

RÜYA ULUÖZ

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SAĞ. BİL. ENST.

DOKTORA TEZİ

İSTANBUL-2021

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**KLORHEKSİDİNİN, BİYOSERAMİK ESASLI KÖK
KANAL SEALERLARININ DENTİN TÜBÜLLERİNE
PENETRASYON DERİNLİĞİNE OLAN ETKİSİNİN
KONFOKAL LAZER TARAMALI MİKROSKOP İLE
İNCELENMESİ**

RÜYA ULUÖZ

**DANIŞMAN
PROF. DR. HAKAN ÖZBAŞ**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA PROGRAMI**

İSTANBUL-2021

TEZ ONAYI

(Bu sayfa yerine, başarılı geçen Tez Sınavı sonrası sınav tutanağı ekinde yer alan Tez Onay sayfası gelecektir.)



BEYAN

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

Rüya Uluöz

İTHAF

Aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince her konuda desteğini gördüğüm, tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen, samimiyeti ve sevgisiyle her zaman yol göstericim olan sevgili hocam Prof. Dr. Hakan ÖZBAŞ'a,

Tez çalışmam ve eğitimim süresince yardım ve deneyimlerini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Faruk HAZNEDAROĞLU, Prof. Dr. Handan ERSEV ve Doç. Dr. Ayça Yılmaz başta olmak üzere Endodonti Anabilim Dalı'nın tüm kıymetli hocalarına,

Eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren Dr. Selçuk GÖKYAY'a,

Doktora sürecine beraber başladığım, sevgili yolculuk arkadaşlarım Osman ÜNLÜ, Meryem R. YETİŞKUL, Pelin BOZBULUT, İlkin ŞEMİ, Ayşenur ÖZTÜRK, B. Hakan ŞAHİN, Uğur AKSOY ve Alp SİRMAN'a,

Tez sürecimde desteklerini esirgemeyen Didem YÜCE, Tuğçe TİMUR ve doktora süresince birlikte yürüdüğümüz tüm sevgili asistan arkadaşlarıma,

Tez çalışmamız süresince desteğini ve ilgisini üzerimde hissettiğim sevgili Neşe ÖZBAŞ'a,

Seçilmiş ailem, tez sürecimde de 15 yıldır her anımda olduğu gibi yanımda olan arkadaşlarım Melike Sığla OLGUN ORGUNMAT, Selin ŞEKER, Can ÖZEL, Büşra BEYTER ÖZEL ve ailemize katılan Atilla ORGUNMAT'a,

Üniversite hayatının bana kattığı, seçilmiş ailemin üyesi, hep yanımda hissettiğim arkadaşım Buşra PARLAK'a,

Beni olduğum kişi yapan, hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda ve arkamda olan başta annem Sevgi DİK, babam İbrahim Naim ULUÖZ ve kardeşim Aysu ULUÖZ olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	ii
BEYAN.....	iii
İTHAF.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kanal Tedavisinde Biyomekanik Preparasyonun Önemi	4
2.1.1. Kök Kanallarında Yıkama ve Dezenfeksiyon.....	5
2.1.2. Çalışmamızda Kullanılan Yıkama Solüsyonları	7
2.1.2.1. Sodyum Hipoklorit.....	7
2.1.2.2. Klorheksidin Glukonat	9
2.1.2.3. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)	11
2.2. Kök Kanallarının Doldurulması.....	13
2.2.1. Kanal Dolgu Maddeleri.....	13
2.2.1.1. Katı Kor Materyaller	13
2.2.1.2. Kök Kanal Dolgu Patlarına Genel Bakış	14
2.2.1.3. Epoksi Resin Esaslı Kanal Patları.....	16
2.2.1.4. Biyoseramik Esaslı Kanal Patları.....	18
2.2.1.4.1. Biyoseramik Esaslı Kanal Patlarının Özellikleri.....	22
2.3. Dentin Tübüllerine Penetrasyonun Değerlendirme Yöntemleri	30
2.3.1. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (Confocal Laser Scanning Microscope - CLSM)	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	32
3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması.....	32

3.2. Örneklerin Biyomekanik Preparasyonu	32
3.3. Final İrigasyon ve Grupların Oluşturulması	33
3.4. Kök Kanallarının Doldurulması.....	35
3.5. Kesitlerin Elde Edilmesi	36
3.6. Kesitlerin Mikroskopta İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması 36	
3.7. İstatistiksel Değerlendirme	38
4. BULGULAR.....	39
5. TARTIŞMA	50
6. SONUÇLAR.....	64
KAYNAKLAR	65
ETİK KURUL KARARI	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI...	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
ÖZGEÇMİŞ	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2-1: Önerilen yıkama protokolü.....	7
Tablo 2-2: Piyasada sunum şekline göre biyoseramik esaslı sealerların sınıflandırılması.....	19
Tablo 2-3: Biyoseramik esaslı patların içeriklerine göre sınıflandırılması.....	20
Tablo 4-1: 1. ve 2. Grup maksimum penetrasyon derinliği değerleri (µm).....	39
Tablo 4-2: 1. ve 2. Grup penetrasyon yüzde değerleri.....	39
Tablo 4-3: Kanal patlarının maksimum penetrasyon derinliği (µm).....	40
Tablo 4-4: Kanal patlarının penetrasyon yüzdeleri.....	40
Tablo 4-5: Yıkama solüsyonlarına göre patların maksimum penetrasyon derinliği değerleri (µm).....	41
Tablo 4-6: Yıkama solüsyonlarına göre patların penetrasyon yüzde değerleri.....	42
Tablo 4-7: 1. ve 2. Grup segmental düzeyde maksimum penetrasyon derinliği değerleri (µm).....	42
Tablo 4-8: 1. ve 2. Grup segmental düzeyde penetrasyon yüzde değerleri.....	43
Tablo 4-9: Kanal patı ve yıkama solüsyonuna göre segmental düzeyde maksimum penetrasyon derinliği değerleri (µm).....	46
Tablo 4-10: Kanal patı ve yıkama solüsyonuna göre segmental düzeyde penetrasyon yüzde değerleri.....	48

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1: AH Plus.....	17
Şekil 2-2: EndoSequence BC Sealer.....	21
Şekil 2-3: BioRoot RCS.....	22
Şekil 3-1: Çalışmamızda kullanılan yıkama solüsyonları.....	34
Şekil 3-2: Dişlerin gruplara ayrılması.....	34
Şekil 3-3: Gruplara ayrılmış dişlere örnek (Grup 2A).....	35
Şekil 3-4: Çalışmamızda kullanılan kanal patları.....	35
Şekil 3-5: Kesitlerin alındığı cihaz.....	36
Şekil 3-6: Örnek kesitler (1A/1).....	36
Şekil 3-7: Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop.....	37
Şekil 3-8: CLSM ile kesitlerin görüntülenmesi.....	38
Şekil 3-9: Bilgisayar ortamında ölçümlerin yapılması.....	38
Şekil 4-1: Apikal bölgedeki penetrasyon derinliğinin orta ve kural bölgelere göre daha düşük olduğunu gösteren bir örnek.....	43
Şekil 4-2: Örneklerin apikal, orta ve kronal kesitlerinin CLSM görüntüleri.....	44
Şekil 4-3: Örneklerin orta 1/3'ten alınan kesitlerinin CLSM görüntüleri.....	49

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

CHX: Klorheksidin

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

EDTA: Etilendiamin tetraasetik asit

mm: Milimetre

µm: Mikrometre

dk: Dakika

sn: Saniye

CLSM: Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

Ni-Ti: Nikel Titanyum

Ark.: Arkadaşları

PCA: Parakloroanilin

MMP: matriks metalloproteinaz

°C: Santigrat derece

MTA: Mineral Trioksit Agregat

GP: Guta-Perka

ÖZET

Uluöz, R. (2021). Klorheksidinin, Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Sealerlarının Dentin Tübüllerine Penetrasyon Derinliğine Olan Etkisinin Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop ile İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Çalışmamızın amacı; kök kanal patı olarak endodontik kullanıma birçok olumlu özelliği ile girmiş olan biyoseramik esaslı kanal patları Endosequence BC Sealer (Brasseler ABD, Savannah, GA) ve BioRoot RCS'in (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Fransa), yıkama protokolünde klorheksidin kullanılarak ya da kullanılmaksızın dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin konfokal lazer taramalı mikroskop ile incelenmesi ve rezin esaslı AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) kanal patı ile karşılaştırılmasıdır.

Çalışmamızda 60 adet üst santral diş kullanılmıştır. Dişler, şekillendirme sırasında her alet arasında %5,25'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) ile yıkanarak ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner alet sistemi şekillendirilmiş ve iki gruba ayrılmıştır. Kanallar %17'lik EDTA ve distile su ardından 1. Grupta 2,5 mL %5,25'lik NaOCl + distile su ile, 2. Grupta ise %2'lik klorheksidin ile son yıkama yapılmıştır. İki grup da kullanılacak kanal patına göre kendi içinde üç gruba ayrılarak kök kanalları Endosequence BC Sealer, BioRoot RCS ve AH Plus patlarına ~%0,1 Rhodamin B katılarak tek kon tekniği ile doldurulmuştur. Dişler su soğutması altında horizontal olarak kesilerek 3,6 ve 9. mm'lerden her diştten apikal, orta ve kurondan olmak üzere 1 mm kalınlığında üç adet disk elde edilmiş ve bu örnekler konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM) ile incelenmiştir.

Endosequence BC Sealer ve BioRoot RCS'in dentin tübüllerine penetrasyon derinliği değerleri iki yıkama grubunda da AH Plus'tan daha yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). CHX, Endosequence BC ve BioRoot RCS'in penetrasyonuna etki göstermezken AH Plus'ın apikalde penetrasyon derinliğini ($p<0,05$), apikal ve orta bölgede ise yüzde değerini artırmıştır ($p<0,05$). Kanal patlarının birbirleriyle penetrasyon yüzde değerleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Anahtar Kelimeler: Dentin tübül penetrasyonu, klorheksidin, biyoseramik patlar, Endesequence BC Sealer, BioRoot RCS

ABSTRACT

Uluöz, R. (2021). The Effect of Clorhexidine on The Dentinal Tubule Penetration of Two Bioseramic Sealers: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Endodontics. Doctoral Thesis. İstanbul.

The aim of this study, evaluation of bioceramic based sealers; Endosequence BC Sealer (Brasseler USA, Savannah, GA) and BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, France), in terms of penetration depth into dentinal tubules by confocal laser scanning microscope (CLSM) with or without using clorhexidine (CHX) as a final irrigation solution and comparison with resin-based AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) sealer.

60 extracted maxillary central incisor were treated with 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl) irrigation during the instrumentation. Teeth were divided into 2 groups after root canal preparation.

After smear removal with 17% EDTA followed by 2,5 mL distilled water final irrigation was performed with 2.5 mL 5.25% NaOCl and distilled water for 1. Group, %2 CHX solution for 2. Group. Both groups were divided into three groups according to the sealer to be used; Endosequence BC Sealer, BioRoot RCS and AH Plus. Sealers labeled with ~0.1% Rhodamine B and single-cone technique used for obturation. The teeth were sectioned horizontally at 3, 6, and 9 mm from the root apex and samples were examined by CLSM.

Dentinal tubule penetration depth of Endosequence BC Sealer and BioRoot RCS were significantly higher than AH Plus for both irrigation protocol ($p < 0.001$). While CHX did not affect the penetration of Endosequence BC and BioRoot RCS, it increased the penetration depth of AH Plus at the apical ($p < 0.05$) and the percentage in the apical and middle region ($p < 0.05$). There was no significant difference between the penetration percentage of the sealers ($p > 0.05$).

Key Words: Dentinal tubule penetration, clorhexidine, bioseramic sealers, Endosequence BC Sealer, BioRoot RCS

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavide amaç, kök kanal sisteminin etkili bir biyomekanik preparasyon ile organik-nekrotik doku artıklarından ve mikroorganizmalardan temizlemek ve üç boyutlu hermetik bir dolum ardından yapılacak iyi bir restorasyonla dişin fonksiyon görür halde ağızda kalabilmesini sağlamaktır [1]. İyi bir biyomekanik preparasyon ile kök kanal sistemindeki debrisin uzaklaştırılmasına ve tüm mikroorganizmaların kaldırılmasına çalışılmasına rağmen, isthmus ve apikal delta gibi düzensizliklerde kalabilen ve uzaklaştırılamayan mikroorganizmalar tedavinin başarısını etkileyebilmektedir. Bununla birlikte, kök kanalının orijinal morfolojisine uygun şekilde şekillendirilip dezenfekte edildikten sonra, boyutsal olarak stabil ve biyolojik olarak uyumlu materyallerle sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu olarak doldurulması ile bunun önüne geçilmeye çalışılmaktadır [2, 3].

Kök kanal dolgusunun hermetik yapılabilme düşüncesi, ulaşılabilen bölgelerde varlığını sürdürebilen mikroorganizmaların hapsedilerek periapikal dokulara geçişlerinin önlenmesi amacıyla. Böylece doku sıvılarının sızması ve mikroorganizmaların üremesi için uygun besin ortamı sağlanmasının da önüne geçilmesi hedeflenir. Aksi takdirde üreme imkanı bulabilen mikroorganizmalar yeterli popülasyona ulaştıklarında, periapikal dokulara geçebilmeleri ve artan virülans nedeniyle periradiküler doku iltihabını başlatacak veya arttıracaklardır. Sonuç olarak kök kanalında kalabilen mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilecekleri biyolojik ortam ve uygun ekolojik etkenlerin yok edilmesinin sağlanmasının önemi açıkça görülmektedir. Çünkü apikal mikrosızıntı endodontik tedavinin başarısızlığına neden olan ve postoperatif klinik sorunlar doğuran en önemli problemlerin başında gelmektedir [4].

Kök kanal sisteminin dolumunda kullanılan gutta perka gibi katı materyaller kök kanal sistemiyle ne kadar uyum sağlarsa sağlasın, fiziksel limitlerinden dolayı dentin duvarları ile aralarında yine de mikro düzeyde boşluklar kalmaktadır. Bu nedenle yarı katı materyaller ile beraber kullanılmaları gerekmektedir [4]. Bu amaçla kullanılan kök kanal patları, dentin ve gutta perkaya sıkıca bağlanmaları ile klinik koşullarda sızıntıyı azaltmada önemli bir rol üstlenirler [5]. Bu yüzden kullanılacak kanal patlarının biyoyumlu olmaları, antimikrobiyal özellik taşımaları, ucuz ve gerektiğinde kolay

uzaklaştırılabilir olmaları, uygun sertleşme sürecine sahip olmaları gibi özelliklerinin yanı sıra nemden etkilenmemeleri, rezorbe olmamaları ve iyi tıkama özelliği taşımaları başarı için önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Özellikle antimikrobiyal etkinliği olan patların dentin kanallarına penetre olarak izole bakteriler ile daha yakın temas göstererek daha etkili oldukları da bilinmektedir [4, 6].

Kök kanallarının doldurulması amacıyla günümüze kadar birçok teknik ve materyal kullanılmıştır. Son yıllarda, endodontide öncelikle retrograt dolgu materyali olarak kullanıma giren biyoseramiklerin, sonraları kök tamir materyali olarak kullanılmaya başlandığı ve üstün fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinden dolayı kök kanal patı olarak da tercih edilen materyaller oldukları görülmektedir [7]. Kök kanal patı olarak kullanıma sunulan biyoseramiklerin çeşitli araştırmalara konu oldukları da görülmektedir [8, 9]. Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının biyouyumluluğu ve düşük sitotoksitesi, apikalde iyi örtüleme sağlaması, antimikrobiyal etkisinin olması gibi olumlu etkilerinin yanı sıra, kanal içi kan ve nemden etkilenmemesi ve nem varlığında dentine bağlanma göstermesi gibi özellikleri dikkat çekicidir [7, 10]. Fakat literatürler incelendiğinde biyoseramik esaslı kök kanal patlarının klorheksidin gibi yıkama solüsyonlarından etkilendiği ve klorheksidin kullanımında push-out testlerinde dentine bağlanma dayanımının azaldığı da belirtilmektedir [11].

Kök kanal tedavisinin başarısı için biyomekanik preperasyon konseptinde yıkama ve dezenfeksiyonun önemli bir yer teşkil ettiği açıktır. Bu amaçla birçok teknik, yıkama solüsyonu ve antimikrobiyal ajan kullanıma girmiştir [12-15]. Bunlardan biri olan klorheksidin glukonat; katyonik bisguanid grubu, geniş spektrumlu antimikrobiyal etki gösteren bir ajandır [16]. Başlangıçta sodyum hipoklorite alternatif bir yıkama solüsyonu olarak düşünülmüş fakat organik doku çözücü etkisinin bulunmaması nedeniyle yıkama protokolüne destek olarak antimikrobiyal etki spektrumunu arttırmak için ilave edilmiştir ve bu amaçla son yıkama solüsyonu olarak kullanılması önerilmektedir [17-20]. Bu çalışmamızın oluşturulmasındaki dayanağımız ve araştırma kurgumuzun gerekçesi, son yıkama solüsyonu olarak kullanılan klorheksidin glukonatın biyoseramik esaslı patların bağlanma dayanımını azalttığı sonucunun vurgulandığı bazı çalışmalar olmuştur. Razmi ve ark. 2016'da [11] yaptıkları çalışmada iki rezin esaslı pat ve bir biyoseramik esaslı patın push-out bağlanma dayanımlarını kanal nem

durumundaki farklılıklara göre incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarında rezin esaslı patların bağlanma dayanımının yıkama solüsyonlarından etkilenmediği fakat kanalın nem durumunun AH Plus'ın bağlanma dayanımını negatif etkilediği, klorheksidin glukonatın ise biyoseramik esaslı patın bağlanma dayanımını azalttığı vurgulanmıştır. Bunun aksini gösteren çalışmalar da mevcut olmakla birlikte, endodontik tedavilerde sıklıkla kullanılan bu son yıkama solüsyonunun güncel olarak kullanılmaya başlanan biyoseramik esaslı kanal patlarını ne derece etkilediğinin incelenmesi ihtiyacı doğmuştur [6]. Bunun yanında amacımız, elde edilecek sonuçlarda klorheksidin glukonat (CHX) biyoseramik esaslı patların tubuler penetrasyonu üzerinde olumsuz bir etki yaratıyorsa enfekte kök kanallı dişlerde CHX yerine ya başka bir antimikrobiyal ajan kullanımı ya da CHX kullanılması öngörülen durumlarda kanal dolumunda biyoseramik esaslı kanal patı tercih edilmemesi konusunda fikir edinmektir. Böylece klorheksidinin, biyoseramik esaslı patların tübüler penetrasyonu üzerinde bir etkisinin bulunup bulunmadığı da tespit edilecektir.

Sonuç olarak çalışmamızın amacı; kök kanal patı olarak endodontik kullanıma birçok olumlu özelliği ile girmiş olan biyoseramiklerin, yıkama protokolünde klorheksidin kullanılarak ya da kullanılmaksızın dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin konfokal lazer taramalı mikroskop ile incelenmesi ve rezin esaslı AH Plus kanal patı ile karşılaştırılmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kanal Tedavisinde Biyomekanik Preparasyonun Önemi

Kök kanal tedavisinde başarı, kanalların biyomekanik preparasyonu, temizlenmesi ve sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır. Biyomekanik preparasyon anatomik yapı korunarak tüm doku artıkları, mikroorganizmalar ve toksinlerin kanaldan uzaklaştırılması ve kanal geometrisinin dolgu için hazır hale getirilmesi işlemidir [4, 21]. Bu hazırlık, kök kanal aletleri kullanılarak yapılan mekanik şekillendirmeyle birlikte çeşitli çözücü ve antimikrobiyal solüsyonlarla tamamlanır.

Kök kanal tedavisinde farklı solüsyonlar kullanarak yaptığımız yıkamanın hedefleri mekanik, kimyasal ve biyolojiktir.

Mekanik ve kimyasal hedefleri sıralayacak olursak;

- Debrisin uzaklaştırılması
- Kayganlaştırma
- Organik ve inorganik dokuları çözmek
- Smear tabakasının oluşmasını engellemek ve uzaklaştırmak.

Biyolojik hedefler ise daha çok antimikrobiyal etki ile ilgilidir;

- Planktonik halde bulunan ve biofilmdeki bakterilere yüksek antimikrobiyal etki
- Endodontoksinleri etkisiz hale getirme
- Canlı dokulara temas ettiğinde toksik ve kostik etki göstermemedir [22].

Kök kanal tedavisi yapılırken hedef enfekte kanal sisteminden tüm mikroorganizmalar ve artıklarını uzaklaştırmak olsa da bunu tamamen başarmak mümkün olmamaktadır. Yapılan çalışmalar döner aletler ve el aletleriyle yapılan şekillendirme sonrası kanal sisteminin %35 ine varan oranlarda dokunulmadan kalan kısımlar olduğunu göstermiştir [23]. Bunun yanında mekanik ve kimyasal preparasyon sonrasında hala kanalda varlığını sürdürebilen mikroorganizmalar olduğu ve bu durumun periapikal iyileşmeyi etkileyebileceği bilinmektedir [24, 25]. Bu durumlar göz önüne alındığında kök kanal tedavisi sırasında yıkama ve dezenfeksiyonun önemi

açıktır. Sonuçta da sızıntıyı önleyecek şekilde hermetik bir kanal dolgusu ile mikroorganizmaların hastalık yapıcı etkisinin önlenmesi amaçlanmaktadır [26, 27].

2.1.1. Kök Kanallarında Yıkama ve Dezenfeksiyon

Endodontik yıkama solüsyonlarındaki yeniliklerin derlendiği bir çalışmada irrigasyon “bir vücut boşluğu veya yaranın su veya ilaçlı bir sıvıyla yıkanması” şeklinde; dezenfektan da “hastalık yapıcı mikroorganizmaları yok edici veya aktivitelerini engelleyici ajan” şeklinde tanımlanmıştır [28].

Kök kanallarında yıkama yaparken kullanılan solüsyonlardan mekanik, kimyasal ve biyolojik olarak beklentilerimiz vardır. Endodontide yıllar içinde bir çok solüsyon ve materyal yıkama ve dezenfeksiyon işlemleri için denenmiş ve kullanıma girmiştir. Günümüzde geçerliliği olan solüsyonların yanı sıra hala yeni solüsyonlar için çalışmalar yapılmakta ve çeşitli kombinasyonlar da denenmekte ve ideale yaklaşılmaya çalışılmaktadır.

İdeal bir yıkama solüsyonunda olması gereken özellikleri ise aşağıdaki gibi sıralanmıştır [4, 22]:

- Dezenfektan özellik taşımalı, etkili bir germisid ve fungisid olmalıdır. Endotoksinleri de etkisizleştirebilmelidir.
- Periapikal dokulara zarar vermemelidir.
- Geniş antimikrobiyal etkisi ve kullanımdan sonra da devam eden uzun süreli antibakteriyal etkisi olmalıdır.
- Kan, serum ve protein artıkları gibi doku sıvıları varlığında da etkin olabilmelidir.
- Smear tabakasını ve tüm doku artıklarını tamamen kaldırabilmelidir.
- Yüzey gerilimi düşük olmalıdır. Böylece daha iyi yayılarak penetrasyonu artmaktadır.
- Kayganlaştırıcı etki göstererek kanal aletlerinin hareketini kolaylaştırmalıdır.
- Periapikal doku iyileşmesine engel olmamalıdır.
- Diş yapılarında renk değişikliğine sebep olmamalıdır.
- Hücrel bağışıklık yanıtını tetiklememelidir. Yani toksik, karsinojenik ve antijenik olmamalıdır.

- Açığa çıkmış dentin yapılarında fiziksel özellikleri bozacak bir yan etkisi olmamalıdır. Restorasyonların pulpa odası ve kavite duvarlarına bağlanmalarını olumsuz etkilememelidir.
- Kanal dolumunda kullanılacak olan materyallerin örtüleme özelliğini bozacak yan etkileri olmamalıdır.
- Kullanımı kolay, raf ömrü uzun ve ucuz olmalıdır

Geçmişten günümüze kadar kullanılan yıkama solüsyonlarına bakıldığında hiçbiri ideal özelliklerin hepsini birden gösterememektedir. Ancak çeşitli yıkama yöntemleri ve kimyasal maddeler önerilmiş olup bunlar şu şekilde sıralanabilir; asitler, şelasyon ajanları, proteolitik enzimler, alkalin solüsyonlar, oksitleyici ajanlar ve serum fizyolojik [4].

Günümüzde sıkça kullanılan ajanları ise Kandaswamy ve Venkatsbabu 2010 yılında yaptıkları derlemede aşağıdaki gibi sınıflamışlardır [29]:

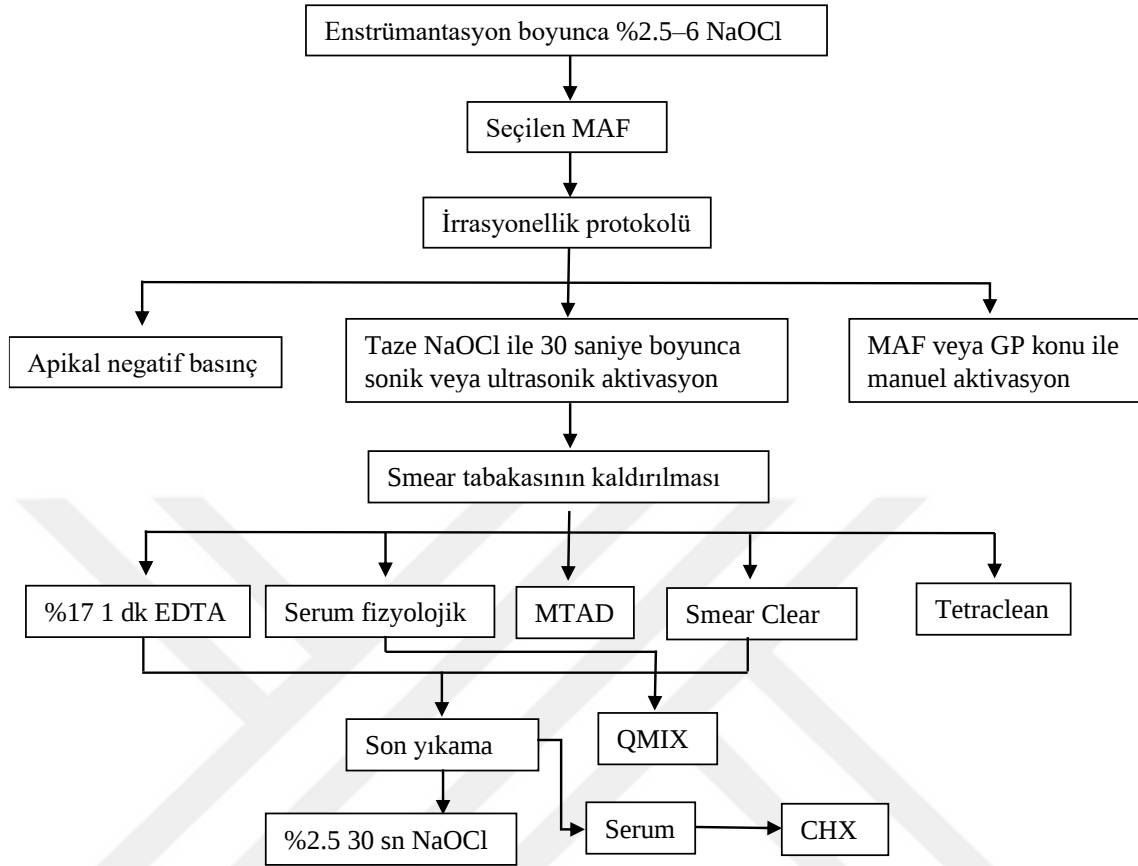
A) Kimyasal ajanlar

- a. Doku çözücü ajanlar: NaOCl
- b. Antibakteriyel ajanlar
 - i. Bakteriyostatik etkili: CHX, antibiyotikler
 - ii. Bakteriositik etkili: NaOCl, antibiyotikler
- c. Şelasyon ajanları
 - i. Zayıf: HEBA
 - ii. Kuvvetli: EDTA
- d. Kombinasyon ürünler (doku çözücü ve antibakteriyel etkili): MTAD, Qmix, SmearClear, Tetraclean

B) Doğal ajanlar

- a. Antibakteriyel etkili: Yeşilçay, Triphala

Basrani ve Haapasalo 2012 yılında güncel yıkama solüsyonlarına dair yaptıkları derlemede solüsyonların kullanılma sırası ve protokolleri hakkında önerilerde bulunmuşlardır [22]. Bu protokolün özeti Tablo 2-1 ile gösterilmiştir.

