

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ÜÇ FARKLI KANAL PATI VE FARKLI İKİ TEK KON YÖNTEMİ  
İLE DOLDURULAN KÖK KANALLARINDA BAKTERİLERİN  
ELİMİNASYON ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Dt. Semanur KARAGÖLLÜ**

**UZMANLIK TEZİ**

ENDODONTİ ANA BİLİM DALI

**Danışman**

**Prof. Dr. Ayçe ÜNVERDİ ELDENİZ**

**KONYA-2017**

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ÜÇ FARKLI KANAL PATI VE FARKLI İKİ TEK KON YÖNTEMİ  
İLE DOLDURULAN KÖK KANALLARINDA BAKTERİLERİN  
ELİMİNASYON ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Dt. Semanur KARAGÖLLÜ**

**UZMANLIK TEZİ**

ENDODONTİ ANA BİLİM DALI

**Danışman**

**Prof. Dr. Ayçe ÜNVERDİ ELDENİZ**

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 17102045 proje numarasıyla desteklenmiştir.

**KONYA-2017**

## ONAY

S.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na

Semanur KARAGÖLLÜ tarafından savunulan bu çalışma, jürimiz tarafından Endodonti Ana Bilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Sema BELLİ

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

imza

Danışman: Prof. Dr. Ayçe ÜNVERDİ ELDENİZ

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

imza

Üye: Prof. Dr. Ali ERDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

imza

## ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen, sevgisini, desteğini her zaman hissettiğim tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayçe ÜNVERDİ ELDENİZ'e

Uzmanlık eğitimim süresince kendilerinin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım çok değerli hocalarım Prof. Dr. Sema BELLİ'ye, Prof. Dr. Hale ARI AYDINBELGE'ye ve Prof. Dr. Funda KONT ÇOBANKARA'ya

Bu tezin istatistik analizlerinin yapılmasında katkılarından dolayı Prof. Dr. Mustafa GARİP'e ve Doç. Dr. Serhan AKMAN'a

Endodonti Anabilim Dalı'nda görevli sevgili asistan arkadaşlarıma, bu tezin her aşamasında yanımda olan Dr. Dt. Şeref Nur MUTLU'ya, Uzm. Dt. İnci KOLCU'ya, Dt. Mine ÖZÇELİK'e, Dt. Didem Seda GÜLTEKİN'e, Dt. Gamze HAYIRCI'ya, Dt. Tuğba AZMAZ'a ve Dt. Nur ERBİL'e

Uzmanlık eğitimim boyunca yanımda olan yardımını benden esirgemeyen canım arkadaşım Uzm. Dt. Tutku ÇELİK'e

Diş hekimliğine attığım ilk adımdan beri yanımda olan canım arkadaşım Uzm. Dt. Elif KARTAL'a

Uzmanlık eğitimim boyunca en büyük yardımcım, destekçim, eşim Murat AKTAŞ'a

Bu günlere, bu konumlara gelmemi sağlayan, sevgi ve destekleriyle hep yanımda olan canım aileme, annem Nuran KARAGÖLLÜ'ye, babam Sırrı KARAGÖLLÜ'ye ve kardeşim Yasemin KARAGÖLLÜ'ye

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

# İÇİNDEKİLER

ONAY .....	i
ÖNSÖZ .....	ii
SİMGELER ve KISALTMALAR .....	v
ÖZET .....	vi
SUMMARY .....	vii
1.GİRİŞ .....	1
1.1. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi .....	2
1.1.1. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi Sırasında Kullanılan Aletler .....	4
1.2. Kök Kanallarının İrrigasyonu .....	6
1.2.1 Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları.....	8
1.3. Kök Kanallarının Doldurulması .....	14
1.3.1. Kök Kanal Dolgu Materyalleri.....	15
1.3.2. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri.....	17
1.3.3. Kök Kanal Dolgu Patları .....	21
1.4. Kök Kanal Sisteminde Bulunan Dirençli Bakteriler.....	31
1.4.1 <i>Enterococcus faecalis</i> .....	32
2. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	35
2.1. Örneklerin Hazırlanması.....	35
2.2. Kanalların Şekillendirilmesi .....	35
2.3. Katı Besiyeri Hazırlanması .....	38
2.4. Sıvı Besiyeri Hazırlanması.....	39
2.5. Örneklerin Enfekte Edilmesi.....	41
2.6. Kök Kanallarının Doldurulması .....	42
2.7. Dentin Örneklerinin Alınması .....	45
2.8. Sem Örneklerinin Hazırlanması .....	48

3. BULGULAR.....	51
4. TARTIŞMA .....	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
6. KAYNAKLAR .....	83
7. ÖZGEÇMİŞ .....	99



## **SİMGELER ve KISALTMALAR**

**atm** : atmosfer

**Ca** : kalsiyum

**CFU** : colony-forming units

**CHX** : klorhekzidin glukonat

**dk** : dakika

**EDTA** : etilen diamin tetraasetik asit

**g** : gram

**Log<sub>10</sub>** : logaritma 10

**ml** : mililitre

**mm** : milimetre

**MTA** : Mineral Trioksit Agregat

**MTAD** : Mixed Tetracycline Acid Detergent

**NaOCl** : sodyum hipoklorit

**Ni-Ti** : nikel titanyum

**µm** : mikrometre

**µl** : mikrolitre

**SEM** : scanning electron microscope

**sn** : saniye

**%** : yüzde

**°** : derece

**°C** : santigrad derece

## ÖZET

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

### Üç Farklı Kanal Patı ve Farklı İki Tek Kon Yöntemi İle Doldurulan Kök Kanallarında Bakterilerin Eliminasyon Etkinliğinin İncelenmesi

Semanur KARAGÖLLÜ, Uzmanlık Tezi

Selçuk Üniversitesi, Konya-2017

Bu çalışmanın amacı, üç farklı kök kanal patı (AH Plus, BioRoot RCS, GuttaFlow Bioseal) ve iki farklı tek kon yöntemi kullanılarak tamamlanan kök kanal dolgusunun, deneysel olarak *E. faecalis* ile enfekte edilen dentin tübüllerindeki bakterileri elimine edebilme yeteneğinin incelenmesidir.

