.	Arkadaşları
°C	Santigrat derece
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit
CHX	Klorheksidin glukonat
CLSM	Confocal Laser Scanning Microscope
dk	Dakika
DS	Distile su
EDTA	Etilendiamintetraasetikasit
°F	Fahrenayt derece
gr	Gram
MA	Maleik asit
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MMP	Metalloproteinaz
MTA	Mineral Trioksit Agregat
µm	Mikrometre
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Ni-Ti	Nikel-Titanyum
nm	Nanometre
PC	Portland sement
SEM	Scanning Electron Microscope
sn	Saniye

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil

3.1 Preparasyon öncesi kron kısımları kesilmiş dişler.....	32
3.2 Ultradent firmasının 27 gauge'lık esnek uçlu irrigasyon iğnesi.....	33
3.3 İrrigasyon solüsyonlarının hazırlanması için kullanılan materyaller.....	34
3.4 Çalışmada kullanılan kanal dolgu patları.....	34
3.5 Rhodamine B.....	35
3.6 Kesit alma yönteminin şematik gösterimi.....	36
3.7 Kesit alma işlemleri için kullanılan elmas disk.....	36
3.8 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop.....	37
3.9 Cam lamellere alınan kesitlerden bazıları.....	38
3.10 Penetrasyon görülen bölgelerin bilgisayar ortamında belirlenmesi.....	38
4.1 SEM görüntüleri.....	40
4.2 Koronal üçlüde penetrasyon yüzdelerinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı.....	44

4.3 Koronal üçlüde en yüksek penetrasyon derinliğinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı.....	44
4.4 Örneklerin koronal kesitlerinden alınan lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri.....	45
4.5 Orta üçlüde penetrasyon yüzdelerinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı.....	49
4.6 Orta üçlüde en yüksek penetrasyon derinliğinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı.....	49
4.7 Örneklerin orta kesitlerinden alınan lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri.....	50
4.8 Apikal üçlüde penetrasyon yüzdelerinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı.....	54
4.9 Apikal üçlüde en yüksek penetrasyon derinliğinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı.....	54
4.10 Örneklerin apikal kesitlerinden alınan lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri.....	55

TABLolar DİZİNİ

Tablo

4.1 Koronal üçlüye ait tanımlayıcı istatistikler.....	41
4.2 Orta üçlüye ait tanımlayıcı istatistikler.....	46
4.3 Apikal üçlüye ait tanımlayıcı istatistikler.....	51
4.4 Klorheksidin glukonat irrigasyonuna ait bulgular.....	56
4.5 AH Plus grubu kesitlerden elde edilen veriler.....	57
4.6 TechBio Sealer Endo grubu kesitlerden elde edilen veriler.....	58
4.7 EndoRez grubu kesitlerden elde edilen veriler.....	59
4.8 Deneysel gruplara ait tanımlayıcı istatistikler.....	60
4.9 Seviyeler arası istatistiksel farklılıklar.....	61

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Konvansiyonel kök kanal tedavisinin amaçları kök kanal sisteminden mikroorganizmaları uzaklaştırmak ve tekrar kontamine olmasını önlemek için sızdırmaz bir şekilde doldurmaktır. Ne var ki kök kanal sisteminin karmaşık anatomik yapısından dolayı kök kanal sisteminin tam olarak boşaltılmasını sadece enstrümantasyon yöntemleri ile sağlamak imkansızdır (1). Bu nedenle kök kanallarının preparasyonları yalnızca mekanik bir girişim olarak düşünülmemiş, aynı zamanda biyolojik ilkeler içinde ele alınmalıdır ve Grossman'ın verdiği isimle 'biyomekanik preparasyon' adıyla da anılmaktadır (2 s.405). Shuping ve ark (3) ile Card ve ark. (4) çalışmalarına göre biyomekanik preparasyon işlemlerinden sonra dahi kök kanalı içerisinde mikroorganizma saptanabilmektedir. Bu nedenle kullanılan kor materyali ve kanal dolgu patı ile birlikte sıvı geçirmez, sağlam bir tıkama sağlamak zorunludur (5). Kanal dolgu patları, kanal duvarı ile kor materyali arasındaki ve guta-perka konları arasındaki boşlukları doldurmak için kullanılırlar (6). Ayrıca kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetre olması sonucunda; dentin ve dolgu materyali arasındaki arayüzün artmasıyla daha iyi tıkanma sağlandığına ve dentin tübüllerinde kalmış bakterilerin tübül içerisinde hapsedildiğine inanılmaktadır (7). Enstrümantasyon ile, bakteri, debris ve nekrotik doku artıkları içeren smear tabakası oluşur (8). Smear tabakasının kanal içi medikamentlerin ve kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine girişini engellediği gösterilmiştir (9). Smear tabakasının uzaklaştırılması için etilendiamintetraasetikasit (EDTA), sitrik asit, fosforik asit gibi ajanlar kullanılır (10, 11).

Günümüze kadar çeşitli kanal dolgu patları ile scanning elektron mikroskop ve lazer taramalı konfokal mikroskop kullanılarak dentin tübül penetrasyon çalışmaları yapılmıştır (12-15).

Dentin tübül penetrasyonu kanal dolgusunun mekanik retansiyonu, sızdırmazlığı ve patların antibakteriyel etkileri ile kök dentini tübül içi bakteri eliminasyonu açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada amaçlarımızdan biri yeni üretilen silikat esaslı "Tech BioSealer Endo" kanal dolgu patının dentin tübül

penetrasyonunu incelemektir. Ayrıca sık kullanılan bir şelasyon ajanı olan etilendiamintetraasetikasit'e alternatif olabilecek maleik asitin (MA) smear tabaka uzaklaştırmadaki etkinliği ve klorheksidin glukonat (CHX) irrigasyon solüsyonunun dentin tübül penetrasyonuna etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Endodontik Tedavide Başarı

Kök kanal tedavisinde güncel görüş, kanalların mekanik olarak temizlenmesinin ardından iritan özellik taşımayan bakterisid ilaçlarla yıkanması ve yine toksik olmayan dolgu ve patlarla tıkanmasıdır (2 s.769). Nekrotik kök kanallarından kaynaklanan ve hastalığa neden olan iritanlar, ilgili dişin çekimi gibi radikal bir tedavi ile de uzaklaştırılabilir fakat ideal şartlarda yapılan kanal tedavisi ile dentisyon korunmuş olur (16).

Kök kanal tedavisi, mikrobiyal kontrolün sağlanması ve kök kanal sisteminin doldurulması işlemleridir. Mikrobiyal kontrol, kök kanal sistemi içerisindeki protein artıklarının, bakteri ve toksinlerinin uzaklaştırılması ile sağlanır (16).

Kök kanal dolgusunun ise 3 fonksiyonu vardır;

- Periapikal sıvıların kanal içinde kalan bakterilere ulaşımını engelleyen,
- Kalan bakterileri kanal içinde hapseden,
- Oral bakterilerin koronal sızıntısını engellemek (17).

Bakteriler ve bakteriyel elementlerin periapikal bölgeye geçişini engellemek için, tam olarak biyomekanik preparasyonu yapılmış kanallar, sıkı ve sızdırmaz bir şekilde doldurulmalıdır. Temizleme ve şekillendirme esnasında kök kanal sisteminden uzaklaştırılamayan bakteriler ise hapsedilerek zararsız hale getirilir. Yani kök kanal dolgusu, enfeksiyonu ve enfeksiyonun tekrar etmesini engellemelidir. Biyouyumluluğu kabul edilebilir bir inert materyal ile birlikte bu prosedür periodontal dokuların iyileşmesi ve periapikal doku sağlığının korunması için temeldir. Bu geleneksel amaca ek olarak günümüzde kök kanal dolgusunun apikal patoloji veya agresif tedaviler gibi özel durumlardan sonra doku rejenerasyonunu stimüle etmesi istenmektedir. Bu amaca yönelik materyaller osteokondüktif (öncü osteoblastların gelişimi için yapı oluşturan) veya osteoindüktif (lokal bağ dokusu

hücrelerinin kemik yapım hücrelerine farklılaşmasına neden olarak yeni kemik oluşturan) olabilirler (18, s.193).

2.2. Kök Kanalının Doldurulması

Kök kanal dolgusu ile korondan apikale tüm kanal boyunca tam bir tıkama amaçlanır. Böylece oral kaviteden kanal sistemine mikroorganizma girişi durdurulurken kanal sistemi içinde kalan mikroorganizmaların da periyodonsiyuma çıkışı engellenmiş olur (19, s.260).

Ingle (20), yaptığı radyolojik çalışmada endodontik hataların %58'ine yetersiz kök kanal dolgusunun neden olduğunu rapor etmiştir. Bu nedenle kök kanallarını doldurma yöntemi kadar kullanılacak materyallerin de önemi ortaya çıkmaktadır (21).

Bir kanal dolgu maddesinden beklenen özellikler şunlardır (2, s.770-771);

1. Kolaylıkla uygulanabilmeli, yeterli çalışma süresi tanınmalı ve gerektiğinde kanaldan kolayca çıkarılabilmelidir.
2. Periapikal dokular ve diş dokusuna zararlı olmamalı.
3. Osteokondüktif (osteoblast gelişimi için bir çatı oluşturmalı) ve osteoindüktif (lokal bağ dokusu hücrelerinin kemik oluşturan hücrelere diferansiyasyonunu teşvik etmeli) olmalı
4. Agresif tedavi işlemlerinden sonra ve apikal patolojilerde periodontal bağ dokusunun rejenerasyonunu uyarmalıdır.
5. Doldurulmadan önce sıvı veya katı olmalı fakat sonradan kanal içinde genişerek yavaşça sertleşmelidir.
6. Stabil olmalı, sertleşme esnasında veya sonradan büzüşmemeli veya nemden etkilenmemelidir.
7. Su absorpsiyonu göstermemeli, doku sıvılarında çözünmemelidir.
8. Sertleşme sonrası gözenekler göstermemelidir.
9. Lubrikant (kayganlaştırıcı) özelliği olmalıdır.

10. Kanal duvarına yapışmalı, kök kanalını yandan ve apikal alandan üç boyutlu olarak kapatmalı ve dentin kanalcıklarına derin penetrasyon göstermelidir.

11. Lateral ve aksesuar kanalları doldurabilmelidir.

12. Periapikal dokuya taşıdığına rezorbe olabilmeli ancak kanal içinde rezorbe olmamalıdır.

13. Kök kanal sistemini güçlendirebilmelidir.

14. Post preparasyonu sonrası apikal tıkanması bozulmamalıdır.

15. Steril olmalı veya steril edilebilmeli ve bakteriyostatik olmalıdır.

16. Kalan mikroorganizmalar üzerinde mikrobiyal kontrolü sağlayabilmelidir.

17. Radyografik kontrol için radyopak olmalıdır.

18. Uygun bir sürede sertleşmeli, dolgu ve x-ışını kontrolü için yeterli bir zaman aralığı bırakmalıdır.

19. Dişi boyamamalı veya zamanla dişte renk değişikliğine neden olmamalıdır.

20. Periapikal dokularda immün cevap oluşturmamalıdır.

21. Mutajenik ve karsinojenik olmamalıdır.

22. Bozulmadan uzun süre saklanabilmelidir.

23. İçeriklerindeki metaller (civa, çinko, baryum, bizmut, titanyum gibi) toksik sınırı aşmamalıdır.

En ideal kanal dolgu maddesi apekte sert doku oluşmasını teşvik edecek ve bu şekilde apikal bölgenin biyolojik olarak tıkanmasını sağlayarak periapikal dokuların bütünlüğünü koruyup ideal iyileşme koşullarını yaratacak bir kanal dolgu maddesidir (2, s.769).

2.3. Kanal Dolgu Maddeleri

Kanal dolgu maddeleri; katı kor materyaller ve kanal dolgu patları olmak üzere ikiye ayrılır (21).

2.3.1. Katı kor materyaller

A. Guta-perka

En sık kullanılan katı kanal dolgu materyalidir. Doğada 1,4-poliisoprene yapısındadır. Sert fakat kırılmandır ve doğal kauçuğa göre daha az elastikiyet gösterir. Kolay uygulanması, düşük toksisite göstermesi, radyoopasitesinin iyi olması, gerektiğinde ısıtıcı veya çözücülerle sökülebilmesi kullanımını yaygınlaştırmıştır. Fakat dentine bağlanma göstermemesi ve ısıtılıp soğutulduğunda oluşan sızıntının engellenememesi en önemli dezavantajlarıdır (19). İki kristalize formu vardır (22). Doğal ağaç ürünü alfa formu olarak adlandırılır. Kök kanal dolgusunda kullanılan işlenmiş hali ise beta formudur (23). Sıcaklık değişimi ile birlikte fazlar arasında geçiş gözlenir. Beta fazından alfa fazına geçiş 46 °C de (140 °F) gerçekleşir. 54 °C – 60 °C (130 °F-140 °F) arasında amorf yapı izlenir. Çok yavaş soğutulduğunda (1 saatte 1 °F kadar) alfa formuna dönüşür. Normal soğutulduğunda ise beta fazına geçer. Guta-perka konları ısıtılarak yumuşatılabilir (64 °C üzerinde) (23, 24) ve kloroform ve halotan gibi kimyasal çözücüler kullanılarak kök kanal sistemine daha iyi adaptasyonu sağlanabilir.

Günümüzde kullanılan guta-perka konlarının sadece %20 kadarını guta-perka oluşturur. Temel bileşen çinko oksittir (%60-75). Kalan %5-10 u ise bazı rezinler, mumlar ve metal sülfatlardan oluşur (19).

Guta-perka ısı ile sterilize edilemediğinden başka yöntemler önerilmiştir. En pratik yöntem kullanımdan önce 1 dk. %5'lik NaOCl solüsyonu içerisine daldırma metodudur (25). Fakat kanal dolgusunun tıkama kalitesini olumsuz etkilememek amacıyla guta-perka konların üzerinde kalan NaOCl kristallerini uzaklaştırmak için etil alkole de daldırılması ve kurutulması gerekmektedir (26).

Guta perka konlar hava ve ışığa maruz kaldığında oksitlenir ve kırılğan hale gelir. Uzun raf ömrü için karanlık, serin yerde muhafaza edilmelidir (27, 28).

Guta-perka konların bağlanma özellikleri kök kanal sisteminin 3 boyutlu olarak tıkanması için yetersiz olduğundan kök kanal dolgu patları ile birlikte kullanılmalıdır (19).

B. Gümüş kon

Jasper (29)'ın önerileri ile endodonti pratiğine girmiştir. Gümüş konların guta-perka konlara göre daha kullanışlı olduğunu ve benzer başarı oranı gösterdiğini savunmuştur. Rijid gümüş konların kullanımı ile uzunluk kontrolü daha iyi sağlanmış fakat bu hekimler tarafından kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesi konusuna verilen önemi azaltmıştır (19). Düzensiz yapıdaki kanal sistemi gümüş konlarla tam olarak tıkanmadığından sızıntıya neden olur. Dokularda yaptığı renklenme ve toksisitesi nedeniyle günümüzde kullanılmamaktadır (30).

C. Resilon

Resilon dental kullanım için guta-perkaya alternatif olması amacıyla üretilmiş endüstriyel poliüretan materyaldir. Rezin bazlı kanal dolgu patları ile birlikte kullanılır. Geleneksel sistemlerde guta-perka ile pat arasında ve kanal duvarı ile pat arasında bir arayüz oluşur. Resilon sisteminde ise pat hem kor materyale hem de kanal duvarına bağlanır. Üretici firma bu sayede 'monoblok' bir yapının oluştuğunu öne sürmektedir (19). Fakat monoblok yapının oluştuğu konusu tartışmalıdır (31, 32). Resilon kor materyal polyester, metakrilat rezin, biyokaktif cam partikülleri, radyopak dolduruculardan oluşur. Toksikite ve mutajenik aktivasyon göstermez, biyoyumludur. Resilon sistemi soğuk lateral kondenzasyon, sıcak lateral ve vertikal kondenzasyon veya termoplastik enjeksiyon yöntemleriyle uygulanabilir (19).

2.3.2. Kök kanal dolgu patları

Günümüzde en sıklıkla kullanılan katı kanal dolgu maddesi olan guta-perka konlar kanal sistemine ne kadar uyumlu olsa da tek başına kullanıldığında kanal

duvarı ile arasında boşluk kalır. Bu nedenle katı materyallerin yarı katı materyallerle birlikte kullanımı gerekmektedir (2, s.769).

Kök kanal dolgu patlarının kanal dolgu maddeleri ile beraber kullanılmasının temel amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Kanal dolgu patları, antibakteriyel etkinlikleriyle kök kanallarında dezenfeksiyon etkisi gösterirler.
- Dolgu maddesi ile dentin duvarları arasında kalan boşluğu doldurarak kanalın tamamen dolmasını ve tıkanmayı sağlamaktadırlar.
- Kanal dolgu patları plastik veya yarı sıvı şekilde kanala yerleştirildikten sonra, kanalda sertleşip dentin duvarları ile esas kanal dolgu maddesini birbirine bağlamaktadırlar.
- Kanal dolgu patının kanal içinde oluşturduğu akışkanlık yardımıyla, kanal dolgusu kolayca uygulanmaktadır (2, s.771).

Patların biyoyumlu olması, periradiküler dokular tarafından iyi tolere edilebilmesi istenir (33). Fakat içeriği ne olursa olsun tüm patlar sertleşene kadar toksisite gösterirler. Bu nedenle obturasyon sırasında periradiküler bölgeye taşırılmasından kaçınılmalıdır (34).

Kök kanal dolgu patları şu şekilde sınıflandırılabilir (18, s.202);

- Çinko Oksit Öjenol Esaslılar
- Epoksi Resin Esaslılar
- Kalsiyum Hidroksit Esaslılar
- Metakrilat Resin Esaslılar
- Mineral Trioksit Agregate (MTA) İçerenler
- Bio-Seramik Esaslı Patlar
- Silikon Esaslılar
- Cam İyonomer Esaslılar
- Poliketon içerikli patlar

A. Çinko oksit öjenol içeren patlar

Çinko oksit öjenol içerikli patlar uzun zaman boyunca kullanılmıştır. Fakat biyolojik özellikleri ve tıkama yetenekleri diğer materyallerin gerisinde kalmıştır. Rezorbe olma eğiliminden dolayı halen süt dişlerinde kullanımı önerilmektedir. Ne var ki materyalin rezorbe olması süt dişinin kök rezorpsiyonu ile paralellik göstermemektedir (18, s.202)

Çinko oksit öjenol kimyasal ve fiziksel işlemler sonucunda çinko öjenolat $[(C_{10}H_{11}O_2)Zn]$ matriksi arasına gömülmüş ve sertleşmiş çinko oksit kristalleri oluşturarak donan bir bileşiktir. Bu donma reaksiyonunda ortamda bulunan su miktarı, çinko oksitin partikül büyüklüğü, pH ve ilave edilen diğer ajanlar önemli faktörlerdir. Ortamdaki ısı ve nemlilikte artış ve partikül büyüklüğünde azalış donma süresini kısaltır (2). Pat sertleştikten sonra yapısında serbest öjenol kalır (35). Bu serbest öjenol miktarına da bağlı olarak temas ettiği dentinde sertlik artar (36, 37, 38). Fakat serbest öjenolün asıl önemi sitotoksitesinin yüksek olmasından ileri gelmektedir. Bu nedenle canlı dokulara direk temasından kaçınılmalıdır. Bu yaklaşım toksik etkisinden korunarak analjezik, antiinflamatuvar ve tıkaçıcı özelliklerinden yararlanılmasını sağlar (2, s.784).

Çinko oksit öjenol kanal patı olarak uygulandığında,

- Vazodilatasyon etkisi toksik birikimi önler ve iritanlar çabuk uzaklaştırılır.
- Öjenol kaynağından uzaklaştıkça antiinflamatuvar ve analjezik etki gösterir.
- Oluşan iltihabi reaksiyon proliferatif tepki ve iyileşmeyi stimüle eder.
- Lökosit kemotaksisini stimüle eder.
- Prostaglandin sentezini inhibe ederek periapikal iltihabın çözülmesine yardımcı olur.
- Sinir aktivitesini inhibe eder.
- Tıkama özellikleri nispeten yeterlidir.

Standart içeriğine (Grossman patı) ek olarak bazı preparatlara antimikrobiyal etkinliği artırmak için timol veya timol iyodid eklenmiştir. Apikal iyileşmeyi

amaçlayan preparatlar hidroksiapatit veya kalsiyum hidroksit içerir. Bazı patlarda öjenol içeriği kısmen karanfil yağı veya ökaliptol ile yer değiştirmiştir. Pata daha adeziv özellik katıp çözünmesini azaltmak için çeşitli reçineler de eklenmiştir. Formaldehit salınımı ile uzun süreli dezenfeksiyon amaçlanan paraformaldehit içerikli patlar da kullanılmıştır. Fakat toksik etkisinden dolayı klinik kullanımı Avrupa Endodonti Topluluğu (The European Endodontic Society, ESE) tarafından tavsiye edilmemektedir (39).

- Çinko oksit öjenol esaslı patlara örnekler: Rickert formülü, Tubliseal, Grossman patı, Roth-801, Wach's Sealer
- Antibakteriyel etkinliği artırılmış çinko oksit öjenol patları: Medicated Canal Sealer MCS, EndoSeal, Rocanal
- Paraformaldehitli çinko oksit öjenol patları: N2, Endomethasone
- Öjenol içermeyen çinko oksitli patlar: Nogenol, Canals-N

B. Epoksi rezin esaslı patlar

AH 26 kanal dolgu patı Schröder tarafından 1954 yılında piyasaya sunulmuştur (2, s.789). Epoksi rezin esaslı patların mekanik özellikleri ve dentine adezyonu iyidir. Radyoopasitesi yeterlidir (6,66 mm Al) (40). Yüksek adeziv özelliği (41), düşük çözünürlüğü (42) ve sertleşirken bir miktar genişleme göstermesi (43) kullanımını yaygınlaştırmıştır. Yan etkileri ve alerjik reaksiyonlar nadirdir. Özellikle yeni karıştırılmış preparatın güçlü antimikrobiyal etkisi vardır. Orta derecede sitotoksikite gösterir.

Orijinal preparat (AH 26) içeriği:

Toz: Bismuth oxide %60

Heksometilen tetra amin %25

Gümüş %10

Titanyum dioksit %5

Likit: Bisfenol-A-diğlisidil eter (BADGE)

AH 26 gümüş sülfid oluşturmamasından dolayı dişlerde renklenmeye neden olur. Sertleşme süresi vücut sıcaklığında yaklaşık 1-2 gündür. Polimerizasyonu sırasında formaldehit açığa çıkar fakat bu miktar formaldehit açığa çıkaran çinko oksit öjenol esaslı bir pata göre 300 kat azdır (44). AH26 geliştirilerek gümüş içeriğine bağlı reaksiyonlar ve formaldehit salınımı elimine edilmiştir (18). Günümüzde yerini AH Plus, TopSeal gibi geliştirilmiş patlara bırakmıştır.

C. Kalsiyum hidroksit esaslı patlar

Saf kalsiyum hidroksit kanal tedavisinde kanal içi medikament olarak kullanılır. Kalsiyum hidroksitin kolay manüplasyonu, alkalen pH'sı, antibakteriyel etkisi, rezorptif defektlerde iyileşme için uygun ortam hazırlaması, kanal sistemi dışında rezorbe olması, asit ürünlerini nötralize etmesi, alkalen fosfatazi aktive ederek sert doku yapımını stimüle etmesi gibi özelliklerinden yararlanmak amacıyla Ca(OH)₂ esaslı patlar üretilmiştir (45, s.422). Örn: Sealapex (Kerr, Romulus MI, USA), CRCS (Hygenic, Akron, USA), Apexit (Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

Kalsiyum hidroksitin terapötik olarak etkili olabilmesi için Ca⁺² ve OH⁻ iyonlarına ayrılması gerekir. Fakat bu durum patın yapısal bütünlüğünü olumsuz etkilemekte ve mikrosızıntıya neden olmaktadır. Bu patların özellikle kalın bir tabaka şeklinde kullanılması halinde büyük oranda çözündüğü görülmüştür (46). Dentine yapışmaları da zayıftır (47).

D. Metakrilat rezin esaslı patlar

Adeziv dişhekimliği'nde kullanılan metakrilat esaslı materyaller, kök kanal dolgusunda önemli bir problem olan mikrosızıntıyı azaltma amacıyla endodontiye giriş yapmıştır. Restoratif tedavilerde koronal dentine yapılan işlemlerden sonra görülen smear tabakası kök kanal tedavisinde enstrümantasyondan sonra da izlenmektedir. Ne var ki, kök kanalını çevreleyen dentin koronal dentine göre daha düzensiz bir anatomik yapı gösterir. Lateral kanalların varlığı ve apikale doğru dentin tübüllerinin sayı ve çaplarının azalması bu farklılığı oluşturan unsurlardır. İlaveten

apikal kanal duvarının bazı bölgelerinde kalsifik doku yığılmaları izlenir. Bu nedenlerden ötürü adeziv dişhekimliği pratiğini endodontik uygulamalara transfer etmek sorunsuz değildir (18, s.209-210).

Metakrilat esaslı patlar tek başına veya kendinden pürüzlendirmeli primer ile birlikte kullanılır. Ana bileşenleri restoratif diş hekimliği'nden bildiğimiz metilmetakrilat türevleridir. Patlar kimyasal sertleşen veya hem kimyasal hem de ışıkla sertleşen tipte olabilir.

Bazı rezin esaslı patların konvansiyonel guta-perka ile kullanılması önerilmiştir. Fakat bu patlar guta-perkaya adezyon göstermediğinden özel konlar geliştirilmiştir.

Resilon, polikarbolakton ve üretan metakrilatın termoplastik kopolimeridir (48, 49). Guta-perka gibi ısı ile sıkıştırılabilen bir materyaldir. Materyalin ilgili patı olan Epiphany ile birlikte 'mono-block' oluşturduğu söylenmektedir. Fakat mono-block formasyonu sorgulanmaktadır (50). Alternatif olarak rezin esaslı patlarla rezin kaplı guta-perka kullanılması önerilmektedir (18, s.210).