Tablo 2-1: Önerilen yıkama protokolü (Basrani ve Haapasalo 2012)

2.1.2. Çalışmamızda Kullanılan Yıkama Solüsyonları

2.1.2.1. Sodyum Hipoklorit

1788 yılında Fransız kimyager Berthollet tarafından keşfedilen NaOCl, dezenfektan olarak ilk kez Sammelweis tarafından 1847 yılında kullanılmıştır. Dakin tarafından oluşturulan ve Dakin solüsyonu olarak bilinen ilk orijinal %0,5'lik hipoklorit solüsyonu %1'lik NaOCl'in %1'lik sodyum bikarbonata dilüe edilmesi ile elde edilmiş ve I. Dünya Savaşı'nda yaraların dezenfeksiyonunda kullanılmıştır [30]. Sodyum hipoklorit endodonti pratiğinde ilk kez 1919 yılında Coolidge tarafından kullanılmıştır [31].

Etkili bir antimikrobiyal olan sodyum hipoklorit, geniş spektrumu yanı sıra sporosidal ve virusidal etki göstermekte ve doku çözücü etkinliğiyle endodonti pratiğinde ön plana çıkmaktadır [32]. Nekrotik dokuları çözme etkinliği vital

dokulardan fazladır ve bu nedenlerle 1920li yıllardan beri endodontik tedavide ana yıkama solüsyonu olarak tercih edilmektedir [33, 34].

2.2.1.4.1 Etki Mekanizması

Sodyum hipoklorit (NaOCl) kanal içinde birçok reaksiyon ile etkisini gösterir. Öncelikle doku proteinleriyle temas ettiğinde kısa süre içerisinde nitrojen, formaldehit ve asetaldehit açığa çıkar. Bu sırada amino gruplarındaki hidrojen, klorinle yer değiştirerek kloramini oluşturur ve bu madde antimikrobiyal etkinlikte önemli bir rol oynar. Nekrotik dokular ve iltihap ürünleri bu şekilde çözünür ve solüsyonun kanal sisteminde ulaşabileceği alan artmış olur [22].

NaOCl organik bir yağ çözücüdür ve yağ asitlerini çözerek yağ asidi tuzlarına yani sabuna ve gliserole dönüştürerek solüsyonun yüzey gerilimini düşürür. Buna sabunlaşma reaksiyonu denir [35].

NaOCl aminoasitleri nötralize ederek su ve tuza dönüştürür. Hidroksil iyonları açığa çıkar ve bu nötralizasyon reaksiyonuyla pH artar. Klorin suda çözünerek organik maddeyle temas ettiğinde bu maddeler hipokloröz aside dönüşür. Hipokloröz asit oksitleyici bir zayıf asittir, çözücü görevi görür, klorin salınımı olur ve proteinlerin amino grubuyla birleşerek kloramin oluşur.

Klorin ve amino grupları arasındaki kloraminleşme reaksiyonu sonucu kloraminler hücre metabolizmasının yapısına karışır. Güçlü bir oksitleyici olan klorin, bakteri enzimlerini inhibe ederek sülfhidril gruplarını geri dönüşümsüz olarak oksitler ve antimikrobiyal etki göstermiş olur [35].

Sodyum hipoklorit pH'ı 11'den büyük kuvvetli bir bazdır. Antimikrobiyal etkinliği, hidroksil iyonu aktivitesiyle kalsiyum hidroksite benzer şekilde bu temele dayanır. Yüksek pH'ı geri dönüşümsüz bir inhibisyon yaparak, hücre metabolizmasında biyosentetik değişikliklere sebep olarak ve fosfolipit yapısını bozarak sitoplazmik membran bütünlüğünü değiştirir [22, 35].

2.2.1.4.2 Dentin Yapısına Etkisi

Sodyum hipoklorit, dezenfeksiyon ve temizlikteki başarısı göz önünde bulundurularak endodontide en sık kullanılan yıkama solüsyonu olarak tercih edilmektedir [20, 36]. Ancak bu konudaki iyi özelliklerine rağmen, dentin yapısındaki

mineral içeriğine negatif etki göstererek dentinin mekanik özelliklerini zayıflatabilmekte ve kanal dolgusunun sızdırmazlığını bozabilmektedir [37-40].

Adeziv prosedürlerden önce genellikle, kavite temizliği için sodyum hipoklorit önerilen bir ajan değildir. Kanal tedavisi sırasında yıkama solüsyonu, kuronal kısımda kavite duvarlarıyla da temas halindedir ve ardından yapılacak restorasyon adezivse veya rezin simanların kullanılacağı post uygulamaları yapılacaksa dezavantaj oluşturabileceği düşünülmektedir[41-48]. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki sodyum hipoklorit, dentin ve adeziv ajan arasındaki bağlanma dayanımını azaltabilmektedir [37-40]. Bu durum muhtemelen sodyum hipokloritin oksitleyici etkisiyle oluşan reaktif serbest radikal artıklarının adeziv uygulaması sırasında açığa çıkan vinil serbest radikaller ile rekabeti sonucu polimerizasyonun tamamlanamamasına neden olmasından kaynaklanır [42, 49]. Bağlanma dayanımına olan negatif etkileri tersine çevirebilmek için bazı antioksidan ajanların kullanımı önerilmiştir ve bu askorbik asit, sodyum askorbat gibi ajanların bu etkiyi ortadan kaldırdığı gösterilmiştir [42, 43, 50].

Etkili bir organik çözücü olan NaOCl, karbon atomları arasındaki bağları bozarak kollajenin de çözülmesine sebep olur. Bu nedenle NaOCl, dentin yapısındaki kollajen fibrilleri uzaklaştırarak kalıcı bir hibrit tabaka oluşturabilir ve bu durumun dentine bağlanma dayanımına negatif etki edeceği düşünülmektedir [44, 51].

2.1.2.2. Klorheksidin Glukonat

Klorheksidin glukonat, katyonik bisguanid grubu, geniş spektrumlu antimikrobiyal etki gösteren bir ajandır. Diş hekimliğinde doku uyumluluğu, iritan etki göstermemesi ve iyi bir antiseptik olması sebebiyle periodontal tedavi, çürük önlenmesi ve oral enfeksiyonlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Endodontide ise başlangıçta NaOCl'e alternatif bir ana yıkama solüsyonu olarak düşünülmüştür ancak doku çözücü etkisi olmaması nedeniyle yıkama prosedürlerine ek olarak antimikrobiyal etki spektrumunu artırmak için son yıkama solüsyonu olarak sıklıkla kullanılmaktadır [4, 18, 52].

2.2.1.4.1 Etki Mekanizması ve Antimikrobiyal Etkisi

Klorheksidin, Gram(+) ve Gram(-) bakteriler, mayalar, lipofilik virüsler gibi mikroorganizmalara karşı etkili, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajandır [53]. Katyonik yapısı gereği bakterilerin negatif yüklü yüzeylerine elektrostatik olarak

bağlanarak hücre duvarının dış tabakalarında hasar oluşturur ve geçirgenliği artırır [22, 54-57].

Klorheksidin (CHX), Gram(+) ve Gram(-) bakteriler, mayalar, lipofilik virüsler gibi mikroorganizmalara karşı etkili, geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajandır [53]. Katyonik yapısı gereği bakterilerin negatif yüklü yüzeylerine elektrostatik olarak bağlanarak hücre duvarının dış tabakalarında hasar oluşturur ve geçirgenliği artırır [22, 54-57].

Konsantrasyonuna bağlı olarak bakteriyostatik ve bakteriyositik etki gösterebilen klorheksidin, yüksek konsantrasyonlarda deterjan gibi davranır ve hücre membranına hasar vererek sitoplazmanın çökmesiyle bakteriyositik etki göstermiş olur. Düşük konsantrasyonlarda ise potasyum ve fosfor gibi moleküllerin düşük ağırlıkları sebebiyle, hücre geri döndürülemez biçimde hasar görmeden hücre dışına sızmasına neden olur. Bakteri metabolizmasını farklı şekillerde de etkileyerek fosfotransferaz şeker taşıma sisteminin aktivitesini bozar ve bazı bakterilerin asit üretimini inhibe ederek bakteriyostatik etki göstermiş olur [22, 58].

Klorheksidinin diş sert dokularına ve mukoz membranlara tutunarak salınım sağladığı fikri ile antimikrobiyal etkisinin NaOCl gibi geçici olmadığı düşünülmektedir. White ve ark (1997) %2 ve %0,12'lik CHX yıkaması ile 72 saat boyunca antibakteriyel etkinliğinin sürdüğünü belirtmişlerdir [59]. Bunun yanında %2'lik konsantrasyonun 2-7 güne kadar süren kalıcı etkisinin olduğu da bildirilmektedir. Jeanson ve White (1994) %2'lik konsantrasyonun, %5,25'lik NaOCl'ye eşdeğer antimikrobiyal etkinlik gösterdiğini belirtmişlerdir [60]. Vahdaty ve ark. [61] *Enterococcus faecalis* ile enfekte edilen kök kanallarında %0,2 ve %2'lik konsantrasyonlarda NaOCl ve CHX'in aynı düzeyde etki gösterdiklerini bildirmelerinin yanında; Yeşilsoy ve ark [62] %0,12 CHX % 0,5 NaOCl'nin antimikrobiyal etkisinden fazla olduğunu belirtmiştir. Önçaç ve ark [63] %5,25 NaOCl, %2 CHX , %0,2'lik CHX Plus ve %0,2'lik Setrimit'in antimikrobiyal etkinliklerini inceledikleri çalışmada %2'lik CHX ve Setrimit'in 5 dk ve 48 saat sonra diğerlerine göre daha etkili olduklarını göstermişlerdir.

Yapılan bir çalışmada CHX ve NaOCl'nin beraber kullanımının antimikrobiyal etkiyi arttırdığı belirtilmiş ve bu durum CHX'nin iyonlarına ayrışma özelliğini arttıran klorheksidin klorit oluşmasına bağlanmıştır [64]. Bununla beraber bu iki solüsyonun beraber kullanımında dentini boyayan ve zor uzaklaştırılabilen koyu kahverengi bir

çökelti oluşmaktadır. Parakloroanilin (PCA) denilen bu çökelti çözünemeyen nötr tuz formundadır. Araştırmacılar bu çökeltinin canlı dokularla temasının önemli bir problem teşkil ettiğini, sitotoksik ve karsinojenik etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Bunun yanında dentin tübüllerini tıkaması ile de kök kanal dolgusunun sızdırmazlığını ve üç boyutlu tıkamayı olumsuz etkilemektedir [65-70]. Marchesan ve ark., bu çökeltinin engellenmesi amacıyla düşük polariteli saf asetik asit kullanımını önermişlerdir [71].

2.2.1.4.2 Dentine Olan Etkisi ve Antikollajenolitik Aktivitesi

Dentine bağlanma dayanımının azalması esas olarak dentin-adeziv ara yüzeyindeki hibrid tabakasının yapısının bozulmasıyla ve bunun yanında dentin fibrillerindeki deformasyonun bu mekanizmaya etki etmesiyle açıklanmaktadır. Asit uygulanmış dentinde zamanla hibrid tabaka içerisindeki stabil olmayan rezinin açığa çıkması ve rezin monomer diffüzyonunun konsantrasyonundaki azalmayla birlikte kollajen lifler matriks metalloproteazları tarafından degradasyona karşı dayanıksız ve hassas hale gelirler. Bu matriks metalloproteinazları tüm ekstrasellüler matriks içeriğinin bozulmasına neden olabilecek bir grup memeli enzimidir ve insan dentini kollajenaz (MMP-8), jelatinaz (MMP-2 ve MMP-9) ve enamelizin (MMP-20) gibi MMP'leri içermektedir [18, 72-74].

Dentindeki kollajenolitik ve jelatinolitik aktivite proteaz inhibitörleri tarafından baskı altına alınabilmektedir [75]. Klorheksidinin geniş spektrumlu bir MMP inhibitör etkisi olduğu [76] ve 6 aylık bir klinik çalışmada hibrid tabakanın bütünlüğünü anlamlı dercede iyileştirdiği gösterilmiştir [77]. Araştırmacılar rezin infiltre olan dentinde kollajen matrikslerin zamanla bozulabileceği sonucuna varmışlar ancak bu durumun CHX gibi sentetik bir MMP inhibitörü ile engellenebileceğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak CHX'in rezin-dentin bağlanma stabilitesini anlamlı ölçüde iyileştirebileceğini ileri sürmüşlerdir [78, 79].

2.1.2.3. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

Şelasyon ajanları ve asidik maddeler endodontik yıkamada dentini yumuşatmak amacıyla kullanılmıştır ve böylece dentin inorganik yapısı erimekte olduğu ve kalan organik matriksin işlemlere mekanik direnç gösterdiği düşünülmüştür . Şelasyon ajanları dentindeki kalsiyum iyonları ile birleşip şelat tuzları oluşturmaktadır. Günümüzde endodontik tedavide biyomekanik preperasyonun önemli bir adımı olarak,

smear tabakasını uzaklaştırmak, dentin duvarlarında dezenfeksiyonu artırmak ve temizliği sağlamak, kemomekanik işlemleri etkili kılmak amacıyla kullanılmaktadır. Kanala uygulanan EDTA özellikle koronal ve orta 1/3teki peritubuler dentini yumuşatmaktadır. Bu sayede sklerotik kanal ağzlarının bulunmasına da yardımcı olurlar [4].

2.2.1.4.1 Etki Mekanizması

Etilen diamin tetraasetik asitin disodyum tuzu oldukça etkili bir şelasyon ajanıdır ve kök kanalında lubrikant etki gösterir. Toksisitesi düşüktür. Metabolize olduğundan kalsiyumu kullanarak kalsiyum şelatı oluşturur ve dentini dekalsifiye eder. EDTA'nın demineralize etkisinin her şelat molekülünün tek bir kalsiyum iyonuna bağlanmasından dolayı kısıtlı olduğu görülmüştür. EDTA'nın disodyum tuzu 5 dk'da 20-30 µm derinlikte demineralizasyon yapar ve 40-75 kg/mm² olan dentinin sertliğini 20 HV (vickers sertliği) kadar değiştirebilir [4]. Antifungal etki gösterdiği de düşünülen EDTA, uzun süreli doğrudan temas ile bakterilerin yüzey proteinlerini metal iyonlarıyla birleştirerek hücre zarından çıkarır ve bu sayede bakteri ölümüne sebep olarak antimikrobiyal etki de göstermiş olur [22].

2.2.1.4.2 Smear Tabakasına Etkisi

Diş dokularında yapılan her türlü aşındırma, eğeleme, kesim gibi işlemler yüzeyde parçalanmış inorganik ve organik elemanların artıklarından oluşan tabakaya "smear tabakası" denmektedir. Bu tabakanın kaldırılması gerektiğiyle ilgili tam bir fikir birliği oluşmamış olmasına rağmen yapılan birçok çalışmada kaldırılmasının faydaları vurgulanmıştır [4, 5, 22]. 5 ml %17'lik EDTA ile kök kanalı yıkandığında smear tabakası etkili bir şekilde kaldırılmaktadır [80]. 1 dakikalık EDTA uygulamasının ise 15 saniye veya 30 saniyelik uygulamalara göre daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir [81]. %17'lik EDTA, smear tabakası altındaki dentini de demineralize ederek dentinin sertliğini azaltabilir. Etki gösterirken hidrojen iyonu salar ve ortamda pH düşer. Asidik ortamda şelasyon etkisi azalmaktadır. Etkinin azalmasını önlemek için pH düzenlemeleri yapılmış ve alkalen EDTA solüsyonları hazırlanmıştır. pH'ı 9 olan %3'lük EDTA'nın alttaki dentini demineralize etmeden smear tabakasını uzaklaştırdığı görülmüştür [82]. Sudha ve ark. klinik uygulamalarda pH'ı 9 olan %10'luk EDTA'nın 1 dakikalık uygulamasını önermiştir [83]. Kuah ve ark. [84] ise 1 dk süreyle %17'lik

EDTA'nın ultrasonik aktivasyonla uygulanmasının apikaldeki smeari en etkili şekilde kaldıran yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bu süreden fazla uygulamalarda, özellikle 5-10 dk'lık uygulamalarda gereğinden fazla peritübüler ve intertübüler erozyon oluşmakta ve bu da postoperatif sıkıntılara neden olabilmektedir.

2.2. Kök Kanallarının Doldurulması

Kök kanal dolgusu; biyomekanik preparasyondan sonra oluşan kanal boşluğunun, apikalde dentin-sement birleşiminden başlayıp kuronalde giriş kavitesine kadar, dokularla zararlı bir etkileşimi olmayan maddelerle, sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır. Hermetik kanal dolumu, kuronalden, apikalden ya da lateral bağlantılardan kanal içine mikroorganizma girişini önlemek ve kanal içinde kalmış olabilecek mikroorganizmaların periodontal dokulara çıkışını engellemek için önemlidir [4, 85].

Sızdırmaz kanal dolgusunu sağlamak için geçmişten günümüze 270'den fazla materyal ve 100'den fazla teknik kullanılmıştır [4].

2.2.1. Kanal Dolgu Maddeleri

Günümüzde sızdırmaz bir kanal dolgusu için katı kor materyaller ve kanal patları kullanılmaktadır [4].

2.2.1.1. Katı Kor Materyaller

Katı kanal dolgu maddeleri kanal dolgusunun boyutunun ayarlanabilmesi ve stabilite sağlaması sebebiyle kullanılır. Dentin duvarlarına adaptasyon ve düzensizliklere uyum gösterme açısından bu materyallerin yanında kanal patları kullanılarak sızdırmaz dolgu sağlanmaya çalışılır. Günümüze kadar gümüş kon, guta-perka ve resilon gibi katı kor materyalleri kullanılmıştır [4].

Guta-perka

Guta-perka, Sapotaceae familyasından Isonandra guta ağacının özsuyundan elde edilir. Guta-perka konları %60-75 çinko oksit, %20 guta-perka ve %5-10 mumlar, rezinler ve metal sülfatlardan oluşur. Guta-perka karışımı, α ve β fazlarında kristal formda ve amorf şekilli olarak üç ayrı formda bulunur. Ağaçtan elde edilmiş doğal hali α fazındadır ve termoplastik kanal dolum yöntemlerinde kullanılır. Geleneksel guta-perka konları β fazındadır. Fazlar arasında geçiş ısıtılarak sağlanabilir. Beta fazdan alfa

faza geçiş 42-49 °C'de gerçekleşirken 54-60 °C'de amorf hale geçer. Normal hızla soğutulduğunda β fazına geçen guta-perka, çok yavaş soğutularak α fazına dönüşür [4, 85-88].

Kök kanal dolgusunda guta-perkanın katı kor materyali olarak tercih edilmesi birçok avantajına bağlıdır. Guta-perka plastisite özelliği olan, düşük toksisiteli, radyoopak, sıkıştırılabilir ve boyutsal olarak sertleştiğinde stabil ve tekrarlayan tedavilerde gerektiğinde ısı ve kloroform gibi solventlerle eriyebilir bir materyaldir [4, 85].

Guta-perka kanal dolgusu olarak geleneksel yöntemlerde tek başına kullanılabilecek bir materyal değildir. Bunun sebebi olarak, kanal duvarlarına bağlanma özelliği olmaması ve kanal düzensizliklerine adaptasyonun tam olarak sağlanamaması gibi dezavantajları gösterilebilir. Bu yüzden kök kanal dolumu sırasında bir pat ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Bunların yanısıra yeterli sertliği olmaması nedeniyle uygulamasının zor oluşu ve gerilme kuvvetleriyle vertikal yönde distorsiyonlar oluşması, apikalde durdurucu bir nokta olmadığında uzunluk kontrolünün zor olması, materyalin zamanla kırılma eğilimi göstermesi sebebiyle raf ömrünün uzun olmaması ve üretiminde boyutsal standardizasyonu sağlamanın eğer üretimine göre zor olması gibi dezavantajları vardır [4, 85, 89, 90].

2.2.1.2. Kök Kanal Dolgu Patlarına Genel Bakış

Kanal dolgusu yapılırken kullanılan guta-perka, dentin duvarlarına tam adaptasyon sağlayamamakta ve tek başına kullanıldığında sızdırmaz bir kanal dolgusu elde edilememektedir. Dentin duvarlarına adaptasyon, kanal içi düzensizliklerin doldurulması, katı kor materyal ile dentin duvarları arasında bağlantı kurması ve sızdırmaz bir kanal dolgusu için yarı katı kök kanal patlarının kullanılmasının başarıyı artırdığı düşünülmektedir [4, 85].

İdeal bir kanal dolgu maddesinin özellikleri şu şekilde olmalıdır [4]:

1. Kolay uygulanabilmeli, çalışma süresi yeterli olmalı ve gerektiğinde kanaldan kolay uzaklaştırılabilmelidir.
2. Diş ve çevre dokulara zararlı olmamalıdır.
3. Sert doku oluşumunu teşvik etmeli, osteokondüktif ve osteoindüktif olmalıdır.

4. Apikal patolojilerde periodontal bağ dokusunun rejenerasyonunu uyarmalıdır.
5. Kanal içine uygulanırken sıvı veya yarı katı olmalı, kanal içinde genişerek yavaşça sertleşmelidir.
6. Nemden etkilenmemeli ve sertleşme sırasında veya sonrasında büzülmemelidir.
7. Doku sıvılarında erimemeli ve absorpsiyon göstermemelidir.
8. Sertleşme sonrası gözeneksiz yapısı olmalıdır.
9. Lubrikant özelliği olmalıdır.
10. Kök kanalını üç boyutlu olarak kapatmalı ve dentin kanalcıklarına derin penetrasyon göstererek kanal duvarlarına yapışmalıdır.
11. Lateral ve aksesuar kanalları doldurmalıdır.
12. Kanal içinde rezorbe olmamalı ancak periapikal dokuya taşıtığında rezorbe olabilmelidir.
13. Kök kanal sistemini ve dişi mekanik olarak güçlendirmelidir.
14. Post hazırlığı sırasında adaptasyonu bozulmamalıdır.
15. Steril ve bakteriyostatik olmalıdır.
16. Kanal sisteminde preparasyon sonrası kalan mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki göstermelidir.
17. Radyoopasiteleri radyografik kontrol için yeterli olmalıdır.
18. Uygun sürede donmalı, dolgu ve x-ışını kontrolü için yeterli süre tanınmalıdır.
19. Dişte zamanla renk değişikliğine sebep olmamalı ve dişi boyamamalıdır.
20. Periapikal dokularda immün yanıt uyandırmamalıdır.
21. Karsinojenik ve mutajenik olmamalıdır.
22. Uzun süre bozulmadan saklanabilmelidir.
23. İçeriğindeki metaller toksik sınır seviyesini aşmamalıdır.

Günümüze kadar kullanılan kanal patlarından hiçbiri bu özelliklerin tamamını göstermemektedir. Sıklıkla kullanılan patlar aşağıdaki gibi sınıflanabilir [91];

Çinko Oksit Öjenol Esaslı

Epoksi Rezin Esaslı

Kalsiyum Hidroksit Esaslı

Metakrilat Rezin Esaslı

Mineral Trioksit Agregate (MTA) İçeren

Biyoseramik Esaslı

Silikon Esaslı

Cam İyonomer Esaslı

Poliketon içerikli kanal patları

Tez çalışmamızda epoksi rezin esaslı AH Plus ve biyoseramik esaslı Endosequence BC Sealer ve BioRoot RCS kullanıldığı için bu gruptaki patlara değinilecektir.

2.2.1.3. Epoksi Rezin Esaslı Kanal Patları

Epoksi rezin esaslı kanal patları 1950’li yıllarda Schröder tarafından AH 26 ‘nın piyasaya sunulmasından beri endodontide kullanımı ön plana çıkan kanal dolum patlarıdır [4]. İçeriklerinde düşük molekül ağırlıklı epoksi rezinler ve aminler bulunur. Epoksi rezinlere bağlı epoksid grupları aminler ile reaksiyona girerek polimer oluşturur ve sertleşme bu şekilde gerçekleşir [92].

Epoksi rezin esaslı patların dentine adezyonu ve mekanik özelliklerinin iyi oluşu, düşük çözünürlükleri ve kabul edilebilir toksisiteleri günümüzde sıklıkla kullanılmalarının sebeplerindendir [93-95].

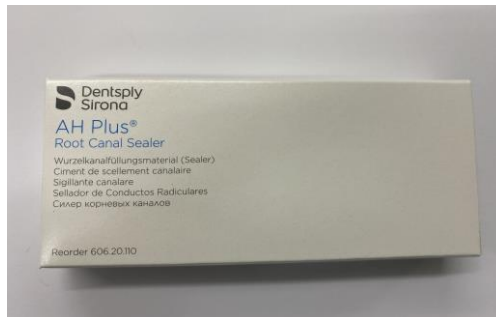
Bu gruptaki patların ilk örneği olan AH 26, dentine yüksek adaptasyon göstermesi, antimikrobiyal etkisi, nemden etkilenmemesi ve kitle hacminin sabit oluşu gibi avantajlarıyla ön plana çıkarken, sertleşme sırasında formaldehit açığa çıkarması ve içeriğindeki gümüş sebebiyle dişte renklemeye sebep olması gibi önemli dezavantajları olan bir kanal patıdır [4, 92]. AH 26’nın formaldehit salınımı ve içeriğindeki gümüşe bağlı reaksiyonlar ortadan kaldırılarak AH Plus patı geliştirilmiştir [91].