Bu çalışmada enfekte dentin tozu modeli kullanılmıştır. Yüz otuz iki adet tek köklü insan dişi elmas separe yardımı ile kronlarından ayrıldı. Örneklerin yarısı ProTaper Next (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet eğe sistemi kullanılarak X5'e kadar genişletildi. Diğer yarısı ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet eğe sistemi kullanılarak F5'e kadar genişletildi. Tüm örnekler rastlantısal olarak 6 test grubuna (n=15) ve 4 kontrol grubuna (n=8) ayrıldı. Her gruptan birer örnek alınarak Tarayıcı Elektron Mikroskopu (SEM) ile incelendi. Negatif kontrol grubu hariç tüm kökler, 28 gün boyunca *E. faecalis* ile enfekte edildi. Kontrol grupları hariç tüm köklerin, 3 farklı kök kanal patı ve iki farklı açılı tek kon yöntemi kullanılarak kök kanal dolguları tamamlandı. Pozitif kontrol grubundaki örnekler ise kök kanal dolgusu yapılmadı. Steril kökler negatif kontrol grubu olarak kullanıldı. Tüm örneklerden gates-glidden frezler kullanılarak dentin örnekleri alındı ve seyreltilerek ekimleri tamamlandı. Her örnek için bakteri koloni sayısı (CFU) belirlendi. Elde edilen veriler Levene, Tek Yönlü ANOVA ve Tukey HSD testleri kullanılarak değerlendirildi.

Bu çalışmada, dentin tübüllerindeki *E. faecalis*'i elimine etmekte en etkili kök kanal patı AH Plus olarak bulunmuştur. GuttaFlow Bioseal kanal patınının *E. faecalis* üzerinde etkisiz olduğu görülmüştür. Bu çalışma ile, kök kanal sisteminde rezidüel bakterilerin eliminasyonunda antibakteriyel etkinliği ve akışkanlığı yüksek kök kanal patlarının kullanılmasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** AH Plus; antibakteriyel aktivite; BioRoot RCS; *E. faecalis*; GuttaFlow Bioseal.



## SUMMARY

REPUBLIC of TURKEY

SELÇUK UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

### **Bacterial Killing Effectiveness Of Three Root Canal Sealers Used With Various Two Matched-Taper Cone Technique**

**Semanur KARAGÖLLÜ, Specialist Thesis**

**University of Selçuk, Konya-2017**

The aim of this study was to evaluate ability of three different root canal sealers (AH Plus, BioRoot RCS, GuttaFlow Bioseal) and two matched-tapered cone technique to eliminate *E. faecalis* in experimentally infected dentinal tubules.

An infected dentine powder model was used. The crowns of one hundred and thirty two extracted single-rooted human teeth were removed with diamond blade. The half of the samples were prepared using ProTaper Next (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) up to the size of X5. The other half of the samples were prepared using ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) up to the size of F5. All of the samples randomly divided into 6 test (n=15) and 4 control (n=8) groups. One sample from each groups was evaluated using Scanning Electron Microscope (SEM). The roots, except negative control groups, infected with *E. faecalis* for 28 days. The root canals, except control groups, were obturated using different three root canal sealers and two matched-tapered cone technique. Positive controls were not filled. Sterile roots were used as negative controls. Dentine powder was obtained from all root canals using gates-glidden drills and this dentine powder was diluted and inoculated. Visible colonies were counted and total colony-forming units (CFU) were calculated for each sample. Statistical analysis was performed using the Levene, One Way ANOVA and Tukey HSD test.

In this study, it was found that AH Plus root canal sealer was the most effective sealer in killing *E. faecalis* in dentinal tubules. GuttaFlow Bioseal was not effective in killing *E. faecalis*. In this study, it was observed that using root canal sealers having good antibacterial activity and flow properties are important for the elimination of residual bacteria.

**Keywords:** AH Plus; antibacterial activity; BioRoot RCS; *E. faecalis*; GuttaFlow Bioseal

## 1.GİRİŞ

Diş hekimliğinin en önemli amacı ağrının sonlandırılması ve ağrıya neden olan etkenin ortadan kaldırılmasıdır. Endodonti; çürük, travma gibi nedenlerle pulpası açığa çıkmış veya enfekte olmuş dişlerin tedavisini sağlayan diş hekimliğinin en önemli branşlarından biridir. Endodontik tedavi; kök kanal sisteminden pulpanın çıkarılması, kök kanalının mekanik olarak şekillendirilmesi, irrigasyon solüsyonları ile dezenfekte edilmesinin ardından kök kanal sisteminin toksik olmayan stabil materyaller ile üç boyutlu olarak tıkanıp doldurulması işlemidir.

Pulpa ve periapikal doku hastalıklarının etiyolojisinde ilk faktör mikroorganizmalardır, bu sebeple kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların yok edilmesi endodontik tedavinin esas amacıdır. Başarılı bir endodontik tedavi, vital ve nekrotik pulpa dokusunun, mikroorganizmaların ve bunların toksinlerinin kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılması ile mümkündür (Lee ve ark 2004).

Kök kanal sistemi kompleks bir sistemdir; yan kanalların, kanallardaki dallanmaların, apikal deltaların ve dentin tübüllerinin varlığı etkin bir dezenfeksiyonu zorlaştırır. Yalnızca mekanik şekillendirmenin yapıldığı dişlerin kök kanal duvarlarında, hiç dokunulmamış bölgelerin varlığı tespit edilmiştir (Peters ve ark 2001). Bu sebeple kök kanal boşluğunun yalnızca mekanik şekillendirme ile tamamen mikroorganizmalardan arındırılması mümkün değildir, irrigasyon solüsyonlarına ve iyi bir tıkamaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Mekanik genişletme ve irrigasyon solüsyonlarının birlikte kullanımıyla; nekrotik dokular kök kanal sisteminden uzaklaştırılmakta ve bakterilerin sayısı azaltılmakta, toksinlerin inaktivasyonu sağlanmaktadır. Kanal aletlerinin ulaşamadığı, yetersiz kaldığı bölgelerde irrigasyon solüsyonları ile dezenfeksiyon elde edilmektedir. Bu nedenle; kök kanallarının mekanik preperasyonu öncesinde, sırasında ve sonrasında sık aralıklarla nekrotik materyali çözücü antimikrobiyal özellikte bir irrigasyon solüsyonu uygulanması gerekliliği bildirilmiştir (Goldman ve ark 1981).