E. Mineral trioksit agregat (MTA) içeren patlar

MTA, 1993 yılında kök ucu dolgu materyali olarak endodonti pratiğine girmiştir (51). Sert doku tamirini stimüle etme özelliği vardır. Bu nedenle kök ucu kapatmada, pulpa kuafajında, apeksifikasyonda, iyatrojenik perforasyonlarda ve rezorpsiyon tedavilerinde kullanılır (18, s.212).

MTA, Portland sementinden baz alınarak üretilmiştir. İçeriğinde trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminoferrit bulundurur (52). Sülfatlar çalşıma ve sertleşme zamanını belirler. MTA tozunun partikül büyüklüğü Portland semente göre daha küçüktür. Ayrıca radyoopasitesini arttırmak için MTA tozuna bismut oksit eklenmiştir. Sertleşmesi için neme ihtiyaç duymaktadır ve yaklaşık 3 saatte sertleşir, bu sürede yüksek pH gösterir (53).

F. Bio-Seramik esaslı patlar

Bio-seramikler tıp ve diş hekimliğinde kullanılmak üzere vücudun zarar gören veya işlevini yitiren yapıların onarımında veya bu yapıların yerini alması amacıyla tasarlanan seramik esaslı biyomalzemelerdir. Bu malzemeler arasında alümina, zirkonyum, biyoaktif cam, cam seramik, kompozitler, hidroksiapatit ve rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar ve radyoterapi camları bulunmaktadır (2, s.809).

Kalsiyum-silikat-fosfat içeren bioseramik esaslı patlara iRoot SP ve EndoSequence BC Sealer örnek olarak gösterilebilir. Bu kanal dolgu patları büzüşme göstermeyen, biyolojik ortamda stabil olan, canlı doku temasında inflamatuvar doku cevabına neden olmayan, toksisitesi az olan materyallerdir. Hidroksilapatit oluşturarak dentin ve dolgu materyali arasındaki bağlanmayı güçlendirir. Sertleşme sonrası yüksek pH göstererek antibakteriyel etki oluştururlar ve örtücülük özellikleri iyidir (2, s.809)

G. Silikon esaslı patlar

Silikonun kök kanal patı olarak kullanılması 1984 yılında gündeme gelmiştir. Önceleri C tipi silikon baz alınırken yeni materyaller A tip silikon bazlı üretilmektedir. Yeni materyaller non-toksiktir ve daha az sızıntı göstermektedir. En büyük dezavantajı antibakteriyel aktivitesinin olmamasıdır. Guta-perka ile beraber uygulanan pat bir miktar genleşme gösterir. 12 aylık dönemde AH26 patına göre daha az sızıntı gösterdiği rapor edilmiştir (54). Fakat lateral kanalları doldurmada Grossman patından daha başarısız olduğu çalışmalar vardır (55, 56). Genellikle kapsül içerisinde bulunur ve karıştırmadan sonra kanala enjekte edilerek uygulanır, ardından guta-perka kon yerleştirilir. Çalışma zamanı 15 dakika, sertleşme zamanı 25-30 dakikadır.

H. Cam iyonomer esaslı patlar

Cam iyonomer simanlar ilk kez 1972'de Wilson ve Kent (57) tarafından geliştirilmiştir. Cam iyonomerin tozu alümina, kriyolit, florid, alüminyum triflorid ve alüminyum fosfatın eritilerek birleştirilmesiyle oluşturulan yüksek florid içerikli alüminasilikat cam partiküllerinden oluşmaktadır (2, s.802). Mine ve dentinin hidroksilapatitine kimyasal olarak bağlanırlar ve flor iyonları açığa çıkar. Bu adeziv özelliklerinin yanında biyolojik olarak tolere edilebilmeleri, doku uyumluluğu gibi özelliklerinden dolayı Pitt Ford (58) kanal dolgu patı olarak kullanılmasını önermiştir. Diş yapılarına kimyasal bağlanma özelliğinden dolayı kökleri fiziksel kuvvetlere karşı güçlendirdiği ileri sürülmüştür (59, 60).

Patların mekanik özellikleri iyi olmasına rağmen gözenek varlığında tıkama özelliği olumsuz etkilenmektedir. Cam iyonomer esaslı patların en büyük sorunu sızıntıdır. Nedeni ise sertleşme sırasında görülen nem hassasiyetine bağlanmaktadır (61). Bir diğer sorun ise tekrarlayan tedavilerde patın sökülmesini kolaylaştıracak bir çözücünün bulunamamasıdır (2, s.803).

I. Poliketon içerikli patlar

Bu patlar çinko oksit ve bizmut fosfat karışımı vinil polimer içerikli bir poliketon bileşimidir. En popülerleri Diaket-A (Espe, Premier, Norristown, PA, USA) dır. Toz-likit ve eriticiden oluşur. Toz kısmını %97 çinkooksit, %3 bizmut fosfat; likidini %76 propionilasetofenon, %23 vinil kopolimer, %0,5 diklorofen, %0,2 trietanolamin oluşturur. Eriticisi diklofen ve trietilen glikol diasetattan oluşur (62). Çok kısa sertleşme süresi vardır (6 dakika). Klinikte özellikle çok kanallı dişlerde sorun oluşturabilir. Fakat retrograd dolgulara kısa sertleşme zamanı avantajlıdır. Yeterli sertlik, az büzülme ve dentine iyi adaptasyon gibi kabul edilebilir teknik özelliklere sahiptir (45, s.418). Antibakteriyel aktivasyonu ise epoksi rezin içerikli patlardan düşük olduğu rapor edilmiştir (63).

2.3.3. Çalışmada kullanılan patlar

A. AH Plus

İlk defa 1954 yılında Schroeder (64) tarafından sunulan AH26'nın epoksi amin kimyası korunarak, renkleşme eğilimi ve formaldehitin açığa çıkışı ortadan kaldırılarak AH Plus (Dentsply/De Trey) geliştirilmiştir (2, s.791). Çift patlı sistem halinde sunulmuştur. Çalışma süresi 23°C de en az 4 saattir. Radyoopasitesi AH26'ya göre artırılmış olup (2, s.791) diğer bazı epoksi rezin esaslı patlardan yüksek bulunmuştur (65). Sertleşme süresi 12 saattir. Film kalınlığı 43µm 'dir. 39 mm akıcılık gösterir (65).

Patın İçeriği:

<u>Epoksi patı (Paste A)</u>	<u>Amin patı (Paste B)</u>
Bisfenol-A epoksi rezin	Dibenzildiamin
Bisfenol-F epoksi rezin	Aminoamantan
Demir oksit pigmentleri	Trisiklodekan-diamin
	Silikon yağı

Her iki pat da değişik oranlarda kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit ve silika içerir (66).

Saf epoksi rezinler Ames testinde mutagenik aktivite göstermektedir. Epoksi patının akuöz ekstraktları mutagenik etki oluşturmamıştır. Amin patı ise Ames testinde non-mutagenik bulunmuştur. Polimerize materyal mutagenik etki göstermemiş, sitotoksitesi ayrı ayrı patlara göre daha az toksik bulunmuştur (2, s. 791). Çalışmalarda kısa dönemde ideal doku cevabına neden olmadığı gösterilse de biyouyumluluk açısından altın standart olarak kabul edilmelidir (67).

B. Tech BioSealer Endo

Tech BioSealer Endo, yeni geliştirilen silikat esaslı kanal dolgu patıdır (68). Üretici firmanın belirttiğine göre patın yüksek antibakteriyel etkinliği vardır. Biyouyumluluğu, apikal tıkaması ve radyoopasitesi çok iyidir (69). Firmanın ayrıca pulpa kuafajı, kök ucu kapatma materyali, apeksifikasyona özel ürünleri de mevcuttur. Kanal dolgu patının formu toz-likit sisteminden oluşur.

Toz içeriği: Beyaz Portland sement, bizmut oksit, anhidrat, sodyum florit

Likit içeriği: Fosfat ile tamponlanmış saline solüsyonu (DPBS, Dulbecco's Phosphate Buffered Saline).

Hakkı ve ark. (68) yaptıkları sitotoksosite çalışmasında Tech Biosealer Endo, Hybrid Root Seal, SimpliSeal, RealSeal, AH Plus patları karşılaştırılmış ve Tech Biosealer Endo patının hücre morfolojisinde önemli değişikliklere neden olduğu görülmüştür. Topçuoğlu ve ark. (70) çalışmalarında ise Tech BioSealer Endo patının prepare edilmiş dişlerin kırılma direncini arttırmadığı rapor edilmiştir.

C. EndoRez

Hidrofilik, üretan dimetakrilat rezin esaslı, hem ışıkla hem kimyasal olarak sertleşen bir kanal dolgu patıdır. Polibütadiendiizosiyanat-metakrilat rezin kaplı gutaperka materyali ile aktif bileşeni üretan dimetakrilat olan kök kanal dolgu patı arasında kimyasal bağlanmaya dayalı bir sistemdir (71).

Pat içeriğinde doldurucu olarak bizmut oksiklorit, kalsiyum laktat pentahidrat ve silikon dioksit bulunmaktadır. Üretici firma materyalin sertleşmeye başlamasının 15 dakika, tamamen sertleşmesinin ise 2 saatte olduğunu bildirmiştir. Üretici firma patın hidrofilik özelliği sayesinde hafif nemli kanallarda kullanılabileceğini ve materyalin dentin kanalcıklarına penetre olabildiğini iddia etmektedir. Son yıkama solüsyonu olarak etilendiamintetraasetikasit (EDTA) kullanıldığında kanal duvarına bağlantısının iyi olacağı ileri sürülmektedir.

EndoRez rezin kaplı guta-perka konularla kimyasal bağlanma gösterebilmektedir.

EndoRez sistemi, piyasada .02, .04, .06 konikliklerde bulunmaktadır. Guta-perka ile benzer radyoopasitesi vardır. Tekrarlayan tedavilerde (retreatment) kanaldan mekanik olarak uzaklaştırılabilmektedir (2, s.797-798).

2.4. Kök Kanallarının İrrigasyonu

Kök kanalının bakteriyel enfeksiyonu, kök kanal tedavisinin endikasyonlarının başında gelmektedir. Günümüzde anlaşılmıştır ki, kanal sisteminin yetersiz dezenfeksiyonu tedavinin başarı şansını azaltmaktadır (72, s.129).

Bakteri türleri besinden yoksun olan kök kanal sisteminde canlı kalmak için çeşitli sinerjistik iletişim yolları kurmuşlardır. Kök kanal tedavisi ile bu ilişki kırılmaya çalışılır. Bazı türler direkt olarak kemomekanik preparasyonla, bazıları ise indirekt yoldan besin alışverişi durdurularak yok edilir. Bazı bakteri türlerinin indirekt yolla öldürülmesi göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur. Çünkü kök kanal tedavisinde kanal aletleri ile, irrigasyon ajanları ile ve medikamanetlerle direkt ulaşamayan alanlar mevcuttur. Kök kanal sistemi karmaşık bir yapıya sahiptir. Aksesuar ve yan kanallar, isthmus ve deltalar gibi anatomik varyasyonlar mevcuttur (73). Enfekte dişlerde bazı bakteri türlerinin dentin tübüllerinde de görülebildiği, tübül içerisinde 300µm derinliğe kadar ilerleyebildiği gösterilmiştir (74).

2.4.1. Kanal içi irrigantların kullanım nedenleri (2, s.529)

1. Enfekte dokuların fiziksel ve kimyasal olarak uzaklaştırılması
2. Debris, pulpa dokusu ve mikroorganizmaların dentine tutunmasını zayıflatarak daha kolay uzaklaşmasını sağlamak
3. Kanal sisteminde kanal aletleri ile ulaşamayan bölgelerin bir ölçüde temizlenebilmesi
4. Preparasyon sırasında kanal içinde lubrikasyon sağlanması

5. Smear tabakasını kaldırabilen ajanların yardımıyla dezenfektanların dentin kanalcıklarına yayılması

6. Dentin talaşlarının apikal bölümde birikip tıkanmasının önlenmesi

7. İrrigantların ağartma sayesinde kanal tedavisinden sonra dişlerin doğal renklerini yitirmesinin engellenmesi

Sıklıkla kullanılan irrigantlar şu şekilde sıralanabilir (72, s.130):

- Sodyum hipoklorit
- İyodin solüsyonları
- Klorheksidin glukonat
- Etilendiamintetraasetik asit (EDTA)
- Sitrik asit
- MTAD
- Elektrokimyasal aktive edilmiş su
- Işıkla aktive olan dezenfeksiyon
- Maleik asit

2.4.2. Sodyum hipoklorit

Klorin dünya üzerinde çok geniş alana yayılmış elementlerden biridir. Doğada serbest halde bulunmayıp sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyumla birlikte bileşik halinde bulunur (75). İnsan vücudunda nonspesifik bağışıklık sisteminin bir parçası olup nötrofiller tarafından üretilirler (76). Sodyum hipokloritin tıp alanında uzun bir geçmişi vardır. Birinci Dünya Savaşı zamanında, kimyager Henry Drysdale Dakin ve cerrah Alexis Carrel tamponlanmış %0,5 NaOCl solüsyonunu enfekte yaraların temizlenmesinde kullanmışlardır (77). Geniş spektrumlu antimikrobiyal etkisinin yanında hipoklorit preparatları sporosidal, virüsidal (78) etki gösterir. Vital dokulara kıyasla nekrotik organik dokuları çözme kabiliyeti daha iyidir (79).

A. Etki mekanizması

Pécora ve ark. (80) raporuna göre NaOCl şu şekilde reaksiyon gösterir:



NaOCl organik doku ve yağ çözücü olarak rol oynar. Yağ asitlerini yağ asit tuzlarına (sabun) ve gliserole (alkol) indirger, ki bu solüsyonun yüzey gerilimini düşürür (81).

NaOCl amino asitleri nötralize eder, su ve tuz oluşur. Hidroksil iyonlarının azalmasıyla pH düşer.

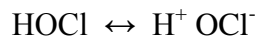
NaOCl solüsyonunda bulunan hipokloröz asit, organik doku ile temasa geçtiği zaman çözücü olarak rol oynar ve klorin salınımı yapar. Klorin proteinlerin amino grupları ile birleşerek kloraminleri oluşturur. Hipokloröz asit (HOCl) ve hipoklorit iyonları (OCl⁻) amino asit indirgemesine ve hidroliz reaksiyonuna neden olur (81). Klorin ve amino grup arasındaki bu kloraminasyon reaksiyonu sonucu oluşan kloraminler hücre metabolizması üzerinde parazit rol oynar. Klorin (güçlü oksidan), bakteriyel enzimler için gerekli olan sülfidril gruplarını geri dönüşümsüz oksidasyona uğratarak esansiyel bakteriyel enzimleri inhibe ederek antimikrobiyal etki gösterir (81).

B. NaOCl irrigasyon etkinliğinin artırılması

a. pH: %5.25 NaOCl dilüe edildiğinde antibakteriyel etkisi ve doku çözme yeteneği azalmaktadır (82-84). NaOCl suya eklendiğinde oluşan reaksiyon;



Bu aköz solüsyonda, hipokloröz asit anyon hipoklorite ayrışır (OCl⁻):



Solüsyondaki mevcut klorin hipokloröz asit ve anyon hipoklorit konsantrasyonları toplamı kadardır (85). Bu klorin miktarı oksidasyon kapasitesini belirler ve saf klorin miktarı olarak ifade edilebilir. Hipokloröz asit hipoklorit iyonundan daha güçlü bir oksidandır. Hipokloröz asit molekülü doku ve mikroorganizma üzerindeki klorlama ve oksitleme işlemlerinden sorumlu ajandır. Hipokloröz asitin ayrışması pH bağımlıdır, hipokloröz asit antiseptik etki göstererek tüketilirken anyon hipoklorit ile hipokloröz asit arasındaki denge korunur (86). Baker (86) hipokloröz asit, anyon hipoklorit ve pH arasındaki ilişkiyi göstermiştir. pH 10 iken neredeyse tüm klorin hipoklorit iyon formundadır. pH 4,5 iken tam tersi gerçekleşir, tüm klorin hipokloröz asit formundadır. pH arttıkça ayrışan hipokloröz asit konsantrasyonuna paralel olarak dezenfeksiyon kapasitesi azalır. Bloomfield ve Miles (85) düşük pH' daki hipokloritlerin çok daha iyi antibakteriyel aktivite gösterdiğini doğrulamışlardır. Andrews ve Orton (87) hipokloröz asitin mikroorganizmaların yok edilmesinden sorumlu olduğunu rapor etmişlerdir. Morris (88) hipoklorit iyonunun *Escherechia coli* üzerindeki antibakteriyel etkisinin hipokloröz asitin kapasitesinin 80'de 1'i kadar olduğunu tespit etmiştir.

Endodontide kullanılan saf hipokloritlerin pH'ı 12'dir (89), bu nedenle tüm klorin anyon hipoklorit formundadır (90).

b. Sıcaklık: Kullanılan NaOCl solüsyonun sıcaklığının 25°C artışı etkinliğini 100 kat artırmaktadır. 45°C %1 NaOCl solüsyonunun insan dental pulpasını çözme kapasitesi 20°C %5.25 NaOCl' nin kapasitesi ile eşit olduğu bulunmuştur (91).

c. Ultrasonik: Ultrasonik ajitasyon ile %5'lik NaOCl'in apikal uçludaki etkinliğini artırdığı gösterilmiştir (91). Ni-Ti uçlarla yapılan pasif ultrasonik irrigasyonun sonik aktivasyona göre doku çözmede daha etkili olduğu bildirilmiştir (92).

C. Mekanik özelliklere etkisi

NaOCl etkili bir organik doku çözücüdür. Dentin yapısında karbon atomları arası bağların bozulması ile kollojenin çözünmesine neden olur (93). NaOCl irrigasyonundan sonra adeziv sistemler ve dentin arasında görülen zayıf bağlanım kuvveti, dentin yüzeyinden kollojen fibrillerinin uzaklaştırılması ve kalıcı bir hibrid tabaka oluşturulmasından dolayı olabilir (94).

D. Bağlanma dayanımına etkisi

NaOCl irrigasyonu dentin ve rezin arasında zayıf bağlantıya neden olmaktadır, rezin polimerizasyonunu ekilediği için bu durumu tersine çevirecek ajanların kullanılması tavsiye edilir (95, 96). Askorbik asit veya sodyum askorbat gibi ajanların bağlanım dayanımındaki bu durumu tamamiyle tersine çevirdiği gösterilmiştir (97).

E. NaOCl ve klorheksidin etkileşimi

Kuruvilla ve Kamath. (98) %2,5'lik NaOCl ve %0,2'lik klorheksidin kombine kullanıldığında antimikrobiyal etkisinin ayrı ayrı kullanıldığı duruma göre daha iyi olduğunu savunmuşlardır. NaOCl ve klorheksidin arasındaki reaksiyonla parakloroanilin (PCA) denilen karsinojenik bir ajan oluşmaktadır ki çevre dokulara sızıntı ile geçmesi söz konusudur. Oluşan bu çökelti çözünmeyen nötr tuz formundadır. Molekül formülü $\text{NaC}_6\text{H}_4\text{Cl}$ 'dir (99). Beilstein testi ile klorin varlığı ve HCl çözünürlük testi ile anilin varlığı gösterilerek PCA varlığı gösterilmiştir. Çökeltideki PCA'nın dokulara teması önemli bir sorundur, çünkü sıçanlarda sitotoksik olduğu (100) insanlarda da potansiyel karsinojen olduğu gösterilmiştir (101-103). Ayrıca oluşan çökelti kanal yüzeyini kaplayarak dentin tübüllerini tıkar ve kanal dolgusunun tıkamasını olumsuz yönde etkiler (104).

2.4.3. İyodinin solüsyonları

E. Faecalis' in iyodine olan sensitivitesinden dolayı potasyum iyodid solüsyonu kök kanal irrigantı olarak önerilmiştir. Safavi ve ark. (105) *E.faecalis* ile enfekte edilmiş dentin üzerine 10 dk uygulamadan sonra bakteriyel üremeyi durdurduğunu göstermişlerdir. Klinikte % 5 iyodin içeren potasyum iyodid solüsyonu veya Churchill solüsyonu kullanılabilir. Churchill solüsyonu iyodin (16.5 g), potasyum iyodid (3.5 gr), distile su (20 gr) ve %90 etanol' (60 gr) den oluşur. Etkisinin azalmaması için smear tabakanın uzaklaştırılmasından sonra uygulanması önerilmektedir. Alerji ve hassasiyet konusunda dikkatli olunmalıdır.

2.4.4. Klorheksidin glukonat

Klorheksidin diglukonat antimikrobiyal etkinliğinin çok iyi olması nedeni ile dezenfeksiyon işlemlerinde sıklıkla kullanılırlar (106). Gram (+), Gram (-) bakterilerle, bakteriyel sporlar, lipofilik virüsler, maya ve dermatofitleri içeren geniş antimikrobiyal etkinliğe sahiptirler (2, s.560). Doku çözme yeteneği olmaması ise en büyük dezavantajdır (107).

A. Yapısı ve etki mekanizması

Klorheksidin sentetik katyonik bis-guanid yapısındadır. Merkezde hekza-etilen zincirlerine bağlı iki biguanid grubu ve iki simetrik 4-klorofenil halkası içerir (108). Klorheksidin pozitif yüklü hidrofobik ve lipofilik bir moleküldür. Bakteri membranındaki fosfolipid ve lipopolisakkaritlerle reaksiyona girerek pasif veya aktif transport mekanizmaları ile hücre içine giriş yapar (109). Bakteri membranındaki negatif yüklü fosfat grupları ile pozitif yüklü klorheksidin molekülü reaksiyona girince hücrenin osmotik basıncı değişir (110, 111). Hücre duvarının geçirgenliğinin artmasıyla klorheksidin molekülü hücre içine giriş yapar (107). Membranda oluşan hasar nedeni ile adenozin trifosfat ve nükleik asitler gibi fosfat yapısında olan hücre içi elemanlar hücre dışına sızmaya başlar. Sonuç olarak sitoplazma pıhtılaşır sızıntı azalır, membran geçirgenliğinde bifazik

etki oluşur. Klorheksidinin antimikrobiyal etkisi pH bağımlıdır, optimal pH 0.7-5.5 arasındır (112).

B. Antibakteriyel etki

Basson ve Tait (113) kalsiyum hidroksit, iodin potasyum iyodid (IKI) ve klorheksidin solüsyonunun dezenfeksiyon etkisini *Actinomyces israelii* ile enfekte edilmiş kanallarda ex vivo değerlendirdikleri çalışmalarında klorheksidin *Actinomyces israelii*'yi elimine edebilen tek dezenfektan olarak bulunmuştur. Oncag ve ark (114) çalışmalarında *E. faecalis* üzerinde %5,25'lik NaOCl, %2'lik CHX, %0,2'lik CHX plus ve %0,2'lik setrimitin 5 dk ve 48 saat sonraki antibakteriyel etkinliklerini incelemişler, %2'lik klorheksidin ve Cetrexidin®'i anlamlı derecede daha etkin bulmuşlardır. İki farklı çalışma (115,116) değişik konsantrasyonlarda jel ve sıvı form klorheksidin ile 5 farklı konsantrasyonda NaOCl solüsyonunu endodontik patojenlere karşı antimikrobiyal aktivite açısından değerlendirmiştir. %2 jel ve sıvı klorheksidin *Staphylococcus aureus* ve *Candida albicans*'i 15 sn.'de elimine ederken, jel form klorheksidin ise *E.faecalis*'i 1 dakikada elimine edebilmiştir. Diğer test edilen irrigasyon ajanları *Porphyromonas endodontalis*, *Porphyromonas gingivalis* ve *Prevotella intermedia* 'yı 15 sn.'de elimine etmiştir (115, 116).

C. Klorheksidinin dentine etkisi

Klorheksidin hidroksiapatit yapısında bulunan fosfat gibi anyonik moleküllere bağlanma yeteneği vardır. Fosfat dentindeki kalsiyum karbonat kompleksinde mevcuttur. Klorheksidin fosfata bağlanır böylece dentinden kalsiyum salınımına neden olur (117).

D. Klorheksidinin kalıcılığı

White ve ark. (118) %2'lik klorheksidin endodontik irrigant olarak kullanıldığında 72 saat boyunca antimikrobiyal etkinlik gösterdiğini rapor

etmişlerdir. Khademi ve ark. (119) %2'lik klorheksidinin 5 dk uygulanması ile etkinlik süresinin 4 haftaya kadar çıkabileceğini bulmuşlardır. Rosenthal ve ark.(120) %2'lik klorheksidinin 10 dk uygulanması ile antimikrobiyal etkinliğinin 12 haftaya çıktığını göstermişlerdir. Bu devam eden antimikrobiyal etki dentin ile reaksiyona giren klorheksidin moleküllerinin sayısına bağlıdır (107).

E. Klorheksidin ve dentin bonding (Antikollajenolitik aktivite)

İnsan dentini kollajenaz (MMP-8), jelatinazlar MMP-2 ve MMP-9, enamelizin MMP-20 içerir (121, 122). Dentin kollajenolitik ve jelatinolitik aktiviteler (123) proteaz inhibitörlerince bastırılabilir ki bu MMP inhibisyonunun hibrid tabakanın korunmasında önemli olabileceğini gösterir. Benzer durum geniş spektrum MMP inhibisyon etki gösterdiği bilinen (124) klorheksidinin uygulanmasını içeren bir *in vivo* çalışmada gösterilmiş, 6 aylık takip sonunda hibrid tabakanın bütünlüğünün korunduğu gösterilmiştir (125). Rezinin infiltrate olduğu dentinde kollajen matrisleri kendiliğinden bozulmaya başlar fakat klorheksidin gibi sentetik proteaz inhibitör uygulaması ile bunun önüne geçilebilir (126). Kısacası, geniş spectrumlu MMP inhibisyon etkisi sayesinde klorheksidin rezin-dentin bond stabilitesini anlamlı derecede artırmaktadır (106).