AH Plus

AH 26'nın epoksi ve amin kimyası korunmuş ve önemli dezavantajları ortadan kaldırılarak AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) geliştirilmiştir. AH 26 toz ve likit karıştırılarak kullanılırken, AH Plus ikili pat formunda üretilmiştir [4, 92]. Pat karıştırıldıktan sonra çalışma süresi 23°C 'de 4 saat, sertleşme süresi ise 37°C'de 8 saattir [4, 96]. Radyoopasitesi AH 26 ve bazı epoksi rezin içerikli patlardan fazladır [97]. Epoksi (A patı) ve amin (B patı) patı eşit hacimde karıştırılır ve 'poliaddition reaksiyonu' ile polimer forma geçiş olur. A patı içeriği: Bisfenol A epoksi rezin, kalsiyum tungstat, bisfenol B epoksi rezin, zirkonyum oksit, demir oksit ve silika, B patı içeriği ise: N,N-dibenzil-5-oksanonadiamin-1,9, amantiamineamin, triciclododecane-diamin, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksitten oluşur [97, 98].

AH Plus'mın sertleşmeden önce daha çok olmak üzere, periapikal dokularda sitotoksik özelliği olabileceği ancak formaldehit salınımı olmadığından AH 26'dan daha az sitotoksik olduğu gösterilmiştir [4]. Komabayashi ve ark. 2020'de [92] yayınladıkları bir derlemede, biyouyumluluk ve sitotoksite konusunda diğer kanal patlarıyla karşılaştırmalı olarak yapılan çalışmaları incelemişler ve AH Plus'mın, AH 26 ve çinko oksit içerikli kanal patlarına göre daha uyumlu olduğu ancak silikon esaslı ve biyoseramik esaslı kanal patlarından daha az biyouyumlu olduğu değerlendirmesini yapmışlardır.

Sahip olduğu olumlu fiziksel özellikleri altın standart kabul edilen AH Plus, birçok kanal patıyla karşılaştırıldığında dentine iyi bir bağlanma göstermektedir. Düşük çözünürlüğü ve yeterli boyutsal stabilite göstermesi gibi iyi özellikleri sebebiyle yıllardır endodonti pratiğinde sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak biyoaktif özellik göstermemekte ve kemik aktivitesini stimüle etmemektedir [99-103].



Şekil 2-1: AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya)

2.2.1.4. Biyoseramik Esaslı Kanal Patları

‘Biyoseramik’ terimi dokularla etkileşimine göre; biyoinert, biyoaktif ve biyolojik olarak parçalanabilir (biodegradable) olarak sınıflandırılabilen önemli bir biyomalzemeler alt kümesini ifade etmek için kullanılır [104, 105]. Biyoseramikler; içeriği alüminyum ve zirkonyum bileşimi, biyoaktif camlar, cam seramikler, kalsiyum silikatlar, hidroksiapatit ve rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar olan, vücuda implante edildiğinde yabancı reaksiyona sebep olmayan malzemelerdir [106, 107].

Biyoseramik esaslı materyaller modern diş hekimliğine Mineral Trioksit Agregat’ın (MTA) girişiyle ilk olarak siman yapısında kullanılmaya başlanmıştır. Örtüleyici özellikleri ve biyouyumluluğu sayesinde pulpa örtüleme, apeksifikasyon, retrograt dolgu gibi birçok klinik uygulamada sıklıkla kullanılmaktadır. Bu alanlarda üstün özellikleriyle geleneksel materyallere göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiş ve günümüzde kök kanal patı olarak da biyoseramik esaslı patlar kullanıma girmiştir [108-110]. Bu sınıf adı altında üretilen ilk kanal patı 2007 yılında piyasaya sürülen iRoot Sp’dir [108].

Biyoseramik esaslı kanal patlarının içeriğindeki ana materyal kalsiyum silikattır ve bu sebeple biyoseramiklerin alt sınıfı olarak ‘kalsiyum-silikat esaslı kanal patları’ da denmektedir [9, 108, 111].

Biyoseramik esaslı kanal patlarının sınıflandırılmasında tam bir fikir birliği henüz sağlanamamıştır. Mevcut kaynaklarda, içeriğindeki ana maddeye göre, biyoseramik yapısına eklenen malzemelere göre ya da karışımında su bulundurmasına göre sınıflandırmalar bulunmaktadır.

Al-Haddad ve ark. (2016) yayınladıkları bir derlemede biyoseramik esaslı kanal patlarını içeriklerine göre şu şekilde sınıflamıştır:

-Kalsiyum silikat esaslı patlar: iRoot SP, Endosequence BC

-MTA esaslı patlar: MTA-Fillapex, Endo CPM Sealer

-Kalsiyum fosfat esaslı patlar: Sankin apatite RCS(Root Canal Sealer) [111].

Donnermeyer ve ark. (2018) önceden karıştırılmış, gerekli suyu dışarıdan yani vücut sıvılarından sağlayan ve içeriğinde su bulunduranlar olmak üzere **Tablo 2-2**’deki gibi sınıflamıştır [108].

Tablo 2-2: Piyasada sunum şekline göre biyoseramik sealerların sınıflandırılması [108].

Sealer	Üretici Firma	Benzer Ürünler	Sunum	İçerik
iRoot SP	Innovative Bioceramix, Vancouver, Kanada	<i>Endosequence BC Sealer</i> , Brasseler USA, Savannah, ABD <i>Total Fill BS Sealer, FKG</i> <i>Dentaire</i> , La Chaux-de-Fonds, İsviçre	1. komponentli materyaller	Zirkonyum oksit, dikalsiyum silikat, trikalsiyum silikat, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit, doldurucu, kıvamaştırıcı ajanlar
Endoseal MTA	Maruchi, Wonju, Kore			Kalsiyum silikatlar, kalsiyum alüminatlar, kalsiyum alüminoferrit, kalsiyum sülfatlar, radyopaklaştırıcı ve kıvamaştırıcı ajanlar
Well-Root ST	Vericom, Gangwon-Do, Kore			Kalsiyum alüminosilikatlar, zirkonyum oksit, doldurucu, kıvamaştırıcı ajan
Nano-Ceramic Sealer	B&L Biotech, Fairfax, ABD			Kalsiyum silikatlar, zirkonyum oksit, doldurucu, kıvamaştırıcı ajan
EndoSequence BC Sealer Hi-Flow	Brasseler USA, Savannah, ABD			İçeriği hakkında bugüne kadar bilgi bulunmamaktadır. Üretici Endosequence BC Sealer'ın bir versiyonu olduğunu söylemektedir.
BioRoot RCS	Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Fransa		2. komponentli materyaller	<i>Toz</i> : trikalsiyum silikat, zirkonyum oksit, povidon <i>Likit</i> : kalsiyum klorit aköz solüsyonu ve polikarboksilat
Endo CPM	EGEO SRL, Buenos Aires, Argentina			<i>Toz</i> : mineral trioksit agregat, bizmut oksit, baryum sülfat, silika dioksit <i>Likit</i> : kalsiyum klorit aköz solüsyonu, sodyum sitrat, propilenglikolaljinat, propilenglikol
Tech BioSealer Endo	Isasan SRL, Revello Porro, İtalya			<i>Toz</i> : Beyaz Portland simanı, bizmut oksit, anhidrit, sodyum florit <i>Likit</i> : Alfacaine SP solüsyon (4% artikan + 1/100.000 epinefrin)
ProRoot ES	Dentsply, York, ABD			<i>Toz</i> : trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, bizmut oksit trikalsiyum alüminat <i>Likit</i> : su, visköz suda çözünebilen polimer

Shen ve ark.ları (2015) biyoseramik esaslı patları, içeriklerindeki yardımcı komponente göre saf ve hibrid olarak **Tablo 2-3**'teki gibi sınıflandırmışlardır [112]:

Tablo 2-3: Biyoseramik esaslı patların içeriklerine göre sınıflandırılması [112]

Materyal	Üretici	Kompozisyon
Saf biyoseramik sealerlar		
EndoSequence BC Sealer (iRoot SP root canal sealer)	Brasseler USA, Savannah, GA, USA (Innovative Bioceramix, Vancouver, Kanada)	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, zirkonyum oksit, koloidal silika, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit
Tech Biosealer endo	Isasan, Rovello Porro, CO, Italya	Toz: Beyaz Portland simanı, kalsiyum klorit, montmorillonit, sodyum florid, bizmut oksit Likit: Dulbecco'nun Phosphate-Buffered Solusyonu (DPBS)
BioRoot RCS	Septodont, Saint-Maur-des-fossés Cedex, Fransa	Rezin içermeyen saf mineral formülasyonu
Endo-CPM-Sealer	EGEO SRL, MTM Argentina SA, Buenos Aires, Arjantin	Toz: trikalsiyum silikat, trikalsiyum oksit, trikalsiyum alüminat ve diğer oksitler Likit: salin solüsyonu ve kalsiyum klorit
ProRoot Endo Sealer	Dentsply Tulsa Dental Specialties, Dentsply/Maillefer, Ballaigues, İsviçre	Toz: trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, bizmut oksit, trikalsiyum alüminat Likit: suda çözünebilen polimerin visköz aköz solüsyonu
Hibrit biyoseramik sealerlar		
MTA Fillapex	Angelus Soluções Odontológicas, Londrina PR, Brezilya	Karıştırıldıktan sonra: MTA, salisilat rezin, naturel rezin, dilüsyon rezin, bizmut oksit, nanopartiküle silika, pigment
MTA Plus	Prevest-Denpro, Jammu City, India Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, ABD	Toz: beyaz ProRoot MTA'ya benzer Likit: Tescilli tuz içermeyen polimer jel ve su
MTA Obtura	Angelus, Angelus Odontologica, Londrina, PR, Brezilya	Toz: Portland simanı clinker ve bizmut oksit Likit: likit rezin

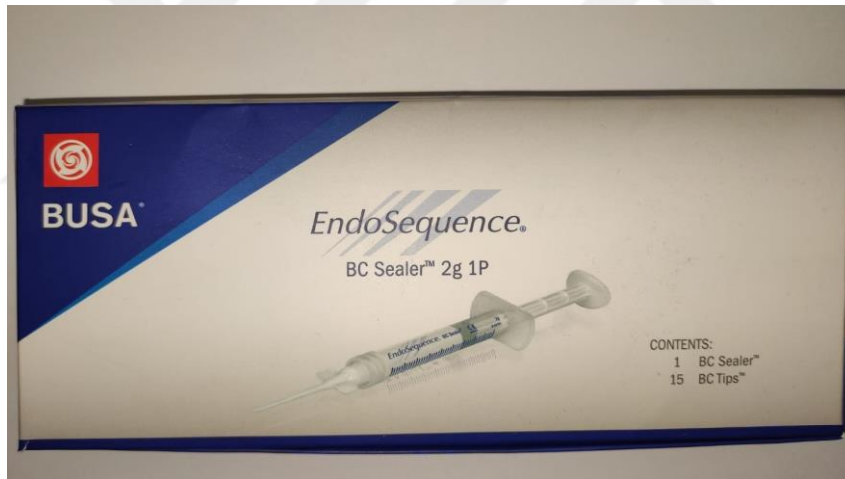
EndoSequence BC Sealer

EndoSequence BC Sealer (Brasseler ABD, Savannah, GA, ABD) kullanıma hazır şekilde önceden karıştırılmış olarak piyasada bulunan biyoseramik esaslı bir kanal patıdır [113]. Kimyasal bileşimi, farklı bölgelerde piyasaya sunulan isimleriyle iRoot SP (Innovative BioCeramix Inc, Vancouver, Kanada) ve TotalFill BC Sealer (Brasseler ABD Dental LLC) ile benzer şekilde; trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, zirkonyum oksit, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit ve dolduruculardan oluşmaktadır [108]. İnorganik ve radyoopak özellik sağlayan komponentler su içermeyen sıvı kıvamlaştırıcı taşıyıcılarla önceden karıştırılmış haldedir ve sertleşmesi için suya ihtiyaç duyar [113]. Üretici firmaya göre EndoSequence BC Sealer sertleşme reaksiyonunu başlatmak ve tamamlamak için irrigasyondan sonra dentin tübüllerinde kalan nemi

kullanır ve çalışma zamanı oda sıcaklığında 4 saatten fazla olup sertleşme süresi 4-10 saattir. Ancak in vitro koşullarda yapılan çalışmalarda, sertleşmenin başlangıç aşamasının 72 saate kadar, tamamlanmasının ise %100 nem koşullarında 240 saate kadar uzayabildiği bildirilmiştir [114]. Yapılan çalışmalarda sertleşme sırasında büzülme göstermediği aksine genleştiği rapor edilmiştir [115].

Biyolojik özellikleri ile ön plana çıkan bu materyalin ilk karıştırıldığında kabul edilebilir derecede sitotoksik olduğu, sertleşme tamamlandıktan sonra sitotoksosite göstermediği bulunmuştur [116, 117].

Yapılan çalışmalarda birçok mikroorganizmaya karşı antibakteriyel etkili EndoSequence BC Sealer'ın antibakteriyel etkisinin 30 güne kadar uzayabildiği gösterilmiştir [113, 118, 119]. Araştırmacılar bu etkisinin hidrofilik yapısı, yüksek pH değeri ve aktif kalsiyum hidroksit salınımı yapması gibi özelliklerine bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

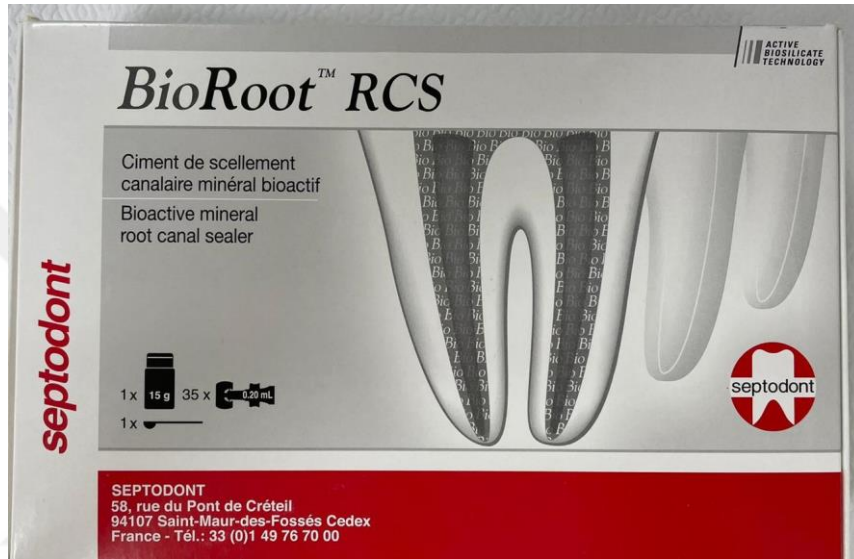


Şekil 2-2: EndoSequence BC Sealer (Brasseler ABD, Savannah, GA, ABD)

BioRoot RCS

Biyoseramik esaslı bir kanal patı olan BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Fransa) 2015 yılında piyasaya sunulmuştur. Toz-likit formunda iki komponenti bulunmaktadır ve tozu; trikalsiyum silikat, zirkonyum oksit, povidon içerirken likidi; kalsiyum kloridin aköz solüsyonu ve polikarboksilat içermektedir. Önceden karıştırılmış formda bulunan biyoseramik esaslı patlardan farklı olarak sertleşmesi için gerekli olan nemi içeriğindeki likit kısımdan sağlar [108]. Bu sebeple

sertleşme reaksiyonu karıştırıldığı anda başlar ve çalışma süresi 10 dakika civarında olup sertleşmesi için gereken süre 5 saattir. Üretici firmaya göre içeriğinde rezin bulunmamaktadır ve bonding sistemleri ile uyumlu olduğu belirtilmektedir. Kalsiyum silikat esaslı bu patın öjenol içeren patlara göre periodontal ligament hücreleri üzerine sitotoksik etkisi daha az, osteojenik ve anjiojenik faktörlerin salınımına etkisi ise daha fazla olduğu belirtilmektedir [120]. Bu biyoaktif özelliği aynı zamanda biyoyumluluğunu arttırmaktadır.



Şekil 2-3: BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Fransa)

2.2.1.4.1 Biyoseramik Esaslı Patların Özellikleri

Biyolojik Özellikler

Biyoyumluluk ve Biyoaktivite

Biyoyumluluk, bir malzemenin amacına uygun kullanıldığında konak tarafından uygun bir cevap oluşturmasıdır. Sitotoksikite ise biyoyumluluk değerlendirmesinin bir kısmını oluşturur ve bir malzemenin hücre canlılığına olan etkisidir [112]. Biyoseramik esaslı kanal patlarının (iRoot SP, Endosequence BC, DiaRoot BA, BioRoot RCS) sitotoksikitesinin değerlendirildiği çalışmalarda fare fibroblastları ve osteoblastları, insan periodontal ligaman ve gingival fibroblastları ve osteoblast benzeri hücrelere olan etkileri çeşitli yöntemlerle incelenmiş ve bir çoğunda AH Plus'tan anlamlı derecede daha az sitotoksik olduğu gösterilmiştir [114, 116, 117, 121-124]. Ancak bazı çalışmalarda, biyoseramik esaslı kanal patlarından MTA Fillapex, AH Plus ve diğer biyoseramik esaslı patlardan daha sitotoksik bulunmuştur [125, 126].

Biyouyumluluk değerlendirmesi için sıçanlar üzerinde yapılan subkütanöz ve kemik içi implantasyon çalışmalarında, oluşan doku yanıtları incelendiğinde, kullanılan biyoseramik esaslı kanal patlarının biyoyumlu olduğu belirtilmiştir [99, 108, 127, 128].

Biyoseramik esaslı patların biyoaktif potansiyeli, bu malzemelerin sertleştikten sonra bile hafif çözünürlüğünün bir sonucudur. Bu materyallerin sertleştikten sonra kalsiyum hidroksit salınımı yapması ve ortamdaki yüksek pH antibakteriyel etkisinin yanında anti-inflamatuar etki de göstermekte ve bu sayede apikal iyileşmeyi uyarırken pat üzerinde de biyoaktif yüzeylerin oluşmasına izin vermektedir. Biyoaktif özelliği bulunan kanal patları sert doku oluşumunu uyarabilir ve osteokonduktif etki gösterebilirler [108, 110, 129].

Antimikrobiyal etki

Kök kanal tedavisinde biyomekanik preparasyon sonrası kanal sistemindeki tüm bakterilerin tamamen elimine edilemediği ancak azaltılabildiği bilinmektedir. Yapılan alışmalar göstermiştir ki, dentin tübüllerinde, lateral kanallarda ve apikal dallanmalarda kök kanal tedavisi tamamlandıktan sonra hala mikroorganizmalar kalabilmektedir [25, 130]. Bu nedenle, kök kanal dolgusunda kalıcı olarak kullanılacak dolgu materyalinin uzun süreli bir antimikrobiyal etkiye sahip olmasının faydalı olabileceği düşünülmektedir [113, 131]. Biyoseramik esaslı kanal patları sertleşmeden önce yüksek pH (~12) değerine sahip materyallerdir ve bu sebeple kalsiyum hidroksite benzer şekilde antimikrobiyal özellik gösterirler [114, 117, 119, 132, 133].

Biyoseramik esaslı kanal patlarının antimikrobiyal özelliklerini araştıran çalışmalar birçok farklı gruptan kanal patıyla karşılaştırmalı olarak yapılmış ve *Enterococcus faecalis* zerinde genellikle AH Plus kadar ya da daha etkili bulunmuştur [99, 108, 118, 119, 121, 134, 135]. Biyoseramik esaslı bir kanal patı olan iRoot SP için yapılan çalışmalarda, bu patın *E.faecalis*, *Escherichia coli*, *Lactobasillus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphilococcus aureus* türlerine karşı antibakteriyel etkili olduğu ve *Candida albicans* zerinde antifungal etkisi olduğu bildirilmiştir [136-138]. Dentin tübüllerindeki etkileri karşılaştırıldığında BioRoot RCS'in *E.faecalis* zerinde AH Plus'tan daha etkili olduğu [134], iRoot SP 'nin ise AH Plus'la benzer antibakteriyel etkiye sahip olduğu gösterilmiştir [118].

Kapralos ve ark.nın (2017) planktonik ve biyofilm halindeki bakterilere karşı 4 farklı kanal patının antibakteriyel etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada, TotalFill BC patının AH Plus'tan daha az etkili olduğu ancak bakteri sayısını anlamlı derecede azalttığı gösterilmiştir. Bu çalışmada AH Plus sertleşme süresince oldukça iyi bir antibakteriyel etki gösterirken bu etkisi 24 saat sonra tamamen kaybolmuştur. TotalFill BC ise 7 gün süreyle antibakteriyel etkisini göstermeye devam etmiştir [139].

Fizikokimyasal Özellikler

Örtücülük ve Sızdırmazlık

Koronal ve apikal sızıntı ile ilgili günümüze dek yapılan birçok çalışma ile kök kanal dolgusu ağız florasıyla karşılaştığında bakterilerin 10-23 gün içerisinde, endotoksinlerin ise 21 gün içerisinde kanal dolgusuna penetre olabileceği bildirilmiştir [140-144]. Kök kanalında sızıntı, dentin-sealer arasından veya sealer-guta perka arayüzünden gerçekleşebilir. Geleneksel kanal patlarının sertleşme esnasında büzülmesi ve doku sıvılarının varlığından etkilenmesi sebebi ile sızıntı potansiyeli oluşturan boşluklar bıraktıkları gösterilmiştir [145-148].

Biyoseramik esaslı kanal patları geliştirilirken, hidrofilik yapıları, boyutsal stabiliteleri ve sertleşirken bir miktar genişleme göstermeleri dolayısıyla daha iyi bir örtüleyici olacakları düşüncesiyle ön plana çıkmıştır [133]. Piyasada bulunan ilk biyoseramik esaslı kanal patlarından MTA Fillapex'le yapılan çalışmalar, AH Plus'a kıyasla dentin tübüllerine daha iyi nüfuz ettiğini göstermiş ve bu durumun küçük partikül boyutları ve akışkanlığından kaynaklandığını ve bu sebeple daha iyi bir örtücülük ve sızdırmazlık sağlayacağını düşündürmüştür [115, 133, 149, 150]. Ancak biyoseramik esaslı kanal patlarıyla yapılan mikrosızıntı değerlendiren bazı çalışmalarda bu konuyla ilgili çelişkili sonuçlar bildirilmiştir.

Literatürler incelendiğinde boya ile mikrosızıntı değerlendiren bazı çalışmalar iRoot SP'nin AH Plus'a göre daha az mikrosızıntıya sebep olduğunu gösterirken [151, 152] geleneksel guta-perka konlarına göre C Points konları kullanıldığında daha az apikal sızıntı görüldüğünü bildirmiştir [153]. Sıvı filtrasyon yöntemi kullanılarak yapılan, iRoot Sp ve AH Plus arasında apikal sızdırmazlık açısından fark görülmediğini gösteren çalışmalar olduğu gibi [154, 155], iRoot Sp' nin 3 ay boyunca örtüleyiciliğinin

sabit kaldığını ve bu sürede MTA Fillapex ve hatta MTA'dan daha az sızıntı gösterdiğini bildiren çalışmalar mevcuttur [156, 157]. Bunların aksine iRoot SP'nin AH Plus'a göre daha fazla apikal sızıntı gösterdiğini [158, 159] ve Endo CPM patının AH 26'ya göre anlamlı derece daha fazla sızıntı gösterdiğini [160] ve AH Plus'la karşılaştırıldığında *E.faecalis* sızıntısının yine anlamlı derecede daha fazla olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır [161, 162].

Akıcılık ve Film Kalınlığı

Akıcılık, kök kanal patının dentindeki düzensiz alanlar, isthmuslar, aksesuvar kanallar ve boşluklar gibi ulaşılması güç yerlere ulaşması açısından önemli bir özelliktir. Ancak aynı zamanda fazla akıcılık, kanal patının kök dışına çıkmasına da sebep olabilir [163]. Biyoseramik esaslı kanal patlarının fiziksel özelliklerini inceleyen çalışmalara bakıldığında iRoot SP, BioRoot RCS, Endoseal MTA ve Endo CPM gibi patların akıcılıkları ISO standartlarına uygun olarak 17 mm'den fazla ölçülmüştür [115, 163-168].

Film kalınlığı da kök kanal patları için önemli bir özelliktir. Film kalınlığı ne kadar az olursa, kanal patının küçük boşluklara, dentindeki düzensizliklere ve hatta dentin tübüllerine girme yeteneği o kadar fazla olur [169]. Yapılan bazı çalışmalarda iRoot SP, BioRoot RCS ve Endoseal MTA 'nın film kalınlığının ISO standartlarına uygun yani 50µm'nin altında olduğu bildirilmiştir [115, 164]. Ancak bunun yanında BioRoot RCs 'in film kalınlığını fazla bulan [170] ve iRoot SP'nin AH Plus'a göre daha yüksek film kalınlığı gösterdiğini bildiren çalışmalar da vardır [115]. Literatüre bakıldığında genel olarak biyoseramik esaslı kanal patlarının akıcılık, film kalınlığı ve radyoopasite gibi özelliklerinin ISO standartlarında ve yeterli olduğu görülmektedir [108]. Biyoseramik esaslı patların ana hedefi dentine bağlanma ve biyaktivite olarak değerlendirilince, özellikle tek kon tekniği kullanıldığında, film kalınlığının sızdırmazlıktaki öneminin arka planda kaldığı da bazı araştırmacılar tarafından söylenmektedir [169].

Çözünürlük ve su emilimi

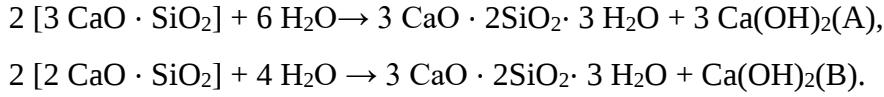
Kök kanal patlarında meydana gelen su emilimi ve çözünürlük, boyutsal stabilite ile ilgilidir. Bioseramik esaslı kanal patlarının hidrasyon yoluyla kalsiyum hidroksit üretmeleri su emilimi ve çözünürlüklerini geleneksel patlara göre daha fazla etkilemektedir [169]. Bu kanal patlarının ön plana çıkan biyolojik özellikleri su emilimi ve çözünürlük göstermelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkar ancak bu durumun boyutsal stabiliteye ve dolayısıyla sızdırmazlığa negatif etki gösterebileceği düşünülmektedir [108, 171, 172]. Su emilimi gösteren biyoseramik esaslı sealerların sertleşirken genişterek sızdırmazlığa katkı sağladığını gösteren çalışmalar da mevcuttur [173, 174].

Yapılan çalışmalarda iRoot SP, BioRoot RCs ve Endoseal MTA'nın , ISO standartları limitlerine yakın su emilimi gösteren AH Plus'la karşılaştırıldığında daha yüksek su emilimi gösterdiği bildirilmiştir [154, 164, 175]. Yapılan bir çalışmada BioRoot RCS'in su emiliminin sertleşmeden hemen sonra başlangıçtaki miktarının fazla olduğu ancak sertleşmeden 7 gün sonra azaldığı bildirilmiştir [174].