Uygulanan şekillendirme, temizleme ve irrigasyon protokolleriyle kök kanal sisteminde bulunan bakterilerin sayısı azalmakta fakat tamamen ortamdan

uzaklaştırılmamaktadır (Ørstavik ve ark 1991). Kanal içinden uzaklaştırılmayan bakterilerin sistem içerisinde tıkanarak beslenmeleri engellenmekte, tıkama için kullanılan kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel özelliklerinden faydalanılarak bakterilerin eliminasyonu sağlanmaktadır. Başarısızlıkla sonuçlanan kök kanal tedavilerinde, kanal içi mikroflorada fakültatif anaerob gram pozitif kokların varlığını sürdürdükleri bildirilmiştir (Pinheiro ve ark 2003).

### **1.1.Kök Kanallarının Şekillendirilmesi**

Kök kanal şekillendirmesi ile; kök kanalı içerisindeki mikroorganizmaların, artık pulpa dokularının ve debrislerin uzaklaştırılması, uygulanan irrigasyon solüsyonlarının kanal duvarlarına tam temas etmesi sağlanarak daha etkin olması, dolgu materyallerinin kök kanal duvarına tam uyumu ile iyi bir tıkama sağlanması ve kök kanal dolgu patlarının daha derine nüfuz ederek antimikrobiyal etkinliğinin artırılması amaçlanmaktadır.

Endodontik tedavinin başarısı için kök kanallarının tamamen boşaltılması, etkin ve kalıcı bir şekilde doldurulması gerekmektedir. Kök kanallarının şekillendirilmesi biyolojik ve mekanik esaslara dayanmaktadır ve "biyomekanik şekillendirme" olarak adlandırılmaktadır (Schilder 1974). Uygun olarak şekillendirilmiş bir kök kanalı aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

- Kanalların doğal kurvatürlerine dikkat edilerek orijinal kanal hatları korunmalıdır.
- Genişletme sonrasında kanalın en dar yeri, apikalde dentin-sement birleşim yeri olmalıdır.
- Kanal şekillendirmesi diş yapılarını zayıflatmayacak sınırlarda olmalıdır.
- Şekillendirme sonucunda apikale doğru daralan, düzgün, konik bir kanal formu elde edilmelidir.
- Şekillendirme sonucunda kanal içinde vital, nekrotik doku ve enfekte kök dentini kalmamalıdır.
- Mikroorganizma yükü ve bakteri toksinleri azaltılmalıdır.
- Kök kanalı, dolgu maddelerinin kolaylıkla yerleştirilebileceği bir şekil göstermelidir.
- Kök kanallarında basamak oluşumu, perforasyon meydana gelmemelidir.

Yapılan araştırmalarda, şekillendirme yapılmadan önce kök kanal dentin kalınlığının yaklaşık 1 mm olduğu bildirilmiş (Garala ve ark 2003, Degerness ve Bowles 2010) ve şekillendirme yapıldıktan sonra kök kanal dentin kalınlığının 0,3 mm kalınlığa kadar düştüğü alanların olduğu gözlemlenmiştir (Lim ve Stock 1987). Kök kanalında perforasyon oluşmaması için yeterli bir giriş sağlanmalı ve şekillendirme miktarı uygun bir seviyede tutulmalıdır (Lim ve Stock 1987). Kök kanal şekillendirmesi ile apikalden koronale doğru açılan, düzgün dentin yüzeyi elde edilerek, antimikrobiyal etkinlik arttırılmakta, daha düzgün ve iyi bir kanal tıkaması elde edilmektedir (Schilder 1974). Kök kanalının büyük eğelere (>#50) kadar genişletilmesinin daha etkin bir dezenfeksiyon sağladığını gösteren çalışmalar olsa da (Card ve ark 2002, Rollison ve ark 2002); genişletme miktarının küçük veya büyük eğelere kadar yapılması arasında bir farklılık olmadığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Yared ve Dagher 1994, Coldero ve ark 2002).

Kök kanal şekillendirilmesi sırasında kanal içinden pulpa dokusunun, enfekte dentinin ve mikroorganizmaların tamamen uzaklaştırılmadığı, kök dentininde hiç dokunulmamış alanların olabileceği bildirilmiştir (Gambill ve ark 1996). Endodontik tedavilerin başarısızlık nedenlerinin ilk sırasında da yetersiz şekillendirme yer almaktadır (Lin ve ark 1991). Gelişen teknoloji ile, ileri görüntüleme sistemleri endodontiye kazandırılmış ve yapılan mikro-CT alışmaları ile; mekanik şekillendirme ile kök kanal sisteminde hiç dokunulmamış alanların varlığı gözlenmiştir (Lopes ve ark 2017). Yeni nesil döner alet sistemleri ile kök kanal sisteminde sert dokuların tamamen uzaklaştırılmadığı grlmştir (De-Deus ve ark 2015). Paque ve arkadaşları yapmış oldukları mikro-CT görüntüleme çalışması ile, ProTaper sistemleri kullanılarak kök kanal şekillendirilmesi tamamlanan dişlerde yaklaşık %10 oranında sert doku kalıntılarının varlığını tespit etmişlerdir (Paqu ve ark 2012). Sert doku kalıntıları ve kanal içinde ulaşılamayan bu alanlar bakterilerin yerleşmesi ve çoğalması için potansiyel oluşturmakta, kök kanal dolgu patlarının bu bölgelere ulaşıp tam bir tıkama sağlamasını engellemekte ve endodontik tedavinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olmaktadır (Lin ve ark 1991, Nair ve ark 2005, Hu ve ark 2010).