F. Klorheksidinin sitotoksitesi

Klorheksidinin bakterisidal konsantrasyonları köpek embriyonik fibroblastları üzerinde öldürücü etki gösterirken, sitotoksik olmayan konsantrasyonları *Staphylococcus aureus* üzerinde öldürücü etki göstermemiştir (127). Ribeiro ve ark (128) formokrezol, paramonoklorofenol, kalsiyum hidroksit ve klorheksidinin Çin hamster yumurtalık hücreleri üzerinde genotoksik (DNA hasarı) etkisini incelemişler, test edilen materyallerin hiçbirinin DNA hasarına neden olmadığını ayrıca klinikte kullanılan konsantrasyonlarda klorheksidinin biyouyumluluğunun kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir.

2.4.5. Etilendiamintetraasetik asit (EDTA)

EDTA solüsyonu ilk kez Nygaard-Østby tarafından dentini yumuşatıp kök kanal tedavisini kolaylaştırmak amacıyla önerilmiştir. Günümüzde kemomekanik işlemleri etkili kılmak, smear tabakasını uzaklaştırmak, dentin duvarlarının dezenfeksiyonunu artırmak amacıyla kullanılmaktadır (2, s.533). EDTA dentin yapısındaki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek çözünebilen kalsiyum şelatları oluşturur. EDTA'nın demineralize etkisi özellikle dar kanallarda kısıtlıdır. Bu durum dar kanallara yeterli miktarda solüsyonun ulaşmaması ve madde değişiminin zor olmasına bağlanmaktadır (2, s.534). EDTA'nın disodyum tuzunun 5 dk. uygulama ile dentini 20-30 µm derinliğe kadar dekalsifiye ettiği rapor edilmiştir (129).

A. EDTA ve smear tabakasının kaldırılması için gereken süre

Son yıkama olarak 5 ml %17 EDTA 3 dk. boyunca devamlı uygulandığında etkili bir şekilde smear tabakanın kaldırıldığı bilinmektedir (130). Saito ve ark. (131) göre 1dk EDTA uygulaması 15 sn ve 30 sn'lik uygulamalara göre çok daha iyi sonuç vermektedir. %17'lik EDTA irrigasyonunun smear tabaka altındaki dentini de dekalsifiye ederek sertliğini azalttığı rapor edilmiştir. Bu durum EDTA yoğunluğunu azaltarak çözülebilir fakat düşük yoğunluğu olan EDTA solüsyonu smear tabakasını kaldırmak için yetersiz olabilir. EDTA etki gösterirken hidrojen iyonu salar ve ortamda pH düşer. Asidik ortamda şelasyon azalır. Bu durumun önüne geçmek için alkalin EDTA solüsyonları hazırlanmıştır. Sudha ve ark. (132) EDTA'nın smear tabaka kaldırma etkinliği ve dentin üzerindeki dekalsifikasyon etkisi arasında optimum sonuç için, pH'ı 9 olan %10'luk EDTA'nın 1 dk uygulanmasını önermişlerdir.

B. Dentin yüzey gerilimine etkisi

%5 NaOCl'nin tek başına veya %17 EDTA ile arka arkaya kullanılması (30 dakikalık turlarla) diş yüzey gerilimini anlamlı derecede artırmaktadır. Bu arka arkaya kullanım diş yüzey geriliminde NaOCl'nin tek başına kullanımına göre

anlamli derecede daha fazla değişikliğe neden olmaktadır. %3 NaOCl ve %17 EDTA tek başına veya kombine kullanıldığında diş yüzey gerilimini anlamli derecede değiştirmemektedir (133).

C. Ultrasonikler ile kullanım

Kök kanalının apikal bölümünde smear tabakasının ve debrisin kaldırılması için ultrasonik aktivasyon ile kombine ederek 1 dk. %17 EDTA uygulaması yeterlidir (134). EDTA smear tabakasının uzaklaştırılmasında ve dentin tübüllerini açmada NaCl ve NaOCl' den daha başarılı bulunmuştur (135).

2.4.6. Sitrik asit

Final irrigasyonda %10'luk sitrik asit uygulamasının smear tabakayı etkili şekilde kaldırdığı görülmüştür (136). Biyoyumluluk açısından %17'lik EDTA'ya göre daha kabul edilebilir olduğu rapor edilmiştir (137,138). Schelza ve ark. (139) sıçan 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. Başka bir çalışmada %25'lik sitrik asit 1, 5 ve 10 dk'luk uygulamalarda *E.faecalis* biyofilm eradikasyonunda yetersiz kalmıştır (140). Işıklı aktive olan dezenfeksiyon sistemlerinde EDTA'nın yerine kullanılması tavsiye edilmektedir (72, s.134).

2.4.7. MTAD (Mixture of Tetracycline and Disinfectant)

Torabinejad ve ark. tarafından smear tabakasının dentin erozyonu olmadan kaldırılabilmesi ve antimikrobik etki sağlanması amacıyla geliştirilmiş bir irriganttır (2, s.541). MTAD, %3 doksisiklin, %4,25 sitrik asit ve %0,05 polysorbate (Tween-80)' tan oluşur (141, 142).

MTAD bakteri eliminasyonuna karşı sinerjistik etkide bulunması düşünülen 3 ana bileşikten oluşur (141). MTAD'nin antibakteriyel etkinliği *E.faecalis* biyofilmi üzerinde %1 ve %6'lık NaOCl'e göre daha az etkin bulunmuştur (143). MTAD

içeriğindeki sitrik asit sayesinde smear tabakasını etkin bir şekilde kaldırmaktadır. Böylece doksisisiklinin dentin kanallarına penetre olarak antibakteriyel etkinlik gösterebilmektedir (144).

Final irrigasyon olarak MTAD ve EDTA kullanılan bir çalışmada MTAD AH Plus'ın bağlanma dayanımında anlamlı derecede düşüşe neden olmuştur (145). MTAD ile yapılan son yıkama rezin bazlı ve kalsiyum hidroksit esaslı patların bağlanma dayanımını çökelti oluşumu nedeniyle azaltmaktadır (146).

2.4.8. Elektrokimyasal aktive edilmiş su (EAW-Electrochemically Activated Water)

Salin solüsyonu EAW cihazında elektroliz edildiğinde elektrokimyasal aktive edilmiş su üretilmiş olur. pH'sı 2 ila 9 arasında değişen (147), yüksek oksidasyon potansiyeli olan, antimikrobiyal bir ajandır. Fakat anot ve katot ajanlar tek başlarına kullanıldığında antimikrobiyal etkinliği %0,5'lik sodyum hipoklorite göre çok düşüktür (148).

Sterilox isimli ticari cihaz %85-95 oranında hipokloröz asit üretir. Mikroplar üzerinde oldukça etkili aynı zamanda toksik ve irrite edici olmayan bir ajandır. Dental ünitlerin borularındaki biyofilmleri uzaklaştırmada kullanılır (149). Aynı zamanda yüzey ve ölçü dezenfektanı olarak kullanılır.

2.4.9. Işıkla aktive olan dezenfeksiyon

Işıkla aktive olan dezenfeksiyon sistemi (LAD), ışığa duyarlı maddenin oksijen varlığında ışıkla aktive edilmesi esasına dayanır. Fotosensitizer maddenin ışığa maruz kalmasıyla lokal hasar oluşur ve hücre ölümüne neden olan oksijen parçacıkları ve serbest radikaller açığa çıkar. Çoğunlukla kanser tedavisinde kullanılır. Bazı çalışmalarda antibakteriyel etkisi de gösterilmiştir (150, 151)

Bu sistem bakteri, mantar, virüsler ve protozoalar üzerinde etkilidir. Ayrıca bakteriler üzerinde serbest oksijen parçacıklarının neden olduğu sitotoksosite ile etkili olduğundan dirençli suşların gelişmesi mümkün değildir (152).

Kök kanalı tolonyum klorit ile irriga edilir. Biyofilmda bakteri hücre membranına bağlanır. Dalga boyu 635 nm olan lazer ışığına maruz kalınca bakteri membranı parçalanır. Üretici firma izole edilen birçok oral bakteriye karşı etkili olduğunu belirtmiştir.

2.4.10 Maleik asit

Maleik asit zayıf bir organik asittir. Doğal fiberlerin boyanmasında ve bazı kimyasalların üretiminde kullanılır. Molekül formülü $C_4H_4O_4$ olup kokusu hafiftir. Renksiz-beyaz kristal yapıdadır. Suda çözünür. Orta derecede toksisite gösterir. Isıtıldığında rahatsız edici keskin kokulu gaz çıkarır. İnhalasyonu boğaz ve burunda iritasyona neden olur. Göz ve deriye temastan kaçınılmalıdır (153).

Maleik asit, adeziv diş hekimliğinde asit conditioner olarak kullanılmaktadır. Ballal ve ark. (154) final irrigasyon olarak %7 maleik asitin 1 dk uygulanması ile aynı sürede apikal bölgede smear tabakasını uzaklaştırmada %17'lik EDTA uygulamasından daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir.

2.5. Smear Tabakası ve Kanal Dolgu Patlarının Dentin Tübüllerine Penetrasyonu

2.5.1. Smear tabakasının yapısı

Dentin herhangi bir şekilde kesildiğinde dentin duvarlarının yüzeyi üzerinde sıklıkla çamurumsu bir tabakanın oluştuğu SEM çalışmalarında tespit edilmiştir (155-158). İlk defa Boyde ve ark. (159) tarafından kesilmiş mine yüzeyinde tespit edilmiş ve smear tabakası olarak tanımlanmıştır.

McComb ve Smith (160), bu tabakayı prepare edilmiş kök kanalları duvarlarında da gözlemlemişlerdir. Ancak kanal tedavisinde oluşan smear tabakası koroner smear tabakasına benzemekle birlikte ek olarak odontoblastik yapılar, pulpa dokusu ve bakteri de içerir. Bir başka deyişle bu bölgedeki smear tabakası hem organik hem de inorganik yapılardan oluşur.

Cameron (161) ile Mader ve ark. (162) amorf, granüler ve düzensiz yapıdaki smear tabakasını iki bölümde incelemişlerdir.

1.tabaka: Yüzeysel smear tabakası, yaklaşık 1-2 µm kalınlığında

2.tabaka: Dentin kanallarında yer alan smear tabakası, tübül içerisinde 40 µm kadar görülebilir. (45, s.351).

Kök kanallarında dentin tübüleri pulpa-predentin birleşiminden sement-dentin birleşimine kadar uzanmaktadır. Milimetrekareye düşen tübüllerinin sayısı 4900'den 90000'e kadar farklılık gösterir (163). Dentin tübüllerinin kök yüzeyindeki yoğunluğu apikalden kron yönüne doğru artış göstermektedir, aynı şekilde bu yoğunluk kök yüzeyinde eksternalden internale doğru da görülmektedir (45, s.353).

Prepare edilmiş kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılması veya uzaklaştırılmaması tartışılan bir konudur. Bazı çalışmalarda smear tabakasının bakterilerin dentin kanallarına penetre olmasını engellediği belirtilirken (164-166) bazı çalışmalarda ise kanal preparasyonundan sonra bakterilerin smear tabakasında ve dentin kanallarında yaşayabileceği ve çoğalabileceği belirtilmiştir (167-170).

2.5.2. Smear tabaka, irrigasyon ve mikrosızıntı ilişkisi

Smear tabakasının varlığı ya da yokluğu bakterilerin dentin kanalcıkları içindeki penetrasyon derinliğine etki edebilmektedir. Bakteriyel invazyon miktarı bakteri tipine ve zamana bağlıdır (167-170). Smear tabakasının *Proteus vulgaris*'in penetrasyonunu geciktirdiği ancak tamamen önleyemediği belirtilmiştir (171).

A.viscosus, Corynebacterium spp ve S.sangius smear tabakasını sindirebilmekte ve onların penetrasyonunu kolaylaştırmaktadır (170).

Smear tabakasının kendisinin geçirgenlik gösterdiği ve albümin gibi büyük moleküllerin penetre olabildiği bildirilmiştir (2, s.532, 172). Bu yüzden smear tabakası bakteri yayılımı için tam bir bariyer değildir. Bazı bakterilerin proteolitik enzimlerle smear tabakasını sindirmeleri kanal duvarları ve kanal dolgu maddeleri arasında boşluğa dolayısıyla sızıntıya neden olur (173). Ne var ki mikrosızıntı ile dolgu materyalinin dentin tübüllerine penetrasyonu arasında pozitif korelasyon bulunamamıştır (174). Bazı araştırmacılara göre smear tabakasının varlığı dezenfektanların dentin kanallarına penetrasyonunu da engellemektedir (175-178). Smear tabakasının uzaklaştırılması bakteri eliminasyonunu daha etkin kılar böylece antibakteriyel ajanlar daha az miktarda kullanılır böylece toksik etkileri de en aza indirilmiş olur (45, s.354).

2.6. Dentin Tübül Penetrasyon Değerlendirme Yöntemleri

Kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonlarının incelenmesinde Işık Mikroskobu, Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscopy - SEM) ve Lazer Taramalı Konfokal Mikroskobu kullanılmaktadır.

2.6.1. Lazer taramalı konfokal mikroskop (Confocal Laser Scanning Microscope- CLSM)

Konfokal mikroskop, konvansiyonel mikroskop ile incelendiğinde bulanık görüntü veren nesnelerin daha net görüntülerini elde etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu, örnek üzerine mikroskobun odak düzlemi dışında gelen ışığın elimine edilmesi ile sağlanır. Oluşan görüntü daha az bulanıktır, kontrastı konvansiyonel mikroskop görüntüsüne göre daha iyidir. Bütün bu görüntü iyileştirme avantajlarına ek olarak, incelenen örneğin vertikal ekseninden alınan görüntülerin birleştirilmesi ile üç boyutlu rekonstrüksiyonu da mümkündür (179).

Konfokal mikroskobunun çalışma prensibi incelenen örneğin nokta-nokta ışıklandırılması ve odak dışı kalan ışığın elimine edilmesi prensiplerine dayanır. Örnek üzerinde tek noktanın ışıklandırılmasının bir dezavantajı; herhangi bir anda tek noktadan yakalanabilen foton sayısının daha az olmasıdır. Bu nedenle doğru ölçüme izin veren görüntüyü elde edebilmek için her noktanın uzun süre ışıklandırılması gerekmektedir (180). Bu durum görüntü oluşumu için gereken süreyi arttırmaktadır. Çözüm olarak önceki dönemlerde çok güçlü ışık kaynakları kullanılmıştır. Minsky (180) bunu zirkonyum ark lambası ile sağlamıştır. Modern çözüm ise lazer kaynağı kullanmaktır ki, lazer geniş dalga boyu aralıklarında incelemeyi de mümkün kılmaktadır (179).

Konfokal mikroskobu endodontide, kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonlarının incelenmesinde, ayrıca penetrasyon derinliğini etkileyen irrigasyon solüsyonlarının ve irrigasyon yöntemlerinin etkinliğinin incelenmesinde ve mikrobiyolojik endodontide kullanılmaktadır. Tuncer ve ark. (181) farklı irrigasyon solüsyonlarının dentin tübül penetrasyonuna etkisini inceledikleri çalışmada, Zapata ve ark. (182) Thermafil ve RealSeal-1 obtürasyon tekniklerinin alt molar dişlerin mezial köklerindeki dentin tübül penetrasyonunu inceledikleri çalışmalarında, Bolles ve ark. (183) Vibringe, EndoAktivatör ve şırınga irrigasyonunun dentin tübül penetrasyonu üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, Rosaline ve ark. (184) farklı final irrigasyonların *Enterococcus faecalis*'in dentine bağlanma dayanımı üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, Nikhil ve Singh (185) ultrasonik, sonik ve döner alet sistemleri ile kanal içerisine pat yerleştirme yöntemlerinin dentin tübül penetrasyonuna etkisini inceledikleri çalışmada konfokal mikroskop kullanmışlardır.

Çalışmamızda lazer taramalı konfokal mikroskop kullanarak farklı final irrigasyon rejimlerinin 3 farklı kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonunun incelenmesi amaçlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Örneklerin Kanal Preparasyonu

Çalışmamızda biyoistatistik ön değerlendirmeye dayanarak, anonimize edilmiş, çeşitli nedenlerle çekim endikasyonu konulan 160 adet tek köklü, tek kanallı, kök gelişimini tamamlamış daimi insan mandibular premolar dişleri kullanıldı. Organik artıkların uzaklaştırılması için dişler %5,25'lik NaOCl içinde bekletildikten sonra distile su ile yıkayıp kullanılacakları zamana kadar serum fizyolojik solüsyonunda saklandı. Tüm deneysel girişimler aynı operatör tarafından yapılmıştır. Elmas fissür frez (Diatech Swiss Dental Instruments, Altstätten, Switzerland) ile dişler kök boyları 14mm olacak şekilde su soğutması altında korondan kesildi. Çalışma boyları #10 K tipi eğenin (TGdent, Technical & General Ltd., London, England) apikal foramenden görüldüğü boydan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Köklerin apikal kısımları Ni-Ti K tipi el eğeleri (Dentsply Maillefer, USA) ile ISO #40'a kadar prepare edildi. Sonrasında aynı marka ISO #45, #50 ve #55 Ni-Ti eğeler ile çalışma boyundan itibaren 1'er mm kısaltarak step-back tekniği uygulandı. Koronal şekillendirme #2 ve #3 Gates Glidden frezler (TGdent) ile tamamlandı. Her kanal aletinden sonra kanallar 1ml %5,25'lik NaOCl ile irrigate edildi.



Şekil 3.1 Preparasyon öncesi kron kısımları kesilmiş dişler

3.2 Final İrrigasyon

Preparasyon işlemlerinden sonra kökler rastgele seçilerek farklı final irrigasyon rejimine göre 5 gruba ayrıldı. (n=32) Tüm irrigasyon prosedürlerinde 27 gauge'lık, esnek uçlu iğne kullanıldı (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT)



Şekil 3.2 Ultradent firmasının 27 gauge'lık esnek uçlu irrigasyon iğnesi

Kökler her grupta 5ml %5,25'lik NaOCl ile, ardından 2,5ml distile su ile irrigate edildikten sonraki son yıkama prosedürü şu şekilde uygulandı;

Grup 1: 5ml %17 EDTA 1 dk. + 2,5ml DS

Grup 2: 5ml %17 EDTA 1 dk. + 2,5ml DS + 2,5ml %2 CHX 1 dk.

Grup 3: 5ml %7 Maleik asit 1 dk. + 2,5ml DS

Grup 4: 5ml %7 Maleik asit 1 dk. + 2,5ml DS + 2,5ml %2 CHX 1 dk.

Grup 5 (kontrol): 5ml %5,25 NaOCl 1 dk. + 2,5ml DS



A

B

C

D

Şekil 3.3 İrrigasyon solüsyonlarının hazırlanması için kullanılan malzemeler **A.** Sodyum hipoklorit solüsyonu (Aklar Kimya, Ankara, Türkiye) **B.** EDTA disodyum tuzu (Sigma-Aldrich, Taufkirchen, Germany) **C.** Maleik asit (Merck Chemistry, Darmstadt, Germany) **D.** %2 Klorheksidin glukonat irrigasyon çözeltisi (Drogsan, Ankara, Türkiye)

Her gruptan 2 örnek smear tabakasının durumunu görmek amacı ile SEM (Scanning electron microscope Quanta 200 FEG, USA) incelemesi için ayrıldı. Kalan dişler obtürasyon için kullanılacak kanal dolgu patına göre 3 alt gruba ayrıldı (n=10). Kullanılan patlar;

- AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
- Tech BioSealer Endo (TBE, Isasan, Rovello Porro, Italy)
- EndoRez (Ultradent, South Jordan, UT, USA)



A

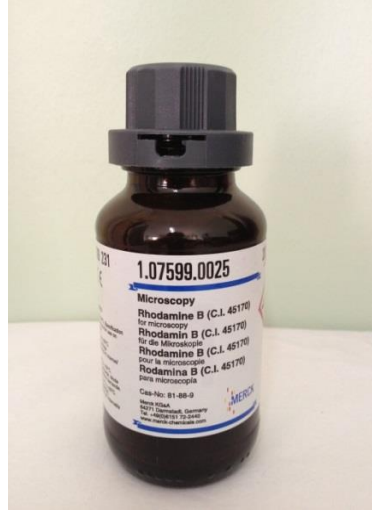
B

C

Şekil 3.4 Çalışmada kullanılan kanal dolgu patları
A. AH Plus **B.** Tech BioSealer Endo **C.** EndoRez

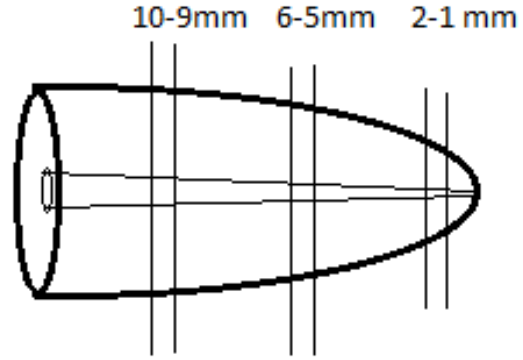
3.3 Obturasyon ve Kesit Alma

Üretici firmaların önerileri doğrultusunda hazırlanan patlara florasan özellik vermesi için eser miktarda (~ %0,1 oranında) Rhodamine B (Merck Chemistry) boyası katıldı. Kanallar kağıt konlarla (Sure-endo, SureDent Co., Ltd., Korea) kurutulduktan sonra patlar #25 lentülo spiral (TGdent), ile kanallara uygulandı. Esas konlar (Sure-endo) bir miktar patla birlikte kanala yerleştirildi. #25 spreader (TGdent) ve #20 yardımcı guta-perka konlar (Sure-endo) kullanarak lateral kondenzasyon tekniği ile obturasyon tamamlandı. Kanal dışında kalan guta-perka ısıtılmış el aleti ile kesilmiş ve plugger ile korondan vertikal yönde 10 sn süre ile basınç uygulanmıştır. EndoREZ patı kullanılan dişlere koronal ve apikal yönden 40 sn. ışık uygulandı (Woodpecker Curing Light LED-B, Guilin Woodpecker Medical Instrument Co., Ltd, Guangxi, China). Giriş kavileri Cavit G (3M ESPE, USA) ile kapatıldı ve patların sertleşmesi için dişler %100 nemli ortamda 1 hafta oda sıcaklığında (25 °C) bekletildi.



Şekil 3.5 Rhodamine B boyası

Elmas diskler (Sunshine Diamonds, Dr. Hopf GmbH & Co. KG, Germany) kullanılarak her kökte apikalden 1, 2, 5, 6, 9 ve 10 mm mesafeden kökün uzun aksına dik olacak şekilde kesilerek 1 mm kalınlığında 3 adet horizontal kesit elde edildi. Kesitler koronal yüzeyleri incelenecek şekilde cam lamellere yapıştırılıp numaralandırıldı (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Kesit alma yönteminin şematik gösterimi



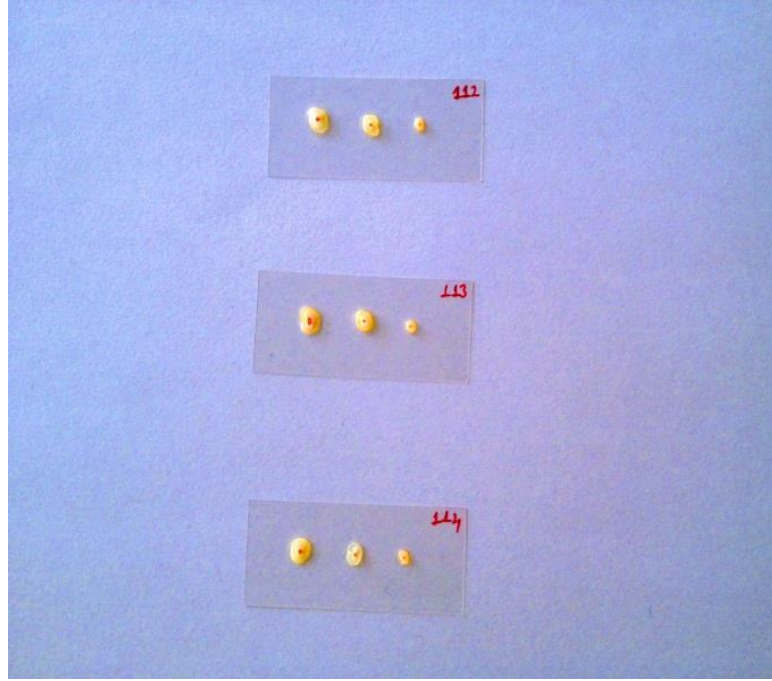
Şekil 3.7 Kesit alma işlemleri için kullanılan elmas disk

3.4 Kesitlerin Mikroskopta İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması

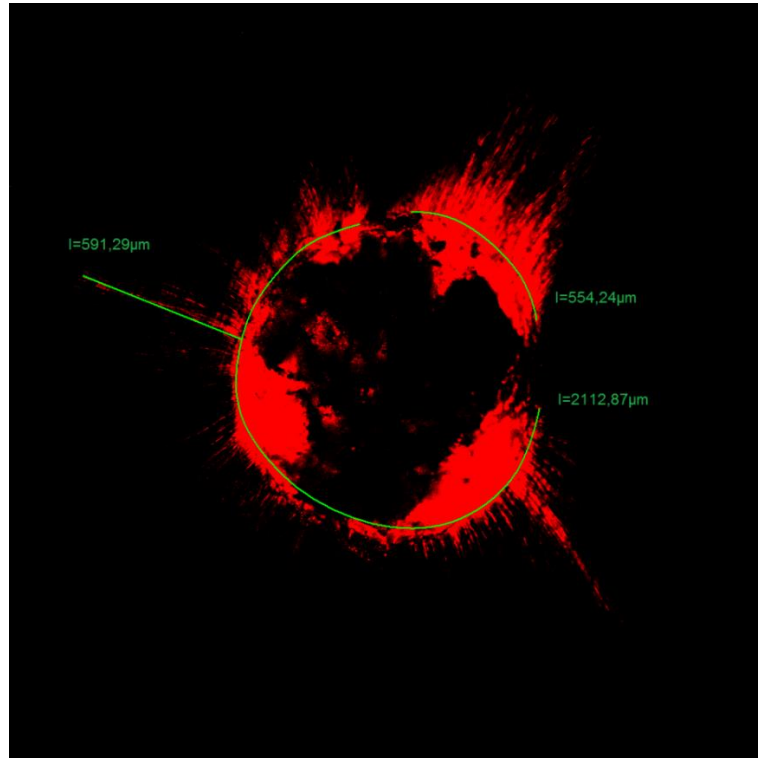
Örnekler Uluslararası Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM) bünyesinde bulunan lazer taramalı konfokal mikroskop ile incelendi (Zeiss LSM 510, Carl Zeiss, Göttingen, Germany). Işık kaynağı olarak argon lazer kullanıldı (Dalga boyu: 514 nm). Görüntüler x10 büyütme ile 512x512 çözünürlükte kaydedildi (Lens: EC Plan-Neofluar x10). Tile scan mod kullanılarak orta ve apikal kesitlerde 1x1, daha büyük olan koronal kesitlerin görüntüleri için 2x2 ölçüler kullanıldı. Kaydedilen görüntüler Zeiss LSM Image Browser v.4.2.0 (Carl Zeiss MicroImaging GmbH 1997-2006) programına aktarılıp incelendi. Penetrasyon yüzde hesabı, Gharib ve ark. (186) kullandığı yönteme benzer şekilde hesaplanmıştır. Program dahilinde bulunan çizim araçlarının yardımı ile kanal duvarının çevre uzunluğu hesaplandı. Daha sonra kanal çevresi üzerinde tübül penetrasyonu görülen bölgeler çizilip uzunluğu hesaplandı. Hesaplanan bu değer kanal duvar çevresine bölünerek penetrasyon yüzdesi elde edildi. Ayrıca görülen en derin penetrasyon uzunluğu kanal duvarından itibaren hesaplandı.