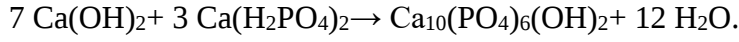
Kanal patlarının çözünürlükleri incelendiğinde, iRoot SP ve BioRoot RCS'in, %3'ten az ağırlık kaybı olarak belirlenmiş ISO standartlarından daha fazla çözündüğünü bildiren çalışmalar mevcuttur [100, 135, 164, 168, 176]. Bunun aksine iRoot SP, BioRoot RCS, Endoseal MTA ve Endo CPM patlarının çözünürlüklerinin ISO standartlarında olduğunu bildiren çalışmalar da vardır [115, 154, 164, 166, 172, 177]. Bu çalışmaların tümüne bakıldığında epoksi rein esaslı kanal patlarıyla karşılaştırıldığında, biyoseramik esaslı patların çözünürlüğünün fazla olduğu görülmektedir [108].

Sertleşme zamanı

Biyoseramik esaslı kanal patları 2 gruba ayrılabilir. Bunlardan birincisi önceden karıştırılmış, tek komponent bir pat olup sertleşirken dışarıdan (diş ve çevre dokularından) su katkısı gerektirmektedir. Diğeri ise iki komponentten oluşup sertleşirken kendi içeriğindeki sıvıyı kullanmaktadır. Her ikisi de aynı sertleşme reaksiyonlarına sahiptir. İlk reaksiyon iki farklı tipte görülebilen hidrasyon reaksiyonudur [108, 178]:



Bu reaksiyonun ardından çökelme reaksiyonu gerçekleşir:



Sertleşme zamanı kök kanal patları için yeterli çalışma zamanı tanınması ve kök kanal sistemini tamamen doldurmak için geçen sürede tutarlı bir yapıda olması açısından önemlidir [179]. Biyoseramik esaslı kanal patlarının sertleşme zamanını araştıran çalışmalara bakıldığında, sertleşme için harici suya ihtiyaç duyan önceden karıştırılmış tek komponentli patlar ile ilgili çelişkili sonuçlar göze çarpmaktadır [108]. iRoot SP' nin sertleşme süreleri için 52- 168 saat aralığında sonuç bulan çalışmalar olduğu gibi [114, 175], nemli inkubatör koşullarında 4 haftaya kadar sertleşmenin tamamlanmadığını söyleyen çalışmalar da mevcuttur [165]. Aynı zamanda iRoot SP'nin 4.7 saat ve 2.7 saat gibi kısa sürelerde sertleştiği bildiren ve 140°C'ye yükseltilmiş sıcaklığın sertleşme süresini hızlandığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır [115, 168].

İki komponentli patlardan BioRoot RCS'in kuru koşullarda da tamamen sertleşebildiği gösterilmiştir [164] ve varsayılan sertleşme süresinin 5 saat civarı olduğunu doğrulayan çalışmalar olduğu gibi [129, 174], 27 dakikada sertleştiğini bildiren çalışmalar da literatürde bulunmaktadır [170]. Biyoseramik esaslı kanal patlarının sertleşme süresinin nem durumu gibi çevresel faktörlerle değişebileceği ve gecikmiş sertleşme zamanının materyalin biyoyumluluğu ve sitotoksitesini etkileyebileceği de düşünülmektedir [114, 165].

pH ve İyon salınımı

Kanal patlarında alkalen pH, patın antimikrobiyal etkinliğine ve biyoyumluluğuna katkıda bulunabilir [99]. Alkalen pH değerine sahip olan kök kanal patlarının laktik asidi osteoklastlardan nötralize ederek dişin mineralize yapılarının çözünmesini önleyebileceği gösterilmiştir ve özellikle biyoseramik esaslı kanal patlarının alkalen fosfatazi aktive ederek sert doku oluşumuna katkı sağladıkları düşünülmektedir [115, 180].

Kalsiyum iyon salınımı ve alkalen yapı, antibakteriyel ve antiinflamatuvar etki sayesinde apikal iyileşmeye katkıda bulunur ve biyoseramik esaslı patlarda biyoaktif yüzeyler oluşmasına izin verir [110, 175].

Biyoseramik esaslı kanal patlarının pH'ını araştıran çalışmalar incelendiğinde, iRoot SP ve Endosequence BC Sealer'ın sertleşme öncesi ve hemen sonrasında yüksek pH gösterdiğini ve 14.-28. günlerde pH değerinin hala yüksek olduğunu 28 günlük sürede pH'nın azaldığını ancak hala alkalen olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır [115, 135, 163, 168, 175, 176, 181]. Benzer şekilde BioRoot RCS için, karıştırıldıktan 3-24 saat yüksek pH değerine sahip olduğu ve 14 gün boyunca alkalen potansiyeli olduğu bildirilmiştir [135, 164, 165, 170, 174, 176]. Uzun dönemli pH değerinin incelendiği bir çalışmada BioRoot RCS 'in 6 ay süresince Ph'sının azaldığı ancak bu süre sonunda hala alkalen olduğu bildirilmiştir [172].

Kalsiyum iyonu salınımının araştırıldığı çalışmalara bakıldığında, iRoot Sp ve Endosequence BC Sealer için, ilk 14 günde yüksek kalsiyum salınımı gösterdiği ve 28 gün sonunda azaldığı bildirilmiştir [100, 163, 175, 181]. Aynı şekilde BioRoot RCS için de başlangıçta yüksek kalsiyum salınımı gözlenmiş ve 28 gün boyunca salınımına devam ettiği gösterilmiştir [163, 170, 174]. Biyoseramik esaslı patlar karşılaştırıldığında en fazla kalsiyum iyonu salınımı yapan patların Endo CPM ve BioRoot RCS olduğu bazı çalışmalarda gösterilmiştir [164, 182, 183].

Bağlanma dayanımı ve dentin tübüllerine penetrasyon

Kök kanal dolgusunda kullandığımız gutta-perka konları dentin yüzeyine bağlanabilen bir materyal değildir, dolayısıyla kullandığımız kanal patlarının dentin ve gutta-perka arasındaki bağlantıyı sağlayarak kaliteli bir kanal dolgusu elde edilmesi tedavinin başarısını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bağlantı dayanımı (push-out) testi kanal patlarının kor materyali ve dentin yüzeyine bağlantısının değerlendirilmesinde kullanılır [184-186].

Literatürde biyoseramik esaslı kanal patlarının bağlantı dayanımını araştıran çalışmalar incelendiğinde, çeşitli kanal dolum yöntemleri, farklı yıkama solüsyonları, kanal nem durumu ve çeşitli inkübasyon sürelerinde karşılaştırmalar mevcuttur. Tek kon tekniği kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda, epoksi rezin esaslı kanal patlarıyla

karşılaştırıldığında iRoot Sp'nin daha yüksek bağlantı dayanımı gösterdiği ve inkübasyon süresi 3 aya uzadığında arttığı bildirilmiştir [187-190]. Lateral kondansasyon tekniği kullanıldığında ise iRoot Sp'nin bağlantı dayanımının AH Plus'a göre daha düşük olduğunu gösteren [191] bir çalışma olduğu gibi ikisinin arasında fark olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur [192]. Dolum öncesi kök kanalının nemlendirilmesinin iRoot Sp'nin bağlantı dayanımını artırdığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır [189, 193-195]. Bunun aksine bir çalışmada kanal içi nem durumunun iRoot SP'nin bağlantı dayanımını etkilemediği de bildirilmiştir [11]. Son yıkama solüsyonu olarak klorheksidin kullanılan çalışmalarda, CHX kalıntılarının iRoot Sp'nin bağlantı dayanımını azalttığını [11], BioRoot RCS'in ise artırdığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır [196]. BioRoot RCS'in bağlantı dayanımının, AH Plus'la karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu bildirilmiştir [171, 196].

Kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetre olabilmesi, sızdırmaz bir kanal dolgusu için ve mikoorganizma ve toksinlerinin penetrasyonunu önlemesi açısından oldukça önemlidir [197-199]. Dentin tübüllerine penetrasyon derinliği kök kanal patının performansının bir ölçütü sayılabilir [200].

Yapılan çalışmalarda epoksi rezin esaslı kanal patlarıyla karşılaştırıldığında iRoot Sp'nin Dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin daha fazla olduğu gösterilmiştir [201-203]. Ancak bunun aksine aralarında bu bağlamda anlamlı bir fark olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur [204, 205]. Birçok çalışmada smear tabakasının kaldırılmasının iRoot SP'nin dentin tübüllerine penetrasyon derinliğini artırdığı bildirilmiştir [201, 206]. EndoSeal MTA ve iRoot Sp'nin AH Plus'tan daha iyi adezyon gösterdiği rapor edilmiştir [207].

2.3. Dentin Tübüllerine Penetrasyonun Değerlendirme Yöntemleri

Endodonti pratiğinde kullanılan kök kanalı dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonlarının değerlendirilmesinde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Işık Mikroskobu ve Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM) kullanılmaktadır.

2.3.1. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (Confocal Laser Scanning Microscope - CLSM)

Lazer Taramalı konfokal mikroskop florasan veya yansıtıcı problemler ile işaretlenmiş dokular ve bütün haldeki hücre örnekleri ile çalışma imkanı sağlamaktadır. Bu teknoloji ile araştırmacılar ulaşılacak en yüksek ışık mikroskobu çözünürlüğü ile görüntülemeye ulaşabilmektedirler.

Konfokal mikroskobun avantajı, tek bir kaynaktan gelen ışığı toplayabilmesidir. Objektifteki optiklerin optimum kullanımı için gönderilen lazer ışını yansıtma mekanizması ile tarama ışınına çevrilir ve lens yardımıyla işaretlenmiş olan tek küçük noktaya odaklanır. Yansıtılan lazer ışını ve örnek tarafından yayılan florasan ışık karışımı aynı objektif ile tutulup diktronik ayna ile bir fotodedektör üzerine odaklanır. Florasan işaretlenmiş örnekten yayılan ışık fotomultiplier tübe gönderilirken, yansıtılan ışık diktronik ayna ile ayrıştırılır. Fotodedektör önünde bulunan konfokal açıklık, örnek üzerindeki tek bir noktadan yayılan florasan ışığın toplanmasını sağlar. Böylece odaklanan noktanın etrafından yayılan ışığın toplanması azaltılır. Bu durum özellikle kalın kesitlerle çalışırken önemlidir. Konfokal açıklığın ortasında odaklanan nokta “konfokal spot” olarak tanımlanır. Sonuçta taranan örnek yüksek çözünürlükte görüntülenir. Optik kesit alma xy, xz, yz düzlemlerinde gerçekleştirilerek üç boyutlu veri setleri toplanabilir. Fokal düzlemlerden elde edilen optik kesit katmanları üst üste yapılandırılarak üç boyutlu görüntü üretilir. Konfokal mikroskobu için kullanılan florasan boyalar çeşitli farklı dalga boylarında farklı renkler vermektedir. Örneğin cascade mavisi 364 nmUV’de menekşe mavisi verirken, Lisamine Rhodamine veya Tetramethyl Rhodamine 543 nm HeMe’de kırmızı renk vermektedir [208].

Lazer taramalı konfokal mikroskop, klasik mikroskoplara göre incelenecek objelerin daha net görüntülerini verir ve odak düzleminin dışından gelen ışınlar elimine edilerek bulanıklık azaltılır ve daha net bir görüntü elde edilir. Doğru ölçüme imkan

veren görüntü elde edilebilmesi için her noktanın uzun süre ışıklandırılması gerekmektedir. Geçmişte zirkonyum ark lambaları gibi çok güçlü ışık kaynakları kullanılsa da modern teknolojiye lazer kaynağı kullanılmaktadır [209, 210].

CLSM endodonti alanında yapılan çalışmalarda kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonlarının incelenmesi yanında penetrasyon derinliğini etkileyen yıkama solüsyonları ve yöntemlerinin etkinliğinin incelenmesinde ve mikrobiyolojik çalışmalarda da kullanılabilir [209, 210].



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda ve İstanbul Üniversitesi Aziz Sancar Deneysel Tıp Araştırma Enstitüsü İmmunfloresan Laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmamız İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından etik olarak uygun bulunmuş, + 20/06/2019 tarihlik ve 413 sayılı yazısıyla onaylanmıştır.

Çalışmamızda, yapılan ön istatistiksel analizlerle sayısı belirlenmiş, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinikleri'nde periodontal ve protetik nedenlerle çekilmiş, çürüksüz, apeksi kapalı, restorasyon ve çatlak bulunmayan 60 adet üst orta kesici insan dişi kullanılmıştır. Toplanan dişler %5,25'lik NaOCl içerisinde organik artıklardan uzaklaştırıldıktan sonra serum fizyolojik içerisinde bekletilmiştir. Çekilen dişlerden yuvarlak kök formunda, benzer boyda olan dişler seçildikten sonra mezio-distal ve bukkal-palatinal yönde mine-sement bileşiminden genişlikleri ölçüldükten sonra randomize şekilde gruplara dağıtılmıştır. Kök boylarının standardizasyonu amacıyla kök kısmı 14 mm kalacak şekilde dişlerin krunları kesilmiştir.

3.2. Örneklerin Biyomekanik Preparasyonu

Çalışmada kullanılacak dişlerin kök kanal açıklıkları 10 numaralı K-File paslanmaz çelik el aleti ile kontrol edilmiş ve aletin apekte görüldüğü boydan 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlenmiştir. Tüm dişlere aynı şekillendirme prosedürü uygulanmış ve tüm işlemler tek operatör tarafından gerçekleştirilmiştir. Kanal şekillendirmesi ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner alet sistemi Ni-Ti eğeleri ve VDW Silver (VDW, Münih, Almanya) marka endomotor kullanılarak şekillendirilmiştir. 15 numaralı K-file ile çalışma boyunda kök kanal yolu açılmış ve ardından sırası ile ProTaper Next X1, X2 ve X3 eğeleri sırasıyla çalışma boyunda kullanılmıştır. Tüm aletler arasında, 27 Gauge'luk yandan perfore EndoREZ (Ultradent Products Inc, Utah, ABD) uç kullanılarak %5,25'lik NaOCl ile irrigasyon yapılmış ve en son 2,5 ml distile su ile yıkanarak final irrigasyona hazır hale getirilmiştir.

3.3. Final İrigasyon ve Grupların Oluşturulması

Final irrigasyon için tüm dişler smear tabakasının kaldırılması amacıyla %17'lik 5 mL EDTA solüsyonu 1 dk süreyle uygulanmış ve ardından 2,5 mL distile su ile yıkanarak dişler randomize şekilde 30'ar dişlik iki gruba ayrılmış ve son yıkamaları aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

1. **Grup:** 2,5 mL %5,25'lik NaOCl 1dk + 2,5 mL distile su
2. **Grup:** 2,5 mL %2'lik CHX 1dk

Final irrigasyonu tamamlanan dişler kök kanal dolumunda kullanılacak pata göre n=10 olacak şekilde 3 alt gruba ayrılmıştır:

- AH Plus
- BioRoot RCS
- Endosequence BC Sealer

Sonuç olarak;

Grup 1 A: 2,5 mL %5,25'lik NaOCl 1dk + 2,5 mL distile su + AH Plus

Grup 1 B: 2,5 mL %5,25'lik NaOCl 1dk + 2,5 mL distile su + BioRoot RCS

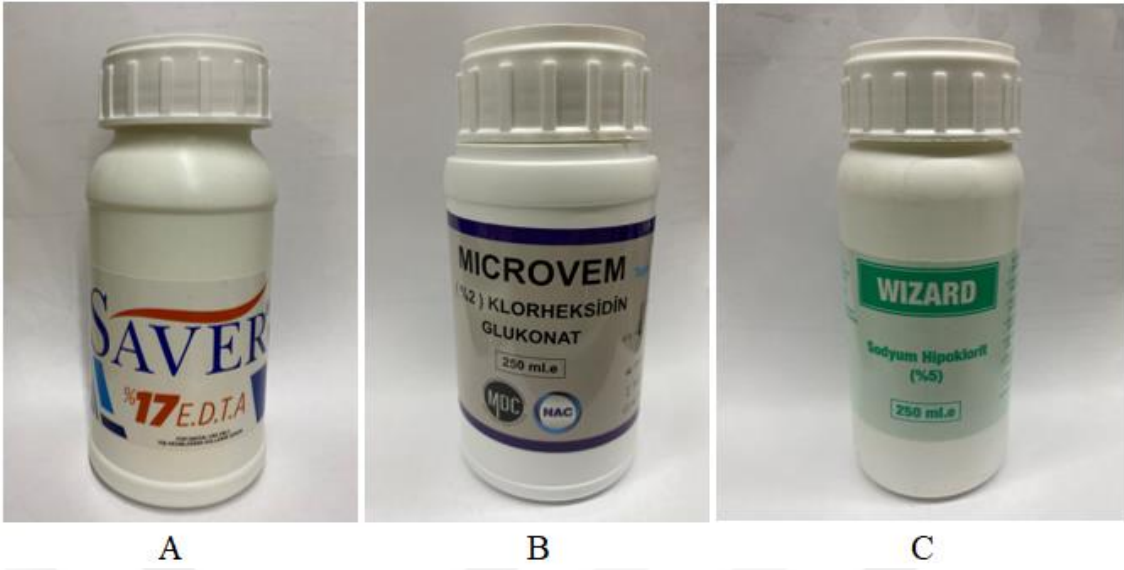
Grup 1 C: 2,5 mL %5,25'lik NaOCl 1dk + 2,5 mL distile su + Endosequence BC Sealer

Grup 2 A: 2,5 mL %2'lik CHX 1dk + AH Plus

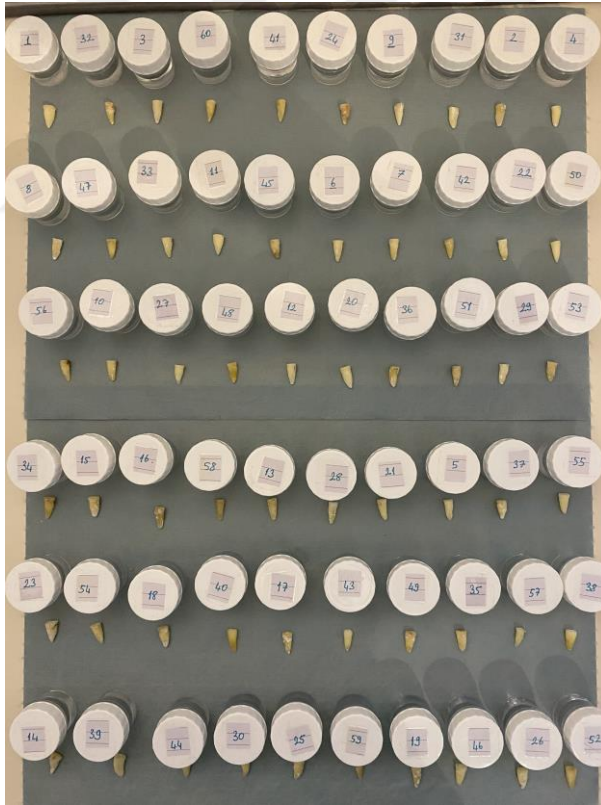
Grup 2 B: 2,5 mL %2'lik CHX 1dk + BioRoot RCS

Grup 2 C: 2,5 mL %2'lik CHX 1dk + Endosequence BC Sealer

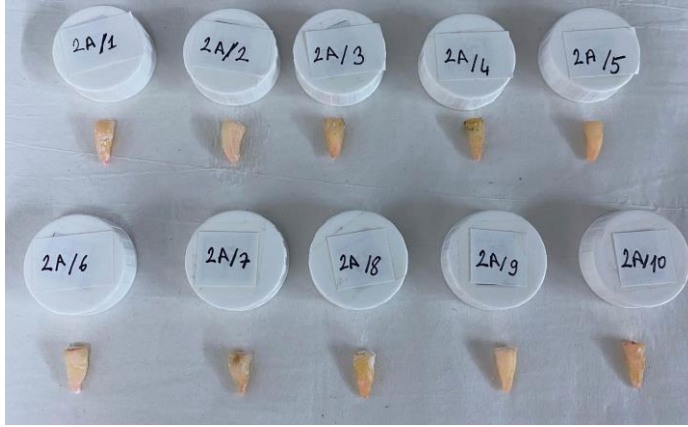
olacak şekilde toplam 6 grup oluşturulmuştur.



Şekil 3-1: Çalışmamızda kullanılan yıkama solüsyonları; A (EDTA), B (NaOCl), C (CHX)



Şekil 3-2: Dişlerin gruplara ayrılması



Şekil 3-3: Gruplara ayrılmış dişlere örnek (Grup 2A)

3.4. Kök Kanallarının Doldurulması

Çalışmamızda kullanılan kanal patları üretici firmaların önerileri doğrultusunda hazırlanmış ve konfokal lazer taramalı mikroskopta görüntü elde edilmesi amacıyla florasan özellik katmak için ~ %0,1'lik Rhodamine B boyası ile karıştırılmıştır.

Son yıkaması tamamlanan dişler 3 adet 35 numaralı paper point ile kurutulduktan sonra kanal patları 300 rpm de endomotor kullanılarak 25 numaralı lentülo spirali ile çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde altı ileri geri hareketle kanal içine iletdikten sonra açılı tek kon yöntemiyle ProTaper Next X3 sistemi ile uyumlu X3 numaralı guta-perkalar yerleştirilmiştir. Dışarıda kalan guta-perka ısıtılmış el aleti ile kanal ağzının 1mm altından kesilerek kökten uzaklaştırılmış ve kanal ağzı geçici dolgu materyali ile kapatılmıştır. Kanal dolumunun ardından patların sertleşmesinin tamamlanması için dişler 7 gün süreyle 37°C ve %100 nemli ortam sağlanarak etüvde bekletilmiştir.



Şekil 3-4: Çalışmamızda kullanılan kanal patları; A (AH Plus), B (BioRoot RCS), C (Endosequence BC Sealer)

3.5. Kesitlerin Elde Edilmesi

Kanal patlarının sertleşme süresi tamamlandıktan sonra dişler CLSM’de incelenmek üzere, su soğutması altında ve düşük hızda 0,4 mm bıçakla (IsoMet, Buehler) apikal, orta ve kuronal bölgeden olacak şekilde 2-3, 5-6, 8,9 mm’lerden kesilerek her diştten 3 adet 1mm kalınlığında horizontal disk elde edilmiştir. Görüntülerin daha net izlenebilmesi için elde edilen diskler kağıt zımparalarla cilalandıktan sonra kuronal yüzleri üste gelecek şekilde lam üzerine yerleştirilmiş ve numaralandırılmıştır.



Şekil 3-5: Kesitlerin alındığı cihaz (IsoMet, Buehler)



Şekil 3-6: Örnek kesitler (1A/1)

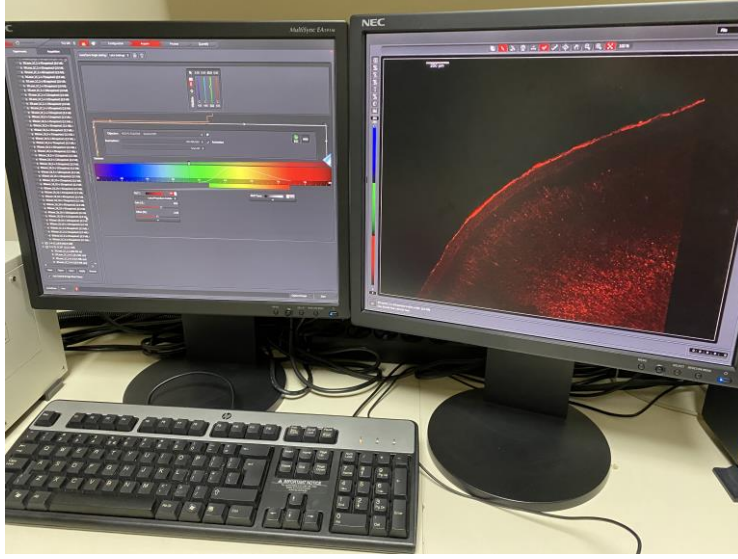
3.6. Kesitlerin Mikroskopta İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması

Örnekler İstanbul Üniversitesi Aziz Sancar Deneysel Tıp Araştırma Enstitüsü bünyesinde bulunan konfokal lazer taramalı mikroskop ile incelendi (Leica TCS SPE, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) (Şekil 3-7). Işık kaynağı olarak argon lazer

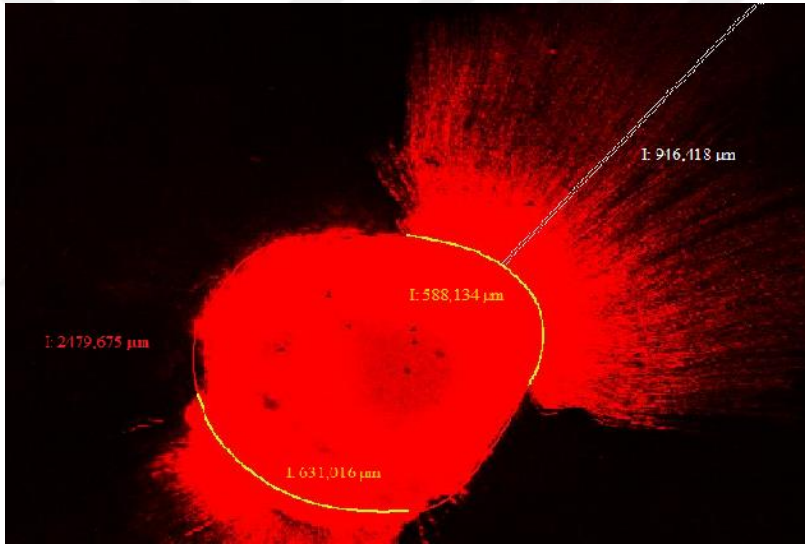
kullanıldı (Dalga boyu: 532nm). Görüntüler x5 büyütme ile 512x512 çözünürlükte kaydedildi (**Şekil 3-8**). Tile scan mod ile küçük kesitler 1x1 ve büyük kesitler için 2x2 ölçüler kullanıldı. Kaydedilen görüntüler Photoshop (Adobe Systems, Inc, San Jose, CA) programına aktarılıp brileştirildi ve ölçüler Image J (National Institutes of Health, Bethesda, MD, ABD) programında yapıldı. Ölçümler yapılırken penetrasyon yüzdesinin hesaplanması Gharib ve ark.[211] kullandığı yöntemle benzer şekilde yapıldı. Örnekler üzerinde program dahilindeki araçlar kullanılarak kanal duvarları işaretlenerek kanal çevresi hesaplandı. Daha sonra tübül penetrasyonu olan bölgeler kanal çevresi üzerinde çizilip uzunluğu ölçüldü ve bu değer kanal çevresine bölünerek penetrasyon yüzde değeri ölçüldü. Kanal duvarından başlayarak örnekler üzerinde görünen en uzun tübül penetrasyonu çizilip uzunluğu hesaplandı (**Şekil 3-9**).