### **1.1.1. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi Sırasında Kullanılan Aletler**

#### **El İle Kullanılan Aletler**

Kök kanallarının şekillendirilmesi, kanal içinden vital ve nekrotik artıkların uzaklaştırılması için ilk olarak karbon çelik aletler kullanılmıştır. Bu aletlerin kök dentini üzerinde çok etkin bir kesme işlemi gerçekleştirmesine karşın, irrigasyon solüsyonlarıyla ve otoklavlama sırasında korozyona uğraması nedeniyle kullanımı kısıtlanmıştır (Hargreaves ve Berman 2015).

Paslanmaz çelikten üretilen aletler sterilizasyon işlemlerine daha dayanıklı olmalarından dolayı tercih edilmeye başlanmıştır (Younis 1977). Fakat bu aletlerin kalınlığı arttıkça esnekliği azalmakta, esnekliği azalan aletin kanal duvarlarına uyumu azalmaktadır (Alaçam 2012). Paslanmaz çelik aletlere 90° eğim verildiğinde, bu aletler 20° döndürüldüğünde kırılma meydana geldiği rapor edilmiştir (Serene ve ark 1995).

Paslanmaz çelik aletlerin bazı dezavantajları nedeniyle yeni metal alaşımları denenmiş ve 1961 yılında, %55 oranında nikel ve %45 oranında titanyum karışımı ile Ni-Ti aletler üretilmiştir (Hargreaves ve Berman 2015). Ni-Ti aletlerin elastikliğinin yüksek olması, özellikle eğri kanallarda; kanal transportasyonu, basamak oluşumu ve alet kırılması riskini azaltmaktadır. Bu aletlerin kullanımı ile kanal şekillendirmesinin daha hızlı tamamlandığı, fakat kök dentini üzerinde kesme etkinliğinin paslanmaz çeliklere göre daha az olduğu bildirilmiştir (Alaçam 2012).

#### **Düşük Devirli Döner Aletler**

Rollins tarafından ilk defa 1899 yılında, kanalların şekillendirilmesi için endodontik anguldruva üretilmiştir (Hülsmann ve Stryga 1993). Günümüzde en sık Gates-Glidden frezler ve Peeso reamerlar bu sistem ile kullanılmaktadır. Bu aletler kanal şekillendirilmesi sırasında; düz bir giriş yolu elde etmek, kanal ağzlarını genişletmek, kanalın 1/3 koronal kısmını genişletmek için tercih edilmektedir.

#### **Kök Kanal Şekillendirilmesi İçin Kullanılan Döner Aletler**

Endodontik tedavi sırasında, kök kanallarının şekillendirilmesi basamağında kullanılması için belirli dönme hızı ve tork değerinde çalışan anguldruvalar üretilmiş ve Ni-Ti eğeler ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin kullanımı ile

çalışma süresi azaltılmış, kanal şekillendirilmesi sırasında oluşabilecek hatalar en aza indirilmiştir (Pettiette ve ark 2001). Fakat bu sistemlerde, el aletleri ile karşılaştırıldığında, daha fazla alet kırığı vakası meydana geldiği gözlenmiştir (Barbakow ve Lutz 1997).

Haapasalo ve Shen; Ni-Ti aletleri, mekanik özellikleri, eğe tasarımı ve şekillendirme özelliğine göre beş nesile ayırmışlardır (Haapasalo ve Shen 2013).

### **Birinci Nesil Döner Alet Eğe Sistemleri**

Lightspeed döner alet eğe sistemi (Discus Dental, Culver City, CA) ve Profile döner alet eğe sistemi (Dentsply Tulsa Dental, Dentsply Maillefer) bu grupta incelenmektedir. Bu eğelerde taper açısı sabittir, eğelerin uç kısmı pasiftir ve kesici olmayan radyal alan bulunmaktadır (Haapasalo ve Shen 2013).

### **İkinci Nesil Döner Alet Eğe Sistemleri**

ProTaper Universal (Dentsply Tulsa Dental, Dentsply Maillefer), K3 (SybronEndo, Orange, CA) ve BioRaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) döner alet eğe sistemleri bu grupta incelenmektedir. Bu nesil eğelerin tasarımında radyal alan bulunmamaktadır. Eğenin kesici kenar ile uzun eksen arasındaki açı azaltılarak, eğenin dentine saplanması engellenmiştir (Haapasalo ve Shen 2013).

### **Üçüncü Nesil Döner Alet Eğe Sistemleri**

HyFlex CM (HyFlex; Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, OH), K3XF (SybronEndo, Orange, CA), ProFile GTX (GTX; Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), ProFile Vortex ve Vortex Blue (Dentsply Tulsa), Typhoon CM (Infinite Flex NiTi Clinician's Choice Dental Products, New Milford, CT), ve Twisted Files (TFs; SybronEndo) döner alet eğe sistemleri bu grupta incelenmektedir. Bu nesilde kullanılan Ni-Ti alaşımlarının metalürjik özellikleri değiştirilmiştir (Haapasalo ve Shen 2013).

## **Dördüncü Nesil Döner Alet Eğe Sistemleri**

WaveOne (Dentsply Tulsa Dental Specialties and Dentsply Maillefer) ve Reciproc (VDW) döner alet eğe sistemleri bu nesilde incelenmektedir. Bu gruptaki eğeler dönme hareketi ile değil resiprokasyon hareketi ile kök kanalını şekillendirmektedir (Haapasalo ve Shen 2013).

## **Beşinci Nesil Döner Alet Eğe Sistemleri**

Revo-S (Micro-Mega, Besançon, France) ve ProTaper Next (Dentsply Tulsa Dental Specialties/Dentsply Maillefer) döner alet eğe sistemleri bu nesilde incelenmektedir. Bu gruptaki eğeler dönme hareketi yaparken merkezi dengeleyerek, dentin duvarlarına daha az temas ile şekillendirme yapmaktadır (Haapasalo ve Shen 2013).