Şekil 3.8 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (ZEISS LSM 510 META)



Şekil 3.9 Cam lamellere alınan kesitlerden bazıları



Şekil 3.10 Penetrasyon görülen bölgelerin bilgisayar ortamında belirlenmesi

3.5 İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin analizi SPSS 18 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programında yapıldı. Sürekli değişkenlerin dağılımının normale yakın olup olmadığı Shapiro Wilk testi ile araştırıldı. Varyansların homojenliği ise Levene testiyle incelendi. Tanımlayıcı istatistikler ortalama ve standart sapma olarak gösterildi.

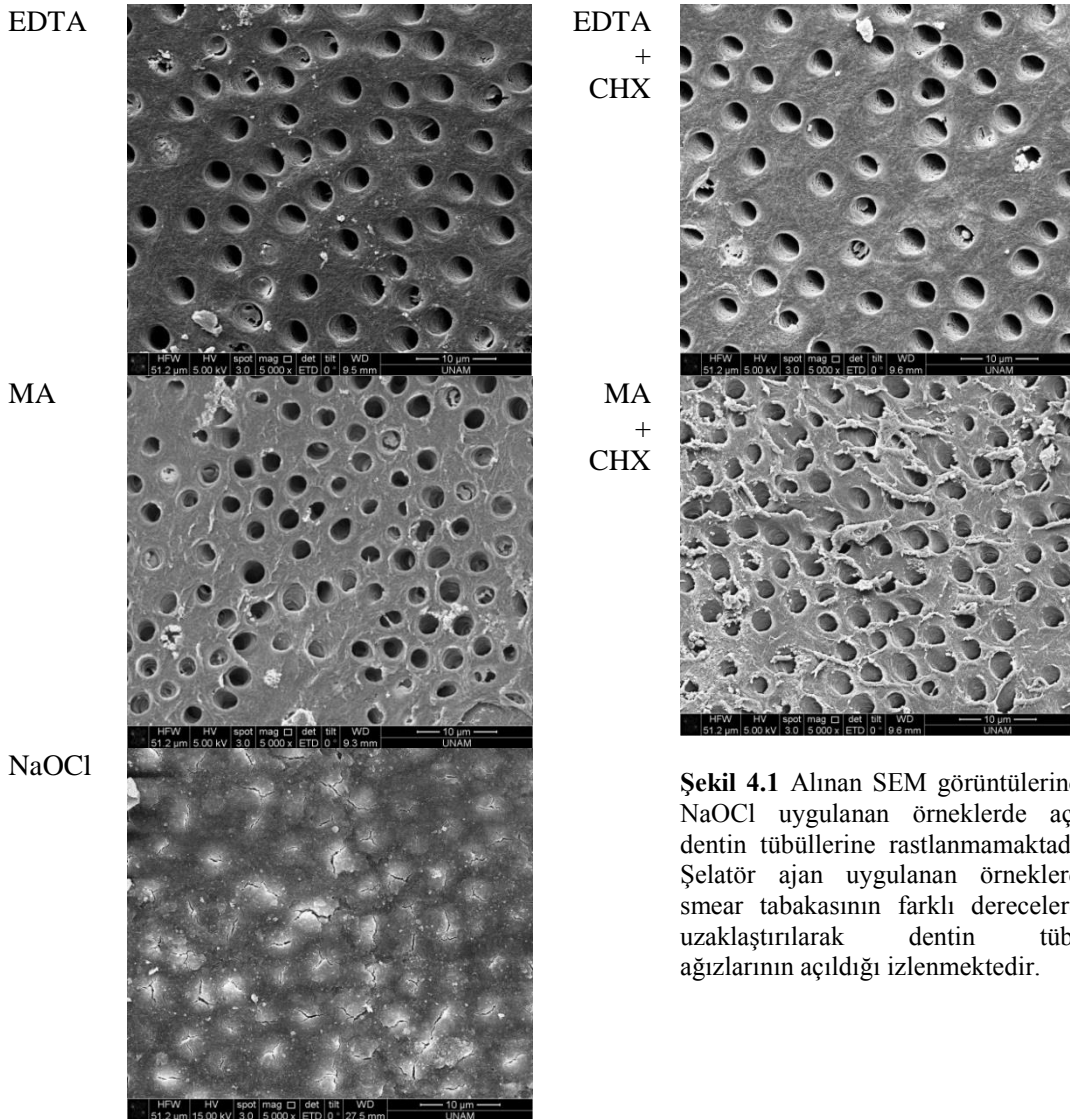
Araştırma grupları arasında penetrasyon yüzdesi ve en yüksek penetrasyon derinliği yönünden farkın önemliliği İki Yönlü Varyans Analizi ile incelendi. Koronal, orta ve apikal üçlü verileri ayrı ayrı analize tabi tutuldu. Her seviyede, kullanılan solüsyonlar arasındaki farkın önemi analiz edildi. Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi (Repeated Measures ANOVA) ile her grup ve seviyede ayrı ayrı koronal-orta-apikal bölgelerde penetrasyon derinliği ve yüzde değerleri karşılaştırıldı. $p < 0,01$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Küresellik varsayımı sağlanamadığı durumlarda Greenhouse-Geisser düzeltmesi uygulandı. Hangi seviye ya da seviyelerin farklılık yarattığı Bonferroni testi ile bulundu.

4. BULGULAR

Çalışmamızda 5 farklı final irrigasyon rejiminin, 3 farklı kanal dolgu patının kök dentin tübül penetrasyonu üzerindeki etkisinin sonuçları incelenmiştir. Elde edilen veriler tablolarda gösterilmiştir (Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7)

4.1 SEM Görüntüleri

Çalışmada final irrigasyon rejimleri uygulandıktan sonra smear tabakasının durumunu görmek için ayrılan örneklerle ait SEM görüntüleri Şekil 4.1’ de görülmektedir. Elde edilen görüntülerde NaOCl grubuna (G5) ait örneklerde açık dentin tübülleri izlenmemektedir. Diğer gruplarda (G1, G2, G3, G4) dentin tübül ağızlarının farklı derecelerde açıldığı izlenmektedir.



Şekil 4.1 Alınan SEM görüntülerinde NaOCl uygulanan örneklerde açık dentin tübülleri rastlanmamaktadır. Şelatör ajan uygulanan örneklerde smear tabakasının farklı derecelerde uzaklaştırılarak dentin tübül ağızlarının açıldığı izlenmektedir.

4.2 Koronal Üçlüye Ait Bulgular

Tablo 4.1' de koronal bölgeye ait penetrasyon yüzdesi (%) ve en yüksek penetrasyon derinliğine (μ) ait ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Koronal üçlüye ait tanımlayıcı istatistikler. Her pat için ayrı olarak, değerlerin yanındaki harfler iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel farklılık olup olmadığını göstermektedir. Aynı harfler gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığını göstermektedir.

			Penetrasyon Yüzdesi(%)		Penetrasyon derinliği(μ)	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
AH Plus	EDTA	G1A	81,67 ^a	15,76	722,22 ^{ab}	232,77
	EDTA + CHX	G2A	87,24 ^a	9,80	770,75 ^{ab}	171,34
	MA	G3A	77,46 ^a	12,91	844,67 ^b	133,20
	MA + CHX	G4A	88,33 ^a	7,70	605,96 ^{ac}	129,02
	NaOCl	G5A	24,76 ^b	8,48	490,18 ^c	147,64
	Toplam	GA	72,85	25,81	690,77	203,13
EndoRez	EDTA	G1E	58,75 ^a	19,03	289,37 ^a	149,15
	EDTA + CHX	G2E	76,29 ^a	6,19	764,93 ^b	93,33
	MA	G3E	56,73 ^a	14,59	185,47 ^a	80,02
	MA + CHX	G4E	73,16 ^a	16,86	512,12 ^c	171,15
	NaOCl	G5E	15,60 ^b	9,35	69,83 ^d	33,03
	Toplam	GE	57,82	25,53	394,01	279,96
TechBio	EDTA	G1T	5,02 ^a	2,30	35,57 ^a	14,50
	EDTA + CHX	G2T	53,38 ^b	16,45	130,74 ^b	105,93
	MA	G3T	9,33 ^a	4,48	51,90 ^a	41,40
	MA + CHX	G4T	66,08 ^b	14,93	136,84 ^b	91,05
	NaOCl	G5T	6,79 ^a	3,62	42,78 ^a	22,59
	Toplam	GT	28,74	28,27	80,81	78,58
Toplam	EDTA	G1	51,03	35,56	377,76	336,49
	EDTA + CHX	G2	72,96	17,90	570,12	324,69
	MA	G3	49,86	31,62	406,41	380,68
	MA + CHX	G4	76,56	16,14	438,41	238,36
	NaOCl	G5	16,08	10,50	212,50	230,29
	Toplam		54,40	32,04	406,79	323,74

Koronal üçlüde kullanılan her üç pat arasında farklılıklar bulunmuştur. En yüksek penetrasyon değerleri sırasıyla AH Plus, EndoRez ve Tech BioSealer Endo patlarında görülmüştür. Solüsyonların patlar üzerindeki etkileri çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olmuştur ($p<0,001$). Solüsyonların patlar üzerindeki etkileri şu şekildedir;

- AH Plus patı kullanıldığında:

Penetrasyon yüzdesi analizinde, NaOCl (G5A) grubu diğer gruplara göre anlamlı derecede farklı ve düşük bulunmuştur ($p<0,05$). EDTA (G1A), EDTA+CHX (G2A), MA (G3A), MA+CHX (G4A) solüsyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.1).

Tüm gruplarda koronal üçlü değerleri, orta ve apikal üçlüye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

En yüksek penetrasyon derinliği analizinde, G4A ve G5A ile G3A arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$). G4A ile G5A arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). G1A, G2A ve G4A grupları arasında anlamlı fark yok iken ($p>0,05$); G4A, G3A'ya göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük değerler göstermiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.1).

EDTA+CHX grubu (G2A) dışında tüm gruplarda koronal üçlü, orta ve apikal üçlüye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). G2A grubunda ise koronal ve orta üçlü arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

- EndoRez patı kullanıldığında:

Penetrasyon yüzdesi analizinde, NaOCl grubu (G5E) diğer solüsyonlara göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). EDTA (G1E), EDTA+CHX (G2E), MA (G3E) ve MA+CHX (G4E) solüsyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.1).

G1E, G2E ve G3E gruplarında koronal üçlü, orta ve apikal üçlüye göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). G4E grubunda koronal ve apikal üçlü

arasında anlamlı fark varken ($p<0,01$) koronal ve orta üçlü arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$). G5E grubunda ise koronal, orta ve apikal üçlüler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

En yüksek penetrasyon derinliği analizinde, G2E ve G4E grupları diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). G1E ve G3E grupları arasında anlamlı fark yok iken ($p>0,05$), G5E grubu ile aralarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.1).

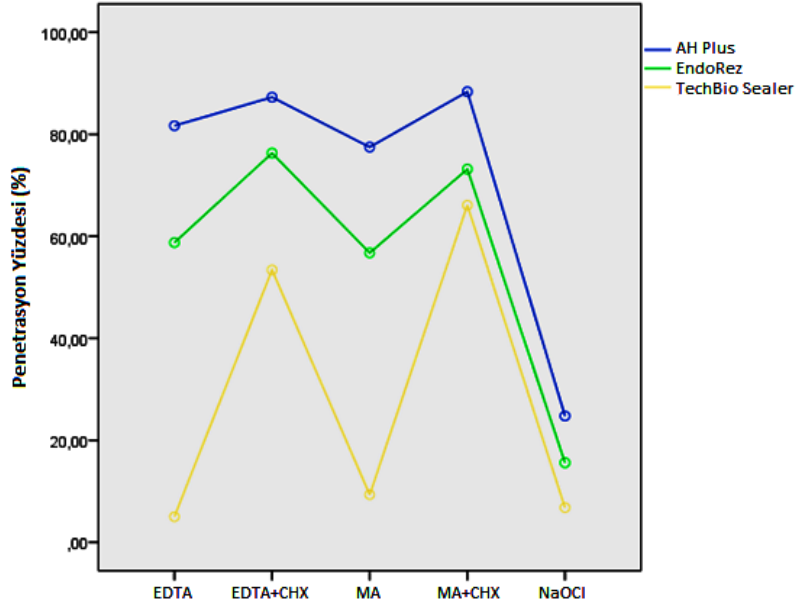
Tüm gruplarda koronal üçlü apikal üçlüye göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). G4E ve G5E gruplarında koronal üçlü ile orta üçlü arasında anlamlı fark bulunurken ($p<0,01$), G1E, G2E ve G3E gruplarında koronal ve orta üçlüler arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

- Tech BioSealer Endo patı kullanıldığında:

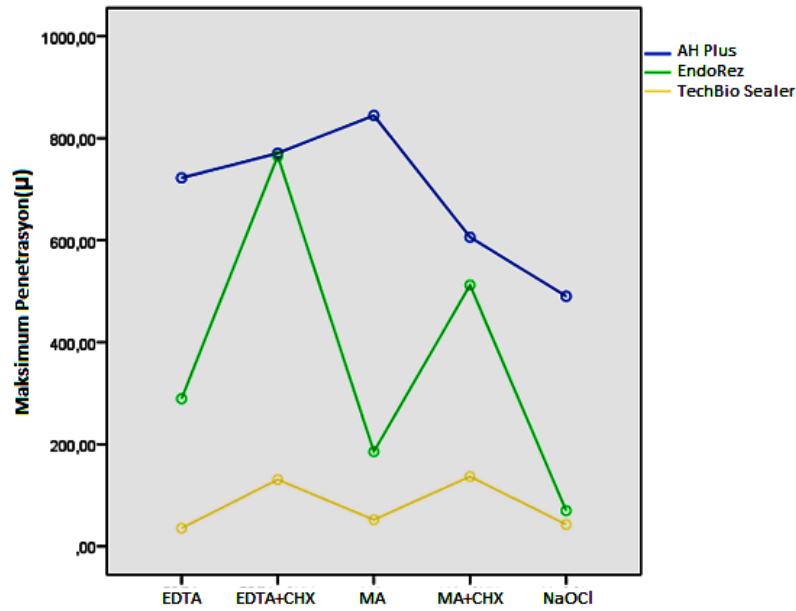
Penetrasyon yüzdesi analizinde, G1T, G3T ve G5T grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). G2T ve G4T grupları arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$). G2T ve G4T grupları ile G1T, G3T ve G5T arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.1).

G2T grubunda koronal üçlü, orta ve apikal üçlüye göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). G2T dışında diğer gruplarda koronal ve orta üçlü arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). G5T grubu haricinde diğer gruplarda koronal üçlü ile apikal üçlü arasında anlamlı fark vardır ($p<0,05$). G5T grubunda ise koronal ve apikal üçlü arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

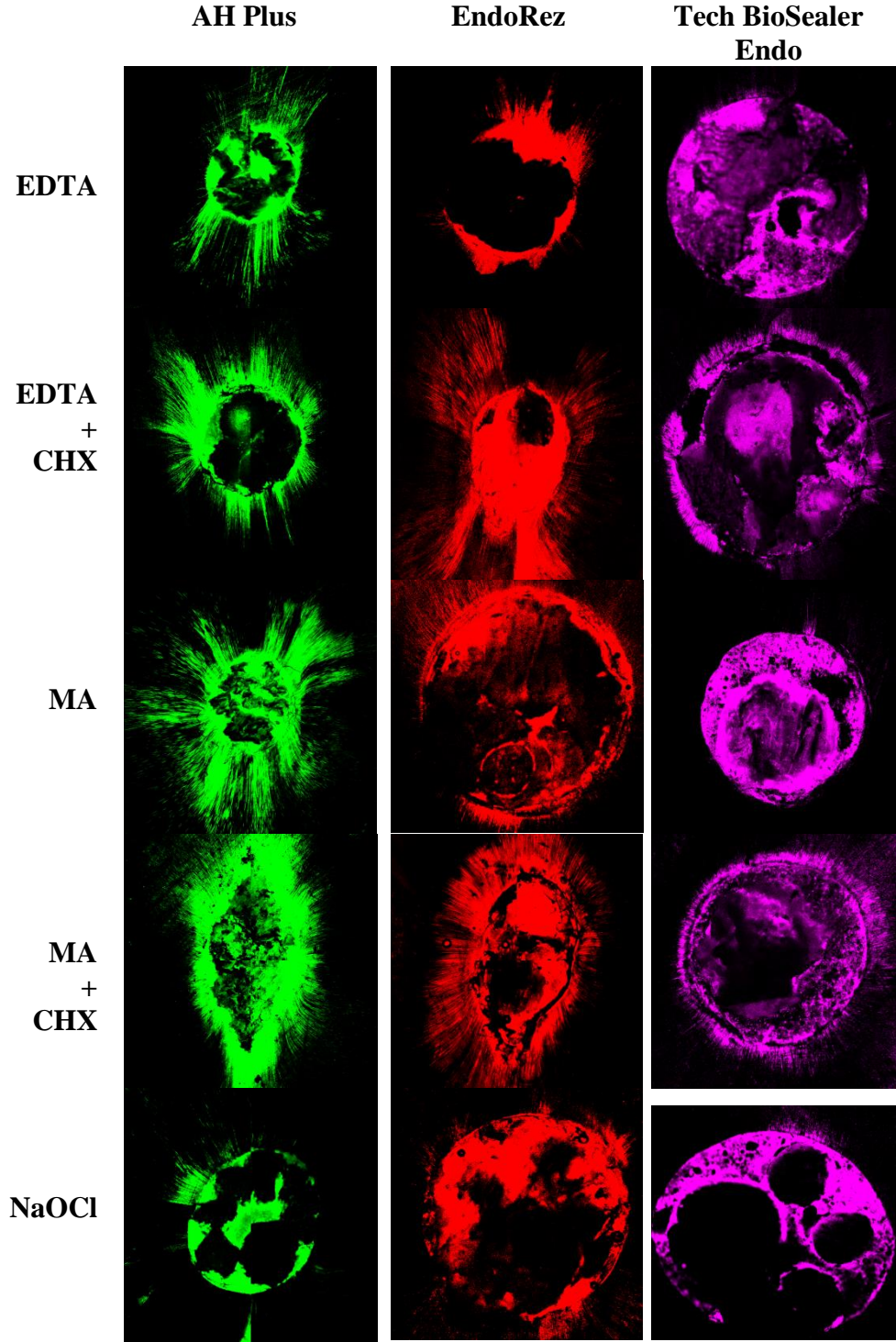
En yüksek penetrasyon derinliği analizinde, G1T, G3T ve G5T grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). G2T ve G4T grupları ile G1T, G3T ve G5T arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). G2T ve G4T grupları arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$) (Tablo 4.1). G2T, G3T ve G4T gruplarında koronal üçlü ile orta ve apikal üçlü arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). G1T ve G5T gruplarında koronal üçlü, orta ve apikal üçlüye göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).



Şekil 4.2 Koronal üçlüde penetrasyon yüzdelерinin farklı irriğasyon rejimlerine göre dağılımı



Şekil 4.3 Koronal üçlüde en yüksek penetrasyon derinliğinin farklı irriğasyon rejimlerine göre dağılımı



Şekil 4.4 Örneklerin koronal kesitlerinden alınan lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri (x10)

4.3 Orta Üçlüye Ait Bulgular

Tablo 4.2' de orta bölgeye ait penetrasyon yüzdesi (%) ve en yüksek penetrasyon derinliğine (μ) ait ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Orta üçlüye ait tanımlayıcı istatistikler. Her pat için ayrı olarak değerlerin yanındaki harfler istatistiksel farklılık olup olmadığını göstermektedir. Aynı harfler gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı anlamına gelmektedir.

			Penetrasyon Yüzdesi(%)		Penetrasyon derinliği(μ)	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
AH Plus	EDTA	G1A	56,59 ^a	11,56	366,79 ^{ab}	115,87
	EDTA + CHX	G2A	73,78 ^b	8,83	535,56 ^b	123,28
	MA	G3A	53,23 ^a	7,02	526,13 ^b	159,41
	MA + CHX	G4A	67,85 ^b	13,25	344,51 ^a	139,19
	NaOCl	G5A	20,54 ^c	7,06	265,76 ^a	118,85
	Toplam	GA	55,09	20,53	410,65	165,51
EndoRez	EDTA	G1E	39,26 ^a	8,70	104,64 ^a	97,85
	EDTA + CHX	G2E	59,19 ^b	16,50	596,23 ^b	246,83
	MA	G3E	42,12 ^a	15,83	249,59 ^c	166,60
	MA + CHX	G4E	60,26 ^b	10,01	259,26 ^c	89,13
	NaOCl	G5E	11,23 ^c	7,25	86,38 ^a	71,05
	Toplam	GE	44,03	21,54	275,12	241,24
TechBio	EDTA	G1T	3,37 ^a	1,84	17,54 ^a	3,96
	EDTA + CHX	G2T	33,82 ^b	16,32	88,49 ^b	46,25
	MA	G3T	6,97 ^a	2,88	24,52 ^a	9,61
	MA + CHX	G4T	52,91 ^c	17,90	120,91 ^c	74,70
	NaOCl	G5T	5,34 ^a	1,18	27,15 ^a	13,38
	Toplam	GT	20,81	22,42	56,52	56,53
Toplam	EDTA	G1	34,88	24,13	178,67	178,14
	EDTA + CHX	G2	56,35	21,52	417,73	276,15
	MA	G3	35,32	22,32	288,18	252,37
	MA + CHX	G4	60,87	14,56	250,18	137,22
	NaOCl	G5	12,70	8,61	132,00	131,53
	Toplam		40,95	25,62	257,66	225,39

Orta üçlüde kullanılan her üç pat arasında farklılıklar bulunmuştur. En yüksek penetrasyon değerleri sırasıyla AH Plus, EndoRez ve Tech BioSealer Endo patlarında görülmüştür. Solüsyonların patlar üzerindeki etkileri çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olmuştur ($p<0,001$). Solüsyonların patlar üzerindeki etkileri şu şekildedir;

- AH Plus patı kullanıldığında:

Penetrasyon yüzdesi analizinde, NaOCl (G5A) grubu diğer gruplardan anlamlı derecede farklı ve düşük bulunmuştur ($p<0,05$). EDTA (G1A) ile MA (G3A) grupları arasında ve EDTA+CHX (G2A) ile MA+CHX (G4A) grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). EDTA (G1A) ile EDTA+CHX (G2A) ve MA (G3A) ile MA+CHX (G4A) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.2).

Tüm gruplarda orta üçlü apikal üçlüye göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

En yüksek penetrasyon derinliği analizinde, NaOCl (G5A), MA+CHX (G4A) ve EDTA (G1A) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p>0,05$). Fakat G4A ve G5A grupları diğer gruplardan anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). EDTA (G1A), MA (G3A) ve EDTA+CHX (G2A) grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$) (Tablo 4.2).

NaOCl (G5A) grubu dışındaki tüm gruplarda orta üçlü ile apikal üçlü arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,01$). NaOCl (G5A) grubunda ise orta üçlü ile apikal üçlü arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

- EndoRez patı kullanıldığında:

Penetrasyon yüzdesi analizinde, NaOCl (G5E) grubu diğer gruplardan anlamlı derecede farklı ve düşük bulunmuştur ($p<0,05$). EDTA (G1E) ile MA (G3E) grupları arasındaki ve EDTA+CHX (G2E) ile MA+CHX (G4E) grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). G1E ile G2E ve G3E ile G4E grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.2).

G2E, G3E ve G5E gruplarında orta üçlü ile apikal üçlü arasında anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), G1E ile G4E gruplarında orta üçlü apikal üçlüden anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,01$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

En yüksek penetrasyon derinliği analizinde, EDTA+CHX (G2E) grubu diğer gruplardan anlamlı derecede farklı ve yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). G3E ile G4E grupları arasındaki ve G1E ile G5E grupları arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0,05$). G1E ve G5E grupları ile G3E ve G4E grupları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.2).