Şekil 3-7: Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (Leica TCS SPE, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany)



Şekil 3-8: CLSM ile kesitlerin görüntülenmesi



Şekil 3-9: Bilgisayar ortamında ölçümlerin yapılması

3.7. İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 17.0 programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma, ortanca değerler kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen (nonparametrik) değişkenler iki grup arasında değerlendirilirken Mann Whitney U Testi, ikiden fazla grup arasında değerlendirilirken Kruskal Wallis Testi kullanılmıştır. P-değerinin 0.05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Final irrigasyonu olarak 2,5 mL %5,25'lik NaOCl + 2,5 mL distile su ile yıkanan 1. Grup ile 2,5 mL %2'lik CHX ile yıkanan 2. Grup arasında maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,831, p>0,05$). Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4-1 : 1. ve 2. Grup maksimum penetrasyon derinliği değerleri (μm)

	Maksimum penetrasyon derinliği (μm)			P
	Ort	s.s.	Medyan	
NaOCl (Grup 1)	1163791,36	$\pm 869827,51$	1040865,00	0,831
CHX (Grup 2)	1189987,49	$\pm 876973,53$	1057773,00	

Mann Whitney U Testi

Her iki yıkama grubu arasında kanal patlarının penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,149, p>0,05$). Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-2'de gösterilmektedir.

Tablo 4-2 : 1. ve 2. Grup penetrasyon yüzde değerleri

	Penetrasyon yüzdesi			P
	Ort	s.s.	Medyan	
NaOCl (Grup 1)	56,03%	$\pm 33,64$	57,64%	0,149
CHX (Grup 2)	62,91%	$\pm 33,11$	63,47%	

Mann Whitney U Testi

Çalışmada kullandığımız kanal patları birbirleri ile maksimum penetrasyon derinliği açısından karşılaştırıldığında; her iki yıkama konseptinde de AH Plus kanal patı, BioRoot RCS ve Endosequence BC Sealer patlarına göre istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı şekilde daha az maksimum penetrasyon derinliği göstermiştir ($p<0,001$). BioRoot RCS ve Endosequence BC Sealer kanal patları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-3'te gösterilmektedir.

Tablo 4-3 : Patların maksimum penetrasyon derinliği değerleri (µm)

		Penetrasyon derinliği			p
		Ort	s.s.	Medyan	
NaOCl (Grup 1)	AH Plus (Grup 1A)	505193,00	±376164,64	488862,50	<0,001
	BioRoot RCS (Grup 1B)	1526803,07	±788319,75	1648083,00	
	Endosequence BC Sealer (Grup 1C)	1459378,00	±940008,81	1717496,50	
CHX (Grup 2)	AH Plus (Grup 2A)	589629,60	±358918,67	503669,00	<0,001
	BioRoot RCS (Grup 2B)	1677032,03	±948566,06	1862635,00	
	Endosequence BC Sealer (Grup 2C)	1319535,67	±841880,29	1413993,50	

Kruskal Wallis Testi

Çalışmada kullandığımız kanal patları birbirleri ile penetrasyon yüzde değeri açısından karşılaştırıldığında; her iki yıkama konseptinde de kanal patları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-4’te gösterilmektedir.

Tablo 4-4 : Patların penetrasyon yüzde değerleri

		Penetrasyon yüzdesi			p
		Ort	s.s.	Medyan	
NaOCl (Grup 1)	AH Plus (Grup 1A)	47,30%	±31,00	46,47%	0,172
	BioRoot RCS (Grup 1B)	61,33%	±30,75	64,99%	
	Endosequence BC Sealer (Grup 1C)	59,46%	±38,01	68,32%	
CHX (Grup 2)	AH Plus (Grup 2A)	61,99%	±28,21	62,70%	0,407
	BioRoot RCS (Grup 2B)	67,25%	±37,01	92,04%	
	Endosequence BC Sealer (Grup 2C)	59,50%	±34,16	58,68%	

Kruskal Wallis Testi

Her iki yıkama konseptinde de AH Plus kanal patına ait maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,469, p>0,05$).

Her iki yıkama konseptinde de BioRoot RCS kanal patına ait maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,476, p>0,05$).

Her iki yıkama konseptinde de Endosequence BC Sealer kanal patına ait maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,496, p>0,05$).

Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-5'te gösterilmektedir.

Tablo 4-5 : Yıkama solüsyonlarına göre patların maksimum penetrasyon derinliği değerleri (µm)

		Penetrasyon derinliği			p
		Ort	s.s.	Medyan	
AH Plus (A)	NaOCl (1)	505193,00	±376164,64	488862,50	0,469
	CHX (2)	589629,60	±358918,67	503669,00	
BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	1526803,07	±788319,75	1648083,00	0,476
	CHX (2)	1677032,03	±948566,06	1862635,00	
Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	1459378,00	±940008,81	1717496,50	0,496
	CHX (2)	1319535,67	±841880,29	1413993,50	

Mann Whitney U Testi

Her iki yıkama konseptinde de AH Plus kanal patına ait penetrasyon yüzde değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,069, p>0,05$).

Her iki yıkama konseptinde de BioRoot RCS kanal patına ait penetrasyon yüzde değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,325, p>0,05$).

Her iki yıkama konseptinde de Endosequence BC Sealer kanal patına ait penetrasyon yüzde değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,994, p>0,05$).

Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-6'da gösterilmektedir.

Tablo 4-6 : Yıkama solüsyonlarına göre patların penetrasyon yüzde değerleri

		Penetrasyon yüzdesi			p
		Ort	s.s.	Medyan	
AH Plus (A)	NaOCl (1)	47,30%	±31,00	46,47%	0,069
	CHX (2)	61,99%	±28,21	62,70%	
BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	61,33%	±30,75	64,99%	0,325
	CHX (2)	67,25%	±37,01	92,04%	
Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	59,46%	±38,01	68,32%	0,994
	CHX (2)	59,50%	±34,16	58,68%	

Mann Whitney U Testi

Çalışmamızda kullanılan her diş apikal, orta ve koronal olmak üzere 3 segmente ayrılmış olduğundan gruplar segmental düzeyde de karşılaştırılmıştır. Buna göre;

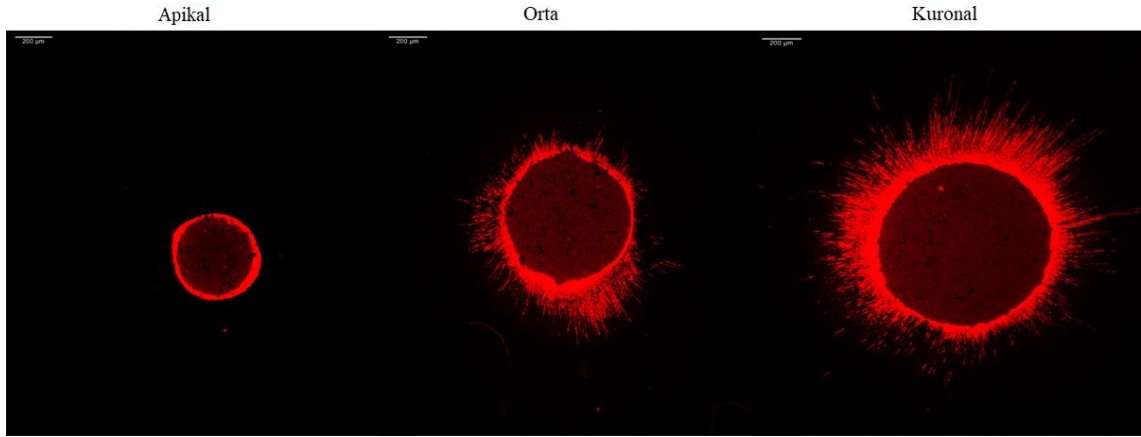
Her iki yıkama konseptinde de kanal patı cinsi farketmeksizin apikal bölgeden elde edilen maksimum penetrasyon derinliği ile ilgili değerler orta ve koronal bölgelerden elde edilen değerlere göre istatistiksel olarak ileri derece de anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$). Orta bölgeden elde edilen değerler ile koronal bölgeden elde edilen değerler arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-7’de gösterilmektedir.

Tablo 4-7 : 1. ve 2. Grup segmental düzeyde maksimum penetrasyon derinliği değerleri (μm)

		Penetrasyon derinliği			p
		Ort	s.s.	Medyan	
NaOCl (Grup 1)	Apikal	492486,93	±575462,32	284584,50	<0,001
	Orta	1356575,87	±693993,41	1546937,50	
	Koronal	1642311,27	±876174,27	1779870,50	
CHX (Grup 2)	Apikal	585672,63	±526705,60	436831,50	<0,001
	Orta	1310280,30	±759302,29	1527128,00	
	Koronal	1690699,97	±930702,16	1586578,00	

Kruskal Wallis Testi



Şekil 4-1: Apikal bölgedeki penetrasyon derinliğinin orta ve kural bölgelere göre daha düşük olduğunu gösteren bir örnek

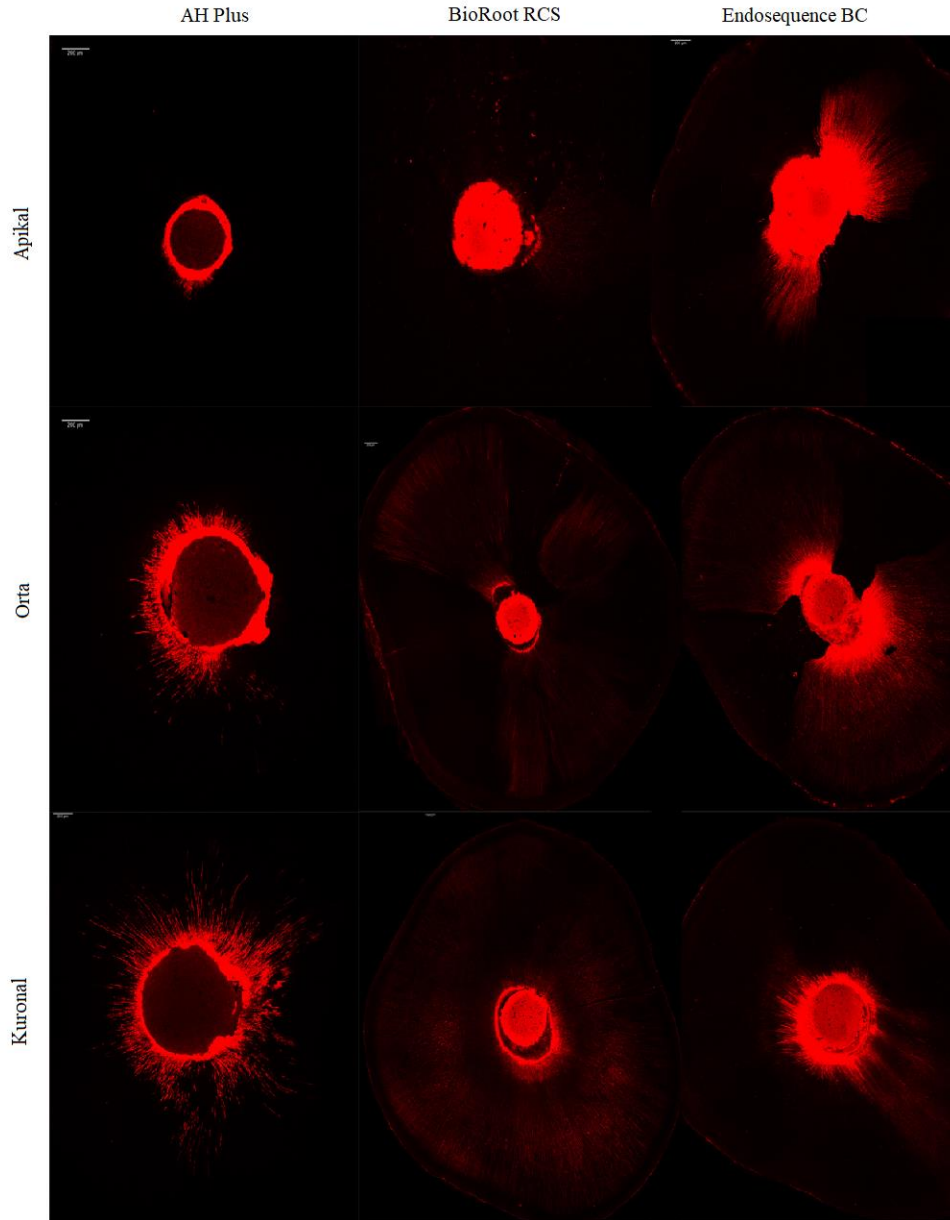
Her iki yıkama konseptinde de kanal patı cinsi farketmeksizin apikal bölgeden elde edilen penetrasyon yüzdesi ile ilgili değerler orta ve kural bölgelerden elde edilen değerlere göre istatistiksel olarak ileri derece de anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur ($p < 0,001$). Orta bölgeden elde edilen değerler ile kural bölgeden elde edilen değerler arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0,05$).

Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-8’de gösterilmektedir.

Tablo 4-8 : 1. ve 2. Grup segmental düzeyde penetrasyon yüzde değerleri

		Penetrasyon yüzdesi			p
		Ort	s.s.	Medyan	
NaOCl (Grup 1)	Apikal	23,25%	±23,05	17,44%	<0,001
	Orta	62,04%	±24,15	60,15%	
	Koronal	82,81%	±21,61	90,97%	
CHX (Grup 2)	Apikal	34,35%	±26,08	30,00%	<0,001
	Orta	69,04%	±27,06	73,33%	
	Koronal	85,35%	±23,44	96,49%	

Kruskal Wallis Testi



Şekil 4-2: Örneklerin apikal, orta ve kural kesitlerinin CLSM görüntüleri

Segmental düzeyde kanal patlarına ait maksimum penetrasyon derinliği bulguları karşılaştırıldığında:

AH Plus kanal patı için;

Apikal bölgede NaOCl kullanılan grupta, CHX kullanılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük değerler elde edilmiştir ($p=0,023, p<0,05$).

Orta bölgede NaOCl kullanılan grupta CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,545, p>0,05$).

Koronal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,940$, $p>0,05$).

BioRoot RCS kanal patı için;

Apikal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=1,000$, $p>0,05$).

Orta bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,131$, $p>0,05$).

Koronal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,327$, $p>0,05$).

Endosequence BC Sealer kanal patı için;

Apikal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,648$, $p>0,05$).

Orta bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,226$, $p>0,05$).

Koronal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,705$, $p>0,05$).

Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-9'da gösterilmektedir.

Tablo 4-9 : Kanal patı ve yıkama solüsyonuna göre segmental düzeyde maksimum penetrasyon derinliği değerleri (µm)

			Penetrasyon derinliği			P
			Ort	s.s.	Medyan	
Apikal	AH Plus (A)	NaOCl (1)	136271,90	±160879,12	52784,00	0,023
		CHX (2)	402151,60	±330713,57	360700,00	
	BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	741452,70	±628508,58	529188,00	1,000
		CHX (2)	735412,30	±560598,37	772534,00	
	Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	599736,20	±650781,43	423334,00	0,648
		CHX (2)	619454,00	±637698,61	410215,50	
	Total	NaOCl (1)	492486,93	±575462,32	284584,50	0,293
		CHX (2)	585672,63	±526705,60	436831,50	
Orta	AH Plus (A)	NaOCl (1)	733577,20	±326554,37	621516,00	0,545
		CHX (2)	674451,70	±404791,45	613848,00	
	BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	1667546,60	±449744,89	1689061,00	0,131
		CHX (2)	1866037,20	±632861,57	2066639,50	
	Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	1668603,80	±772088,75	1899899,50	0,226
		CHX (2)	1390352,00	±702754,71	1527128,00	
	Total	NaOCl (1)	1356575,87	±693993,41	1546937,50	0,871
		CHX (2)	1310280,30	±759302,29	1527128,00	
Koronal	AH Plus (A)	NaOCl (1)	645729,90	±303807,18	678691,00	0,940
		CHX (2)	692285,50	±288289,45	628370,50	
	BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	2171409,90	±485950,67	2211175,50	0,327
		CHX (2)	2513270,44	±636725,44	2543119,00	
	Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	2109794,00	±698421,92	2292556,50	0,705
		CHX (2)	1948801,00	±627017,21	1955391,50	
	Total	NaOCl (1)	1642311,27	±876174,27	1779870,50	0,940
		CHX (2)	1690699,97	±930702,16	1586578,00	

Mann Whitney U Testi

Segmental düzeyde kanal patlarına ait penetrasyon yüzde değerleri karşılaştırıldığında:

AH Plus kanal patı için;

Apikal bölgede NaOCl kullanılan grupta, CHX kullanılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük değerler elde edilmiştir ($p=0,049, p<0,05$).

Orta bölgede NaOCl kullanılan grupta, CHX kullanılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük değerler elde edilmiştir ($p=0,034, p<0,05$).

Koronal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,880, p>0,05$).

BioRoot RCS kanal patı için;

Apikal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,820, p>0,05$).

Orta bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,197, p>0,05$).

Koronal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,247, p>0,05$).

Endosequence BC Sealer kanal patı için;

Apikal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,148, p>0,05$).

Orta bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,256, p>0,05$).

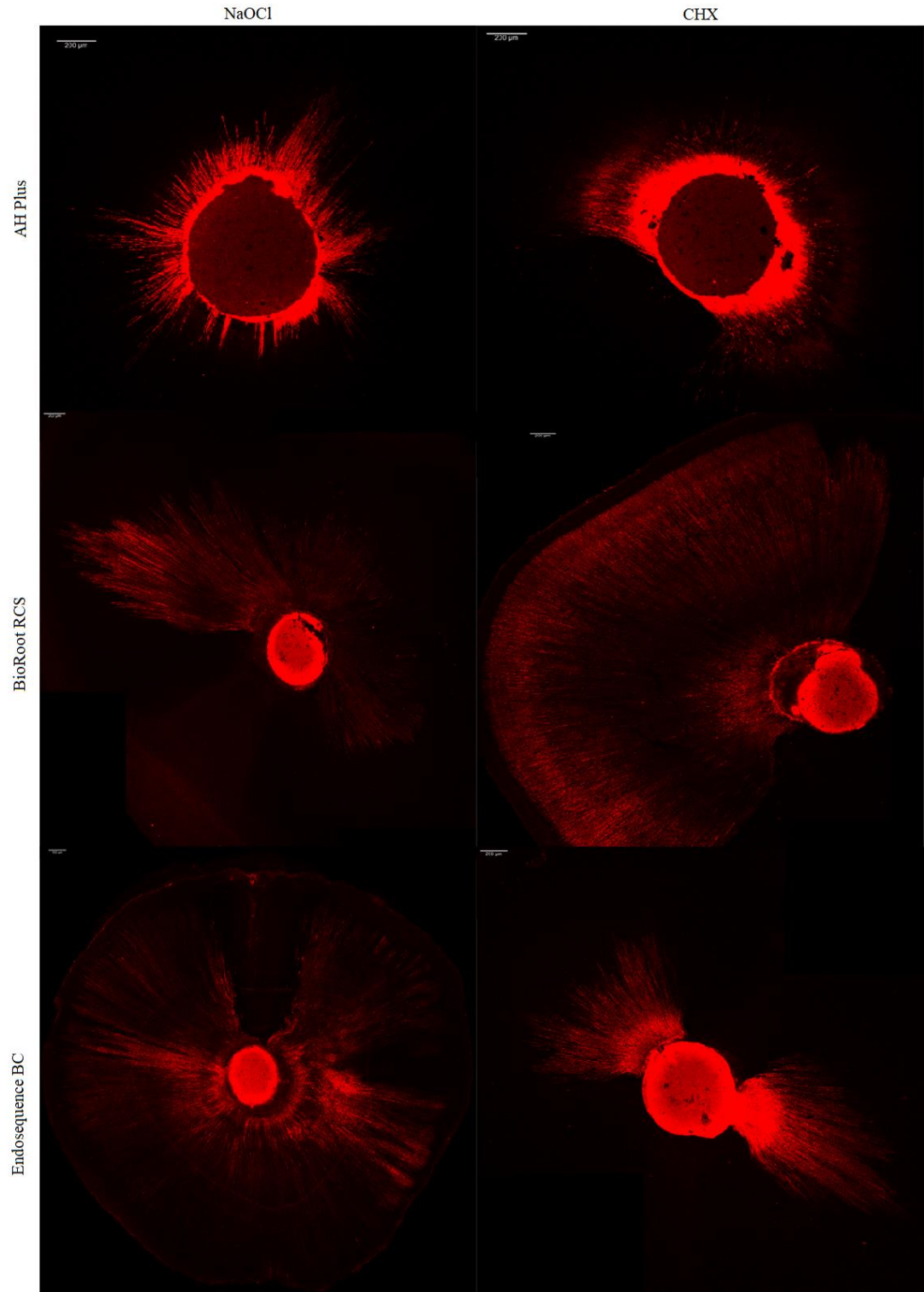
Koronal bölgede NaOCl kullanılan grupla CHX kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0,526, p>0,05$).

Gruplara ait ortalama değerler, standart sapmalar ve medyan değerleri Tablo 4-10'da gösterilmektedir.

Tablo 4-10 : Kanal patı ve yıkama solüsyonuna göre segmental düzeyde penetrasyon yüzde değerleri

			Penetrasyon yüzdesi			p
			Ort	s.s.	Medyan	
Apikal	AH Plus (A)	NaOCl (1)	21,80%	±22,32	15,54%	0,049
		CHX (2)	42,31%	±25,98	35,53%	
	BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	32,39%	±27,96	21,05%	0,820
		CHX (2)	28,39%	±25,77	18,58%	
	Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	15,55%	±16,46	15,39%	0,148
		CHX (2)	32,36%	±27,16	25,83%	
	Total	NaOCl (1)	23,25%	±23,05	17,44%	0,066
		CHX (2)	34,35%	±26,08	30,00%	
Orta	AH Plus (A)	NaOCl (1)	48,70%	±22,77	47,13%	0,034
		CHX (2)	71,85%	±22,26	78,85%	
	BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	64,21%	±18,39	62,38%	0,197
		CHX (2)	75,67%	±30,84	94,14%	
	Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	73,20%	±26,10	82,46%	0,256
		CHX (2)	59,61%	±27,50	53,58%	
	Total	NaOCl (1)	62,04%	±24,15	60,15%	0,267
		CHX (2)	69,04%	±27,06	73,33%	
Koronal	AH Plus (A)	NaOCl (1)	71,41%	±26,64	77,18%	0,880
		CHX (2)	71,80%	±27,35	81,48%	
	BioRoot RCS (B)	NaOCl (1)	87,39%	±15,28	95,64%	0,247
		CHX (2)	97,71%	±3,42	100,00%	
	Endosequence BC Sealer (C)	NaOCl (1)	89,62%	±18,48	100,00%	0,526
		CHX (2)	86,54%	±25,22	96,99%	
	Total	NaOCl (1)	82,81%	±21,61	90,97%	0,539
		CHX (2)	85,35%	±23,44	96,49%	

Mann Whitney U Testi



Şekil 4-3: Örneklerin orta 1/3'ten alınan kesitlerinin CLSM görüntüleri

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin esas amaçlarından biri, kanal içerisinde bulunan hastalık yapıcı mikroorganizmalar ve ürünlerinin, organik ve inorganik doku artıklarının kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasıdır [212]. Ancak kanal tedavisi sırasında yapılan biyomekanik şekillendirmenin bu etkenlerin tamamının uzaklaştırılmasını sağlayamayacağı bilindiğinden, yapılacak kanal dolgusunun preparasyon sonrasında elde edilen dezenfeksiyon seviyesini korumak ve tekrar enfeksiyonu önlemek amacıyla, apikal ve koronalden sızıntıyı engelleyecek şekilde, periradikuler dokulardan da geçişe engel olacak, üç boyutlu ve hermetik olarak kapama sağlayarak yapılmasının önemi görülmektedir [24-27]. Günümüze kadar kanal dolgusu için oldukça fazla materyal ve yöntem kullanılmıştır. Kök kanal patları apikal foramen, kök kanalındaki düzensizlikler ve kök kanalının dentin duvarı ile katı kor materyali olan guta-perka malzemesi arasındaki küçük düzensizlikler de dahil olmak üzere kanal boyunca sıvı geçirmez veya hermetik bir sızdırmazlık sağlamak için kök kanal sistemlerinin tıkanmasında kullanılır [213].

1990'lı yıllarda Mineral Trioksit Aggregat (MTA)'nın kullanımıyla diş hekimliği pratiğine girmiş biyoseramik esaslı materyaller endodontide birçok uygulamada kullanılmaktadır [113]. Retrograt dolgu materyali olarak tercih edilmeye başlanan biyoseramik materyaller, sonrasında kök tamir materyali olarak da kullanılmaya başlanmış ve üstün fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinden dolayı günümüzde kök kanal patı olarak da kullanılmakta ve birçok araştırmaya konu olmaktadır [7-9].

Özellikle kanal patı olarak biyoseramikler, kalsiyum silikat ve / veya kalsiyum fosfat gibi biyouyumlu içerikleri, alkali pH'ları, biyolojik ortam içindeki kimyasal stabiliteleri ve büzülme açısından olumlu özellikler göstermesi gibi fiziksel ve biyolojik özelliklerinden dolayı önemli ölçüde dikkat çekmiştir [112, 114, 119, 163]. Bu patların fiziksel özellikleri, kimyasal yapıları, biyolojik özellikleri farklı yöntemlerle birçok araştırmacı tarafından incelenmiş, ISO standartları ve genelde kök kanal dolumunda en çok tercih edilen ve altın standart olarak kabul edilen AH Plus'la karşılaştırılarak sonuçları bildirilmiştir. Donnermeyer ve ark.'nın 2019'da yayınlanan ve literatürde bu konuyla ilgili çalışmaları içeren kapsamlı derlemesinde; radyoopasite, film kalınlığı,

akıcılık ve çözünürlük gibi fiziksel özelliklerinin ISO standartlarında olduğu, bioaktivite özelliklerinin bulunduğu ve çalışmaya dahil edilmiş tüm biyoseramik esaslı patların alkali potansiyele sahip oldukları; biyouyumlu, sitotoksik ve genotoksik olmayan malzemeler oldukları, sert doku oluşumunu uyarak biyoaktif özellikte oldukları, antibakteriyel etkilerinin bulunması gibi iyi biyolojik özellikler gösterdikleri bildirilmiştir. Ancak dentinle olan ilişkisini inceleyen çalışmalardan elde edilen sonuçların karşıt görüşler de barındırmakla birlikte bazı biyoseramik esaslı kanal patlarının diğerlerine göre üstün olabildikleri fakat epoksi-rezinlerle karşılaştırıldığında sızdırmazlık, kanal dolum sonrası kanal içinde kalan boşluklar, bağlanma dayanımı ve dentin tübüllerine penetrasyon bakımından üstün olduklarının söylenemeyeceği de bildirilmiştir [108].