Yapılan mekanik şekillendirme ile, kanal içerisinden mikroorganizmaların tamamen uzaklaştırılması mümkün olamamaktadır. İrrigasyon solüsyonu olarak fizyolojik serumun kullanıldığı çalışmalarda; şekillendirme sonrasında mikroorganizma sayısının azaldığı fakat tamamen yok olmadığı ve ara seanslarda mikroorganizmaların çoğalarak aynı yoğunluğa ulaşabildiği gözlemlenmiştir (Byström ve Sundqvist 1981). Farklı kanal şekillendirme sistemlerinin kullanıldığı bir çalışmada yalnızca mekanik şekillendirme ile kanalların mikroorganizmalardan temizlenmesinin olanaksız olduğu bildirilmiştir (Siqueira ve ark 1997, Yadav ve ark 2017). Bu nedenlerden dolayı kanal içi dezenfeksiyonda; mekanik şekillendirmenin yanında irrigasyon solüsyonlarının ve kök kanal dolgu patlarının antimikrobiyal etkinliklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

## **1.2. Kök Kanallarının İrrigasyonu**

Endodontide irrigasyonun amacı; mekanik, kimyasal ve biyolojik olarak üçe ayrılır. Mekanik etkinlik, solüsyonun irrigasyon sırasında kök kanalı içerisine uyguladığı basınca bağlıdır (Bortoluzzi ve ark 2006). Kimyasal etkinlik; irrigasyon solüsyonunun konsantrasyonu, temas yüzeyi, uygulanma süresi ile ilişkilidir (Chueh ve Huang 2006). Kanal içi dezenfeksiyon sağlanmasında, irrigasyon solüsyonunun kimyasal ve mekanik etkinliği önemlidir (Koh ve ark 1995). İrrigasyon solüsyonunun biyolojik fonksiyonu, onun antimikrobiyal özelliği ile ilişkilidir (Bortoluzzi ve ark

2006). İrrigasyon solüsyonunun etkinliği, yalnızca solüsyonun kimyasal özelliğine değil, solüsyonun miktarı, ısısı, temas süresi, irrigasyon iğnesinin yerleştirilme derinliği, iğnenin tipi ve çapı, solüsyonun yüzey gerilimi, solüsyonun tazeliğine de bağlıdır (Estrela ve ark 2002).

Endodontik tedavi sırasında uygulanan irrigasyonun faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. İrrigasyon solüsyonları, organik debrisleri uzaklaştırıp mikroorganizmaların beslenmelerini güçleştirir böylelikle sayılarını azaltır.
2. Kök kanal sistemindeki artık organik materyalleri eritir.
3. Kök kanal içerisindeki mikroorganizmaları azaltır ve endotoksinlerin nötralizasyonunu sağlar.
4. İrrigasyon solüsyonlarının kullanımı ile mikroorganizmaların düzensiz dentin duvarlarına adezyonu azalır, kanaldan daha kolay uzaklaştırılır.
5. Smear tabakasını uzaklaştırarak, dentin tübüllerini açar.
6. Tedavi sırasında kullanılan antiseptik ilaçların etkinliğini artırır.
7. Kök kanalında kayganlık sağlayarak kanal aletlerinin çalışmalarını kolaylaştırır.
8. Mekanik şekillendirme sırasında oluşan dentin talaşlarının apikal bölgede birikmesini engelleyerek kanalın tıkanmasını önler.

Endodontik tedavi sırasında kullanılan ideal bir irrigasyon solüsyonunun şu özelliklere sahip olması gerekmektedir:

1. Germisid ve fungusid etki göstermelidir.
2. Doku ve debrisleri eritebilmelidir.
3. Endotoksinleri etkisizleştirmelidir.
4. Solüsyon etkinliği stabil kalmalıdır, kanalda kolay nötralize olamamalıdır.
5. Antimikrobiyal etkinliği uzun sürmelidir.
6. Smear tabakasını kaldırabilmeli, dentin tübüllerinin dezenfeksiyonunu sağlayabilmelidir.
7. Kanal dolgu materyalleri ve restoratif materyaller üzerinde olumsuz etkisi olmamalıdır, bu materyallerin dentine bağlanmalarını engellememelidir.
8. Doku hücreleri üzerinde toksik, karsinojenik, antijenik etki yapmamalıdır.



9. Periapikal dokulara iritatan etki göstermemelidir, periapikal doku iyileşmesine engel olmamalıdır.
10. Düşük yüzey gerilimine sahip olmalıdır.
11. Kayganlaştırıcı özelliğe sahip olmalıdır.
12. Diş yapılarını boyamamalıdır.
13. Kullanıcıya zarar vermemelidir.
14. Hazırlanması ve uygulanması kolay olmalıdır.
15. Tadı ve kokusu kabul edilebilir olmalıdır.
16. Raf ömrü uzun olmalıdır.
17. Maliyeti düşük olmalıdır.

### **1.2.1 Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları**

Günümüzde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının hiçbiri, ideal özelliklerin tümünü göstermemektedir. İhtiyaca uygun olacak şekilde solüsyonların seçilip kombine kullanılması, tedavi başarısına katkı sağlamaktadır. Kök kanallarında bulunabilen tüm artıkların temizlenmesi amacıyla çeşitli irrigasyon yöntemleri ve kimyasal maddeler önerilmiştir. Bugüne kadar kullanılan irrigasyon solüsyonları; asitler, şelasyon ajanları, proteolitik enzimler, alkalen solüsyonlar, oksitleyici ajanlar gibi kimyasal maddeler ve serum fizyolojik olarak sıralanabilir.