EDTA (G1E) ve MA (G3E) gruplarında orta üçlü ile apikal üçlü arasında anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), EDTA+CHX (G2E), MA+CHX (G4E) ve NaOCl (G5E) gruplarında orta üçlü ile apikal üçlü arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

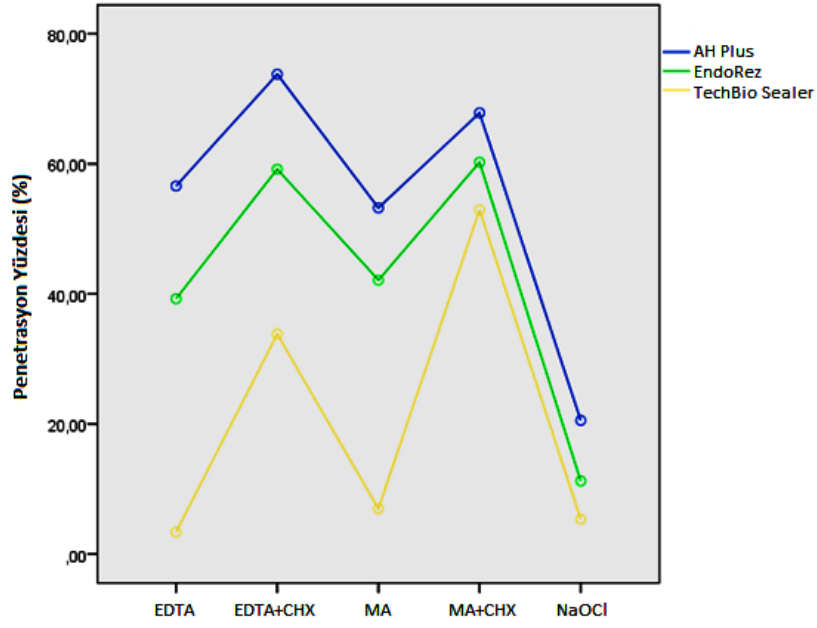
- Tech BioSealer Endo patı kullanıldığında:

Penetrasyon yüzdesi analizinde, EDTA (G1T), MA (G3T) ve NaOCl (G5T) grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). EDTA+CHX (G2T) ve MA+CHX (G4T) grupları diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır ($p<0,05$) (Tablo 4.2).

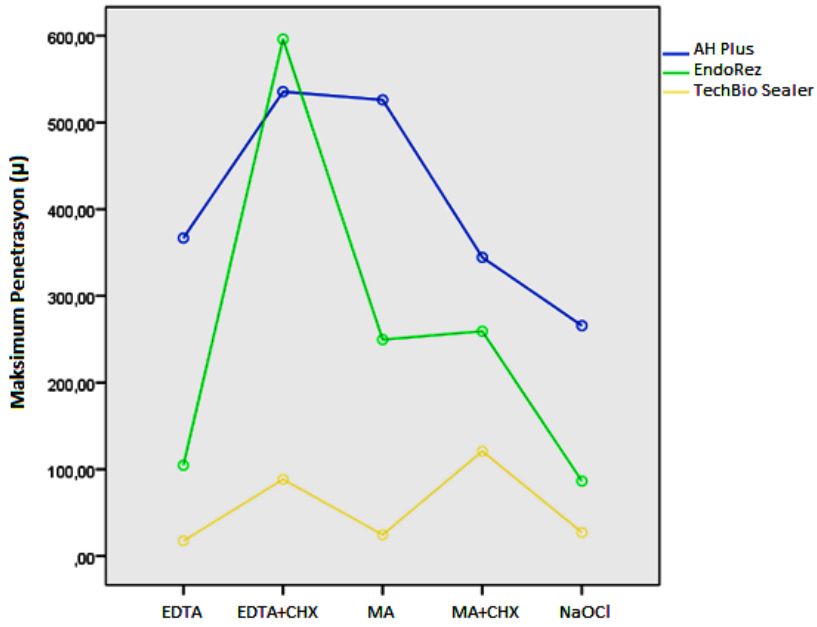
EDTA grubu dışında tüm gruplarda orta üçlü ile apikal üçlü arasında anlamlı fark vardır ($p<0,05$). EDTA grubunda ise orta üçlü ile apikal üçlü arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).

En yüksek penetrasyon derinliği analizinde, G2T ve G4T grupları G1T, G3T ve G5T gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). G1T, G3T, G5T grupları arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0,05$). G4T grubu ise G2T grubuna göre anlamlı derecede farklı ve yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.2).

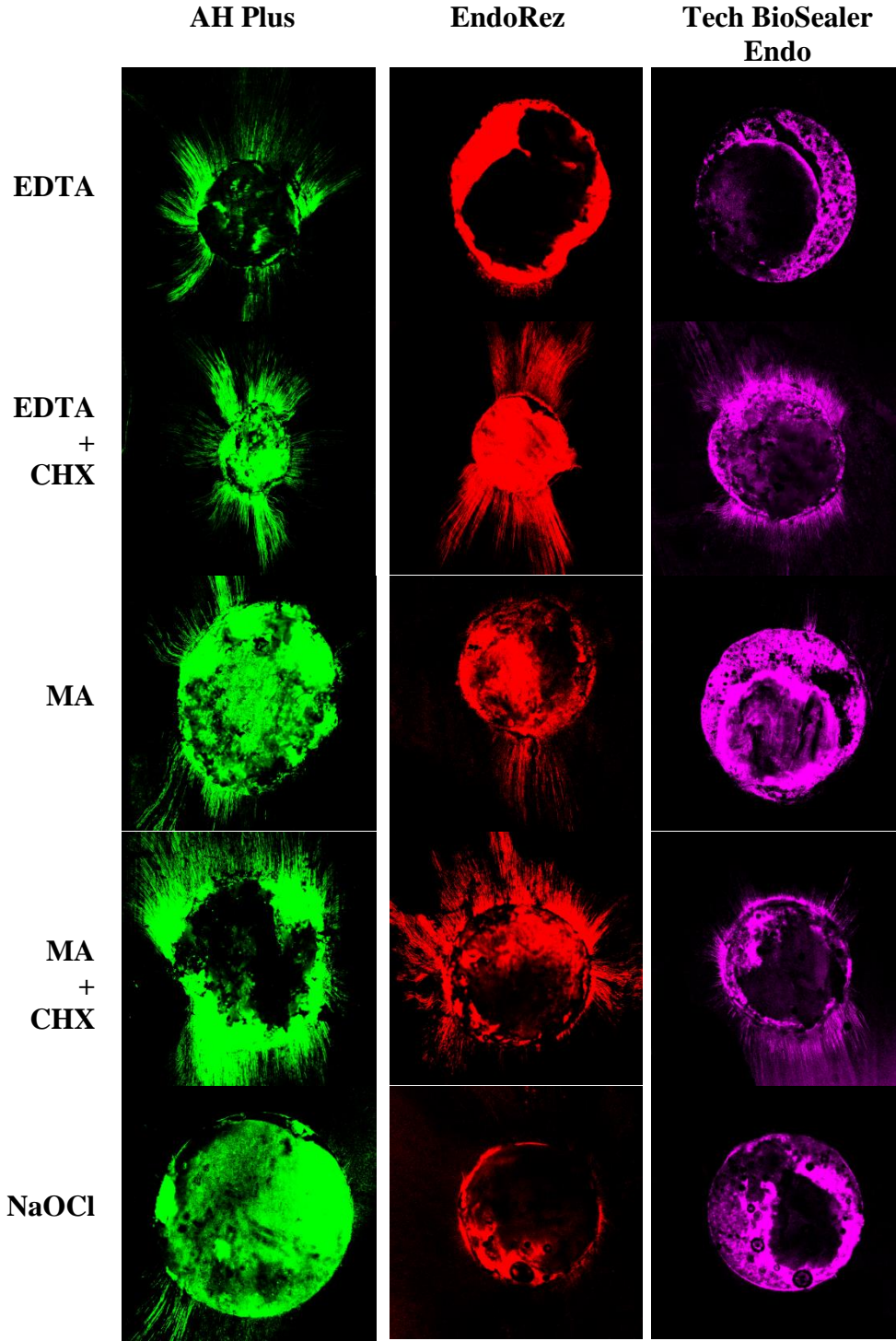
EDTA+CHX (G2T) grubu ile MA+CHX (G4T) gruplarında orta üçlü ile apikal üçlü arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). EDTA (G1T), MA (G3T) ve NaOCl (G5T) gruplarında orta üçlü ile apikal üçlü arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$) (Tablo 4.8, Tablo 4.9).



Şekil 4.5 Orta üçlüde penetrasyon yüzdelerinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı



Şekil 4.6 Orta üçlüde en yüksek penetrasyon derinliğinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı



Şekil 4.7 Örneklerin orta kesitlerinden alınan lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri (x10)

4.4 Apikal Üçlüye Ait Bulgular

Tablo 4.3' de apikal bölgeye ait penetrasyon yüzdesi (%) ve en yüksek penetrasyon derinliğine (μ) ait ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Apikal üçlüye ait tanımlayıcı istatistikler. Her pat için ayrı olarak değerlerin yanındaki harfler istatistiksel farklılık olup olmadığını göstermektedir. Aynı harfler gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı anlamına gelmektedir.

			Penetrasyon Yüzdesi(%)		Penetrasyon derinliği(μ)	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
AH Plus	EDTA	G1A	35,53 ^a	11,92	123,31 ^a	49,57
	EDTA + CHX	G2A	54,67 ^b	4,49	211,03 ^a	90,08
	MA	G3A	35,36 ^a	6,91	190,79 ^a	81,15
	MA + CHX	G4A	45,57 ^b	4,36	129,83 ^a	77,42
	NaOCl	G5A	15,33 ^c	6,37	130,91 ^a	67,48
	Toplam	GA	37,74	14,78	158,27	80,55
EndoRez	EDTA	G1E	20,46 ^a	10,11	37,06 ^a	16,08
	EDTA + CHX	G2E	45,31 ^c	12,72	180,48 ^b	154,42
	MA	G3E	24,88 ^{ab}	4,66	72,01 ^c	94,88
	MA + CHX	G4E	37,82 ^b	11,75	120,28 ^c	39,44
	NaOCl	G5E	11,79 ^a	8,41	24,00 ^a	13,65
	Toplam	GE	29,38	15,84	93,03	101,88
TechBio	EDTA	G1T	3,34 ^a	2,40	14,16 ^a	4,54
	EDTA + CHX	G2T	20,27 ^b	11,58	40,07 ^b	29,53
	MA	G3T	4,36 ^a	1,62	16,12 ^a	9,67
	MA + CHX	G4T	27,99 ^b	8,30	40,94 ^b	18,21
	NaOCl	G5T	3,61 ^a	1,44	17,25 ^a	3,23
	Toplam	GT	12,12	12,16	26,06	20,15
Toplam	EDTA	G1	20,99	16,30	63,19	58,28
	EDTA + CHX	G2	40,77	17,56	147,44	126,73
	MA	G3	22,50	14,29	101,63	103,69
	MA + CHX	G4	37,78	11,00	101,02	64,16
	NaOCl	G5	10,44	7,74	57,39	65,37
	Toplam		27,14	17,82	95,95	93,45

Apikal üçlüde kullanılan her üç pat arasında farklılıklar bulunmuştur. En yüksek penetrasyon değerleri sırasıyla AH Plus, EndoRez ve Tech BioSealer Endo patlarında görülmüştür. Solüsyonların patlar üzerindeki etkileri çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olmuştur ($p<0,001$). Solüsyonların patlar üzerindeki etkileri şu şekildedir;

- AH Plus patı kullanıldığında:

Penetrasyon yüzdesi analizinde NaOCl (G5A) grubu diğer gruplardan anlamlı derecede farklı ve düşük bulunmuştur ($p<0,05$). EDTA (G1A) ve MA (G3A) grubu arasında ve EDTA+CHX (G2A) grubu ile MA+CHX (G4A) grubu arasında anlamlı fark yok iken ($p>0,05$), EDTA+CHX (G2A) ve MA+CHX (G4A) grupları EDTA (G1A) ve MA (G3A) gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır ($p<0,05$) (Tablo 4.3).

En yüksek penetrasyon derinliği analizinde 5 solüsyon arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.3).

- EndoRez patı kullanıldığında:

Penetrasyon yüzdesi analizinde NaOCl (G5E), MA (G3E) ve EDTA (G1E) grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). G2E grubu diğer gruplardan anlamlı derecede farklı ve yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). G3E grubu ile G4E grubu arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0,05$) (Tablo 4.3).

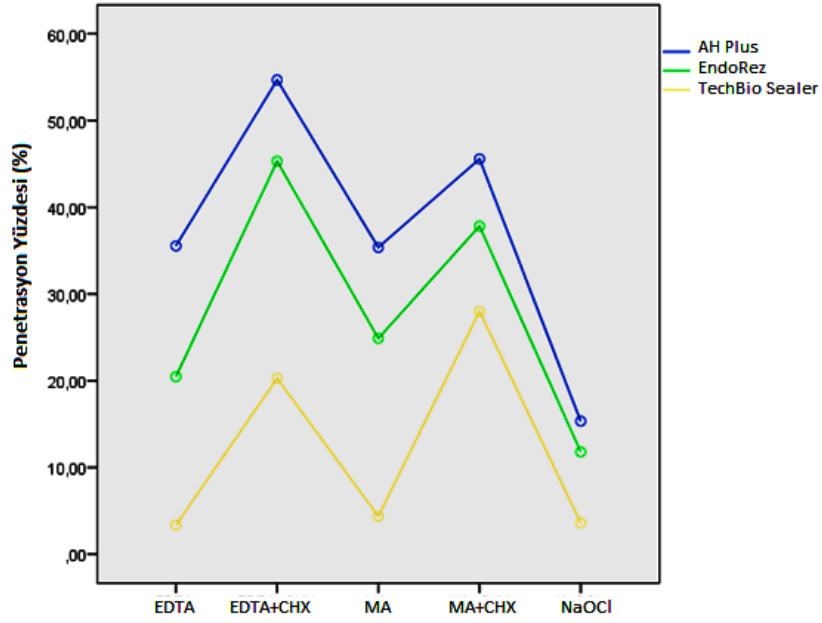
En yüksek penetrasyon derinli analizinde NaOCl (G5E) ve EDTA (G1E) grupları arasındaki fark anlamlı değildir ($p>0,05$). MA+CHX (G4E) ve MA (G3E) grupları arasındaki fark da anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). EDTA+CHX (G2E) grubu ise diğer gruplardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.3).

- Tech BioSealer Endo patı kullanıldığında:

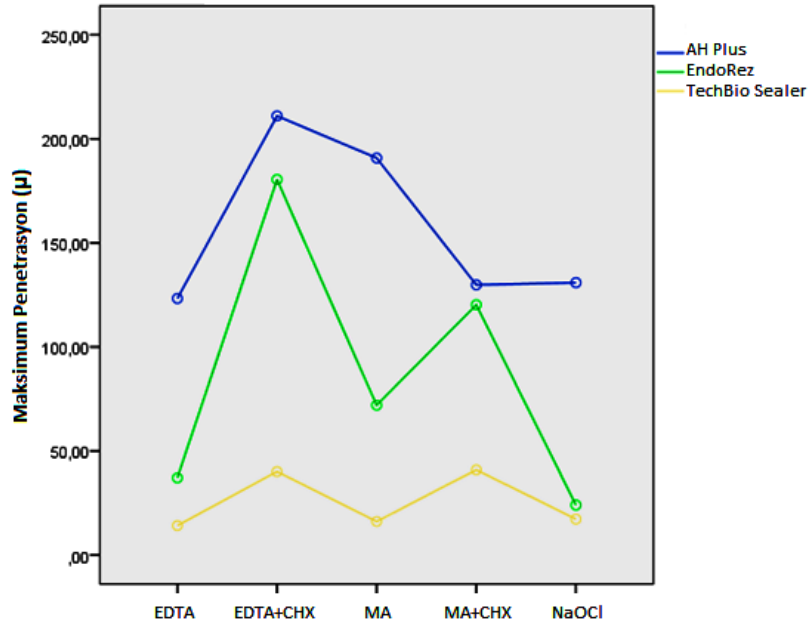
Penetrasyon yüzdesi analizinde NaOCl (G5T), MA (G3T) ve EDTA (G1T) arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Bu gruplar EDTA+CHX (G2T) ve MA+CHX (G4T) gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı

bulunmuştur ($p < 0,05$). EDTA+CHX (G2T) grubu ile MA+CHX (G4T) grubu arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$) (Tablo 4.3).

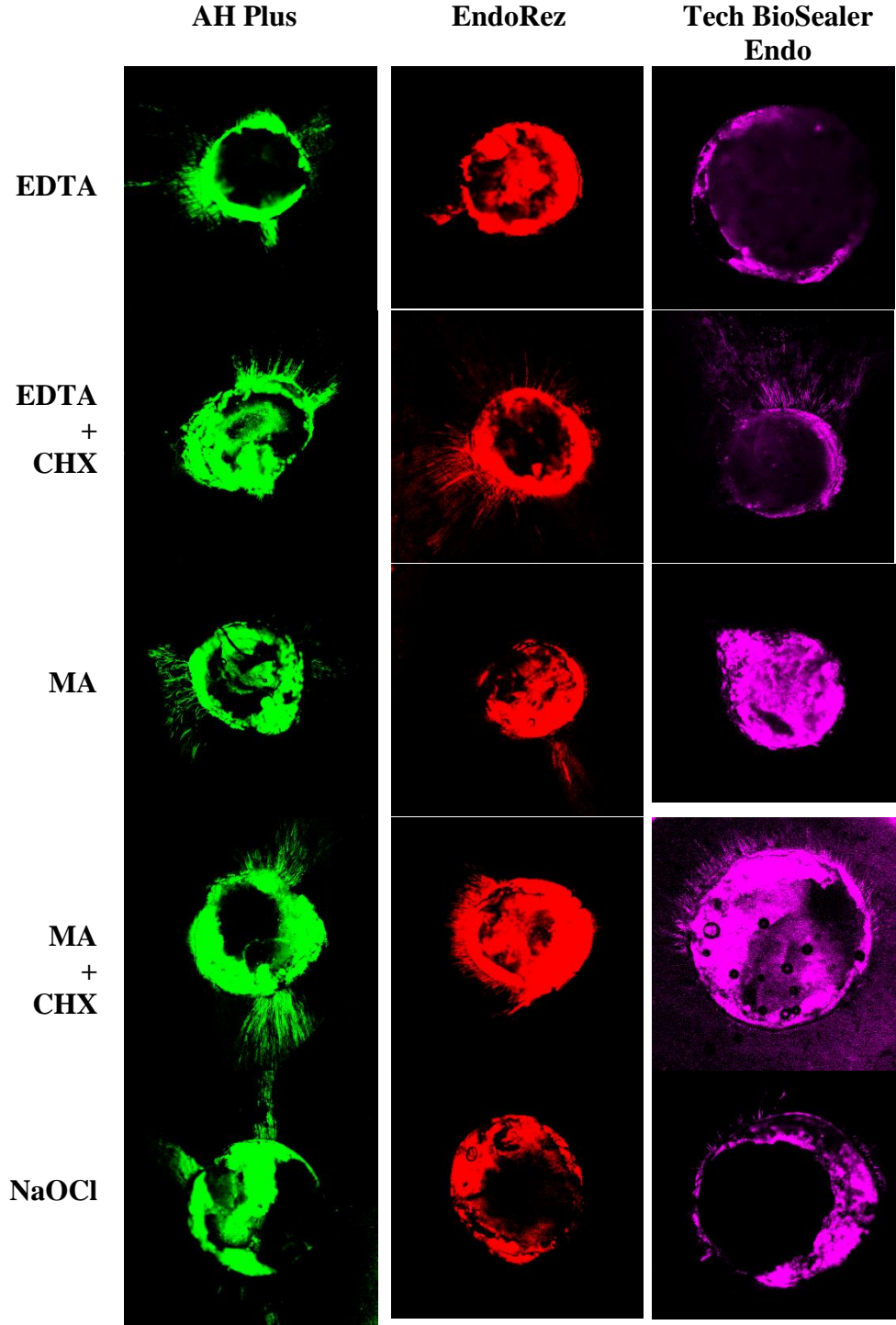
En yüksek penetrasyon derinliği analizinde yine NaOCl (G5E), MA (G3E) ve EDTA (G1E) grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). G2E ve G4E grupları arasında anlamlı fark bulunmazken ($p > 0,05$) G2E ve G4E, diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı farklı ve yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$) (Tablo 4.3).



Şekil 4.8 Apikal uçlüde penetrasyon yüzdelерinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı



Şekil 4.9 Apikal uçlüde en yüksek penetrasyon derinliğinin farklı irrigasyon rejimlerine göre dağılımı



Şekil 4.10 Örneklerin apikal kesitlerinden alınan lazer taramalı konfokal mikroskop görüntüleri (x10)

4.5 Klorheksidin Glukonat İrrigasyonuna Ait Bulgular

Klorheksidin final irrigasyonu patların dentin tübül penetrasyonlarını farklı derecelerde etkilemiştir. G4A grubunda penetrasyon derinliğini azaltması dışında patların tübül penetrasyonu üzerinde olumsuz etkisi olmamıştır.

Tablo 4.4 Sadece şelatör ajan kullanılan gruplar ile aynı pat grubunda ilaveten klorheksidin glukonat kullanılan grup ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunan farklılıklar. (↑: İstatistiksel olarak anlamlı derecede arttırdığını, ↓: istatistiksel olarak anlamlı derecede azalttığını, ↔: istatistiksel olarak farklılık yaratmadığını göstermektedir.)

		Koronal		Orta		Apikal	
		Yüzde	Max. Penetrasyon	Yüzde	Max. Penetrasyon	Yüzde	Max. Penetrasyon
AH Plus	EDTA	↔	↔	↑	↔	↑	↔
	MA	↔	↓	↑	↓	↑	↔
EndoRez	EDTA	↔	↑	↑	↑	↑	↑
	MA	↔	↑	↑	↔	↔	↔
TechBio Sealer	EDTA	↑	↔	↑	↔	↑	↔
	MA	↑	↔	↑	↔	↑	↔

	Grup 1A		Grup 2A		Grup 3A		Grup 4A		Grup 5A		
	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	
Diş no 1	Koronal	1175,92	96,80	374,70	75,73	832,33	71,38	931,81	94,33	651,08	33,20
	Orta	237,22	70,55	777,68	67,60	506,44	46,72	404,87	88,37	191,8	24,71
	Apikal	113,40	20,73	337,57	54,41	239,57	22,47	133,53	46,33	54,58	14,85
Diş no 2	Koronal	887,18	98,34	907,18	77,82	918,12	70,93	539,46	87,43	504,44	20,23
	Orta	454,86	57,82	495,01	68,85	359,06	52,31	201,36	77,81	300,79	14,02
	Apikal	130,24	49,28	184,64	53,17	202,74	31,14	162,1	51,79	60,81	6,64
Diş no 3	Koronal	675,15	64,25	969,22	96,76	915,79	96,14	516,16	85,96	586,7	26,52
	Orta	493,69	43,77	437,78	79,65	314,89	57,65	226,51	52,83	553,8	20,96
	Apikal	45,84	32,25	195,59	50,39	295,15	46,74	59,87	40,89	105,59	13,46
Diş no 4	Koronal	513,93	93,94	784,6	91,02	782,07	61,94	617,12	83,14	409,2	16,84
	Orta	387,29	47,13	628,82	62,54	710,49	45,61	454,69	62,73	175,42	14,87
	Apikal	121,38	25,39	336,57	45,24	120,69	39,10	144,71	41,62	139,67	13,95
Diş no 5	Koronal	292,08	61,47	833,71	100,00	954,56	96,55	591,29	85,15	356,45	27,92
	Orta	271,53	40,97	386,7	86,68	675,97	63,21	483,52	57,49	264,14	27,15
	Apikal	144,24	27,53	164,28	56,20	327,13	40,95	38,59	41,29	124,61	22,08
Diş no 6	Koronal	668,13	93,32	857,6	70,85	904,44	82,52	502,25	80,38	400,66	15,12
	Orta	225,69	69,50	405,37	66,41	517,35	47,34	451,65	60,80	218,05	13,43
	Apikal	114,35	30,29	100,14	57,39	116,07	40,24	116,49	50,97	80,05	11,35
Diş no 7	Koronal	753,53	66,21	724,37	95,75	977,57	73,54	704,55	100,00	368,21	13,86
	Orta	340,88	49,93	554,29	85,03	439,92	55,43	505,26	89,42	293,02	12,39
	Apikal	104,08	29,84	283,12	55,30	111,65	30,52	130,24	44,67	271,56	10,45
Diş no 8	Koronal	836,14	91,71	833,75	92,11	919,56	89,32	526,08	97,26	767,11	33,20
	Orta	575,9	71,96	475,91	64,57	787,25	65,38	320,58	70,85	235,06	26,03
	Apikal	217,68	50,55	271,03	59,96	163,99	37,32	295,73	51,35	135,64	17,45
Diş no 9	Koronal	768,39	62,83	821,78	83,96	677,56	70,10	583,98	76,14	367,82	35,94
	Orta	390,43	51,62	659,03	76,39	570,95	51,06	88,28	55,61	159,8	31,32
	Apikal	65,44	33,82	117,77	54,15	100,24	31,01	34,89	42,01	154,87	27,74
Diş no 10	Koronal	651,79	87,83	600,63	88,38	564,79	62,22	546,93	93,49		
	Orta	290,46	62,66	535,03	80,13	379	47,56	308,41	62,54		
	Apikal	176,5	55,65	119,64	60,52	230,67	34,09	182,18	44,75		