Bu çalışmayı oluştururken yaptığımız literatür taramasında, bahsedilen derlemeye de dahil edilmiş Razmi ve ark.'nın 2016 yılında yaptıkları [11] ve NaOCl veya CHX ile yapılan irrigasyondan sonra kanal içi nem durumunun biyoseramik ve epoksi rezin esaslı kanal patlarının bağlanma dayanımına etkisini inceleyen çalışmada buldukları sonuçlar dikkatimizi çekmiş ve biyoseramik esaslı kanal patlarının dentinle olan bağlantılarının farklı son yıkama solüsyonlarından etkilenebileceği düşüncesi çalışmamızın temelini oluşturmuştur. Razmi ve ark. bu çalışmada push-out yöntemiyle rezin esaslı AH Plus ve Adseal ile biyoseramik esaslı Endosequence BC Sealer'ı karşılaştırmış, sonuç olarak da rezin esaslı kanal patlarının irrigasyon solüsyonunun çeşidinden etkileneceği ancak AH Plus'ın bağlanma dayanımının kanal içi nemliliğinden olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Çalışmadaki dikkatimizi çeken diğer sonuç ise CHX kullanıldığında Endosequence BC Sealer'ın bağlanma kuvvetinin azalması olmuştur [11]. Bu sebeple yıkama solüsyonlarının kanal patlarının dentinle olan ilişkisine etki edebileceği düşüncesiyle biz de çalışmamızda CHX ve NaOCl'in biyoseramik esaslı kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonuna etkisini gözlemlemeyi amaçladık.

Dentin tübüllerine penetrasyon derinliği bir kanal patının performans değerlendirmesinin ölçütlerinden biridir [200]. Bir kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunun, malzeme ile dentin arasındaki bağlantı yüzeyini artırdığı ve sızdırmazlığa katkı sağladığı [214], aynı zamanda kök kanal dolgusunun retansiyonunu artırdığı düşünülmektedir [215]. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, dentin tübüllerine

penetre olan kanal patı fiziksel bariyer oluşturarak preparasyon ve irrigasyon sonrası dentin tübüllerinde kalan bakterilerin gömülü kalmasını sağlar [216] ve antibakteriyel etki gösterebilir [118]. Kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu; nem koşulları, sıcaklık, dentin tubullerinin içeriği ve kanal patlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (partikül boyutu, çözünürlüğü, akıcılığı, yüzey gerilimi) gibi birçok nedene bağlıdır [198, 216]. Bu bilgiler ışığında planladığımız çalışmamızın amacı; endodonti pratiğinde rutin kullanıma girmiş olan iki farklı biyoseramik esaslı kanal patının, farklı son yıkama solüsyonları olarak NaOCl ve CHX kullanıldığında dentin tübüllerine penetrasyonunu incelemek ve epoksi-rezin esaslı AH Plus patı ile karşılaştırmaktır.

Çalışmamızda kanal dolum yöntemi olarak, kullandığımız döner alet sistemiyle uyumlu açılı tek kon tekniği kullanılmıştır. Lateral kondansasyon ve sıcak vertikal kompaksiyon gibi yöntemlerde kanal dolumu sırasında uygulanacak kuvvetin standardizasyonunun zorluğundan dolayı patın dentin tübüllerine penetrasyonunu etkileyeceğini düşündüğümüzden bu teknik tercih edilmiştir. Açılı tek kon yönteminin avantajlarından biri dolum sırasında kanal duvarlarına uygulanacak basıncı minimize etmesidir [217]. Tekniğin uygulanışında kanal patları farklı yöntemlerle kanala uygulanabilmektedir. AH Plus kanal patının kanal içine yerleştirilme tekniklerinin dentin tübüllerine penetrasyona olan etkisinin incelendiği bir çalışmada, lentülo ile uygulama yöntemi sonik yöntemle göre daha başarılı bulunmuştur ancak en başarılı grup ise ultrasonik ile uygulanması olmuştur [218]. Çalışmamızda da kanal patları, dentin tübül penetrasyonunun incelendiği birçok çalışmada olduğu gibi, açılı gutta-perka konları kanala yerleştirilmeden önce lentülo ile kanala iletilmiştir [219-222].

Tek kon yöntemiyle kanal dolumunda, kullandığımız şekillendirme sistemine uygun gutta-perka konunun, kanal anatomisi kaynaklı adaptasyon zorluğu olmaması açısından çalışmamızda tek köklü ve yuvarlak kanallı üst orta kesici dişler tercih edilmiştir. Vertucci'nin 1984 yılında yayınlanan çalışmasında üst orta kesici dişlerin anatomik olarak en az varyasyon gösteren dişlerden olduğu ve incelenen dişlerin tamamında tek giriş ve tek apikal sonlanma gözlemlendiği, yan kanal, isthmus ve aksesuar kanal içermeyen Vertucci Tip I sınıflamasına dahil olup yuvarlak forma sahip oldukları ve apikal deltada dallanma görülme olasılığının ise %1 olduğu bildirilmiştir [223].

Kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun incelendiği çalışmalara genel olarak bakıldığında farklı görüntüleme yöntemleri kullanıldığı görülmektedir.

Kullanılan bu yöntemler arasında en yaygını tarama elektron mikroskobu (SEM) ve konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM) olmakla birlikte iki yöntem için de avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. SEM yöntemiyle yapılan incelemelerde düşük magnifikasyonda detay görüntülenememesi, örnek hazırlanmasının CLSM'ye göre zor olması ve artefakt oluşma ihtimalinin olması gibi dezavantajlar bulunmaktadır. Çalışmamızda, CLSM kullanıldığında kalın örneklerden dahi artefakt oluşmadan seri şekilde görüntü alınabilmesi, derinlik kontrolü yapılabilmesi ve kesitin genel görünümünün detaylı incelenebilmesi gibi avantajları gözönünde bulundurularak inceleme yöntemi olarak CLSM tercih edilmiştir [180, 198, 224, 225]. CLSM'de görüntü elde edilebilmesi için incelenecek materyale florasan bir boya eklenmesi gerekmektedir. Çalışmamızda konuyla ilgili birçok çalışmada olduğu gibi florasan boya olarak ~%0,1'lik Rhodamyne B kullanılmıştır. Rhodamyne B %0,2 'den az oranda kullanıldığında kanal patlarının fiziksel özelliklerinin değişmediği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [216].

Bu konuyla ilgili çalışmalara genel olarak bakıldığında şekillendirme yöntemi olarak tek köklü dişlerde genellikle NiTi döner alet sistemlerinden ProTaper Universal gibi kullanımı oldukça yaygınlaşmış, klinisyenlerce tercih edilen sistemler kullanılmıştır. Biz de çalışmamızda sıklıkla tercih edilmesi ve kendi sistemi ile uyumlu açılı gutta-perkası bulunması sebebiyle, ProTaper Universal sistemine göre kurondan debris çıkışına izin veren hareketi ve şekillendirme etkinliği daha başarılı bulunan [226] ProTaper Next sistemini tercih ettik.

Çalışmamızda şekillendirme sırasında ana yıkama ajanı olarak kullandığımız %5,25'lik NaOCl; benzersiz doku çözücü etkisi, endodontal hastalığın oluşmasında etkili patojen mikroorganizmalara ve endotoksinlere karşı antimikrobiyal etkisi ve smear tabakasının organik komponentlerini uzaklaştırması, lubrikant olarak etki göstermesi gibi olumlu özellikleri sebebiyle günümüzde en sık tercih edilen ana yıkama solüsyonudur [20, 227-234]. Güncel yıkama konseptiyle ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında konu ile ilgili Basrani ve Haapasalo'nun 2012 yılında yayınladıkları derlemede, NaOCl'in birçok arzu edilen nitelik ve özelliğine rağmen kök kanal sisteminden biyofilmi, organik ve inorganik doku artıklarını tamamen uzaklaştırmada tek başına kullanılmasının yeterli olmayabileceği ve farklı solüsyonlarla kombinasyonlarının başarıyı arttıracığı belirtilmiştir [22]. Ancak bilindiği üzere bu

solüsyonlar tercih edilirken birbiriyle olası etkileşimlerine ve kullanım sırasına dikkat edilmesi gerektiği de aynı çalışmada belirtilmiş ve yıkama solüsyonlarının kullanımıyla ilgili rehber bir protokol oluşturulmuştur [22]. Çalışmamızda final irrigasyonu büyük ölçüde bu protokole bağlı kalınarak uygulanmış ve solüsyonlar arasındaki etkileşimleri elimine etmek için tüm solüsyonlar arasında distile su kullanılmıştır.

Kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu karşılaştırdığımız çalışmamızda inorganik çözücü olarak smear tabakasının kaldırılmasında 5 mL %17'lik EDTA solüsyonu 1 dakika uygulanarak kullanılmıştır. Kokkas ve ark.'nın 2004 yılında yayınlanan ve smear tabakasının 3 farklı kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonuna etkisini inceledikleri çalışmalarında, smear tabakası varlığının tüm kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu önlediği ve %17'lik EDTA kullanılarak smear tabakası kaldırılan grupta ise çalışmada kullanılan tüm patların dentin tübüllerine farklı derinliklerde penetrasyon gösterdiği bildirilmiştir [216]. Saito ve ark. 2008 yılında yayınlanan çalışmalarında %17'lik EDTA solüsyonunun 15 sn, 30 sn ve 1 dk'lık uygulamalarında smear tabakası üzerindeki etkilerini incelemiş ve 1 dk'lık uygulamanın daha kısa süreli uygulamalara göre smear tabakasını anlamlı derecede daha etkili biçimde kaldırdığını bildirmişlerdir [81]. Çalışmamıza benzer şekilde dentin tübüllerine penetrasyonu inceleyen birçok çalışmada şelasyon ajanı olarak smear tabakasını kaldırmak için EDTA tercih edilmiştir [201, 222, 235-239]. Literatürde bu konuda farklı şelasyon ajanlarının etkilerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Kara Tuncer ve Tuncer 2012 yılında yayınlanan AH 26 kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunu inceledikleri çalışmalarında maleik asit, sitrik asit ve EDTA'nın etkisini karşılaştırmış ve solüsyonlar arasında anlamlı fark bulunmadığını bildirmişlerdir [225]. Benzer şekilde Özaşır 2014'te yaptığı doktora tez çalışmasında; %7'lik maleik asit ve %17'lik EDTA şelasyon ajanları karşılaştırıldığında dentin tübül penetrasyonu açısından anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir [240].

Özellikle nekrotik olgularda smear tabakasının kaldırılma prosedüründen sonra kök kanalının antiseptik solüsyonlarla yıkanması faydalı görülmektedir [241]. Endodontal hastalığa etken olan mikroorganizmaların 300-600 µm derinliğe kadar, hatta bazılarının dentin tübüllerinin tamamı boyunca penetrasyon gösterip orada canlılıklarını koruyabilmelerinin mümkün olduğu bilindiğinden, smear tabakası kaldırılıp dentin tübülleri açığa çıktıktan sonra antimikrobiyal etkili ajanların bu bölgeye de etki etmesi

kanal tedavisinin başarısını etkileyebilecek bir faktördür [6, 242]. Smear tabakasının kaldırılması ve ardından antiseptik etki sağlanması için kullanılabilecek yıkama protokolleri Basrani ve Haapasalo'nun 2012 yılındaki derlemelerinde şu şekilde sıralanmıştır; EDTA + NaOCl , EDTA + CHX, MTAD, SmearClear, Tetraclean ve Qmix [22]. Aynı derlemede EDTA ve NaOCl'in ardarda kullanılmasının kök kanal duvarlarında erozyona yol açabildiği ve bu erozyonun derecesinin solüsyonların uygulama süresi ve miktarı ile doğru orantılı olarak artış gösterebileceği de belirtilmiştir [22]. Her ne kadar dentin yüzey erozyonunun artışı durumunda postoperatif komplikasyonlara yol açtığı bilinse de, maksimum düzeyde temizlik ve anitimikrobiyal etkiye de katkı sağlayabileceği düşünülmektedir [20]. Bu bilgiler gözönünde bulundurularak çalışmamızda bir grupta son yıkama solüsyonu olarak %5,25'lik NaOCl tercih edilmiştir. AH Plus ve BC Sealer'ın push-out bağlanma dayanımının incelendiği bir çalışmada EDTA kullanımıyla inorganik kısmın uzaklaştırılıp dentin organik kısmının açığa çıkarılmasının AH Plus'ın bağlantı kuvvetine katkıda bulunduğu fakat EDTA ardından NaOCl ile yıkanmasının AH Plus'ın bağlantı kuvvetini azalttığı ileri sürülmüştür [243]. Final yıkama ajanının seçilmesi tedavinin bir sonraki adımına göre de yönlendirilebilmektedir. Örneğin; ara seanslarda kalsiyum hidroksit medikamenti kullanılacaksa son yıkama olarak NaOCl, bu iki kimyasalın birbirini tamamlayıcı etkilerinden dolayı da tercih edilebilir [20]. EDTA kullanımı ardından NaOCl'in kullanılmasının oluşturabileceği erozyon etkisini bir miktar azaltabilmek için NaOCl'in daha düşük konsantrasyondaki solüsyonu tercih edilebileceği önerilmiştir [22].

Klorheksidin glukonatın iyi antimikrobiyal etkili bir ajan olması ve dentine adezyon gösterdikten sonra bu etkisini devam ettirebilmesi sebebiyle yıkama solüsyonu olarak kullanılması önerilmektedir [58, 244, 245]. Çalışmamızda son yıkama solüsyonu olarak kullandığımız diğer bir solüsyon olan CHX'in organik doku çözücü özelliği bulunmamaktadır. Organik doku çözücü özelliği güçlü olan NaOCl ardından kombine kullanımı durumunda oluşan etkileşim sonucu bir çökelti oluşup renk değişikliği meydana gelebilir. Bu çökeltinin oluşması dikatyonik asit özellik taşıyan CHX ve alkali yapıdaki NaOCl'in arasındaki asit-baz reaksiyonundan dolayı oluştuğu belirtilmiştir. Parakloroanilin (PCA) adı verilen ve suda çözünmeyen nötral yapıdaki bu çözelti dentin tübüllerini tıkayıp kanal dolgusunun sızdırmazlığını olumsuz etkileyebilmektedir [18, 66, 67]. Yapılan bir çalışmada NaOCl ve CHX kullanımları arasında kök kanalları 5 mL distile su ile yıkanmış fakat SEM görüntülerinde yine aynı çökeltinin görüldüğü

bildirilmiştir [69]. Prado ve ark.nın yaptıkları çalışmada ise her iki solüsyon arasında 10 mL distile su kullanılmış ve SEM ile incelenen örneklerin hiçbirinde bu çökeltiyeye rastlanmadığı ve oluşan bu durumun yıkama solüsyonunun hacmiyle ilgili olduğunu belirtmişlerdir [246]. Biz de çalışmamızda her iki solüsyonun etkileşimiyle oluşabilecek bu çökeltinin dentin tübül penetrasyon sonuçlarımızı etkilememesi açısından bu solüsyonlar arasında, CHX kullandığımız 2. Grup'ta toplamda 10 mL olacak şekilde NaOCl'ten sonra 2,5 mL distile su ardından 5 mL EDTA ve ardından tekrar 2,5 mL distile su ile yıkama uyguladık.

Klorheksidinin adeziv diş hekimliği uygulamalarında fosforik asit demineralizasyonunun ardından kullanımı ile hibrit tabaka üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır [77, 247]. Kök dentini ve uygulanan adeziv materyalin arayüzünde oluşan bu hibrit tabakadaki kollajen liflerin bozulması, zamanla bağlanma dayanımını azaltan bir faktördür ve yapılan çalışmalarda kollajen fibrillerin bozulmasından endojen matriksmetalloproteinazların (MMP) sorumlu olduğu belirtilmiştir [75, 248]. Klorheksidinin antikollajenolitik etkisi ve MMP'lerin aktivitesini azaltması gibi bir olumlu etkisi bulunmaktadır. Bu etkisi sayesinde kompozit restorasyonların uzun dönemde dentin ile olan bağlantısına katkı sağlaması özelliğine dayanarak, kanal içinde son yıkama solüsyonu olarak kullanıldığında rezin esaslı kanal patlarının dentinle olan bağlantısını arttırabileceği düşüncesi araştırmacılar tarafından ileri sürülmektedir [47, 249-251]. Aynı zamanda kompozit üst restorasyonlarda bu etkisi birçok çalışmada gösterilen CHX'in kanal içi adeziv post uygulamalarında kök dentininde de aynı etkiyle bağlantıya katkı sağladığı düşünülmektedir [252-255]. Bu bilgiler gözönünde bulundurulduğunda smear tabakasının kaldırılmasının ardından kanal içine adeziv post uygulaması yapılacaksa son yıkama solüsyonu olarak CHX'in tercih edilebileceği de düşünülebilir. Fakat CHX'in bağlantı dayanımına negatif etki ettiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Daha önce bahsedildiği gibi Razmi ve ark.nın 2016 yılında yaptıkları çalışmada CHX'in kullanımının Endosequence BC Sealer'ın bağlanma dayanımını azalttığı bildirilmiştir [11].

Çalışmamızdaki bulgulara elde ettiğimiz ortalama değerler kanal patları gözönünde bulundurulmadan incelendiğinde, final irrigasyonu olarak 2,5 mL %5,25'lik NaOCl + 2,5 mL distile su ile yıkanan 1. Grup ile 2,5 mL %2'lik CHX ile yıkanan 2. Grup arasında maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,831, p>0,05$). Her iki yıkama grubu arasında

kanal patlarının penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında da aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p=0,149, p>0,05$). Elde edilen ortalama değerler genel olarak kıyaslandığında, CHX'in NaOCl'e göre çalışmamızda kullandığımız tüm kanal patları için dentin tübül penetrasyonu üzerine olumlu veya olumsuz bir etki gösterdiğine dair bir genelleme yapılamamaktadır. Ancak segmental düzeyde kanal patlarına ait maksimum penetrasyon derinliği bulguları karşılaştırıldığında, AH Plus kanal patı için, apikal bölgede NaOCl kullanılan grupta, CHX kullanılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük değerler elde edilmiştir ($p=0,023, p<0,05$). Yine segmental düzeyde kanal patlarına ait penetrasyon yüzde değerleri karşılaştırıldığında, AH Plus kanal patı için, hem apikal bölgede ($p=0,049, p<0,05$) hem de orta bölgede ($p=0,034, p<0,05$) NaOCl kullanılan grupta, CHX kullanılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu bulgular gözönüne alındığında CHX ile son yıkama yapılmasının AH Plus kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonuna olumlu etkileri olduğu söylenebilir. Fakat aynı olumlu etki BioRoot RCS ve Endosequence BC Sealer için görülmemiştir. Lindblad ve ark.nın 2019'da iki ayrı rezin esaslı kanal patının kısa ve uzun dönem mikrosızıntılarını inceledikleri çalışmalarında, CHX'in kanal patlarının kök dentinine bağlantısına olumlu etki gösterdiğini ve bu etkinin antikollajenolitik etkisi ve MMP inhibisyonu sayesinde olduğunu belirtmişlerdir [256]. Bu çalışma metodolojik olarak bizim çalışmamızla farklılık gösterse de, CHX'in rezin esaslı patların dentinle olan bağlantılarına pozitif etki göstermesi ile ilgili bulgusu çalışmamıza paralellik göstermektedir. Ancak Özaşır'ın 2014 yılında yaptığı %17'lik EDTA, %7'lik Maleik asit ve %2'lik CHX solüsyonlarının EndoRez, AH Plus ve TechBioSealer Endo kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonuna olan etkisini CLSM ile incelediği doktora tezinde elde ettiği verilere göre, %7'lik MA ardından %2'lik CHX ile yıkama yapıldığında AH Plus'ın penetrasyon derinliğini azalttığı bulunmuştur. Bunun yanında EDTA ve MA ardından %2'lik CHX uygulamasının çalışmada kullanılan tüm patların tübül penetrasyon yüzdelerini artırdığı bildirilmiştir [240]. Bu çalışmada kullanılan patlardan AH Plus ile ilgili bulgular, CHX'in bizim çalışmamızda da orta ve apikal kök segmentlerinde AH Plus'ın penetrasyon yüzde değerini arttırdığı bulgularımızla uyum göstermektedir. Ancak bizim çalışmamızda CHX AH Plus'ın apikal segmentinde penetrasyon derinliğini arttırmış diğer segmentlerde anlamlı bir etki göstermemiştir. Özaşır'ın çalışmasında MA ardından CHX irrigasyonunun AH Plus'ın dentin

tübüllerine penetrasyon derinliğini azalttığı bulgusu beklenmedik bir sonuç olarak yorumlanmış ve örnekler gruplara rastlantısal olarak dağıtılsa da örneklerin elde edildiği hastaların yaş grubuna ve daha sklerotik dişler olmasına bağlı olabileceği bildirilmiştir.

Çalışmamızda CHX'in AH Plus dışındaki patların penetrasyon yüzde değerlerine olumlu veya olumsuz bir etkisi bulunmamıştır. Özaşır'ın çalışmasında ise EDTA ve MA ardından %2'lik CHX uygulanan gruplarda tüm patların tübül penetrasyon yüzdeleri artırdığı bildirilmiştir. Araştırmacı bunun nedenini, Oliviera ve ark.nın 2007 [257] yılında yaptıkları kök kanal dentin mikrosertliği üzerine NaOCl ve CHX'in etkilerini inceledikleri çalışmalarında bildirdiği gibi her iki yıkama şeklinin dentin mikrosertliğinde düşüşe neden olduğu bilgisine dayandırmışlardır. Bu çalışmada bölgeye göre dentin mikrosertliğinin değiştiği ve pulpaya en yakın bölgelere doğru azaldığı vurgulanmıştır. Pulpaya en yakın bölgelerin peritübüler dentin içermediğinden ve dentin tübül çaplarının daha fazla olmasından dolayı yıkama solüsyonlarından en çok etkilenen alanlar olduğu belirtilmiştir [257]. Biz de bu farklılığın çalışmalarımızın son yıkama protokollerinin farklı olmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Özaşır'ın tez çalışmasında son yıkama protokolünde, CHX kullanılan gruplar haricinde smear tabakasının kaldırılmasının ardından herhangi bir antiseptik ajan kullanılmamıştır ancak bizim çalışmamızda yukarıda belirtildiği gibi yine dentin mikrosertliğine etki ettiğini düşünebileceğimiz NaOCl kullanılmıştır.

Çalışmada kullandığımız kanal patları birbirleri ile maksimum penetrasyon derinliği açısından karşılaştırıldığında; her iki yıkama konseptinde de AH Plus kanal patı, BioRoot RCS ve Endosequence BC Sealer patlarına göre istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı şekilde daha az maksimum penetrasyon derinliği göstermiştir ($p<0,001$). BioRoot RCS ve Endosequence BC Sealer kanal patları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Uzunoğlu-Özyürek ve ark. 2018 [238] yılında 52 adet tek köklü alt küçük azı dişi kullanarak yaptıkları çalışmada, ara seanslarda kalsiyum hidroksit uygulamasının AH 26 ve BioRoot RCS'in dentin tübüllerine maksimum penetrasyon derinliği ve penetrasyon yüzdeleri olan etkisini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde BioRoot RCS'in AH 26'ya göre daha iyi penetrasyon derinliği ve daha iyi penetrasyon yüzdesi gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar Ca(OH)_2 artıklarının BioRoot RCS patının kanalın orta

ve kural 1/3'ünde penetrasyon derinliğini azalttığını ancak yüzdesini etkilemediğini ve AH 26'ya kıyasla daha az etkilendiğini belirtmişlerdir. BioRoot RCS ile elde edilen değerlerin AH Plus'a benzer özellik gösteren AH 26 kanal patına göre daha iyi sonuçlar göstermesi çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgularla paralellik göstermektedir. Bu çalışmadan elde edilen bir diğer benzer sonuç, her iki kanal patı ile apikal 1/3'te hem yüzde hem penetrasyon derinlik değeri olarak en düşük değerlerin elde edilmesidir.

Bu bulgulara benzerlik gösteren bir diğer çalışma Dsouza ve ark. 2020 [219] yılında yayınladıkları GuttaFlow, BioSeal, BioRoot RCS ve MTA Fillapex'in örtüleme yeteneklerini AH Plus'la karşılaştırdıkları CLSM çalışmasıdır. Araştırmacılar BioRoot RCS ile edilen maksimum penetrasyon derinliği değerlerinin AH Plus'tan ve diğer kanal patlarından daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Trikalsiyum esaslı BioRoot RCS'nin doku sıvılarıyla temas ettiğinde reaksiyona girerek kalsiyum salınımı yaptığı ve kalsiyum hidroksit formasyonu ile dentin sealer arayüzünde mikrosızıntı ihtimalini azalttığı belirtilmiştir [219]. Araştırmacılar BioRoot RCS'in AH Plus'tan daha iyi örtüleme özellikleri gösterdiğine ait bulgularının Viapiana ve ark.'nın [258] çalışmasıyla benzerlik gösterdiğini de belirtmişlerdir. Viapiana ve ark. 2016'da AH Plus ve BioRoot RCS'in porozite ve örtüleme yeteneklerini üç farklı ex vivo yöntem üzerinde karşılaştırmışlar, BioRoot RCS ile AH Plus'tan daha iyi sonuçlar elde etmelerinin yanında BioRoot'un kanala penetrasyon gösterdiği bölgelerde bant şeklinde florasan bir tabaka gözlemlediklerini de belirtmişlerdir [258]. Atmeh ve ark. BioRoot ve AH Plus'ın dentin tübül penetrasyon paternlerinin farklı olduğunu ve BioRoot ile oluşan bu alanın mineral infiltrasyon zonu olarak adlandırıldığını bildirmişlerdir [8]. Viapiana ve ark. BioRoot'un Endosequence BC Sealer ile kıyaslandığında iki katı kadar kalsiyum salınımı yaptığını ve bu kalsiyum iyonlarının sealer kök dentini arayüzeyinde bir kalsiyum fosfat fazı oluşturduğunu ve bunun da mineral infiltrasyon zonunun oluşmasına neden olduğunu belirtmişlerdir [258]. Bu zonun oluşması sealerin biyomineralizasyon aktivitesine yardımcı olmaktadır. Bu sayede sealer aynı zamanda yüksek örtücülük özelliği de göstermektedir. Buna ilaveten bu kanal patının doku sıvılarıyla etkileşiminden sonra ortaya çıkan biyomineralizasyon aktivitesiyle yüksek kırılma direnci de elde ettiklerini belirtmişlerdir [259].