Sıklıkla kullanılan irrigasyon solüsyonlarını şöyle sıralayabiliriz (Rhodes 2005):

1. Sodyum hipoklorit
2. İyodin solüsyonları
3. Klorheksidin glukonat
4. Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)
5. Sitrik asit
6. MTAD
7. Elektrokimyasal aktive edilmiş su
8. Işıkla aktive olan dezenfeksiyon
9. Maleik asit

Sodyum hipoklorit (NaOCl), doku çözücü etkisi ve yüksek antimikrobiyal etkinliği nedeniyle en sık kullanılan irrigasyon solüsyonudur (Wang ve ark 2012).

Sodyum hipokloritin sadece organik yapılar üzerinde etkili olması sebebiyle, etilen diammin tetraasetik asit (EDTA) gibi demineralizasyon ajanları, irrigasyon solüsyonları arasında yer bulmuştur (Goldman ve ark 1982). Antimikrobiyal özelliği, etkinliğinin devamlılık göstermesi nedeniyle klorheksidin glukonat (CHX) yaygın olarak kullanılan bir diğer irrigasyon solüsyonudur (Gomes ve ark 2001).

### **Sodyum Hipoklorit (NaOCl)**

Sodyum hipoklorit (NaOCl), 1789 yılında Fransa'da üretilmiş ve hastanelerde antiseptik olarak kullanılmaya başlanmıştır (Basrani ve Haapasalo 2012). Endodontiye irrigasyon solüsyonu olarak girişi, ilk olarak Coolidge tarafından gerçekleştirilmiştir (Coolidge 1919).

Organik artıklara karşı etkin çözücü olması, antiseptik olması, düşük yüzey gerilimi sayesinde dentin duvarlarına kolayca diffüze olması, ucuz ve kolay ulaşılabilir olması bu solüsyonun başlıca tercih nedenlerindedir (Alaçam 2012).

Doku proteinleriyle temasa geçen NaOCl solüsyonu, nitrojen, formaldehit, asetaldehit oluşturur. Oluşan bu maddeler peptit bağlarını kopararak proteinlerin çözünmesini sağlar. Çözünen proteinden açığa çıkan amino grubunun hidrojeni, klorin ile yer değiştirerek kloramin oluşturur. Oluşan kloramin, bakterilerin enzimlerini ve hücre metabolizmasını inhibe ederek antimikrobiyal etkinlik göstermektedir (Basrani ve Haapasalo 2012).

Sodyum hipoklorit, endodontide, genellikle %0,5-%5,25 arası değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Alaçam 2012). NaOCl'nin hangi konsantrasyonunun daha etkin olduğu günümüzde netlik kazanmamıştır, bununla ilgili çalışmalar hala sürmektedir. Yapılan *in vitro* çalışmalarda; NaOCl'nin yüksek konsantrasyonlarının, *Enterococcus faecalis* ve *Candida albicans* üzerinde daha etkin olduğu görülmüştür (Gomes ve ark 2001). Ayrıca NaOCl yüksek konsantrasyonlarda, nekrotik dokuları çözebilme özelliğini daha iyi göstermektedir (Hand ve ark 1978). Bunların aksine, yapılan bazı çalışmalarda, kök kanal sistemindeki bakterilerin uzaklaştırılmasında yüksek ve düşük konsantrasyonlardaki NaOCl'nin benzer sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür (Cvek ve ark 1975, Byström ve Sunvqvist 1985). Düşük konsantrasyonlardaki NaOCl'nin kullanım miktarı artırıldığında, nekrotik dokuları çözüme etkinliği, yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında oluşan etkiye

yakın olduğu bildirilmiştir (Moorer ve Wesselink 1982, Siqueira ve ark 2000). *E. faecalis* üzerine antibakteriyel etkinliğin incelendiği bir *in vitro* çalışmada; %2,5'lik NaOCl solüsyonunun yaklaşık %96 oranında bakteri eliminasyonu sağladığı bildirilmiştir (Vaid ve ark 2017). Agar difüzyon testi ile irrigasyon solüsyonlarının *E. faecalis* ve *C. albicans* üzerine antimikrobiyal etkinliğinin incelendiği bir çalışmada %3'lük NaOCl'nin daha etkin olduğu fakat mikroorganizmaları tamamen elimine edemediği bildirilmiştir (Yadav ve ark 2017).

Antimikrobiyal etkinlik ve nekrotik doku eritici özelliklerini arttırmak için, NaOCl'nin ısısı artırılmıştır. Solüsyonun ısısının, oda ısısından (25°C) vücut ısısına (37°C) çıkartılması ile nekrotik doku çözücü etkinliğinin önemli derecede arttığı bildirilse de (Cunningham ve Balekjian 1978, Kamburis ve ark 2003, Sirtes ve ark 2005), solüsyonun antimikrobiyal etkinliğinin değişmediği görülmüştür (Gulsahi ve ark 2014).

Kök kanalı içinde organik dokularla temasa geçen NaOCl'nin antimikrobiyal etkinliği zayıflamaktadır, bu nedenle irrigasyonun sıklığı, devamlılığı ve süresi önem kazanmaktadır (Haapasalo ve ark 2010).

Kanal içi tam dezenfeksiyon sağlanmasında, irrigasyon solüsyonunun dentin tübüllerine nüfuz etmesi önem taşımaktadır. Zou ve arkadaşlarının (2010) yaptıkları bir çalışmada; NaOCl'nin dentin tübüllerine 77-300 µm arası derinlikte nüfuz ettiği gözlemlenmiştir. Irrigasyon sırasında NaOCl'nin konsantrasyonunu, uygulama süresini ve sıcaklığını arttırmanın, dentin tübüllerine ulaşımını beklenen kadar çok arttırmadığı bildirilmiştir (Zou ve ark 2010). Yapılan diğer çalışmalarda; irrigasyon sırasında NaOCl'nin dentin tübüllerinde en fazla 100 µm kadar derinliğe ulaşabildiği, fakat *E. faecalis* 'lerin 500-1000 µm derinliğe yerleşebildiği bildirilmiştir (George ve ark 2005, Moritz ve ark 2006). Kanal içi irrigasyon sırasında NaOCl; sınırlı yüzey teması kurmakta, belli bir ölçüde nötralize olmakta, kök kanal sisteminin her tarafına ulaşamamakta, dentin tübüllerinde mikroorganizmalar kadar derine nüfuz edememekte, bakteri popülasyonunu azaltsa bile tamamen yok edememekte ve bu nedenle sınırlı antimikrobiyal etkinlik gösterebilmektedir (Alaçam 2012).