Tablo 4.5 AH Plus grubu kesitlerden elde edilen veriler

	Grup 1T		Grup 2T		Grup 3T		Grup 4T		Grup 5T		
	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	
Diş no 1	Koronal	23,58	8,20	40,16	35,62	18,93	8,41	149,69	30,04	73,19	5,19
	Orta	12,68	3,15	37,62	19,14	38,59	3,02	105,35	17,58	63,95	5,10
	Apikal	10,02	7,31	15,72	8,98	35,59	3,66	29,93	14,5	24,96	4,65
Diş no 2	Koronal	30,24	6,32	136,52	57,61	131,64	4,87	129,27	40,47	89,02	4,37
	Orta	16,21	4,72	129,77	32,34	32,32	4,58	106,2	13,9	52,24	4,48
	Apikal	14,17	4,13	47,49	14,20	10,62	4,50	61,5	17,41	28,06	2,81
Diş no 3	Koronal	47,17	6,86	108,73	44,92	62,89	10,59	56,69	40,08	71,43	6,20
	Orta	17,93	5,92	93,58	44,42	12,68	10,29	86,97	35,33	48,52	4,51
	Apikal	17,58	5,19	45,92	10,77	10,69	3,08	44,47	19,65	25,39	3,41
Diş no 4	Koronal	40,08	6,04	45,84	46,66	42,48	8,98	120,36	48,97	50,38	7,89
	Orta	21,38	5,42	51,25	40,65	21,24	7,66	25,35	35,33	49,18	6,43
	Apikal	17,58	4,97	14,17	15,28	14,5	4,80	19,89	19,46	23,64	1,95
Diş no 5	Koronal	22,37	1,86	66,94	38,64	26,89	7,90	179,26	45,84	72,52	5,23
	Orta	21,46	0,68	35,59	12,44	20,5	7,49	142,98	26,89	47,44	4,37
	Apikal	7,46	0,56	12,3	8,40	17,93	6,89	32,35	21,24	23,49	3,96
Diş no 6	Koronal	37,86	3,47	75,89	63,60	22,37	10,03	57,12	21,24	43,11	5,01
	Orta	22,51	2,68	67,53	31,59	20,69	7,91	50,6	17,58	25,01	5,93
	Apikal	21,24	1,49	26,43	31,21	10,55	6,28	22,47	13,9	20,98	4,27
Diş no 7	Koronal	20,5	5,25	184,96	86,00	17,4	4,80	332,87	22,92	72,75	5,08
	Orta	12,43	1,58	164,65	67,52	14,92	3,96	249,9	17,58	88,42	4,36
	Apikal	11,19	1,24	107,93	41,92	5,56	3,66	46,32	12,43	30,06	1,73
Diş no 8	Koronal	62,77	2,12	134,28	66,53	92,62	19,09	69,47	53,04	56,27	15,35
	Orta	15,72	2,80	80,01	21,33	35,22	10,85	200	19,42	48,49	7,55
	Apikal	14,06	1,83	43,33	24,66	23,54	2,02	70,61	19,42	47,35	6,06
Diş no 9	Koronal			383,37	40,87						
	Orta			136,48	34,95						
	Apikal			47,4	27,00						
Diş no 10	Koronal										
	Orta										
	Apikal										

Tablo 4.6 TechBio Sealer Endo grubu kesitlerden elde edilen veriler

Diş no	Grup 1E Derinlik(µ) Yüzde(%)	Grup 2E Derinlik(µ) Yüzde(%)	Grup 3E Derinlik(µ) Yüzde(%)	Grup 4E Derinlik(µ) Yüzde(%)	Grup 5E Derinlik(µ) Yüzde(%)						
						Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)	Derinlik(µ)	Yüzde(%)
Diş no 1	Koronal	208,14	40,47	918,66	72,93	104,56	51,11	477,43	76,02	70,66	3,51
	Orta	320,56	24,54	662,23	62,77	83,08	28,65	259,73	72,15	15,12	3,49
	Apikal	31,44	11,35	437,87	41,17	28,34	19,75	110,95	21,90	9,05	1,19
Diş no 2	Koronal	471,31	24,62	629,61	82,29	194,51	55,26	732,22	69,77	126,76	18,97
	Orta	52,26	38,22	383,1	44,24	112,42	31,19	131,26	50,72	65,2	10,10
	Apikal	38,03	7,40	70,36	29,25	24,98	20,94	71,19	31,54	24,86	9,00
Diş no 3	Koronal	455,96	51,40	640,42	73,75	304,75	83,25	703,75	100,00	55,59	16,20
	Orta	151,82	32,78	347,52	51,36	167,76	61,78	218,45	71,84	53,2	6,16
	Apikal	33,44	19,31	113,67	35,08	41,37	26,11	76,1	28,18	5,56	5,20
Diş no 4	Koronal	412,51	64,10	775,41	75,48	126,76	68,11	359,86	37,72	70,05	17,66
	Orta	38,91	36,50	392,63	38,90	483,44	67,56	200,67	59,11	91,27	20,34
	Apikal	19,42	32,20	37,96	30,57	31,36	21,71	123,65	57,53	46,24	11,63
Diş no 5	Koronal	267,74	84,68	801,82	89,02	190,1	44,89	499,66	65,53	56,69	4,73
	Orta	84	38,48	952,31	68,36	117,23	30,95	378,09	61,58	51,25	3,02
	Apikal	16,91	21,87	47,83	51,31	37,37	28,72	86,97	40,06	22,23	4,49
Diş no 6	Koronal	85,1	66,95	832,59	73,47	104,91	40,47	413,99	85,30	32,32	31,92
	Orta	31,84	49,33	826,7	40,75	372,02	37,74	392,28	75,31	91,71	22,14
	Apikal	60,69	11,90	165,33	50,62	54,62	32,74	132,85	42,02	25,95	23,74
Diş no 7	Koronal	300,34	66,85	685,43	81,14	272,71	54,05	727,05	72,95	37,3	10,14
	Orta	33,81	42,78	810,21	65,57	411,21	36,97	317	50,50	71,95	10,07
	Apikal	59,19	35,87	85,72	40,15	286,04	24,17	197,91	35,96	19,38	16,64
Diş no 8	Koronal	113,9	70,93	795,31	74,73			260,64	75,36	109,28	21,64
	Orta	123,97	51,44	375,75	61,76			161,14	52,78	251,35	14,53
	Apikal	37,37	23,78	456,83	70,14			109,85	40,48	38,76	22,40
Diş no 9	Koronal			843,62	73,00			599,54	61,26		
	Orta			360,22	63,64			317,65	60,79		
	Apikal			257,47	57,52			165,96	54,83		
Diş no 10	Koronal			726,52	67,11			347,1	87,72		
	Orta			851,64	94,55			216,33	47,77		
	Apikal			131,85	47,24			127,39	25,69		

Tablo 4.7 EndoRez grubu kesitlerden elde edilen veriler

	Koronal						Orta						Apikal					
	Penetrasyon Yüzdesi (%)			Penetrasyon derinliği (μ)			Penetrasyon Yüzdesi (%)			Penetrasyon derinliği (μ)			Penetrasyon Yüzdesi (%)			Penetrasyon derinliği (μ)		
	Ortalama	S.S		Ortalama	S.S		Ortalama	S.S		Ortalama	S.S		Ortalama	S.S		Ortalama	S.S	
AH Plus	EDTA	81,67	15,76	722,22	232,77		56,59	11,56	366,79	115,87		35,53	11,92	123,31	49,57			
	EDTA+CHX	87,24	9,80	770,75	171,34		73,78	8,83	535,56	123,28		54,67	4,49	211,03	90,08			
	MA	77,46	12,91	844,67	133,20		53,23	7,02	526,13	159,41		35,36	6,91	190,79	81,15			
EndoRez	MA+CHX	88,33	7,70	605,96	129,02		67,85	13,25	344,51	139,19		45,57	4,36	129,83	77,42			
	NaOCl	24,76	8,48	490,18	147,64		20,54	7,06	265,76	118,85		15,33	6,37	130,91	67,48			
	Toplam	72,85	25,81	690,77	203,13		55,09	20,53	410,65	165,51		37,74	14,78	158,27	80,55			
Tech BioSealer	EDTA	58,75	19,03	289,37	149,15		39,26	8,70	104,64	97,85		20,46	10,11	37,06	16,08			
	EDTA+CHX	76,29	6,19	764,93	93,33		59,19	16,50	596,23	246,83		45,31	12,72	180,48	154,42			
	MA	56,73	14,59	185,47	80,02		42,12	15,83	249,59	166,60		24,88	4,66	72,01	94,88			
Tech BioSealer	MA+CHX	73,16	16,86	512,12	171,15		60,26	10,01	259,26	89,13		37,82	11,75	120,28	39,44			
	NaOCl	15,60	9,35	69,83	33,03		11,23	7,25	86,38	71,05		11,79	8,41	24,00	13,65			
	Toplam	57,82	25,53	394,01	279,96		44,03	21,54	275,12	241,24		29,38	15,84	93,03	101,88			
Toplam	EDTA	5,02	2,30	35,57	14,50		3,37	1,84	17,54	3,96		3,34	2,40	14,16	4,54			
	EDTA+CHX	53,38	16,45	130,74	105,93		33,82	16,32	88,49	46,25		20,27	11,58	40,07	29,53			
	MA	9,33	4,48	51,90	41,40		6,97	2,88	24,52	9,61		4,36	1,62	16,12	9,67			
Toplam	MA+CHX	66,08	14,93	136,84	91,05		52,91	17,90	120,91	74,70		27,99	8,30	40,94	18,21			
	NaOCl	6,79	3,62	42,78	22,59		5,34	1,18	27,15	13,38		3,61	1,44	17,25	3,23			
	Toplam	28,74	28,27	80,81	78,58		20,81	22,42	56,52	56,53		12,12	12,16	26,06	20,15			
Toplam	EDTA	51,03	35,56	377,76	336,49		34,88	24,13	178,67	178,14		20,99	16,30	63,19	58,28			
	EDTA+CHX	72,96	17,90	570,12	324,69		56,35	21,52	417,73	276,15		40,77	17,56	147,44	126,73			
	MA	49,86	31,62	406,41	380,68		35,32	22,32	288,18	252,37		22,50	14,29	101,63	103,69			
Toplam	MA+CHX	76,56	16,14	438,41	238,36		60,87	14,56	250,18	137,22		37,78	11,00	101,02	64,16			
	NaOCl	16,08	10,50	212,50	230,29		12,70	8,61	132,00	131,53		10,44	7,74	57,39	65,37			
	Toplam	54,40	32,04	406,79	323,74		40,95	25,62	257,66	225,39		27,14	17,82	95,95	93,45			

Tablo 4.8 Deneysel gruplara ait tanımlayıcı istatistikler

Tablo 4.9 Deneysel gruplarda seviyeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunan farklılıklar

	Seviye	GA		GE		GT	
		Yüzde(%)	Derinlik(μ)	Yüzde(%)	Derinlik(μ)	Yüzde(%)	Derinlik(μ)
G1	Kor-Orta	p<0.001	p<0.01	p<0.05	p>0.05	p>0.05	p<0.05*
	Kor-Apikal	p<0.001	p<0.001	p<0.01	p<0.01	p<0.05	p<0.01
	Orta-Apikal	p<0.01	p<0.001	p<0.01	p>0.05	p>0.05	p>0.05
G2	Kor-Orta	p<0.01	p>0.05*	p<0.05	p>0.05*	p<0.05	p>0.05*
	Kor-Apikal	p<0.001	p<0.001	p<0.01	p<0.001	p<0.01	p>0.05
	Orta-Apikal	p<0.001	p<0.001	p>0.05	p<0.01	p<0.05	p<0.01
G3	Kor-Orta	p<0.001	p<0.01	p<0.05	p>0.05	p>0.05	p>0.05*
	Kor-Apikal	p<0.001	p<0.001	p<0.01	p<0.05	p<0.05	p>0.05
	Orta-Apikal	p<0.001	p<0.01	p>0.05	p>0.05	p<0.05	p>0.05
G4	Kor-Orta	p<0.001	p<0.01	p>0.05	p<0.01*	p>0.05	p>0.05
	Kor-Apikal	p<0.001	p<0.001	p<0.01	p<0.001	p<0.01	p>0.05
	Orta-Apikal	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.05	p<0.05
G5	Kor-Orta	p<0.01*	p<0.05	p>0.05	p<0.01	p>0.05	p<0.05
	Kor-Apikal	p<0.01	p<0.01	p>0.05	p<0.001	p>0.05	p<0.05
	Orta-Apikal	p<0.01	p>0.05	p>0.05	p<0.01	p<0.05	p>0.05

* Greenhouse-Geisser düzeltmesi uygulandı.

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin ana amacı kanal içerisindeki mikroorganizmaları elimine etmek ve kanal sisteminin tekrar enfekte olmasını engellemektir. Bu amaca yönelik olarak yapılan kemomekanik preparasyon mikroorganizmaların tamamen ortadan kaldırılmasında yetersiz kalmaktadır (187, 188). Lateral kanallar ve dentin tübülleri gibi anatomik oluşumlarda kemomekanik preparasyondan etkilenmeyen bakteri kolonileri kalabilir ki bu bakterilerin persiste periapikal hastalıklara neden olabileceği düşünülmektedir (189). Bu açıdan değerlendirildiğinde kök kanal sisteminin guta-perka ile kullanılabilen, dentin tübüllerine ulaşarak kalan bakterileri etkisiz hale getirebilen kanal dolgu patları ile doldurulması tedavinin başarı şansını arttırabilir (190).

Dentin tübül penetrasyonu sonucunda dolgu materyali ile kök dentini arasındaki temas alanının arttığı ve böylece kök kanal sisteminin daha iyi tıkandığı düşünülmektedir (191). Dentin tübüllerinde kalmış bakteriler de patın tübül içerisine penetre olması ile yok edilebilir (192). Ayrıca in vitro ortamda yapılan dentin tübül penetrasyonu çalışma modelleri in vivo ortamda yapılan klinik uygulamalarla kıyaslanabilir (193, 194). Kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu etkileyen faktörler; smear tabakasının kaldırılması (195), dentin geçirgenliği (açık dentin tübüllerinin sayı ve çapları) (196), patın fiziksel ve kimyasal özellikleri (187, 197) ve uygulanan obturasyon tekniği (198, 199) olarak sıralanabilir.

Kök kanalının prepare edilmesi ile oluşan smear tabakasının hem organik hem de inorganik bileşenlerden oluştuğu bilinmektedir. Bu içeriğinden dolayı smear tabakasını uzaklaştırabilen tek bir solüsyon bulunmamaktadır. Araştırmalar neticesinde smear tabakasının uzaklaştırılması için %5,25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının sırayla kullanımı tavsiye edilmiştir (177, 178, 195, 200, 201). Bu in vitro çalışmada da EDTA kullanılan final irrigasyon gruplarında 5mL %5,25'lik NaOCl 1dk uygulanıp ardından 5mL %17'lik EDTA 1dk süreyle uygulanmıştır. Moon ve ark. (14) %17'lik EDTA irrigasyonu ardından uygulanan NaOCl final irrigasyonunun AH Plus patının dentin tübül penetrasyonu üzerinde

anlamli bir katkisi olmadigini belirtmislerdir. Bu sonuca dayanarak ayrica NaOCl'in, şelatör ajan uygulamasından sonra açığa çıkan organik yapıdaki kollajen ağı üzerindeki olumsuz etkisinden dolayı bu çalışmada şelatör ajanların uygulanmasından sonra NaOCl irrigasyonu yapılmamıştır.

Çalışmada kök kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonuna etkisini incelemek için %17'lik EDTA ve %7'lik maleik asit solüsyonları kullanıldı. Ballal ve ark. (154) %7'lik MA solüsyonunun %17'lik EDTA' ya göre apikal üçlüde smear tabakasının uzaklaştırılmasında daha etkili olduğunu, koronal ve orta üçlüde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığını rapor etmişlerdir. Yine Ballal ve ark. (202) çalışmalarında maleik asitin yüksek asiditesine (154) rağmen dentin mikrosertliğinde önemli bir düşüşe neden olmadığını, 1 dakikalık %7'lik MA ve %17'lik EDTA uygulamalarında istatistiksel olarak dentin üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmadığını bildirmişlerdir. Ulusoy ve ark. ise (203) çalışmalarında EDTA, MA ve BioPure MTAD solüsyonlarının dentin üzerindeki etkilerini incelemişler ve maleik asitin 5 dakikalık uygulamasının dentin mikrosertliğinde en fazla düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu farklılık solüsyonun uygulama süresi ile ilgili olabilir. Günümüzde smear tabakasının yeterince uzaklaştırılabilmesi için şelatörlerin uygulanması gereken optimum süre konusunda fikir birliği yoktur (202). Bu çalışmada da literatürdeki diğer araştırmalara (154, 177) uygunluk göstermesi için 1 dakikalık uygulamalar tercih edilmiştir. Çalışmamızda smear tabakanın durumunu görmek için obtürasyon işlemlerinden önce ayrılan örneklerden elde ettiğimiz SEM görüntülerinde %17'lik EDTA ve %7'lik MA solüsyonlarının 1 dakika uygulanması ile dentin tübül ağızlarının açıldığı görülmüştür. Literatürde maleik asitin kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonu üzerindeki etkisinin incelendiği tek çalışmada Tuncer ve ark. (181) %7'lik MA, %17'lik EDTA ve %10'luk sitrik asit arasında, AH 26 patının dentin tübül penetrasyonuna etkileri açısından anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmamız da bu görüşü desteklemektedir. Şelatör ajanlar arasında belirgin bir farklılık görülmezken, bu ajanlardan sonra uygulanan %2'lik klorheksidin irrigasyonunun tübül penetrasyonunu anlamlı derecede etkilediği görülmektedir.

Klorheksidin sentetik katyonik bis-guanid bileşimidir. Merkezde heksametilen halkasına bağlı iki adet simetrik 4-klorofenil halka ve iki biguanid grubu içerir (108). Bakteri hücre duvarında bulunan fosfolipit ve lipopolisakkaritler ile etkileşir, hücrenin osmotik basıncını değiştirerek hücre duvarının geçirgenliğini artırır ve hücre içine giriş yapar (109,110). Sıklıkla kullanılan oral preparat klorheksidin glukonat olup, suda çözünebilir, fizyolojik pH'ya sahiptir ve pozitif yüklü klorheksidin glukonat bileşiği salınımı yapar (108). Yüksek konsantrasyonlarda (%2) bakterisidal etki gösterir (110). Kanal içi irrigasyon solüsyonu olarak bazı klinik durumlarda NaOCl'e alternatif olarak kullanılmakla beraber doku çözme yeteneğinin olmaması en büyük dezavantajdır (107). Klorheksidin NaOCl ile kombine kullanılması hem antimikrobiyal etkinlik hem de organik doku çözme olanağı sunacaktır (98). Fakat irrigantların kombine kullanıldığı durumlarda maddelerin etkileşimlerini göz önünde bulundurmak gerekir. Çalışmalarda NaOCl ve klorheksidin etkileştiğinde renk değişikliği ve çökelti oluştuğu bildirilmiştir (99). Çökelti oluşması dikatyonik asit olan klorheksidin ve alkalın yapıdaki NaOCl arasında oluşan asit-baz reaksiyonu ile açıklanabilir (107). Basrani ve ark. (99) %2'lik klorheksidin ile %0,19'luk NaOCl temas ettiğinde çökelti oluşmaya başladığını ve bu çökeltinin büyük oranda para-kloroanilin'den (PCA) oluştuğunu bildirmişlerdir. Suda çözünmeyen nötral yapıdaki bu çökelti dentin kanal ağızlarını kapatabilmekte ve kanal dolgusunun tıkama özelliğini olumsuz etkileyebilmektedir (104). Ayrıca PCA'nın insan hücreleri üzerinde toksik olduğu ve siyanoza neden olduğu bildirilmiştir (107). Zehnder (206) kanala klorheksidin uygulanmadan önce kağıt konlarla kurutulmasını önermiştir. Ne var ki Magro ve ark. (207) NaOCl ve klorheksidin etkileşiminin kök dentini üzerindeki etkisini incelemişler, final irrigasyon uygulamalarında kök kanalında kalan NaOCl'yi absorbe edip kağıt konlarla kurutmuşlar, elde ettikleri SEM görüntülerinde NaOCl ve klorheksidin etkileşimi ile oluşan çökeltiye rastlamışlardır. Krishnamurty ve Sudhakaran (208) NaOCl ve klorheksidin arasında kök kanallarını 5 mL distile su ile yıkamışlar ve SEM görüntülerinde aynı çökeltiye rastlamışlardır. Prado ve ark. (209) ise çalışmalarında NaOCl ve klorheksidin irrigantları arasında 10 mL distile su kullanmışlar ve hiçbir örnekte çökeltiye rastlamamışlar ve bu farklılığın irrigasyon hacmi ile ilgili olduğunu savunmuşlardır. Çalışmamızda benzer bir çökelti olup

olmadığı değerlendirilmemiştir fakat NaOCl irrigasyonundan sonra kanallara 5 ml distile su (Şelatör ajan uygulamasının öncesinde 2,5 ml ve sonrasında 2,5 ml) ve 5 ml şelatör ajan olmak üzere toplamda 10 ml irrigant uygulanmıştır.

Klorheksidin glukonat ayrıca adeziv diş hekimliğinde fosforik asit demineralizasyonundan sonra terapötik primer olarak da kullanılmış ve hibrid tabaka üzerindeki olumlu etkisi gösterilmiştir (125, 210). Dentin ve adeziv arayüzünde oluşan hibrid tabakada kollojen fibrillerin zamanla bozunması sonucu bağlanma dayanımı azalmaktadır (123). Günümüzde kollojen liflerin bu bozunmasından endojen metalloproteinazlar (MMP) sorumlu tutulmaktadır (211). MMP'lar tüm hücre dışı matriks bileşenlerini indirgeyebilen enzimlerdir. İnsan dentini kollojenaz (MMP-8), gelatinaz (MMP-2 ve -9) ve enamelizin (MMP-20) içerir (121, 122). Dentin kollojenolitik ve gelatinolitik aktiviteleri proteaz inhibitörleri ile baskılanabilir (123). Bu şekilde hibrid tabakanın MMP'lerin yıkıcı etkisinden korunabileceği düşünülmektedir. Klorheksidin diglukonat amfifilik bir moleküldür ve birçok proteine katyon-şelasyon mekanizmaları ile bağlanabilir. MMP'ların yapılarındaki Zn^{+2} ve Ca^{+2} iyonlarına bağlanarak katalitik aktivitelerini baskılayabilir (212). Gendron ve ark. (124) klorheksidin geniş spektrumlu MMP inhibasyon etkisi olduğunu göstermiş, Hebling ve ark. (125) klorheksidin uygulaması ile hibrid tabakanın bütünlüğünü daha iyi koruduğunu 6 aylık klinik izleme sonunda in vivo olarak göstermiştir. Klorheksidin bu antikollojenolitik aktivitesi kök kanal irrigantı olarak kullanıldığı durumlarda da incelenmiş, Prado ve ark. (213), klorheksidin son yıkama ajanı olarak kullanıldığında AH Plus ve Real Seal SE kanal dolgu patlarının dentine bağlanma dayanımında olumsuz bir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Engel ve ark (214) final irrigasyon olarak %70'lik alkol ve Peridex (%0.12 klorheksidin ve %11,6 alkol içeren ağız çalkalama preparatı) kullandıkları çalışmalarında Roth's 801 kanal dolgu patının apikal mikrosızıntısını ve dentin tübül penetrasyonunu incelemişler ve her iki irrigasyonun tübül penetrasyonunu artırmadığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda ise klorheksidin patların tübül penetrasyon yüzdesi üzerindeki etkisi olumlu olmuştur. Kullanılan bütün patlarda, uygulanan şelatör ajana ilaveten klorheksidin uygulanan örneklerin penetrasyon yüzdeleri orta ve apikal üçlüde sadece şelatör ajan kullanılanlara göre yüksek bulunmuştur. Koronal bölgede ise portland sement esaslı Tech BioSealer Endo patının penetrasyon yüzdesini

arttırmıştır. Metakrilat rezin esaslı EndoRez patında EDTA irrigasyonundan sonra klorheksidin uygulanması her üç bölgede en yüksek penetrasyon derinliğini arttırmıştır.

Oliveria ve ark. (215) %1'lik NaOCl ve %2'lik klorheksidin solüsyonlarının kök kanal dentin mikrosertliği üzerindeki etkilerini incelemişler ve her iki irrigasyon rejiminin dentin mikrosertliğinde önemli derecede düşüşe neden olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmamızda klorheksidin irrigasyonunun yarattığı farklılık bu nedenle gerçekleşmiş olabilir. Dentin mikrosertliğinin lokasyon bağımlı olduğu ve pulpaya en yakın bölgede en az olduğu bilinmektedir (216, 217). Peritübüler dentin içermediğinden ve dentin tübüllerinin sayılarının daha fazla olmasından dolayı pulpaya komşu olan bu bölgeler irrigantlara karşı en dayanıksız alanlardır (218, 219). Klorheksidin uygulanan örneklerde diğerlerine göre dentinde daha fazla mineral kaybı ve buna bağlı olarak dentin sertliğinde daha fazla azalma oluşmuş olabilir. Böylece lateral kondenzasyon sırasında oluşan ve obturasyon sonrası uygulanan vertikal kuvvetlerle patlar dentinde daha rahat ilerlemiş olabilirler. Ayrıca daha önceki çalışmalarda (220) %95'lik etil alkol final irrigasyonu ile Roth's 801 patının dentin tübül penetrasyonunun arttığı gösterilmiş, alkolün yüzey üzerinde sürfaktan rolü oynadığı öne sürülmüştür. Engel ve ark. (214) alkolün dentin yüzey özelliklerini değiştirmeyebileceğini öne sürerek bu durumu açıklamak için alkolün kurutucu etkisini öne sürmüştür. Dentin yüzeyinin alkol uygulanmasından sonra daha hidrofobik yapıya dönüştüğünü (221) böylece birçok endodontik pat için daha uygun bir yüzey haline geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları Peridex solüsyonu %11,6 oranında alkol içermektedir, fakat hem Peridex hem de %70'lik alkol irrigasyonu ile Roth's 801 patının tübül penetrasyonunun sadece NaOCl irrigasyonuna göre artmadığını bildirmişleridir. Bu durumu, %70'lik alkolün dentin üzerinde yeterli dehidratasyon yaratmamasına bağlamışlardır. Çalışmamızda kullanılan %2'lik klorheksidin irrigasyon çözeltisi alkol içermemektedir. Alkolün yarattığı dehidratasyon etkisi olmadığından kullandığımız hidrofilik karakterli patların tübül penetrasyonunun klorheksidin irrigasyonundan olumsuz etkilenmediği söylenebilir. Garcia-Godoy ve ark. (222) dentine bağlanma ile endodontik irrigantların uygulanması arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında EDTA ve MTAD solüsyonlarının smear tabaka uzaklaştırmada etkili olduğunu ancak her iki

solüsyonun da dentin matriksinde çökmeye neden olduğunu ve bu durumun pat infiltrasyonunu engellediğini belirtmişlerdir. Bu durum çalışmamızda yalnızca şelatör ajanların kullanıldığı örneklerde görülen penetrasyon değerlerinin klorheksidin uygulananlarda görülenlere göre düşük kalmasının bir nedeni olabilir.