Akçay ve ark. 2016'da [201] CLSM kullanarak yaptıkları çalışmada iRoot SP, AH Plus, MTA Fillapex ve GuttaFlow Bioseal kanal patlarının dentin tübül penetrasyon

alanları 3 farklı son yıkama prosedürü uygulanarak karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinlikleri incelenmeyip kanal patlarının penetre oldukları alan hesabı yapılmış ve iRoot SP ile elde edilen değerlerin diğer kanal patlarına göre istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı şekilde daha iyi olduğu sonucu elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan iRoot SP bizim çalışmamızdaki Endosequence BC Sealer ile aynı özelliktedir ve diğer eşleşen grup ise AH Plus'tır. Sonuçlar genellemenin dışında bu iki pata indirgenerek yapıldığında çalışmamıza benzer özellikler göstermiş ve iRoot Sp ile elde edilen penetrasyon alanı değerleri AH Plus'a göre daha iyi bulunmuştur.

Muedra ve ark. 2021 [221] yılında yaptıkları kalsiyum silikat esaslı sealerların piyasaya sunum şeklinin dentin örtücülüğüne etkisi olup olmadığını inceledikleri çalışmalarında, Endosequence BC Sealer, BioRoot RCS ve AH Plus kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyon derinlikleri ve yüzdeleri incelenmiştir. Bu çalışma gereç ve yöntem bakımından çalışmamıza benzer nitelikler taşımakla birlikte son yıkama solüsyonu olarak sadece 1 dk. %17'lik EDTA ardından 5 mL serum fizyolojik kullanılmıştır. Çalışmada diş grubu spesifikasyonu yapılmadan 60 adet alt ve üst çeneye ait tek köklü dişler kullanılmış ve 15 mm'ye sabitlenen köklerin 3,5 ve 8. mm'lerinden alınan kesitler üzerinde çalışılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara maksimum penetrasyon derinliğine bakıldığında Endosequence BCS, AH Plus'tan daha iyi sonuçlar göstermiştir. BioRoot RCS ile karşılaştırıldığında ise yine EndoSequence BCS daha iyi sonuçlar göstermiştir. Araştırmacılar Endosequence BC Sealer'ın BioRoot RCS'e olan üstünlüğünü; önceden karıştırılmış formda bulunan biyoseramik materyallerin, piyasaya sunum şekli toz ve likit şeklinde olan ve kullanıcı tarafından karıştırılan materyallerden daha iyi tubuler penetrasyon özellikleri gösterdiğini ve bunun yanında EndoSequence BC Sealer'da 1 μm 'den küçük olan partikül boyutunun, partikül boyutu 5-30 μm olan BioRoot RCS'ten küçük olduğunu belirterek açıklamışlardır [221]. Bizim çalışmamızda kullandığımız biyoseramik esaslı materyallerin AH Plus'tan daha iyi penetrasyon derinliği değerleri bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu gözükmektedir. Fakat çalışmamızda BioRoot RCS ve Endosequence BC Sealer kanal patları arasında anlamlı fark bulunamaması bu çalışmanın sonuçlarıyla farklılık göstermektedir. Üretici firmalar her ne kadar piyasaya sürdükleri toz-likit materyaller hakkında kullanım kılavuzu oluşturmuş olsalar bile bunun tam kontrollü olarak sağlanamaması bir dezavantaj olarak sonuçları

etkileyebilmektedir ve bu anlamda sunum şeklinin önemli olduğu da söylenebilir. Bu durum çalışmamızda elde ettiğimiz bulguların farklılığını açıklayabilir. Bunun yanında Muedra ve ark. çalışmada kullandıkları dişleri 50-70 yaş aralığındaki hastalardan ve tek köklü dişler olmasına rağmen alt ve üst çenedeki çeşitli diş gruplarından elde etmişlerdir. Biz ise çalışmamızda yaş aralığı farketmeksizin sadece üst orta keser dişleri kullandık. Yaşa bağlı olarak dentin tübül çaplarının sklerozla birlikte daralmış olması ,Muedra ve ark.nın çalışmasında kanal patlarının partikül boyutlarının önemini artıran bir faktör olabilir.

Literatürde AH Plus'a benzer özellik gösteren AH 26 ile farklı sonuç elde edilen çalışmalar da bulunmaktadır. Türker ve ark. 2018 [200] yılında 90 adet alt küçük azı dişinde yaptıkları çalışmada AH 26, BioRoot RCS ve MTA Plus kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyon derinliği ve push-out bağlanma dayanımını smear tabakası varlığında ve yokluğunda karşılaştırmışlardır. Çalışmada kökün orta bölgesinden 3 ayrı kesit elde edilerek örnekler oluşturulmuş ve ikisi push-out testi için, bir tanesi de CLSM için kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre smear tabakasının varlığında MTA Plus ve BioRoot RCS'in retansiyonunun AH 26'ya göre daha iyi olduğu, smear tabakası kaldırıldığında ise BioRoot RCS'in en düşük penetrasyon derinliği değerlerini gösterdiği bulunmuştur. Araştırmacılar MTA Plus'ın en iyi sonuçlar göstermesini partikül boyutlarının küçüklüğüne, AH 26'nın BioRoot RCS'ten daha iyi sonuçlar göstermesini ise AH 26'nın akışkanlığının iyi olması ile açıklamışlardır. Smear tabakası kaldırıldıktan sonra BioRoot RCS ile elde edilen bu bulgular, AH 26 ile benzerlik gösterdiğini düşündüğümüz AH Plus kullanarak yaptığımız çalışma ile farklılık göstermektedir. Bu durumun gereç ve yöntemin farklı olmasından kaynaklanması yanında BioRoot RCS'in karıştırılması esnasında oluşabilecek manuel etkiler nedeniyle olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda kullanılan her diş apikal, orta ve kural olmak üzere 3 segmente ayrılmış olduğundan gruplar segmental düzeyde de karşılaştırılmıştır. Buna göre her iki yıkama konseptinde de kanal patı cinsi farketmeksizin apikal bölgeden elde edilen maksimum penetrasyon derinliği ile ilgili değerler orta ve kural bölgelerden elde edilen değerlere göre istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ($p<0,001$). El Hachem ve ark. 2019'da yaptıkları AH Plus, BC Sealer ve novel trikalsiyum silikat (NTS) patlarının dentin tübül penetrasyonunu CLSM

kullanarak karşılaştırdıkları çalışmalarında, 1 mm ve 5 mm den alınan kesitleri karşılaştırmışlardır. 5mm'den alınan kesitlerde apikal 1 mm'den alınan kesitlere göre tüm kanal patlarının anlamlı derecede daha iyi penetrasyon göstediklerini belirtmişlerdir [220]. Bu bulgular bizim çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar apikal bölgeden elde ettikleri daha düşük penetrasyon değerlerinin nedenini, apikal bölgede dentin tübüllerinin sayıca az olmasına, yine tübül çaplarının küçük olmasına, apikal bölgede kök kanal duvarlarının tübülleri tıkayacak şekilde sement ve sement benzeri bir doku ile kaplanmış olmasına, apikal bölgenin daha sklerotik dentine sahip oluşuna ve smear kaldırılması ile ilgili yıkama etkinliklerinin apikalde daha yetersiz olabileceğine bağlamışlardır [220, 260-262]. Çalışmamızda apikal 1/3'te hem yüzde hem penetrasyon derinlik değeri olarak en düşük değerlerin elde edilmesi ile ilgili bulgularımız, Viapiana ve ark. 2016 [258], McMichael ve ark. 2016 [261] Akçay ve ark. 2016 [201], Wang ve ark. 2018 [203], Uzunoğlu-Özyürek ve ark. 2018 [238], Kim ve ark. 2019 [263], Reynolds ve ark. 2020 [264], Muedra ve arkadaşlarının 2021'de [221] yayınladıkları çalışmalardan elde ettikleri bulgularla benzerlik göstermektedir.

Kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyon derinliği ile ilgili çalışmalar kanal patlarının performanslarının değerlendirilmesinde önemli ölçütlerden biridir [200]. Son yıllarda olumlu birçok özellikleriyle kullanıma girmiş olan biyoseramiklerin alkalin yapısının kollajen lifler üzerine yaptığı etkiyle dentin tübüllerine bağlantılarının kolaylaştığı da bildirilmiştir [265]. Bunun yanında epoksi rezin esaslı AH Plus patı doğal olarak asidik özellikler göstermektedir ve bu özelliğinin yanısıra içerdiği polimer, polimerizasyon büzülmesine sebep olarak dentin tübüllerine bağlantısını sınırlayabildiği ileri sürülmektedir. Bu gibi sebeplerle de biyoseramik içerikli kanal patlarının rezin içerikli patlardan daha üstün örtücülük özelliği göstermesi muhtemeldir [266]. Kök kanal dolgularının kalitelerinin in vitro olarak değerlendirilmesi için kullanılan birçok yöntem olmakla birlikte her yöntemin kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin; SEM ile yapılan yüksek magnifikasyonlu çalışmalarda dentin tübülleri yanında kanal patlarının dentin duvarlarına olan adaptasyonu çok detaylı incelenebilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise düşük magnifikasyonlarda detaylı görüntüleme sağlanamadığı için incelenen kesitle ilgili genel görünüm değerlendirilmesi yapılamamakta bu da sistemik analizlerin yapılmasını zorlaştırmaktadır [198]. Çalışma sonuçlarının klinik ortama daha iyi uyarlanabilmesi

için kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyon etkilerinin SEM ve CLSM gibi görüntüleme tekniklerinin karşılaştırılmal olarak kullanılması literatüre ayrı bir katkı sağlayabilir. Bunun yanında temennimiz bu tip çalışmaların anatomik varyasyon gösteren örneğin eğimli kök kanallarında da yapılması, farklı yıkama protokollerinin uygulanması sırasında aktivasyon tekniklerinin etkisinin incelendiği daha çok çalışmanın yapılmasıdır. Ayrıca konu ile ilgili çalışmalara genel olarak bakıldığında bu materyallerin farklı sonlar göstermesinden anlaşıldığı üzere, hala vakaya özgü kesin bir konsensus oluşturulamadığı görülmektedir.



6. SONUÇLAR

1. Son yıkama solüsyonu olarak klorheksidin kullanımının biyoseramik esaslı sealerların dentin tübüllerine penetrasyonu üzerine olumlu veya olumsuz bir etkisi bulunmamıştır.
2. Son yıkama solüsyonu olarak kullanılan klorheksidin, AH Plus'ın hem penetrasyon derinliğine hem penetrasyon yüzdesine olumlu etki göstermiştir.
3. Tüm kanal patları her iki yıkama konseptinde apikal 1/3 düzeyinde en düşük penetrasyon derinliği ve penetrasyon yüzde değerlerini göstermiştir.
4. Piyasaya sürülme şekilleri farklı olan Endosequence BC Sealer ve BioRoot RCS arasında dentin tübül penetrasyon derinliği ve yüzdeleri bakımından bir fark bulunmamıştır.
5. Biyoseramik esaslı Endosequence BC Sealer ve Bioroot RCS, rezin esaslı AH Plus ile kıyaslandığında daha iyi maksimum dentin tübül penetrasyonu değerleri göstermiş, penetrasyon yüzde değerleri arasında bir fark bulunmamıştır. Bu bağlamda bu patların klinikte rutin olarak kullanılan AH Plus patına alternatif olabileceğini düşünebiliriz.

KAYNAKLAR

1. Siqueira Jr, J.F., et al., *Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques*. Journal of Endodontics, 1999. **25**(5): p. 332-335.
2. Kersten, H. and W. Moorer, *Particles and molecules in endodontic leakage*. International Endodontic Journal, 1989. **22**(3): p. 118-124.
3. Timpawat, S., N. Vongsavan, and H.H. Messer, *Effect of removal of the smear layer on apical microleakage*. Journal of Endodontics, 2001. **27**(5): p. 351-353.
4. Alaçam, T., *Endodonti*. 2. baskı 2012: Özyurt Matbaacılık, Ankara.
5. Saunders, W. and E. Saunders, *The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta - percha root fillings and a glass ionomer sealer*. International Endodontic Journal, 1992. **25**(5): p. 245-249.
6. Haapasalo, M. and D. Ørstavik, *In vitro infection and of dentinal tubules*. Journal of dental research, 1987. **66**(8): p. 1375-1379.
7. Camilleri, J. and T. Pitt Ford, *Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material*. International endodontic journal, 2006. **39**(10): p. 747-754.
8. Atmeh, A., et al., *Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates*. Journal of dental research, 2012. **91**(5): p. 454-459.
9. Koch, K., D. Brave, and A. Nasseh, *A review of bioceramic technology in endodontics*. CE article, 2012. **4**: p. 6-12.
10. Reyes-Carmona, J.F., M.S. Felipe, and W.T. Felipe, *Biom mineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid*. Journal of endodontics, 2009. **35**(5): p. 731-736.
11. Razmi, H., et al., *The effect of canal dryness on bond strength of bioceramic and epoxy-resin sealers after irrigation with sodium hypochlorite or chlorhexidine*. Iranian endodontic journal, 2016. **11**(2): p. 129.
12. Çapar, İ.D. and H. Ari Aydinbelge, *Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self - adjusting file system on smear layer and debris removal*. Scanning: The Journal of Scanning Microscopies, 2014. **36**(6): p. 640-647.
13. Deleu, E., M.A. Meire, and R.J. De Moor, *Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities*. Lasers in medical science, 2015. **30**(2): p. 831-835.
14. DiVito, E. and A. Lloyd, *ER: YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming*. Dentistry today, 2012. **31**(11): p. 122, 124-7.
15. Gu, L.-s., et al., *Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices*. Journal of endodontics, 2009. **35**(6): p. 791-804.
16. Greenstein, G., C. Berman, and R. Jaffin, *Chlorhexidine: an adjunct to periodontal therapy*. Journal of periodontology, 1986. **57**(6): p. 370-377.
17. Haapasalo, M., et al., *Irrigation in endodontics*. British dental journal, 2014. **216**(6): p. 299-303.
18. Mohammadi, Z. and P. Abbott, *The properties and applications of chlorhexidine in endodontics*. International endodontic journal, 2009. **42**(4): p. 288-302.

19. Zamany, A., K. Safavi, and L.S. Spångberg, *The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2003. **96**(5): p. 578-581.
20. Zehnder, M., *Root canal irrigants*. Journal of endodontics, 2006. **32**(5): p. 389-398.
21. Schilder, H., *Filling root canals in three dimensions*. Journal of endodontics, 2006. **32**(4): p. 281-290.
22. Basrani, B. and M. Haapasalo, *Update on endodontic irrigating solutions*. Endodontic topics, 2012. **27**(1): p. 74-102.
23. Peters, O.A., K. Schönenberger, and A. Laib, *Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography*. International endodontic journal, 2001. **34**(3): p. 221-230.
24. Arnold, M., D. Ricucci, and J.F. Siqueira Jr, *Infection in a complex network of apical ramifications as the cause of persistent apical periodontitis: a case report*. Journal of endodontics, 2013. **39**(9): p. 1179-1184.
25. Nair, P., et al., *Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2005. **99**(2): p. 231-252.
26. Kirkevang, L.L., et al., *Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population*. International endodontic journal, 2000. **33**(6): p. 509-515.
27. Tavares, P.B., et al., *Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban French population: influence of the quality of root canal fillings and coronal restorations*. Journal of endodontics, 2009. **35**(6): p. 810-813.
28. Dictionary, C.E., *Complete and unabridged*. NY-HarperCollins Publishers, 2003.
29. Kandaswamy, D. and N. Venkateshbabu, *Root canal irrigants*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2010. **13**(4): p. 256.
30. Dakin, H.D., *A handbook of antiseptics*. 1917: Macmillan.
31. Coolidge, E.D., *The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps*. The Journal of the National Dental Association, 1919. **6**(4): p. 337-349.
32. McDonnell, G. and A.D. Russell, *Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance*. Clinical microbiology reviews, 1999. **12**(1): p. 147-179.
33. Austin, J.H. and H.D. Taylor, *Behavior of hypochlorite and of chloramine-T solutions in contact with necrotic and normal tissues in vivo*. The Journal of Experimental Medicine, 1918. **27**(5): p. 627.
34. Crane, A., *A predictable root canal technique*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1920. **69**.
35. Estrela, C., et al., *Mechanism of action of sodium hypochlorite*. Brazilian dental journal, 2002. **13**(2): p. 113-117.
36. Pascon, F.M., et al., *Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review*. Journal of dentistry, 2009. **37**(12): p. 903-908.
37. Fuentes, V., et al., *Tensile strength and microhardness of treated human dentin*. Dental Materials, 2004. **20**(6): p. 522-529.

38. García-Godoy, F., et al., *Application of biologically-oriented dentin bonding principles to the use of endodontic irrigants*. American journal of dentistry, 2005. **18**(4): p. 281-290.
39. McComb, D. and D.C. Smith, *A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures*. Journal of endodontics, 1975. **1**(7): p. 238-242.
40. Sim, T., et al., *Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain*. International Endodontic Journal, 2001. **34**(2): p. 120-132.
41. Erdemir, A., et al., *Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin*. Journal of endodontics, 2004. **30**(2): p. 113-116.
42. Lai, S., et al., *Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin*. Journal of Dental Research, 2001. **80**(10): p. 1919-1924.
43. Morris, M.D., et al., *Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces*. Journal of Endodontics, 2001. **27**(12): p. 753-757.
44. Nikaido, T., et al., *Bond strengths to endodontically-treated teeth*. American Journal of Dentistry, 1999. **12**(4): p. 177.
45. Perdigão, J., et al., *Effect of calcium removal on dentin bond strengths*. Quintessence International, 2001. **32**(2).
46. Prasansuttiporn, T., et al., *Effect of reducing agents on bond strength to NaOCl-treated dentin*. Dental Materials, 2011. **27**(3): p. 229-234.
47. Santos, J., et al., *Determination of matrix metalloproteinases in human radicular dentin*. Journal of Endodontics, 2009. **35**(5): p. 686-689.
48. Vongphan, N., et al., *Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine*. Journal of Dentistry, 2005. **33**(8): p. 689-695.
49. Carvalho, R.M., et al., *Dentin as a bonding substrate*. Endodontic topics, 2009. **21**(1): p. 62-88.
50. Ari, H., E. Yaşar, and S. Belli, *Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin*. Journal of endodontics, 2003. **29**(4): p. 248-251.
51. ISHIZUKA, T., et al., *Effect of NaClO treatment on bonding to root canal dentin using a new evaluation method*. Dental materials journal, 2001. **20**(1): p. 24-33.
52. Ferraz, C.C.R., et al., *In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant*. Journal of Endodontics, 2001. **27**(7): p. 452-455.
53. Denton, G., *Disinfectants and antiseptics. A. by chemical type: chlorhexidine*. Disinfection, sterilization and preservation. 4th ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 1991: p. 274-87.
54. Davies, A., *The mode of action of chlorhexidine*. Journal of Periodontal research, 1973. **8**: p. 68-75.
55. Hennessey, T., *Some antibacterial properties of chlorhexidine*. Journal of periodontal Research, 1973. **8**: p. 61-67.
56. Hugo, W. and A. Longworth, *Some aspects of the mode of action of chlorhexidine*. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 1964. **16**(10): p. 655-662.
57. Hugo, W. and A. Longworth, *The effect of chlorhexidine on the electrophoretic mobility, cytoplasmic constituents, dehydrogenase activity and cell walls of*

- Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 1966. **18**(9): p. 569-578.
58. Basrani, B., *Chlorhexidine gluconate*. Australian Endodontic Journal, 2005. **31**(2): p. 48-52.
 59. White, R., G. Hays, and L. Janer, *Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine*. Journal of endodontics, 1997. **23**(4): p. 229-231.
 60. Jeansonne, M.J. and R.R. White, *A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants*. Journal of endodontics, 1994. **20**(6): p. 276-278.
 61. Vahdaty, A., T.P. Ford, and R. Wilson, *Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro*. Dental Traumatology, 1993. **9**(6): p. 243-248.
 62. Yesilsoy, C., et al., *Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants*. Journal of Endodontics, 1995. **21**(10): p. 513-515.
 63. Önçağ, Ö., et al., *Comparison of antibacterial and toxic effects of various root canal irrigants*. International endodontic journal, 2003. **36**(6): p. 423-432.
 64. Kuruvilla, J.R. and M.P. Kamath, *Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants*. Journal of Endodontics, 1998. **24**(7): p. 472-476.
 65. Barbin, L.E., et al., *Determination of para-chloroaniline and reactive oxygen species in chlorhexidine and chlorhexidine associated with calcium hydroxide*. Journal of endodontics, 2008. **34**(12): p. 1508-1514.
 66. Basrani, B.R., et al., *Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate*. Journal of endodontics, 2007. **33**(8): p. 966-969.
 67. Bui, T.B., J.C. Baumgartner, and J.C. Mitchell, *Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin*. Journal of Endodontics, 2008. **34**(2): p. 181-185.
 68. Chhabra, R., et al., *Carcinogenicity of p-chloroaniline in rats and mice*. Food and chemical toxicology, 1991. **29**(2): p. 119-124.
 69. Krishnamurthy, S. and S. Sudhakaran, *Evaluation and prevention of the precipitate formed on interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine*. Journal of endodontics, 2010. **36**(7): p. 1154-1157.
 70. Organization, W.H., *International Agency for Research on cancer: IARC monography on the evaluation of carcinogenic risks to human*. Lyon, France, 2006. **86**: p. 1-25.
 71. Marchesan, M.A., et al., *Chemical analysis of the flocculate formed by the association of sodium hypochlorite and chlorhexidine*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2007. **103**(5): p. e103-e105.
 72. Martin-De Las Heras, S., A. Valenzuela, and C. Overall, *The matrix metalloproteinase gelatinase A in human dentine*. Archives of oral biology, 2000. **45**(9): p. 757-765.
 73. Mazzoni, A., et al., *Reactivation of inactivated endogenous proteolytic activities in phosphoric acid-etched dentine by etch-and-rinse adhesives*. Biomaterials, 2006. **27**(25): p. 4470-4476.
 74. Sulkala, M., et al., *The localization of matrix metalloproteinase-20 (MMP-20, enamelysin) in mature human teeth*. Journal of dental research, 2002. **81**(9): p. 603-607.
 75. Pashley, D.H., et al., *Collagen degradation by host-derived enzymes during aging*. Journal of dental research, 2004. **83**(3): p. 216-221.

76. Gendron, R., et al., *Inhibition of the activities of matrix metalloproteinases 2, 8, and 9 by chlorhexidine*. Clinical and diagnostic laboratory immunology, 1999. **6**(3): p. 437-439.
77. Hebling, J., et al., *Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo*. Journal of Dental Research, 2005. **84**(8): p. 741-746.
78. Carrilho, M., et al., *Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro*. Journal of dental research, 2007. **86**(1): p. 90-94.
79. Carrilho, M., et al., *In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine*. Journal of dental research, 2007. **86**(6): p. 529-533.
80. Mello, I., et al., *Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer*. Journal of endodontics, 2010. **36**(3): p. 512-514.
81. Saito, K., et al., *Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation*. Journal of endodontics, 2008. **34**(8): p. 1011-1014.
82. Nakashima, K. and R. Terata, *Effect of pH modified EDTA solution to the properties of dentin*. Journal of endodontics, 2005. **31**(1): p. 47-49.
83. Sudha, R., et al., *Comparative evaluation of the effect of two different concentrations of EDTA at two different PH and time periods on root dentin*. Journal of Conservative Dentistry, 2006. **9**(1): p. 36.
84. Kuah, H.-G., et al., *The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer*. Journal of Endodontics, 2009. **35**(3): p. 393-396.
85. Kenneth M. Hargreaves, S.C., *Cohen's Pathways Of The Pulp*. 10 ed. 2011: Mosby Elsevier.
86. Goodman, A., H. Schilder, and W. Aldrich, *The thermomechanical properties of gutta-percha: II. The history and molecular chemistry of gutta-percha*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology, 1974. **37**(6): p. 954-961.
87. Schilder, H., A. Goodman, and W. Aldrich, *The thermomechanical properties of gutta-percha: III. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1974. **38**(1): p. 109-114.
88. Schilder, H., A. Goodman, and W. Aldrich, *The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1985. **59**(3): p. 285-296.
89. Kolokuris, I., et al., *Effect of moisture and aging on gutta-percha*. Journal of endodontics, 1992. **18**(12): p. 583-588.
90. Marciano, J. and P.M. Michailenco, *Dental gutta-percha: chemical composition, X-ray identification, enthalpic studies, and clinical implications*. Journal of endodontics, 1989. **15**(4): p. 149-153.
91. Bergenholtz, G., P. Hörsted-Bindslev, and C. Reit, *Textbook of endodontology*. 2013: John Wiley & Sons.
92. Komabayashi, T., et al., *Comprehensive review of current endodontic sealers*. Dental materials journal, 2020. **39**(5): p. 703-720.
93. Grossman, L., *Endodontic Practice*. 11th ed. 1988.
94. Razmi, H., S. Parvizi, and A. Khorshidian, *Comparison of AH26 physicochemical properties with two AH26/antibiotic combinations*. Iranian endodontic journal, 2010. **5**(1): p. 6.

95. Shah, P.M., et al., *Radiopacity of potential root-end filling materials*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 1996. **81**(4): p. 476-479.
96. Koulaouzidou, E., et al., *Cytotoxicity of three resin - based root canal sealers: an in vitro evaluation*. Dental Traumatology, 1998. **14**(4): p. 182-185.
97. Marciano, M.A., et al., *Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers*. Journal of endodontics, 2011. **37**(10): p. 1417-1421.
98. Cohen, B.I., et al., *An in vitro study of the cytotoxicity of two root canal sealers*. Journal of Endodontics, 2000. **26**(4): p. 228-229.
99. Almeida, L.H.S., et al., *Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies*. Journal of endodontics, 2017. **43**(4): p. 527-535.
100. Borges, R., et al., *Changes in the surface of four calcium silicate - containing endodontic materials and an epoxy resin - based sealer after a solubility test*. International endodontic journal, 2012. **45**(5): p. 419-428.
101. Ersahan, S. and C. Aydin, *Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine*. Journal of endodontics, 2010. **36**(12): p. 2000-2002.
102. Kim, T.-G., et al., *The antioxidant property of pachymic acid improves bone disturbance against AH Plus-induced inflammation in MC-3T3 E1 cells*. Journal of endodontics, 2013. **39**(4): p. 461-466.
103. Versiani, M., et al., *A comparative study of physicochemical properties of AH PlusTM and EpiphanyTM root canal sealants*. International Endodontic Journal, 2006. **39**(6): p. 464-471.
104. Raghavendra, S.S., et al., *Bioceramics in endodontics—a review*. Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry, 2017. **51**(3 Suppl 1): p. S128.
105. Thrivikraman, G., G. Madras, and B. Basu, *In vitro/in vivo assessment and mechanisms of toxicity of bioceramic materials and its wear particulates*. RSC Advances, 2014. **4**(25): p. 12763-12781.
106. de Oliveira, N.G., et al., *Comparison of the biocompatibility of calcium silicate-based materials to mineral trioxide aggregate: Systematic review*. European journal of dentistry, 2018. **12**(2): p. 317.
107. Nasseh, A., *The rise of bioceramics*. Endodontic practice, 2009. **2**: p. 17-22.
108. Donnermeyer, D., et al., *Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review*. Odontology, 2019. **107**(4): p. 421-436.
109. Parirokh, M., M. Torabinejad, and P. Dummer, *Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part I: vital pulp therapy*. International endodontic journal, 2018. **51**(2): p. 177-205.
110. Torabinejad, M., M. Parirokh, and P. Dummer, *Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part II: other clinical applications and complications*. International endodontic journal, 2018. **51**(3): p. 284-317.
111. Al-Haddad, A. and Z.A. Che Ab Aziz, *Bioceramic-based root canal sealers: a review*. International journal of biomaterials, 2016. **2016**.
112. Shen, Y., et al., *What do different tests tell about the mechanical and biological properties of bioceramic materials?* Endodontic Topics, 2015. **32**(1): p. 47-85.
113. Wang, Z., *Bioceramic materials in endodontics*. Endodontic topics, 2015. **32**(1): p. 3-30.

114. Loushine, B.A., et al., *Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer*. Journal of endodontics, 2011. **37**(5): p. 673-677.
115. Zhou, H.-m., et al., *Physical properties of 5 root canal sealers*. Journal of endodontics, 2013. **39**(10): p. 1281-1286.
116. Willershausen, I., et al., *In vitro analysis of the cytotoxicity and the antimicrobial effect of four endodontic sealers*. Head & face medicine, 2011. **7**(1): p. 1-9.
117. Zhang, W., Z. Li, and B. Peng, *Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate-based canal filling material*. International endodontic journal, 2010. **43**(9): p. 769-774.
118. Wang, Z., Y. Shen, and M. Haapasalo, *Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against Enterococcus faecalis biofilms*. Journal of endodontics, 2014. **40**(4): p. 505-508.
119. Zhang, H., et al., *Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against Enterococcus faecalis*. Journal of endodontics, 2009. **35**(7): p. 1051-1055.
120. Dimitrova-Nakov, S., et al., *In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells*. Dental Materials, 2015. **31**(11): p. 1290-1297.
121. Candeiro, G., et al., *Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer*. International endodontic journal, 2016. **49**(9): p. 858-864.
122. Eldeniz, A., et al., *DNA double -strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers*. International Endodontic Journal, 2016. **49**(12): p. 1141-1151.
123. Zhou, H.-m., et al., *In vitro cytotoxicity of calcium silicate-containing endodontic sealers*. Journal of endodontics, 2015. **41**(1): p. 56-61.
124. Zoufan, K., et al., *Cytotoxicity evaluation of Gutta flow and endo sequence BC sealers*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2011. **112**(5): p. 657-661.
125. Güven, E., et al., *In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer*. International endodontic journal, 2013. **46**(12): p. 1173-1182.
126. Jung, S., et al., *Evaluation of the biocompatibility of root canal sealers on human periodontal ligament cells ex vivo*. Odontology, 2019. **107**(1): p. 54-63.
127. Bósio, C., et al., *Subcutaneous connective tissue reactions to iRoot SP, mineral trioxide aggregate (MTA) Fillapex, Dia Root Bio Aggregate and MTA*. International endodontic journal, 2014. **47**(7): p. 667-674.
128. Zhang, W. and B. Peng, *Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of iRoot SP, MTA and AH Plus*. Dental materials journal, 2015. **34**(6): p. 774-780.
129. Prüllage, R.-K., et al., *Material properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer*. Journal of endodontics, 2016. **42**(12): p. 1784-1788.
130. Spångberg, L.S. and M. Haapasalo, *Rationale and efficacy of root canal medicaments and root filling materials with emphasis on treatment outcome*. Endodontic Topics, 2002. **2**(1): p. 35-58.

131. Siqueira Jr, J.F. and R.B. Gonçalves, *Antibacterial activities of root canal sealers against selected anaerobic bacteria*. Journal of Endodontics, 1996. **22**(2): p. 79-80.
132. Gandolfi, M.G., et al., *Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and ProRoot MTA*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2009. **108**(6): p. e39-e45.
133. Trope, M., A. Bunes, and G. Debelian, *Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope?* Endodontic Topics, 2015. **32**(1): p. 86-96.
134. Arias-Moliz, M. and J. Camilleri, *The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers*. Journal of dentistry, 2016. **52**: p. 30-36.
135. Colombo, M., et al., *Biological and physico-chemical properties of new root canal sealers*. Journal of clinical and experimental dentistry, 2018. **10**(2): p. e120.
136. Nirupama, D.N., et al., *In vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of four endodontic biomaterials against Enterococcus faecalis, Candida albicans, and Staphylococcus aureus*. International journal of biomaterials, 2014. **2014**.
137. Özcan, E., et al., *Antifungal activity of several root canal sealers against Candida albicans*. Acta Odontologica Scandinavica, 2013. **71**(6): p. 1481-1485.
138. Singh, G., et al., *An in vitro Comparison of Antimicrobial Activity of Three Endodontic Sealers with Different Composition*. The journal of contemporary dental practice, 2016. **17**(7): p. 553-556.
139. Kapralos, V., et al., *Antibacterial activity of endodontic sealers against planktonic bacteria and bacteria in biofilms*. Journal of endodontics, 2018. **44**(1): p. 149-154.
140. Hollanda, A., et al., *Sealing ability of three commercial resin-based endodontic sealers*. General dentistry, 2009. **57**(4): p. 368-373.
141. Madison, S. and L.R. Wilcox, *An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part III. In vivo study*. Journal of endodontics, 1988. **14**(9): p. 455-458.
142. Torabinejad, M., B. Ung, and J.D. Kettering, *In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth*. Journal of endodontics, 1990. **16**(12): p. 566-569.
143. Trope, M., E. Chow, and R. Nissan, *In vitro endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth*. Dental Traumatology, 1995. **11**(2): p. 90-94.
144. Yücel, A.Ç., et al., *Bacterial penetration after obturation with four different root canal sealers*. Journal of endodontics, 2006. **32**(9): p. 890-893.
145. Antunovic, M., et al., *Evaluation of sealing ability of four bioceramic root canal sealers and an epoxy resin-based sealer: An in vitro study*. Saudi Endodontic Journal, 2021. **11**(1): p. 66.
146. Barros, J., et al., *Antibacterial, physicochemical and mechanical properties of endodontic sealers containing quaternary ammonium polyethylenimine nanoparticles*. International endodontic journal, 2014. **47**(8): p. 725-734.
147. Hovland, E.J. and T.C. DUMSHA, *Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex*. International Endodontic Journal, 1985. **18**(3): p. 179-182.

148. Mutal, L. and O. Gani, *Presence of pores and vacuoles in set endodontic sealers*. International Endodontic Journal, 2005. **38**(10): p. 690-696.
149. Nikhil, V., P. Bansal, and S. Sawani, *Effect of technique of sealer agitation on percentage and depth of MTA Fillapex sealer penetration: A comparative in-vitro study*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2015. **18**(2): p. 119.
150. Silva, E.J., et al., *Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex*. Journal of endodontics, 2013. **39**(2): p. 274-277.
151. Ballullaya, S.V., et al., *Stereomicroscopic dye leakage measurement of six different root canal sealers*. Journal of clinical and diagnostic research: JCDR, 2017. **11**(6): p. ZC65.
152. Pawar, S.S., M.A. Pujar, and S.D. Makandar, *Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2014. **17**(6): p. 579.
153. El Sayed, M.A.A.M. and H. Al Hussein, *Apical dye leakage of two single-cone root canal core materials (hydrophilic core material and gutta-percha) sealed by different types of endodontic sealers: An in vitro study*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2018. **21**(2): p. 147.
154. Ersahan, S. and C. Aydin, *Solubility and apical sealing characteristics of a new calcium silicate-based root canal sealer in comparison to calcium hydroxide-, methacrylate resin-and epoxy resin-based sealers*. Acta Odontologica Scandinavica, 2013. **71**(3-4): p. 857-862.
155. Zhang, W., Z. Li, and B. Peng, *Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2009. **107**(6): p. e79-e82.
156. Bidar, M., et al., *Effect of the smear layer on apical seals produced by two calcium silicate-based endodontic sealers*. Journal of oral science, 2014. **56**(3): p. 215-219.
157. Gandhi, B. and R. Halebathi-Gowdra, *Comparative evaluation of the apical sealing ability of a ceramic based sealer and MTA as root-end filling materials—An in-vitro study*. Journal of clinical and experimental dentistry, 2017. **9**(7): p. e901.
158. Sungur, D.D., et al., *Sealing efficacy of a single-cone root filling after post space preparation*. Clinical oral investigations, 2016. **20**(5): p. 1071-1077.
159. ULUSOY, Ö.İ., et al., *Apical microleakage of different root canal sealers after use of maleic acid and EDTA as final irrigants*. Brazilian oral research, 2014. **28**(1): p. 1-6.
160. Oh, S., et al., *Novel calcium zirconate silicate cement biomineralize and seal root canals*. Materials, 2018. **11**(4): p. 588.
161. Bortolini, M.C.T., et al., *Endodontic sealers: Intratubular penetration and permeability to Enterococcus faecalis*. Indian Journal of Dental Research, 2010.
162. Oliveira, A., et al., *Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA - based sealers*. International endodontic journal, 2011. **44**(4): p. 370-375.
163. de Miranda Candeiro, G.T., et al., *Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer*. Journal of endodontics, 2012. **38**(6): p. 842-845.
164. Benezra, M.K., P.S. Wismayer, and J. Camilleri, *Influence of environment on testing of hydraulic sealers*. Scientific reports, 2017. **7**(1): p. 1-11.

165. Lee, J.K., et al., *Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers*. Bioinorganic chemistry and applications, 2017. **2017**.
166. Lim, E.-S., et al., *Physical properties and biocompatibility of an injectable calcium-silicate-based root canal sealer: in vitro and in vivo study*. BMC oral health, 2015. **15**(1): p. 1-7.
167. Tanomaru-Filho, M., et al., *Radiopacity and flow of different endodontic sealers*. Acta Odontológica Latinoamericana, 2013. **26**(2): p. 121-125.
168. Tanomaru-Filho, M., et al., *Physicochemical properties and volumetric change of silicone/bioactive glass and calcium silicate-based endodontic sealers*. Journal of endodontics, 2017. **43**(12): p. 2097-2101.
169. Gambarini, G., et al., *Radiographic and rheological properties of a new endodontic sealer*. Australian endodontic journal, 2006. **32**(1): p. 31-34.
170. Khalil, I., A. Naaman, and J. Camilleri, *Properties of tricalcium silicate sealers*. Journal of endodontics, 2016. **42**(10): p. 1529-1535.
171. Donnermeyer, D., et al., *The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers*. Head & face medicine, 2018. **14**(1): p. 1-7.
172. Urban, K., et al., *Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: a long-term investigation*. Journal of endodontics, 2018. **44**(11): p. 1736-1740.
173. Asawaworarit, W., et al., *Comparison of the apical sealing ability of calcium silicate-based sealer and resin-based sealer using the fluid-filtration technique*. Medical Principles and Practice, 2016. **25**(6): p. 561-565.
174. Siboni, F., et al., *Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate*. International endodontic journal, 2017. **50**: p. e120-e136.
175. Zamparini, F., et al., *Properties of calcium silicate-monobasic calcium phosphate materials for endodontics containing tantalum pentoxide and zirconium oxide*. Clinical oral investigations, 2019. **23**(1): p. 445-457.
176. Poggio, C., et al., *Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: a comparative study*. Journal of clinical and experimental dentistry, 2017. **9**(10): p. e1189.
177. Cañadas, P.S., et al., *Physicochemical properties and interfacial adaptation of root canal sealers*. Brazilian dental journal, 2014. **25**(5): p. 435-441.
178. Koch, K., D. Brave, and A.A. Nasseh, *A review of bioceramic technology in endodontics*. CE article, 2012. **4**: p. 6-12.
179. Donnelly, A., et al., *Water sorption and solubility of methacrylate resin-based root canal sealers*. Journal of Endodontics, 2007. **33**(8): p. 990-994.
180. Chang, S.-W., et al., *In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, Sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iRoot SP root canal sealer*. Journal of endodontics, 2014. **40**(10): p. 1642-1648.
181. Dudeja, C., et al., *An in vitro comparison of effect on fracture strength, pH and calcium ion diffusion from various biomimetic materials when used for repair of simulated root resorption defects*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2015. **18**(4): p. 279.
182. Tanomaru-Filho, M., et al., *Evaluation of pH and calcium ion release of root-end filling materials containing calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate*. Journal of endodontics, 2009. **35**(10): p. 1418-1421.

183. Xuereb, M., et al., *In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model*. Journal of endodontics, 2015. **41**(1): p. 111-124.
184. Pane, E.S., J.E. Palamara, and H.H. Messer, *Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials*. Journal of endodontics, 2013. **39**(5): p. 669-673.
185. Skinner, R.L. and V.T. Himel, *The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers*. Journal of endodontics, 1987. **13**(7): p. 315-317.
186. Tagger, M., et al., *Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin*. Journal of Endodontics, 2002. **28**(5): p. 351-354.
187. Gokturk, H., et al., *Effect of double antibiotic and calcium hydroxide pastes on dislodgement resistance of an epoxy resin-based and two calcium silicate-based root canal sealers*. Clinical oral investigations, 2017. **21**(4): p. 1277-1282.
188. Madhuri, G.V., et al., *Comparison of bond strength of different endodontic sealers to root dentin: An in vitro push-out test*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2016. **19**(5): p. 461.
189. Nagas, E., et al., *Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers*. Journal of endodontics, 2012. **38**(2): p. 240-244.
190. Yap, W.Y., et al., *An in vitro comparison of bond strength of different sealers/obturation systems to root dentin using the push-out test at 2 weeks and 3 months after obturation*. Medical Principles and Practice, 2017. **26**(5): p. 464-469.
191. Gade, V.J., et al., *Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2015. **18**(2): p. 124.
192. Sagsen, B., et al., *Push - out bond strength of two new calcium silicate - based endodontic sealers to root canal dentine*. International endodontic journal, 2011. **44**(12): p. 1088-1091.
193. Gritti, G.C., et al., *Effect of rewetting solutions on micropush-out dentin bond strength of new bioceramic endodontic material*. Brazilian oral research, 2017. **31**.
194. Shokouhinejad, N., et al., *Push - out bond strength of gutta - percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer*. Australian Endodontic Journal, 2013. **39**(3): p. 102-106.
195. Taşdemir, T., et al., *Bond strength of calcium silicate-based sealers to dentine dried with different techniques*. Medical Principles and Practice, 2014. **23**(4): p. 373-376.
196. Donnermeyer, D., et al., *Influence of the final irrigation solution on the push-out bond strength of calcium silicate-based, epoxy resin-based and silicone-based endodontic sealers*. Odontology, 2019. **107**(2): p. 231-236.
197. Bouillaguet, S., et al., *Long - term sealing ability of pulp canal sealer, AH - Plus, GuttaFlow and epiphany*. International endodontic journal, 2008. **41**(3): p. 219-226.
198. Mamootil, K. and H. Messer, *Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo*. International endodontic journal, 2007. **40**(11): p. 873-881.

199. Williamson, A.E., et al., *Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an in vitro model system*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2009. **108**(2): p. 292-296.
200. Türker, S.A., E. Uzunoğlu, and N. Purali, *Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer*. Journal of dental research, dental clinics, dental prospects, 2018. **12**(4): p. 294.
201. Akcay, M., et al., *Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study*. Lasers in surgery and medicine, 2016. **48**(1): p. 70-76.
202. Jardim Del Monaco, R., et al., *Influence of Nd: YAG laser on the penetration of a bioceramic root canal sealer into dentinal tubules: A confocal analysis*. PloS one, 2018. **13**(8): p. e0202295.
203. Wang, Y., S. Liu, and Y. Dong, *In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer*. Plos one, 2018. **13**(2): p. e0192248.
204. Chen, H., et al., *The tubular penetration depth and adaption of four sealers: A scanning electron microscopic study*. BioMed research international, 2017. **2017**.
205. Kim, H., et al., *Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules*. Journal of endodontics, 2015. **41**(12): p. 2025-2030.
206. Aydın, Z.U., et al., *Effect of chitosan nanoparticle, QMix, and EDTA on TotalFill BC sealers' dentinal tubule penetration: a confocal laser scanning microscopy study*. Odontology, 2019. **107**(1): p. 64-71.
207. Ha, J.-H., et al., *An evaluation of wetting and adhesion of three bioceramic root canal sealers to intraradicular human dentin*. Materials, 2018. **11**(8): p. 1286.
208. ; Available from: <https://merlab.metu.edu.tr/tr/lazer-taramali-konfokal-mikroskop>.
209. Minsky, M., *Memoir on inventing the confocal scanning microscope*. Scanning, 1988. **10**(4): p. 128-138.
210. Semwogerere, D. and E.R. Weeks, *Confocal microscopy, encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering*. Taylor & Francis, 2005.
211. Gharib, S.R., et al., *A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system*. Journal of endodontics, 2007. **33**(8): p. 957-961.
212. Wu, M.K., P. Dummer, and P. Wesselink, *Consequences of and strategies to deal with residual post - treatment root canal infection*. International endodontic journal, 2006. **39**(5): p. 343-356.
213. Branstetter, J. and J. Von Fraunhofer, *The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: a review of the literature*. Journal of endodontics, 1982. **8**(7): p. 312-316.
214. Wu, D. Gee, and Wesselink, *Effect of tubule orientation in the cavity wall on the seal of dental filling materials: an in vitro study*. International Endodontic Journal, 1998. **31**(5): p. 326-332.
215. White, R.R., M. Goldman, and P.S. Lin, *The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials*. Journal of Endodontics, 1984. **10**(12): p. 558-562.

216. Kokkas, A.B., et al., *The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study*. Journal of endodontics, 2004. **30**(2): p. 100-102.
217. Pereira, A.C., C.K. Nishiyama, and L. de Castro Pinto, *Single-cone obturation technique: a literature review*. RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontologia, 2012. **9**(4): p. 442-447.
218. Nikhil, V. and R. Singh, *Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2013. **16**(4): p. 294.
219. Dsouza, A.P., et al., *To Compare And Evaluate The Sealing Ability Of GuttaFlow Bioseal, BioRoot RCS And MTA Fillapex With AH Plus: An In Vitro Study*. 2020.
220. El Hachem, R., et al., *Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study*. Clinical oral investigations, 2019. **23**(4): p. 1871-1876.
221. Muedra, P., et al., *Could the calcium silicate-based sealer presentation form influence dentinal sealing? An in vitro confocal laser study on tubular penetration*. Materials, 2021. **14**(3): p. 659.
222. Yilmaz, A., T.Y. Yalcin, and D. Helvacioglu-Yigit, *Effectiveness of Various Final Irrigation Techniques on Sealer Penetration in Curved Roots: A Confocal Laser Scanning Microscopy Study*. BioMed research international, 2020. **2020**.
223. Vertucci, F.J., *Root canal anatomy of the human permanent teeth*. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, 1984. **58**(5): p. 589-599.
224. Pioch, T., et al., *Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength*. American Journal of Dentistry, 1998. **11**(5): p. 202-206.
225. Tuncer, A.K. and S. Tuncer, *Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer*. Journal of endodontics, 2012. **38**(6): p. 860-863.
226. Ruddle, C.J., P. Machtou, and J.D. West, *The shaping movement 5th generation technology*. Dent Today, 2013. **32**(4): p. 94.
227. Baumgartner, J.C. and C.L. Mader, *A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens*. Journal of endodontics, 1987. **13**(4): p. 147-157.
228. Dutner, J., P. Mines, and A. Anderson, *Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey*. Journal of endodontics, 2012. **38**(1): p. 37-40.
229. Grossman, L.I. and B.W. Meiman, *Solution of pulp tissue by chemical agents*. Journal of Endodontics, 1982. **8**: p. S10-S12.
230. Gutie, J., A. Jofre, and F. Villena, *Scanning electron microscope study on the action of endodontic irrigants on bacteria invading the dentinal tubules*. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, 1990. **69**(4): p. 491-501.
231. Haikel, Y., et al., *In vitro efficiency of endodontic irrigation solutions on protein desorption*. International Endodontic Journal, 1994. **27**(1): p. 16-20.
232. KOSKINEN, K.P., J.H. MEURMAN, and H. STENVALL, *Appearance of chemically treated root canal walls in the scanning electron microscope*. European Journal of Oral Sciences, 1980. **88**(5): p. 397-405.

233. Naenni, N., K. Thoma, and M. Zehnder, *Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants*. Journal of endodontics, 2004. **30**(11): p. 785-787.
234. Silva, L.A.B.d., et al., *Histological study of the effect of some irrigating solutions on bacterial endotoxin in dogs*. Brazilian dental journal, 2004. **15**(2): p. 109-114.
235. El Hachem, R., et al., *Influence of the EndoActivator irrigation system on dentinal tubule penetration of a novel tricalcium silicate-based sealer*. Dentistry journal, 2018. **6**(3): p. 45.
236. Ordinola-Zapata, R., et al., *Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2009. **108**(3): p. 450-457.
237. Turkel, E., E.O. Onay, and M. Ungor, *Comparison of three final irrigation activation techniques: effects on canal cleanliness, smear layer removal, and dentinal tubule penetration of two root canal sealers*. Photomedicine and laser surgery, 2017. **35**(12): p. 672-681.
238. Uzunoglu-Özyürek, E., Ö. Erdoğan, and S.A. Türker, *Effect of calcium hydroxide dressing on the dentinal tubule penetration of 2 different root canal sealers: a confocal laser scanning microscopic study*. Journal of endodontics, 2018. **44**(6): p. 1018-1023.
239. Yang, R., et al., *A comparative study of dentinal tubule penetration and the retreatability of EndoSequence BC Sealer HiFlow, iRoot SP, and AH Plus with different obturation techniques*. Clinical Oral Investigations, 2021: p. 1-11.
240. Özaşır, T., *Farklı final irrigasyon rejimlerinin çeşitli kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonuna etkisinin konfokal lazer tarama mikroskobu ile in vitro incelenmesi*. 2014.
241. Yamada, R.S., A. Armos, and M. Goldman, *A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating*. J Endodon, 1983. **9**: p. 137-142.
242. Ørstavik, D. and M. Haapasalo, *Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules*. Dental Traumatology, 1990. **6**(4): p. 142-149.
243. Pawar, A., et al., *Push - out bond strength of root fillings made with C - Point and BC sealer versus gutta - percha and AH Plus after the instrumentation of oval canals with the Self - Adjusting File versus WaveOne*. International endodontic journal, 2016. **49**(4): p. 374-381.
244. Basrani, B., et al., *Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2002. **94**(2): p. 240-245.
245. Basrani, B., et al., *Efficacy of chlorhexidine-and calcium hydroxide-containing medicaments against Enterococcus faecalis in vitro*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2003. **96**(5): p. 618-624.
246. Do Prado, M., R.A. Simão, and B.P. Gomes, *Evaluation of different irrigation protocols concerning the formation of chemical smear layer*. Microscopy research and technique, 2013. **76**(2): p. 196-200.

247. Breschi, L., et al., *Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: a 2-year in vitro study*. Dental materials, 2010. **26**(4): p. 320-325.
248. Wang, Y. and P. Spencer, *Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding*. Journal of dental research, 2003. **82**(2): p. 141-145.
249. Pashley, D.H., F.R. Tay, and S. Imazato, *How to increase the durability of resin-dentin bonds*. Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995), 2011. **32**(7): p. 60-4, 66.
250. Tay, F.R., et al., *Self-etching adhesives increase collagenolytic activity in radicular dentin*. Journal of endodontics, 2006. **32**(9): p. 862-868.
251. Tjäderhane, L., *Dentin bonding: can we make it last?* Operative Dentistry, 2015. **40**(1): p. 4-18.
252. Cecchin, D., et al., *Effect of chlorhexidine and ethanol on the durability of the adhesion of the fiber post relined with resin composite to the root canal*. Journal of endodontics, 2011. **37**(5): p. 678-683.
253. Lindblad, R.M., et al., *Effect of chlorhexidine on initial adhesion of fiber-reinforced post to root canal*. Journal of dentistry, 2010. **38**(10): p. 796-801.
254. Lindblad, R.M., et al., *One year effect of chlorhexidine on bonding of fibre-reinforced composite root canal post to dentine*. Journal of dentistry, 2012. **40**(9): p. 718-722.
255. Shafiei, F. and M. Memarpour, *Effect of chlorhexidine application on long-term shear bond strength of resin cements to dentin*. Journal of prosthodontic research, 2010. **54**(4): p. 153-158.
256. Lindblad, R., et al., *The Effect of Chlorhexidine and Dimethyl Sulfoxide on Long-Term Microleakage of Two Different Sealers in Root Canals*. European endodontic journal, 2019. **4**(1): p. 38.
257. Oliveira, L.D., et al., *Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2007. **104**(4): p. e125-e128.
258. Viapiana, R., et al., *Porosity and sealing ability of root fillings with gutta - percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods*. International endodontic journal, 2016. **49**(8): p. 774-782.
259. Guneser, M.B., et al., *Fracture resistance of roots obturated with a novel calcium silicate-based endodontic sealer (BioRoot RCS)*. Journal of adhesion science and Technology, 2016. **30**(22): p. 2420-2428.
260. Camilleri, J., *Sealers and warm gutta-percha obturation techniques*. Journal of endodontics, 2015. **41**(1): p. 72-78.
261. McMichael, G.E., C.M. Primus, and L.A. Opperman, *Dentinal tubule penetration of tricalcium silicate sealers*. Journal of endodontics, 2016. **42**(4): p. 632-636.
262. Mjör, I., et al., *The structure of dentine in the apical region of human teeth*. International Endodontic Journal, 2001. **34**(5): p. 346-353.
263. Kim, Y., et al., *The penetration ability of calcium silicate root canal sealers into dentinal tubules compared to conventional resin-based sealer: a confocal laser scanning microscopy study*. Materials, 2019. **12**(3): p. 531.
264. Reynolds, J.Z., et al., *Comparing dentinal tubule penetration of conventional and 'HiFlow'bioceramic sealers with resin - based sealer: An in vitro study*. Australian Endodontic Journal, 2020. **46**(3): p. 387-393.

265. Balguerie, E., et al., *Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study*. Journal of endodontics, 2011. **37**(11): p. 1576-1579.
266. Huang, Y., et al., *Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study*. Journal of Applied Oral Science, 2018.



26.

KLORHEKSİDİNİN, BİYOSERAMİK ESASLI KÖK KANAL SEALERLARININ DENTİN TÜBÜLLERİNE PENETRASYON DERİNLİĞİNE OLAN ETKİSİNİN KONFOKAL LAZER TARAMALI MİKROSKOP İLE İNCELENMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% **13**
BENZERLİK ENDEKSİ

% **10**
İNTERNET KAYNAKLARI

% **5**
YAYINLAR

% **4**
ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikerisim.baskent.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%2
2	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	%1
3	www.doa.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
4	merlab.metu.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
5	Submitted to Fatih University Öğrenci Ödevi	%1
6	Submitted to Marmara University Öğrenci Ödevi	<%1
7	acikerisim.istanbul.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to TechKnowledge Turkey Öğrenci Ödevi	<%1