Çalışmada elde edilen en beklenmedik sonuç G4A grubunda görülmüştür. Klorheksidin uygulaması AH Plus patının penetrasyon yüzdesini artırmasına rağmen en yüksek penetrasyon derinliği değerlerinde özellikle koronal ve orta üçlülerde belirgin bir azalmaya neden olmuştur. Her ne kadar örnekler benzer boyutlarda seçilmiş ve rastgele gruplara ayrılmış olmasına rağmen bu durum örneklerin, elde edildiği hastaların yaşlarına bağlı olarak, daha sklerotik olmasından kaynaklanmış olabilir (187). Penetrasyon yüzdesi kanal duvarı çevresinden hesaplanmıştır. Şelatör ajan ve klorheksidin irrigasyonu kanal duvarına yakın alanlarda daha etkili olduğu için (218) pat bu bölgelerde yüksek oranda penetre olabilmiş fakat dentin tübüllerinin perifer yönde sayı ve çaplarının azalması nedeniyle (2 s.47) daha derinlere penetrasyonu engellenmiş olabilir.

Çalışmamızda en yüksek penetrasyon yüzdesi ve en yüksek penetrasyon derinliği AH Plus patı kullanıldığında gözlenmiştir. Sadece EDTA+CHX grubu orta üçlüde penetrasyon derinliği analizinde EndoRez patı AH Plus patına üstünlük göstermiştir. Metakrilat rezin esaslı EndoRez patı ile epoksi rezin esaslı AH Plus patlarının dentin tübül penetrasyonları kıyaslandığında literatürde farklı sonuçlar görülmektedir. Chandra SS. ve ark. (13) 4 ayrı rezin esaslı kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonlarını inceledikleri çalışmalarında en derin penetrasyonun RealSeal patı ile görüldüğünü aynı zamanda AH Plus patının EndoRez patından üstün olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada Balguerie ve ark. (15), epoksi rezin esaslı AH Plus ve Acroseal patlarının çinkooksit öjenol, cam iyonomer ve silikon esaslı patlara göre daha iyi tübüler penetrasyon ve adaptasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Bortolini ve ark. (223) ise çalışmalarında EndoRez patının AH Plus' a göre daha iyi tübüler penetrasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir. Chadha ve ark. (224) rezin esaslı kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonlarını inceledikleri çalışmalarına göre, EndoRez ve Epiphany patları AH Plus patına göre daha fazla tübüler penetrasyon göstermiştir. Bu farklı sonuçlar çalışmaların yöntem

farklılıklarından kaynaklanabilir. EndoRez patının AH Plus patından daha iyi tübüler penetrasyon gösterdiği rapor edilen bu iki çalışma SEM ile yapılmıştır. Örnekleri inceleme yöntemi farklı sonuçlara neden olmuş olabilir. Ayrıca Chadha ve ark. (224) çalışmalarında kök kanallarını nemli bırakmışlar ayrıca EndoRez patını rezin kaplı guta perka ile uygulamışlardır. Hidrofilik esaslı EndoRez patı bu nedenler ile daha fazla tübüler penetrasyon göstermiş olabilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar epoksi rezin esaslı AH Plus kanal dolgu patının üstün fiziksel özelliklerine bağlanabilir. AH Plus patı yüksek akıcılık gösterir (225), çözünürlüğü düşüktür, sertleşme süresi uzundur, polimerizasyon büzülmesi daha azdır hatta nemli ortamda ekspansiyon gösterir (226). Metakrilat rezin esaslı patlar ise kanal içerisinde tam polimerize olmazlar (227). Polimerize olduklarında ise hacimsel olarak anlamlı derecede büzülme gösterirler (228). Ayrıca kanal içerisinde C-faktörü yüksek olduğundan polimerizasyon sonrası pat-dentin arayüzünde boşluklar oluşur (227). Chandra ve ark (13) rezin esaslı patların penetrasyonunun obtürasyon sırasında oluşan hidrolik kuvvetlere bağlı olmadığını, patın tübüllere kapiller hareketle çekildiğini belirtmiştir. Bu olguya dayanarak AH Plus patının, daha kısa sürede sertleşen EndoRez patına göre, yüksek tübül penetrasyon göstermesini uzun sertleşme süresine bağlamışlardır. Bu önerme çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları açıklayabilir. EndoRez patının sertleşme süresi, ışık ile polimerizasyon neticesinde hızlandırılmış olabilir.

Çalışmamızda en düşük penetrasyon değerleri Tech BioSealer Endo patı kullanıldığında gözlenmiştir. Bu pat toz kısmında beyaz portland çimentosu, radyoopasite arttırıcı ajan olarak bismut oksit (Bi_2O_3), anhidrit ve sodyum florit içerir (70). Saf Portland çimentosunun radyoopasitesi 2 mmAl 'den düşük olduğu için ANSI/ADA (American Dental Association) kriterlerine uymamaktadır (229). Coomaraswamy ve ark. (230) radyoopasite sağlamak için portland çimentosuna eklenen bismut oksitin materyalin bütünlüğünü bozduğunu, pörözitesini artırdığını, buna bağlı olarak dayanıklılığını ve ömrünü azalttığını bildirmiştir. Materyalin fiziksel yapısında meydana gelen bu değişiklikler tübül penetrasyonu göstermemesinin bir nedeni olabilir. Benzer şekilde Bortolini ve ark. (223) bir başka MTA esaslı kanal dolgu patı olan Endo CPM ile AH Plus ve EndoRez patlarını

kıyasladıkları çalışmalarında Endo CPM' nin en düşük tübül penetrasyonu gösterdiğini bildirmişlerdir. İntra tübüler penetrasyon söz konusu olduğunda materyallerin partikül büyüklükleri önem arz etmektedir. Genellikle dentin tübüllerinin 2 ile 5 µm çapında olduğu düşünülmektedir. Komabayashi ve ark. (231) çalışmalarında inceledikleri MTA ve PC örneklerinin partikül büyüklüklerini 1µm ve daha küçük değerler ile 30 µm ve daha büyük değerler arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Mineral trioksit agregat içerisindeki bizmut oksit partikül büyüklüğü ise 10-30 µm arasında olduğu rapor edilmiştir (232). Materyale radyoopasite vermesi için eklenen bizmut oksit kendi fiziksel özellikleri nedeni ile dentin tübül penetrasyonunu engellemiş olabilir. Öyle ki Viapiana ve ark. (233) PC içerisine bizmut oksit yerine mikro ve nano partiküllü zirkonyum oksit ve niyobiyum oksit ekleyip hazırladıkları deneysel patların dentine penetre olabildiğini göstermişlerdir. PC ve MTA kalsiyum iyonları açısından zengindir ki su ile temasa geçtiklerinde kalsiyum hidroksit oluşur (234). Kalsiyum hidroksitin dentin tübüllerine penetre olmadığı ve bir tabaka halinde kaldığı Çalt ve Serper (235) tarafından bildirilmiştir. Çalışmamızda Portland sementinin hidrasyonu ile ne kadar kalsiyum hidroksit oluştuğu incelenmemiş olsa da, açığa çıkan kalsiyum hidroksit kanal duvarı boyunca bir bariyer olarak kalmış ve patın penetrasyonunu engellemiş olabilir. Genellikle dentin tübül penetrasyonu ile dolgu materyalinin adezyonunun arttığı böylece mekanik olarak kökün kırılma dayanımını artırdığı düşünülür (236). Bu görüşü destekler şekilde çok sınırlı dentin tübül penetrasyonu gösteren Tech BioSealer Endo patının diş dokularını kırılmaya karşı güçlendirmediği Topçuoğlu ve ark. (70) tarafından bildirilmiştir. Çalışmalarında tek toz-likit formuna sahip olan Tech BioSealer Endo patının pasta formundaki diğer patlara göre akıcılığının ve penetrasyonunun kötü olabileceğini öne sürmüşlerdir (70). Kuçi ve ark. (237) tarafından yakın zamanda yapılan bir çalışmada MTA esaslı MTA Fillapex patının tübül penetrasyonu soğuk lateral kondenzasyon ile uygulandığında AH 26 patına göre yüksek bulunmuştur. Bizim çalışmamızla aynı obturasyon tekniğinin kullanılmasına rağmen elde edilen farklı sonuçlar patların fiziksel özelliklerine bağlı olabilir. MTA Fillapex patının AH Plus patından daha iyi akıcılık gösterdiği bildirilmiştir (238, 239). Çalışmalarında gözlemledikleri bir başka sonuç, patların smear tabakası varlığında dahi smear tabakasının uzaklaştırıldığı örneklere yakın

değerlerde tübül penetrasyonu göstermesi olduğunu belirtmişlerdir. Örneklerin preparasyonunda Self Adjusting File (SAF) kullanan araştırmacılar SAF ile yapılan preparasyon sonucu oluşan smear tabakasının, el eğeleri ve döner aletler ile yapılan preparasyonlarda oluşan smear tabakasından farklı bir yapıda olabileceğini ve tübül penetrasyonu için bariyer teşkil etmeyecek şekilde geçirgen bir yapıda oluşabileceğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda PC esaslı Tech BioSealer Endo kanal dolgu patı smear tabakası uzaklaştırılmış köklerde klorheksidin final irrigasyonundan sonra lateral kondenzasyon ile uygulandığında sınırlı penetrasyon göstermiştir. Çalışmamızın sonuçlarını doğrulamak, ayrıca MTA ve PC esaslı patların penetrasyonları ile ilgili daha fazla bilgi edinmek için farklı inceleme yöntemlerinin kullanıldığı ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kök kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonlarını incelemek için birçok çalışmada SEM cihazı kullanılmıştır (9, 15, 187, 193, 195, 197, 235). Bu yöntem smear tabakasının detaylı olarak incelenebilmesini mümkün kılmaktadır. Vassiliadis ve ark. (193) irrigasyon solüsyonu olarak sadece %1'lik NaOCl kullandıkları çalışmalarında kanal duvarlarının smear tabakası ile örtülü olmasına rağmen, bu durumun Grossman patının dentin tübüllerine penetrasyonunu engellemediğini belirtmişlerdir. Fakat diğer birçok çalışmada (9, 193, 195, 197) smear tabakasının dentin tübül ağzlarını tıkadığı ve patların penetrasyonunu engellediği bildirilmiştir. Çalt ve ark. (235) klinikte ara seans medikasyonu olarak kullanılan kalsiyum hidroksitin sadece NaOCl irrigasyonu ile kanaldan tam olarak uzaklaştırılmadığını, kanal sisteminde kalan kalsiyum hidroksitin yine dentin tübül ağzlarını tıkararak AH 26 patının tübül penetrasyonunu engellediğini rapor etmişlerdir. Çalışmamızda smear tabakasının uzaklaştırılmadığı, sadece NaOCl irrigasyonu uygulanan gruplarda, smear tabakasının patların penetrasyonunu tamamen engellemediği görülmüştür. Bu durumun bir başka nedeni, mekanik preparasyon sırasında kanal aletleri ile tüm dentin yüzeyine temas edilememesi sonucunda bazı alanlarda smear tabakası oluşmaması da olabilir.

Çalışmamızın sonuçlarını destekler şekilde bazı SEM çalışmalarında epoksi rezin esaslı patların daha iyi penetrasyon gösterdiği bildirilmiştir. Örneğin Balguerie ve ark. (15) 3 dk, 3 ml %15'lik EDTA uygulayıp ardından 5 ml %3'lük NaOCl

uyguladıkları ve sıcak guta-perka yöntemleri ile doldurdıkları köklerde, her ikisi de epoksi rezin esaslı olan AH Plus ve Acroseal patlarının en iyi tübül penetrasyonu gösterdiğini rapor etmişleridir. Benzer şekilde Mamootil ve ark. (187) smear tabakası uzaklaştırıldığında epoksi rezin esaslı AH 26 patının, metakrilat rezin esaslı EndoRez patından daha iyi penetrasyon gösterdiğini belirtmiştir. Çalışmamızda da birçok deneysel grupta metakrilat rezin esaslı EndoRez patı hem penetrasyon yüzdesi hem de penetrasyon derinliği açısından epoksi rezin esaslı AH Plus patından daha başarısızdır. Kokkas ve ark. (9) smear tabakasının uzaklaştırıldığı örneklerde AH Plus patının Roth 811 patına göre daha fazla penetre olduğunu bildirmiştir. Çalışmalarında AH Plus patının gösterdiği en yüksek penetrasyon derinliği ortalaması 54,6µm olarak rapor edilmiştir. Diğer çalışmalarda ve bizim çalışmamızda (GA, koronal: 690,77±203,13µm; orta: 410,65±165,61µm; apikal: 158,27±80,55µm) ise daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bu farklılıklar örnekleri inceleme yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklanıyor olabileceği gibi, Mamootil ve Messer (187) bu durumun kesit alma yöntemlerinin farklılığından kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Kokkas ve ark. (9) çalışmalarında olduğu gibi longitudinal yönde alınan kesitlerde kanal duvarı çevresindeki tüm dentinin incelenemediğini bu nedenle derin penetrasyon görülen bazı bölgelerin hesaplanmadığını öne sürmüşlerdir. Çalışmamızda da buna uygun olacak şekilde transvers yönde kesitler alınmıştır. Günümüzde avantajlarından dolayı benzer çalışmalarda lazer taramalı konfokal mikroskobu da (CLSM) kullanılmaktadır (7, 12, 13, 14, 181, 183, 185, 233). Nikhil ve ark. (185) AH Plus patının kanala yerleştirme tekniği ile tübül penetrasyonu arasındaki ilişkiyi incelemiş ve ultrasonik sistemler ile en iyi sonuçları elde etmiştir. Bizim çalışmamızda kullandığımız lentülo ile patı kanala yerleştirme yöntemi ise sonik sistem ile çalışan EndoAktivatör sisteminden daha başarılı bulunmuştur. Kok ve ark. (240) AH Plus patının farklı obtürasyon yöntemleri ile dentin tübül penetrasyonu arasındaki ilişkiyi incelemişler; tek kon tekniği, lateral kondenzasyon ve Thermafil yöntemleri arasında anlamlı bir fark elde edememişlerdir. Çalışmamızda obtürasyon yöntemi olarak her üç pat için de lateral kondenzasyon yöntemi kullanılmıştır. Her ne kadar çalışmamızda dentin yüzeyinin pat ile temas eden ve etmeyen alanları incelenmemiş olsa da, Tech BioSealer Endo patı kullanılan örneklerden elde edilen bazı kesitlerde kanal dolgusunda boşluklara rastlanmıştır.

Bolles ve ark. (183) bir başka epoksi rezin esaslı kanal dolgu patı olan SimpliSeal patının tübül penetrasyonunu farklı irrigasyon yöntemleri ile incelemişler ve sonik aktivasyon sistemi ile çalışan Vibringe ile EndoActivator cihazlarının patın tübül penetrasyonu üzerinde konvansiyonel şırınga irrigasyonuna kıyasla anlamlı bir etki yaratmadığını bildirmişlerdir. Tuncer ve ark. (241) AH Plus patının dentin tübül penetrasyonun yüzdesinin ve en yüksek penetrasyon derinliğinin, negatif basınç sistemi ile çalışan EndoVac irrigasyon sistemi ile konvansiyonel şırınga irrigasyonuna göre daha iyi olduğunu bulmuşlardır. Çalışmalarında kök apeksinden 3 mm mesafede penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliği ortanca değerleri şırınga irrigasyonu ve EndoVac için sırasıyla; %5, 50µm ve %15, 200µm'dir. Kök apeksinden 5mm mesafe için aynı ölçümler: %20, 450µm ve %35, 600µm'dir. Çalışmamızda G1A sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri apikal üçlü için: %35,53±11,92; 123,31±49,57µm, orta üçlü için: %56,59±11,56; 366,79±115,87µm'dir. İki çalışma sonuçları arasında görülen bu farklılıklar deneysel yöntemlerin değişik olması ile açıklanabilir. Tuncer ve ark. (181) klinik ortamda kemik soketinde bulunan kök kanal sistemini taklit edebilmek için kapalı bir sistem kurarak her iki irrigasyon yöntemini uygulamışlardır. Konvansiyonel şırınga irrigasyonu ile oluşan ve 'vapor lock' etkisi olarak bilinen durum negatif basınç sistemi ile çalışan EndoVac irrigasyon sistemi ile aşılmış ve daha başarılı sonuçlar alınmış olabilir. Bizim çalışma modelimizde ise kapalı sistem yoktur. Uygulanan irrigasyon ajanı kök apeksinden serbestçe çıkmaktadır. Böylece 'vapor-lock' etkisi gibi irrigantın etkinliğini azaltacak bir durum bulunmamaktadır. In vivo ortamda uygulanan irrigantların daha etkin olması muhtemeldir.

Farklı irrigasyon rejimlerinin üç ayrı kök kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonunun incelendiği bu çalışmada görüntüleme tekniği olarak CLSM tercih edilmiştir. Tarama elektron mikroskobu ile kıyaslandığında her iki görüntüleme tekniğinin de avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin SEM ile yüksek magnifikasyonda dentin tübülleri, ayrıca patların kanal duvarına adaptasyonu detaylı olarak incelenebilmektedir. Özellikle kanal duvarından uzak olan ve dentin tübül yoğunluğunun azaldığı bölgelerde penetrasyon derinliği ölçümü yapmaya izin verebilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise düşük magnifikasyonda detaylı görüntü elde edilemediği için incelenen kesitin genel görünümünün

değerlendirilmesine izin vermemesidir. Bu da sistematik analizlerin yapılmasını zorlaştırmaktadır (187). Başka bir dezavantajı ise örnek hazırlama işlemlerinin daha zor olması ve artefact oluşma potansiyelinin CLSM' ye göre yüksek olmasıdır (181). Picoş ve ark. (242) göre CLSM kullanıldığında artefactlar tamamen ekarte edilebilir. Ayrıca örneklerde derinlik kontrolü yapılabilir ve kalın örneklerden dahi seri kesitler alınabilir (13). Klinik ortamı daha iyi yansıtması için, çalışma modelinin geliştirilerek irrigasyon sistemlerinin kök kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonuna etkisinin, SEM ve CLSM gibi görüntüleme tekniklerinin bir arada kullanılarak incelenmesi başka bir araştırma konusu olabilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızın limitasyonları göz önünde bulundurulduğunda elde ettiğimiz sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Tüm gruplarda Portland sement esaslı Tech BioSealer Endo en düşük tübül penetrasyonunu göstermiştir. Epoksi rezin esaslı AH Plus kanal dolgu patı ise metakrilat rezin esaslı EndoRez patından daha başarılı bulunmuştur.
2. %2'lik Klorheksidin final irrigasyonu tüm gruplarda kullanılan patların penetrasyon yüzdesini artırmış, Grup 4 (MA + CHX + AH Plus) haricinde patların penetrasyon derinliğini artırmıştır.
3. %7'lik maleik asit ile %17'lik EDTA arasında dentin tübül penetrasyonu açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.
4. Tech BioSealer Endo kanal dolgu patı lateral kondenzasyon yöntemi ile dentin tübüllerine penetrasyon göstermemiştir. Bu konuda diğer kanal obtürasyon yöntemlerinin uygulandığı ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.
5. Portland sement ve MTA esaslı materyallerinin perforasyon tamiri ve retrograd dolgu amacıyla kullanımından önce %2'lik klorheksidin irrigasyon çözeltisi uygulaması materyalin adaptasyonunu artırabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 58: 589–599, 1984.
2. Alaçam T. Endodonti. 1.Baskı. Ankara, Özyurt Matbaacılık, 2012
3. Shuping GB, Østravik D, Sigurdsson A. Reduction of intracanal bacteria using nickel titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod.* 26: 751–755, 2000.
4. Card SJ, Sigurdsson A, Østravik D. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 28: 779–783, 2002.
5. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 16: 498–504, 1990.
6. Johnson WT, Gutmann JL. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In: Cohen S, Hargreaves KM, eds. *Pathways of the Pulp.* 9th ed. St Louis, MO: Mosby; 358–399, 2006.
7. Patel DV, Sherriff M, Ford TR, Watson TF, Mannocci F. The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Int Endod J.* 40: 67-71, 2007.
8. Siqueira JF JR, Rôças IN, Santos SR, Lima KC, Magalhães FA, De Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod.* 28: 181–184, 2002.
9. Kokkas AB, Boutsoukias ACh, Vassiliadis LP, Stravrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *J Endod.* 30: 100–102, 2004.
10. Darda S, Madria K, Jamenis R, Heda A, Khanna A, Sardar L. An in-vitro evaluation of effect of EDTAC on root dentin with respect to time. *J Int Oral Health.* 6: 22-27, 2014.

11. Prado M, Gusman H, Gomes BP, Simão RA. Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *J Endod.* 37: 255–258, 2011.
12. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, Del Carpio Perochena A, Vivian RR, Camargo EJ, Garcia RB, Bernardineli N, Gutmann JL, 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 108: 450-457, 2009.
13. Chandra SS, Shankar P, Indira R. Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *J Endod.* 38: 1412-1416, 2012.
14. Moon YM, Shon WJ, Baek SH, Bae KS, Kum KY, Lee W. Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *J Endod.* 36: 732-736, 2010.
15. Balguerie E, Van Der Sluis L, Vallaes K, Gurgel-Georgelin M, Diemer F. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 37: 1576-1579, 2011.
16. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *J Endod.* 32: 281-290, 2006.
17. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. In: Ørstavik D, Pitt Ford TR, editors. *Essential endodontology*. 5th ed. Oxford: Blackwell; p. 242-268, 2003.
18. Gottfried Schmalz, Preben Hørsted-Bindslev. Chapter 12 *Textbook of Endodontology*. Gunnar Bergenholtz, Preben Hørsted-Bindslev, Claes Reit. 2nd Ed. Wiley-Blackwell, A John Wiley&Sons, Ltd. Publication, 2010.
19. Hargreaves KM, Cohen S. *Cohen's Pathways Of The Pulp* 10th Ed. Mosby Elsevier, 2011.

20. Ingle JI, Bakland LK, editors. Endodontics. 5th ed. Hamilton, London: BC Decker, Inc.; 2002, pp. 571–668.
21. Nagaş ZE. Metakrilat Esaslı Kanal Dolgu Patının Koronal Mikrosızıntısının ve Kök Kanalına Bağlanma Dayanımının İn Vitro Koşullarda İncelenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2010
22. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha, II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 37: 954, 1974.
23. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha, III. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 38: 109, 1974.
24. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha. V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 59: 285, 1985.
25. Seina ES, Marraro RV, Mitchell JL, Lewis AG, Thomas L. Rapid sterilization of gutta-percha cones with 5.25% sodium hypochlorite. J Endod. 1: 136, 1975.
26. Short RD, Dorn SO, Kutter S. The crystallization of sodium hypochlorite on gutta-percha cones after the rapid-sterilization technique: an SEM study. J Endod. 29: 670, 2003.
27. Kolokuris I, Avanitoyannis I, Robinson C, Blanshard JM. Effect of moisture and aging on gutta-percha. J Endod. 18: 583, 1992.
28. Marciano J, Michalesco PM. Dental gutta-percha: chemical composition, x-ray identification, enthalpic studies and clinical implications. J Endod. 15: 149, 1989.
29. Jasper E. Adaptation and tolerance of silver point canal filling. J Dent Res. 4: 355, 1941.

30. Seltzer S, Green DB, Weiner N, De Renzis F. A scanning electron microscope examination of silver cones removed from endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 33: 589, 1972.
31. Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Tay FR, Pashley DH. Evaluation of the quality of the apical seal in Resilon/Epiphany and gutta-percha/AH Plus-filled root canals by using a fluid filtration approach. *J Endod.* 33: 944, 2007.
32. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod.* 33: 391, 2007.
33. Spangberg L. Biological effects of root canal filling materials. 7. Reaction of bony tissue to implanted root canal filling material in guinea pigs. *Odontologisk Tidskrift.* 77: 133, 1969.
34. Langeland K. Root canal sealants and pastes. *Dent Clin North Am.* 18: 309, 1974.
35. Schmalz G. Root canal filling materials. In: Bergenholtz G, et al eds. *Textbook of Endodontology.* Blackwell Munksgaard, Oxford p: 261-286, 2003.
36. Jonck LM, Eriksson C, Comins NR. An EDX analysis of the root dentin in teeth treated endodontically with zinc oxide and eugenol. *J Endod.* 5: 20, 1979.
37. Brudevold F. A study of zinc in human teeth. *Arch Oral Biol.* 8: 135, 1963.
38. Biven GM. Effect of eugenol and eugenol containing root canal sealers on the microhardness of human dentin. *J Dent Res.* 51: 1602, 1972.
39. European Society Of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 39: 921-930, 2006.
40. Shah PM. Radiopacity of potential root-end filling materials. *Oral Surg* 81: 476-479, 1996.
41. Grossman LI. *Endodontic Practice.* 11th ed. Philadelphia. Lea&Febiger p:242-270, 1988.

42. Razmi H, Parvizi S, Khorshidian A. Comparison of AH26 physicochemical properties with two AH26/antibiotic combinations. *Iran Endod J.* 5: 6–10, 2010.
43. Safavi KE. Dimensional changes of endodontic sealers. *J Endod.* 18: 199, 1992.
44. Spångberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD. AH26 release formaldehyde. *J. Endod.* 19: 596-598, 1993.
45. Çalışkan K. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*, Nobel Matbaacılık, 2006.
46. Wu MK, Wesselink PR, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J.* 28: 185-189, 1995.
47. Wennberg A, Ørstavik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *Int Endod J.* 23: 13-19, 1990.
48. Bouillaguet S, Wataha JC, Tay FR, Brackett MG, Lockwood PE. Initial in vitro biological response to contemporary endodontic sealers. *J Endod.* 32: 989-992, 2006.
49. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 30: 342-347, 2004.
50. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: Bonding in the root canal system – the promise and the problems: a review. *J Endod.* 32: 1126-1134, 2006.
51. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 19: 591-595, 1993.
52. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod.* 39: 747-754, 2006.

53. Torabinejad M, Hong CU, McDonald MS, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 21: 349-353, 1995.
54. Kontakiotis EG, Tzanetakis GN, Loizides AL. A 12-month longitudinal in vitro leakage study on a new silicon-based root canal filling material (Gutta-Flow). *Oral Sur Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 103: 854-859, 2007.
55. Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, Pashley DH. Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *J Endod.* 32: 1188-1190, 2006.
56. Ozok AR, Van Der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *J Endod.* 34: 204-207, 2008.
57. Wilson AD, Kent BV. A new translucent cement for dentistry. *Br Dent J.* 132: 133, 1972.
58. Pitt Ford TR. The leakage of root filling with glass ionomer cement and other materials. *Br Dent J.* 146: 273, 1979.
59. Trope M, Ray LH. Resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 73: 99, 1992.
60. Dülger O. Değişik kanal patlarıyla doldurulmuş diş köklerinin kırılmaya karşı dirençlerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 1994.
61. Somani R, Jaidka S, Jawa D, Mishra S. Comparative evaluation of microleakage in conventional glass ionomer cements and triclosan incorporated glass ionomer cements. *Contemp Clin Dent.* 5: 85-88, 2014.
62. Von Fraunhofer JA, Branstetter J. The physical properties of four endodontic sealer cements. *J Endod.* 8: 126-130, 1982.

63. Barkhorder RA. Evaluation of antimicrobial activity in vitro of ten root canal sealers on *Streptococcus sanguis* and *Streptococcus mutans*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 68: 770-772, 1980.
64. Schroeder A. *Endodontics: science and practice - a textbook for student and practitioner.* Chicago, IL: Quintessence, 1981.
65. Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, Bernardinelli N, Andrade FB, Moraes IG, Duarte MA. Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *J Endod.* 37: 1417-1421, 2011.
66. Cohen BI, Pagnillo MK, Musikant BL, Deutsch AS. An In Vitro Study of the Cytotoxicity of Two Root Canal Sealers. *J Endod.* 26: 228, 2000.
67. Tavares CO, Böttcher DE, Assman E, Kopper PM, De Figueiredo JA, Grecca FS, Scarparo RK. Tissue reactions to a new mineral trioxide aggregate-containing endodontic sealer. *J Endod.* 39: 653-657, 2013.
68. Hakkı SS, Bozkurt BS, Özçöpur B, Gandolfi MG, Prati C, Belli S. The response of cementoblasts to calcium phosphate resin-based and calcium silicate-based commercial sealers. *Int Endod.* 46: 242-252, 2013.
69. Isasan Tech Biosealer.
http://www.isasan.com/it/prodotti/Tech_BIOSEALER.aspx. Erişim tarihi: 15/01/2014.
70. Topçuoğlu HS, Tuncay Ö, Karataş E, Arslan H, Yeter K. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. *J Endod.* 39: 1630-1633, 2013.
71. Haschke E. Adhesive endodontic cones and related methods. United States Patent Application 20040202986. US Patents&Trademark Office, October 14, 2004.
72. Rhodes JS. *Advanced Endodontics* 1st ed. Chapter 7, Taylor & Francis Group, 2006

73. Kobayashi Y, Hayashi M, Yoshino F, Tamura M, Yoshida A, Ibi H, Lee Mc, Ochiai K, Ogiso B. Passive ultrasonic irrigation in the presence of a low concentration of hydrogen peroxide enhances hydroxyl radical generation and bactericidal effect against *Enterococcus faecalis*. *J Oral Sci.* 56: 35-39, 2014.
74. Shovelton DS. The presence and distribution of microorganisms within non-vital teeth. *British Dental Journal* 117:101–107, 1964.
75. Dychdala GR. Chlorine and chlorine compounds. In: Block SS, ed. *Disinfection, sterilization and preservation*. Philadelphia: Lea & Febiger, 131-151, 1991.
76. Test ST, Lambert MB, Ossanna PJ, Thoene JG, Weiss SJ. Generation of nitrogen-chlorine oxidants by human phagocytes. *J Clin Invest.* 74: 1341-1349, 1984.
77. Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in treatment of wounds. *Br Med J.* 2: 318–320, 1915.
78. McDonnell G, Rossell AD. Antiseptics and disinfectants: activity, action and resistance. *Clin Microbiol Rev.* 12: 147-179, 1999.
79. Austin JH, Taylor HD. Behavior of hypochlorite and of chloramine-T solutions in contact with necrotic and normal tissue in vivo. *J Exp Med.* 27: 627-633, 1918.
80. Pécora JD, Sousa-Neto MD, Estrela C. Soluções irrigadoras auxiliares do preparo do canal radicular. In: Estrela C, Figueiredo JA, editors. *Endodontia - Princípios biológicos e mecânicos*. São Paulo: Artes Médicas; p. 552–569, 1999.
81. Esterla C, Cyntia RA, Barbin EL. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 13: 113–117, 2002.
82. Harrison JW, Hand RE. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 7: 128–132, 1981.

83. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod.* 2: 60–64, 1978.
84. Abou-Rass M, Oblesby SW. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *J Endod.* 8: 376–377, 1981.
85. Bloomfield Sf, Miles G. The relationship between residual chlorine and disinfection capacity of sodium hypochlorite and sodium dichlorisocyanurate solutions in the presence of *E. coli* and milk. *Microbios.* 10: 33–43, 1979.
86. Baker RJ. Types and significance of chlorine residuals. *J Am Water Works Assoc.* 51: 1185–1190, 1959.
87. Andrews FW, Orton KS. Disinfectant action of hypochlorous acid. *Zentralbl Bakteriolog Orig A.* 35: 645, 1904.
88. Morris JC. Future of chlorination. *J Am Water Works Assoc.* 58: 1475–1482, 1966.
89. Fraiss S, Ng YL, Gulabivala K. Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 34: 206–215, 2001.
90. Bloomfield SF, Miles GA. The antibacterial properties of sodium dichloroisocyanurate and sodium hypochlorite formulations. *J Appl Bacteriol.* 46: 65–73, 1979.
91. Paragliola R, Franco V, Fabiani C. Final Rinse Optimization: Influence of Different Agitation Protocols. *J Endod.* 36: 282–285, 2010.
92. Jadaa AA, Paqué F, Attin T. Acoustic hypochlorite activation in simulated curved canals. *J Endod.* 35: 1408–1411, 2009.

93. Ishizuka T, Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Iwasaki N, Takahashi H. Effect of NaOCl treatment on bonding to root canal dentin using a new evaluation method. *Dent Mater J.* 20: 24–33, 2001.
94. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent.* 12: 177–180, 1999.
95. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effect of sodium hypochlorite and RC prep on bond strengths of resin cement on endodontic surfaces. *J Endod.* 27: 753–757, 2001.
96. Arı H, Yaşar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod.* 29: 248–251, 2003.
97. Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res.* 80: 1919–1924, 2001.
98. Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2,5% sodium hypochlorite and 0,2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod.* 24: 472–476, 1998.
99. Basrani Br, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *J Endod.* 33: 966–969, 2007.
100. Chhabra RS, Huff JE, Haseman JK, Elwell MR, Peters AC. Carcinogenicity of p-chloroaniline in rats and mice. *Food Chem Toxicol.* 29: 119–124, 1991.
101. International Agency For Research On Cancer: IARC Monography on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human. Vol. 86. Lyon, France: World Health Organisation; p. 1–25, 2006.
102. Barbin LE, Saquy PC, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Estrela C, Pécora JD. Determination of para-chloroaniline and reactive oxygen species in chlorhexidine and chlorhexidine associated with calcium hydroxide. *J Endod.* 34: 1508–1514, 2008.

103. Shashikala K, Sudhakaran S. Evaluation and prevention of the precipitate formed on interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Endod* 36: 1154–1157, 2010.
104. Bui Tb, Baumgartner CJ, Mitchell CJ. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *J Endod*. 34: 181–185, 2008.
105. Safavi E, Spangberg L, Langeland K. Root canal dentine tubule disinfection. *J Endod*. 16: 207-210, 1990.
106. 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. *J Endod*. 27: 452-455, 2001.
107. Mohammadi Z, Abbott PV. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J*. 42: 288–302, 2009.
108. Greenstein G, Berman C, Jaffin R. Chlorhexidine: An adjunct to periodontal therapy. *J Periodontol*. 57: 370–376, 1986.
109. Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J*. 52: 64–82, 2007.
110. Gomes BP, Souza SF, Ferraz CC, Teixeira FB, Zaia AA, Valdrighi L. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine In vitro. *Int Endod J*. 36: 267–275, 2003.
111. Gomes BP, Sato E, Ferraz CC, Teixeira FB, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Evaluation of time required for recontamination of coronally sealed canals medicated with calcium hydroxide and chlorhexidine. *Int Endod J*. 36: 604–609, 2003.

112. Siqueira JF, Paiva SS, Rocas IN. Reduction in the cultivable bacterial populations in infected root canals by a chlorhexidine-based antimicrobial protocol. *J Endod.* 33: 541–547, 2007.
113. Basson NJ, Tait CM. Effectiveness of three root canal medicaments to eliminate *Actinomyces israelii* from infected dentinal tubules In vitro. *SAD J.* 56: 499–501, 2001.
114. Onçağ O, Hoşgör M, Hilmioğlu S, Zekioğlu O, Eronat C, Burhanoglu D. Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants. *Int Endod J.* 36: 423–432, 2003.
115. Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 34: 424–428, 2001.
116. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, De Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 97: 79–84, 2004.
117. Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. *J Endod.* 34: 1521–1523, 2008.
118. White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J Endod.* 23: 229–231, 1997.
119. Khademi AA, Mohammadi Z, Havaee A. Evaluation of the antibacterial substantivity of several intra-canal agents. *Aust Endod J.* 32: 112–115, 2006.
120. Rosenthal S, Spangberg L, Safavi KE. Chlorhexidine substantivity in root canal dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 98: 488–492, 2004.

121. Martin-De Las Heras S, Valenzuela A, Overall CM. The matrix metalloproteinase gelatinase A in human dentine. *Arch Oral Biol.* 45: 757–765, 2000.
122. Sulkala M, Tervahartiala T, Sorsa T, Larmas M, Salo T. Matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) is the major collagenase in human dentin. *Arch Oral Biol.* 52: 121–127, 2007.
123. Pashley DH, Tay FR, Yiu C, Hashimoto M, Breschi L, Carvalho RM. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res.* 83: 216–221, 2004.
124. Gendron R, Grenier D, Sorsa T, Mayrand D. Inhibition of the activities of matrix metalloproteinases 2, 8, and 9 by chlorhexidine. *Clin Diagn Lab Immunol.* 6: 437–439, 1999.
125. Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers *In vivo*. *J Dent Res.* 84: 741–746, 2005.
126. Carrilho MR, Geraldini S, Tay F, De Goes MF, Carvalho RM, Tjäderhane L. *In vivo* preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *J Dent Res.* 86: 529–533, 2007.
127. Sanchez IR, Nusbaum KE, Swaim SF, Hale AS, Henderson RA, McGuire JA. Chlorhexidine diacetate and povidone-iodine cytotoxicity to canine embryonic fibroblasts and *Staphylococcus aureus*. *Vet Surg.* 17: 182–185, 1988.
128. Ribeiro DA, Scolastici C, Almeida PL, Marques PL, Marques ME, Salvadori MF. Genotoxicity of antimicrobial endodontic compounds by single cell gel (comet) assay in Chinese hamster ovary (CHO) cells. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 99: 637–640, 2005.
129. Von Der Fehr FR, Nygaard Östby B. Effect of EDTAC and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 16: 199–205, 1963.

130. Mello I, Kammerer BA, Yoshimoto D. Influence of Final Rinse Technique on Ability of Ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer. *J Endod.* 36: 512–514, 2010.
131. 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. *J Endod.* 34: 1011–1014, 2008.
132. Sudha R, Sukumaran VR, Ranganathan J, Bharadwaj N. Comparative evaluation of the effect of two different concentrations of EDTA at two different PH and time periods on root dentin. *J Cons Dent.* 9: 36–42, 2006.
133. Rajasingham R, Ng YL, Knowles JC, Gulabivala K. The effect of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid irrigation, individually and in alternation, on tooth surface strain. *Int Endod J.* 43: 31–40, 2010.
134. Kuah HG, Lui JN, Tseng PS, Chen NN. The Effect of EDTA with and without Ultrasonics on Removal of the Smear Layer. *J Endod.* 35: 393–396, 2009.
135. Gu XH, Mao CY, Kern M. Effect of Different Irrigation on Smear Layer Removal after Post Space Preparation. *J Endod.* 35: 583–586, 2009.
136. Smith J, Wayman B. An evaluation of the antimicrobial effect of citric acid as root canal irrigants. *J Endod.* 12: 54–58, 1986.
137. 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. *J Endod.* 7: 741–743, 2001.
138. Malheiros CF, Marques MM, Gavini G. In vitro evaluation of the cytotoxic effects of acid solutions used as canal irrigants. *J Endod.* 31: 746–748, 2005.
139. Scelza MF, Pierro VS, Chagas MA, Silva LE, Scelza P. Evaluation of inflammatory response of EDTA, EDTA-T, and citric acid in animal model. *J Endod.* 36: 515–519, 2010.

140. Moliz MT, Luque CM, García ME, Baca P. Enterococcus faecalis Biofilms eradication by root canal irrigants. *J Endod.* 35: 711–714, 2009.
141. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K. A new solution for the removal of smear layer. *J Endod.* 29: 170–175, 2003.
142. Mamatha Y, Ballal S, Gopikrishna V, Kandaswamy D. Comparison of sodium hypochlorite and edta irrigants with an indigenous solution as an alternative to mtad. *J Cons Dent.* 9: 48–52, 2006.
143. Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod.* 33: 917–925, 2007.
144. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *J Endod.* 29: 233–239, 2003.
145. Hashem AA, Ghoneim AG, Lufty RA, Fouda MY. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal filling systems. *J Endod.* 35: 537–540, 2009.
146. Gopikrishna V, Venkateshbabu N, Datta K, 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. *Aust Endod J.* 37: 12-17, 2011.
147. Marais JT. Cleaning efficacy of a new root canal irrigation solution: a preliminary investigation. *Int Endod J.* 33: 320-325, 2000.
148. Marais JT, Williams WP. Antimicrobial effectiveness of electrochemically activated water as an endodontic irrigation solution. *Int Endod J.* 34: 237- 243, 2001.
149. Marais Jt, Brozel VS. Electro-chemically activated water in dental unit water lines. *British Dental Journal* 187: 154-158, 1999.

150. Wood S, Metcalf D, Devine D, Robinson C. Erythrosine is a potential photosensitizer for the photodynamic therapy of oral plaque biofilms. *J Antimicrob Chemother.* 57: 680-684, 2006.
151. Smith AW. Biofilms and antibiotic therapy: is there a role for combating bacterial resistance by the use of novel drug delivery systems? *Adv Drug Deliv Rev.* 57: 1539-1550, 2005.
152. Konopka K, Goslinski T. Photodynamic therapy in dentistry. *J Dent Res.* 86: 694-707, 2007.
153. Maleik asit:
http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB2852803_EN.htm
Erişim tarihi: 20.01.2014
154. Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS. Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod.* 35: 1573–1576, 2009.
155. Torabinejad M. Clinical implication of the smear layer in endodontics. A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 94: 658-666, 2002.
156. Boyde A, Knight PJ. Scanning electron microscopic studies of the penetration of the embrasure walls of class II cavities. *Br Dent J.* 129: 557-564, 1970.
157. Moodnik RM. Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2: 261-266, 1976.
158. Zand V, Mokhtari H, Lotfi M, Rahimi S, Sohrabi A, Zadeh BS, Kahnarooie HM, Tehranif P. A Scanning Electron Microscope Study on the Effect of an Experimental Irrigation Solution on Smear Layer Removal. *Iran Endod J.* 9: 131–136, 2014.

159. 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, 185-193, 1963.
160. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1: 238-242, 1975.
161. Cameron JA. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 9: 289-292, 1983.
162. Mader CI. Scanning electron microscopic investigation of smear layer on root canal walls. *J Endod.* 10: 477-483, 1984.
163. Mjör IA, Nordahl I. The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol.* 41: 401-412, 1996.
164. Vajinovic O. Acid treatment of cavities under resin filling; Bacterial growth in dentinal tubules and pulpal reactions. *J Dent Res.* 52: 1189-1193, 1973.
165. Michelic VJ. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res.* 59: 1396-1403, 1980.
166. Diamond A, Carrel R. The smear layer. A review of restorative progress. *J Pedod.* 8: 219-226, 1994.
167. Akpata ES, Blechman H. Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *J Dent Res.* 61: 435-438, 1982.
168. Baker MA. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod.* 1: 127-135, 1975.
169. Brannström M, Nyborg H. Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. *J Prosthet Dent.* 30: 303-310, 1973.
170. Meryon SD, Brook AM. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int Endod J.* 23: 196-202, 1990.

171. Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *J Endod*. 11: 385-388, 1985.
172. Pashley DH, Livingston MJ. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. *Arch Oral Biol*. 23: 391-398, 1978.
173. Uitto VJ. Degradation of basement membrane (Type IV) collagen by proteases from same anaerobic microorganisms. *Oral Microbiol Imm*. 3: 97-102, 1988.
174. De Deus G, Brandão MC, Leal F, Reis C, Souza EM, Luna AS, Paciornik S, Fidel S. Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *Int Endod J*. 45: 642-651, 2012.
175. Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls on the root canal. *J Endod*. 3: 101-105, 1977.
176. Wayman BE. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *J Endod*. 5: 258-265, 1979.
177. Yamada RS. A scanning electron microscopic comprasion of a high volume final flush with several irrigating solutions: part 3. *J Endod*. 9: 137-142, 1983.
178. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod*. 13: 147-157, 1987.
179. Semwogerere D, Weeks ER. Confocal microscopy. *Encyclopedia of Biomaterials and Biomedical Engineering*, Emory University, Atlanta, Georgia, U.S.A, 2005.
180. Minsky M. Memoir on inventing the confocal microscope. *Scanning*. 10: 128-138, 1988.
181. Kara Tuncer A, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod*. 38: 860-863, 2012.

182. Ordinala-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MS, 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 108: 961-968, 2009.
183. Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and Needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *J Endod.* 39: 708-711, 2013.
184. Rosaline H, Kandaswamy D, Gogulnath D, Rubin M. Influence of various herbal irrigants as a final rinse on the adherence of *Enterococcus faecalis* by fluorescence confocal laser scanning microscope. *J Conserv Dent.* 16: 352-355, 2013.
185. Nikhil V, Singh R. Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques. *J Conserv Dent.* 16: 294-299, 2013.
186. Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A confocal laser scanning microscope investigation of the Epiphany obturation system. *J Endod.* 33: 957-961, 2007.
187. Mamootil K, Messer HH. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J.* 40: 873-881, 2007.
188. Peters LB, Wesselink PR. Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms. *Int Endod J.* 35: 660-667, 2002.
189. OguntebiBR. Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *Int Endod J.* 27: 218-222, 1994.
190. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *J Endod.* 22: 257-259, 1996.

191. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Effect of tubule orientation in the cavity wall on the seal of dental filling materials: an in vitro study. *Int Endod J.* 31: 326-332, 1998.
192. 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. *Int Endod J.* 30: 297-306, 1997.
193. Vassiliadis LP, Sklavounos SA, Stavrianos CK. Depth of penetration appearance of Grossman sealer in the dentinal tubules: an vivo study. *J Endod.* 20: 373-376, 1994.
194. Çehreli ZC, Uyanık MO, Nagaş E, Tuncel B, Er N, Cömert FD. A comparison of residual smear layer and erosion following different endodontic irrigation protocols tested under clinical and laboratory conditions. *Acta Odontol Scand.* 71: 1261-1266, 2013.
195. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod.* 13: 369–374, 1987.
196. Bird DC, Komabayashi T, Guo L, Opperman LA, Spears R. In vitro evaluation of dentinal tubule penetration and biomineralization ability of a new root-end filling material. *J Endod.* 38: 1093-1096, 2012.
197. Okşan T, Aktener BO, Şen BH, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 26: 301–305, 1993.
198. De Deus G, Gurgel-Filho Ed, Maniglia-Ferreira C, Countinho 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. *Aus Endod J.* 30: 23–28, 2004.

199. Weis MV, Parashos P, Messer HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J.* 37: 653–663, 2004.
200. Cengiz T, Aktener BO, Pişkin B. Effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 23: 163–171, 1990.
201. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod.* 8: 487–492, 1982.
202. Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of the effect of maleic acid and EDTA on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *J Endod.* 36: 1385-1388, 2010.
203. Ulusoy Öİ, Görgül G. Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Aus Endod J.* 39: 66-72, 2013.
204. Kaya S, Adıgüzel Ö, Uysal İ, Ayaz SG. Effectiveness of three different application times of 17% EDTA and 7% maleic acid irrigation agents on the removal of debris and smear layer: a scanning electron microscope study. *IDR.* 1: 48-54, 2011.
205. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao CV, De-Deus G, Zehnder M. The impact of root dentine conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. *Int Endod J.* 44: 491-498, 2011.
206. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 32: 389-398, 2006.
207. Magro MG, Kuga MC, Victorine KR, Vazquez Garcia FA, Aranda Garcia AJ, Faria-Junior NB, Faria G, Shinohara AL. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and several formulations containing chlorhexidine and its effect on the radicular dentin- SEM and push-out bond strength analysis. *Microscopy Research and Tecniqe* 77: 17-22, 2014.

208. Krishnamurthy S, Sudhakaran S. Evaluation and prevention of the precipitate formed on interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine. *J Endod.* 36: 1154-1157, 2010.
209. Prado M, Simão RA, Gomes B. Evaluation of different irrigation protocols concerning the formation of chemical smear layer. *Microscopy Research and Technique* 76: 196-200, 2013.
210. Breschi L, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Visintini E, Tjäderhane L, Ruggeri A Jr, Tay FR, Dorigo ES, Pashley DH. Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: a 2-year in vitro study. *Dent Mater.* 26: 320-325, 2010.
211. Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentine interface with wet bonding. *Journal of Dental Research* 82: 141-145, 2003.
212. De Munck J, Van Den Steen PE, Mine A, Van Landuyt KL, Poitevin A, Opdenakker G, Van Meerbeek B. Inhibition of enzymatic degradation of adhesive-dentin interfaces. *J Dent Res.* 88: 1101-1106, 2009.
213. Prado M, Simão Ra, Gomes B. Effects of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *J Endod.* 39: 689-692, 2013.
214. Engel GT, Goodell GG, McClanaban SB. Sealer penetration and apical microleakage in smear-free dentin after a final rinse with either 70% isopropyl alcohol or peridex. *J Endod.* 31: 620-623, 2005.
215. Oliveira LD, Carvalho CA, Nunes W, Valera MC, Camargo CH, Jorge AO. Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 104: 125-128, 2007.
216. Fusayama T, Maeda T. Effect of pulpectomy on dentine hardness. *J Dent Res.* 48: 452-460, 1969.
217. Slutzky-Goldberg I, Liberman R, Heling I. The effect of instrumentation with two different file types, each with 2,5% NaOCl irrigation on the microhardness of root dentin. *J Endod.* 28: 311-312, 2002.

218. Saleh Aa, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *J Dent.* 27: 43-46, 1999.
219. Seaman F, Shannon IL. Fluoride treatment and microhardness of dentin. *J Proshet Dent.* 41: 528-530, 1979.
220. Stevens RW. Leakage and sealer penetration in smear-free dentin after a final rinse with 95% ethanol. *J Endod.* 32: 785-788, 2006.
221. Rosales JI, Marshall GW, Marshall SJ. Acid-etching and hydration influence on dentin roughness and wettability. *J Dent Res.* 78: 1554-1559, 1999.
222. Garcia-Godoy F, Loushine RJ, Itthagaran A, Weller RN, Murray PE, Feilzer AJ, Pashley DH, Tay FR. Application of biologically-oriented dentin bonding principles to the use of endodontic irrigants. *Am J Dent.* 18: 281-290, 2005.
223. Bortolini MT, Ferreira Dos Santos SS, Habitante SM, Rodrigues JD, Vance R, Jorge AO. Endodontic sealers: Intratubular penetration and permeability to *Enterococcus faecalis*. *Indian J Dent Res.* 21: 40-43, 2010.
224. Chadha R, Taneja S, Kumar M, Gupta S. An in vitro comparative evaluation of depth of tubular penetration of three resin- based root canal sealers. *J Conserv Dent.* 15: 18-21, 2012.
225. Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MI, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *Int Endod J.* 39: 464-471, 2006.
226. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater.* 17: 512-519, 2001.
227. Lawson MS, Loushine B, Mai S. Resistance of a 4-META-containing, methacrylate-based sealer to dislocation in root canals. *J Endod.* 34: 833-837, 2008.

228. Souza SF, Bombana AC, Francci C, Gonçalves F, Castellan C, Braga RR. Polymerization stress, flow and dentine bond strength of two resin-based root canal sealers. *Int Endod J.* 42: 867-873, 2009.
229. ANSI/ADA – American Dental Association, “Specification 57: endodontic sealing material, Chicago, ANSI/ADA, 2000.
230. Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP. Effect of bismuth oxide radioopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system. *J Endod.* 33: 295-298, 2007.
231. Komabayashi T, Spangberg LS. Comparative analysis of the particle size and shape of commercially available mineral trioxide aggregate and Portland cement: a study with a flow particle image analyzer. *J Endod.* 34: 94-98, 2008.
232. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 40: 462-470, 2007.
233. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Interface of dentine to root canal sealers. *J Dent.* 42: 336-350, 2014.
234. Gonçalves JL, Viapiana R, Miranda CE, Borges AH, Cruz Filho AM. Evaluation of physico-chemical properties of Portland cements and MTA. *Braz Oral Res.* 24: 277-283, 2010.
235. Çalt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod.* 25: 431-433, 1999.
236. Sağsen B, Üstün Y, Pala K, Demirbuga S. Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dent Mater J.* 31: 528–532, 2012.
237. Kuçi A, Alaçam T, Yavaş Ö, Ergul-Ulger Z, Kayaoglu G. Sealer Penetration into Dentinal Tubules in the Presence or Absence of Smear Layer: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study. *J Endod. Article in press* DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2014.03.019> 2014

238. Zhou HM, Shen Y, Zheng W. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod.* 39: 1281–1286, 2013.
239. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *J Endod.* 39: 274–277, 2013.
240. Kok D, Húngaro Duarte MA, Abreu Da Rosa R, Wagner MH, Pereira JR, Só MV. Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microsc Res Tech.* 75: 1277-1280, 2012.
241. Kara Tuncer A, Unal B. Comparison of sealer penetration using the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation. *J Endod.* 40: 613-617, 2014.
242. Picoch T, Stotz S, Buff E, Duschner H, Staehle HJ. Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength. *Am J Dent.* 11: 202–206, 1998.