Etkili bir organik çözücü olan NaOCl, kök kanal sistemindeki inorganik doku üzerinde etkisizdir, smear tabakasını tek başına kaldıramamaktadır. Bu nedenle kök

kanal irrigasyonu sırasında, NaOCl'nin şelasyon ajanları ile birlikte kullanılması önerilmektedir (Cury ve ark 1981). Şelasyon ajanları dentindeki kalsiyum (Ca) iyonları ile birleşerek şelat tuzları oluşturmakta, kök kanalındaki inorganik dokuların uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Geçmişte şelasyon ajanı olarak; sülfürik asit, hidroklorik asit, sitrik asit, laktik asit, fosforik asit, tannik asit kullanılmıştır (Şen ve ark 1995). Günümüzde en çok kullanılan şelasyon ajanı ise EDTA'dır.

### **Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)**

Ferdinand Munz tarafından 1935 yılında, etilen diamin ile kloroasetik asitin birleştirilmesi ile üretilmiştir. Endodontiye şelasyon ajanı olarak kazandırılması, 1957 yılında Nygaard-Østby tarafından gerçekleştirilmiştir (Hülsmann ve ark 2003). Sıklıkla tercih edilen bu solüsyon; biyouyumlu, antimikrobiyal etkinliği zayıf, kokusuz, suda çözünebilen, nötral pH'ya sahip (pH=7) bir disodyum tuzudur. EDTA, uzun yıllardır en çok tercih edilen şelasyon ajanıdır.

Hahn ve Reygadas (1951), EDTA solüsyonunun diş sert dokuları üzerinde demineralize edici etkisinin olduğunu rapor etmişlerdir. Dentinin esas inorganik bileşenleri kalsiyum ve fosfat suda çözünebilmektedir. Çözünmüş haldeki kalsiyum iyonları, EDTA ile bağlanarak uzaklaşmakta ve dentinden yeni kalsiyum iyonlarının çözünmesine sebep olmaktadır. Bu süreçte EDTA, dentinin demineralizasyonunu gerçekleştirmektedir (Hülsmann ve ark 2003). Pawlicka (1981); normal konsantrasyonlarda bulunan EDTA solüsyonunun, 100 g kalsiyumun 10,5 g'ını bağlayabileceğini bildirmiştir. Serper ve arkadaşlarının (2002) yapmış oldukları bir çalışmada; EDTA'nın farklı pH ve farklı konsantrasyonlardaki demineralizasyon etkinliği incelenmiştir. Konsantrasyonun %17 olduğu nötral pH'da EDTA'nın demineralizasyon etkisinin en yüksek olduğu buna karşın, %10 konsantrasyonda pH değeri 9 iken demineralizasyon etkisinin en az olduğu bildirilmiştir (Serper ve Çalt 2002).

Smear tabakasının inorganik yapısının kaldırılmasında, sıklıkla EDTA solüsyonu kullanılmaktadır. EDTA solüsyonunun 5 dakika içerisinde, kök kanal dentininin 20-30 µm derinliğinde demineralizasyon yaptığı bildirilmiştir (Alaçam 2012). Solüsyonun genellikle %17'lik konsantrasyonu tercih edilmektedir ve bu konsantrasyonda kullanıldığında bir dakikadan daha kısa süre içerisinde smear

tabakasını kaldırdığı gözlenmiştir (Basrani ve Haapasalo 2012). Smear tabakasının organik bileşenlerine karşı etkisiz olan EDTA'nın, organik doku çözücü etkinliği olan bir irrigasyon solüsyonu ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Yamada ve ark. (1983) smear tabakasının kaldırılmasında en etkili yöntemin, 10 ml %17'lik EDTA solüsyonunu takiben 10 ml %5,25'lik NaOCl solüsyonunun kullanılması olduğunu rapor etmiştir (Yamada ve ark 1983).

Smear tabakasının uzaklaştırılması, dentinin derin tabakalarına NaOCl gibi antimikrobiyal etkisi yüksek irrigasyon solüsyonlarının ulaşmasını kolaylaştırarak, irrigasyonun etkinliğini arttırmaktadır. Her iki irrigasyon solüsyonunun bir arada kullanıldığı bu metodun, NaOCl'nin tek başına kullanılmasından daha etkili kanal içi dezenfeksiyon sağladığı bildirilmiştir (Basrani ve Haapasalo 2012). Bu şekilde EDTA, kök kanal sisteminden nekrotik dokuların uzaklaştırılmasını ve temizlenmesini kolaylaştırarak bakteri eliminasyonuna katkı sağlamaktadır.

Yüzey gerilimi, kök kanal dentininin molekülleri arası çekim kuvvetidir. Yüzey geriliminin düşük olması, moleküller arası bağlantının zayıf olması anlamına gelmekte ve böylece, solüsyonlar dentin yüzeyinde daha etkili olmaktadır. Solüsyonlara sürfaktan eklemek ve solüsyon ısisını arttırmak ile yüzey gerilimini düşürmek mümkün olmaktadır (Abou-Rass ve Patonai 1982). Düşük yüzey gerilimi sayesinde solüsyon, kanal eğeleri ile ulaşılamayan alanlara, dentin tübüllerinin içerisinde daha derin noktalara ulaşmaktadır (Cameron 1986). Antibakteriyel etkinliğin incelendiği bir çalışmada; sürfaktan ilavesi ile daha derinlere ulaşabilen solüsyonların, daha yüksek antibakteriyel etki gösterdikleri bildirilmiştir (Giardino ve ark 2017).

Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), NaOCl ile karıştırıldığında yapısındaki kalsiyum kompleksini korumaktadır, etkinliği stabil kalmaktadır. Fakat NaOCl'nin klorin molekülleri EDTA tarafından bağlandığı için doku çözücü ve antimikrobiyal etkinliği azalmaktadır (Grawehr ve ark 2003, Biel ve ark 2017). Bu nedenle Grawehr, solüsyonların karıştırılmadan, ayrı ayrı kullanılmasını önermektedir.

Antibakteriyel özelliklerin karşılaştırıldığı bir çalışmada; EDTA, sitrik asit ve %0,5 NaOCl solüsyonlarından daha etkin bulunurken, EDTA'nın %2,5 NaOCl ve %0,2 klorheksidin glukonat ile karşılaştırıldığında antibakteriyel etkisinin daha zayıf

olduğu görülmüştür (Siqueira ve ark 1998). Bakteri ile direkt temas eden EDTA, bakteri hücresi yüzey proteinleri ile metal iyonlarını bağlayarak bakteri ölümünü gerçekleştirmektedir (Hülsmann ve ark 2003). Fakat EDTA, sınırlı bir antimikrobiyal etkinliğe sahiptir. Irrigasyon solüsyonu olarak tek başına EDTA'nın kullanımının *E. faecalis* zerinde antibakteriyel etkinliğinin olmadığı bildirilmiştir (Solana ve ark 2017).

Yapılan bir meta-analiz ve sistematik araştırmada; smear tabakasının kaldırılmasıyla kök kanal dolgusunda daha az sızıntı meydana geldiği bildirilmiştir (Shahravan ve ark 2007). Smear tabakasının kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine girişini engellediği SEM görüntülerinin incelenmesi ile tespit edilmiş, bu tabakanın, kök dentini ile kök kanal dolgusu arasında sızıntıya neden olduğu için kaldırılması gerektiği bildirilmiştir (rstavik ve Haapasalo 1990). Smear tabakasının uzaklaştırılması ile kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerinde daha derine nüfuz edebildiği böylelikle daha yüksek antibakteriyel etkinlik gösterebildiği ve kök kanal dentin duvarı ile adaptasyonunun daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Gutierrez ve ark 1990, Gutmann 1993, Kokkas ve ark 2004). Yapılan çalışmalarda smear tabakası uzaklaştırılmadığında; kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine giremediği, smear tabakasının uzaklaştırılması ile patların 40-60  $\mu$ m derinliğe kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (Okşan ve ark 1993, Jardine ve ark 2016).

Yalnızca mekanik şekillendirme ve kimyasal irrigasyon ile enfekte kök kanalında steril bir ortam oluşturmak imkansızdır (Pataky ve ark 2002). Kök kanallarının mekanik preperasyonu ile yaklaşık %50 oranında bakteri yok edilebilmekte ve irrigasyon solüsyonlarıyla eğelerin ulaşamadığı bölgelerde kalan bakterilerin eliminasyonu amaçlansa da; irrigasyon solüsyonlarının tek veya kombine kullanımı ile kök kanallarında tam bir sterilizasyon sağlanamamaktadır (Berber ve ark 2006, Nourzadeh ve ark 2017). Bu işlemler ile kök kanalındaki mevcut bakteri yoğunluğunu azaltmak mümkün olsa da; dentin tübüllerinin içerisinde ve dentin duvarlarında bakteriler bulunmaktadır (Arias-Moliz ve Camilleri 2016). İyi bir kök kanal dolgusu ile mevcut bakterilerin yeniden kolonize olmasını engellemek ve kullanılan kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel özelliklerinden faydalanarak bu bakterileri elimine etmek mümkündür (Wang ve ark 2014).

### 1.3. Kök Kanallarının Doldurulması

Endodontik tedavide başarı; kök kanallarının iyi bir şekilde temizlenmesi ve şekillendirilmesinin ardından bakteri, bakteri ürünleri ve doku sıvılarının hareketini önlemek için stabil ve toksik olmayan materyaller ile kök kanal boşluğunun üç boyutlu olarak doldurulmasına bağlıdır (Depraet ve ark 2005, Hashem ve ark 2009). Mekanik şekillendirme mikrobiyal sayımda belirgin miktarda azalmaya yol açsa da, bu azalma yeterli miktarda değildir. Azalmış besin kaynağına rağmen bazı mikroorganizmalar uzun süre dentin derinliklerinde hayatta kalmaktadır. Kök kanal sisteminin üç boyutlu olarak tıkanması ile artık mikroorganizmaların yeniden kolonizasyonunun engellenmesi amaçlanmaktadır (Hülsmann ve ark 2007). Kök kanallarının doldurulması; kök kanal sisteminin dentin-sement birleşiminden, koronal giriş kavitesine kadar toksik olmayan, stabil materyaller ile sızdırmaz bir şekilde tıkanması işlemidir. Kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulma nedenleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Alaçam 2012):

- Mikroorganizmaların oral kaviteden periapikal dokulara geçişini engelleyecek bir bariyer oluşturmak.
- Kanalları temizleme ve şekillendirme işlemleri sonrasında hala kanalda bulunabilecek mikroorganizmaların büyümesini ve çoğalmasını, besin kaynaklarının girişini engelleyerek ve mikroorganizmaların büyümeleri için gerekli olan boşluğu doldurarak önlemek.
- Mikroorganizmalar için gerekli olan besinin kanal sistemine sızıntısını engellemek.
- Kalan diş dokularına destek sağlamak.

Ingle ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışma, başarısız endodontik tedavilerin %58'ini, yetersiz doldurulan kök kanallarından kaynaklandığını göstermiştir (Ingle ve ark 1994). Yetersiz şekillendirme, çalışma boyunun kaybedilmesi, perforasyon, kanal transportasyonu gibi meydana gelen hatalar, kök kanal dolgusu sırasında apikal tıkanmanın kalitesini etkilemektedir (Wu ve ark 2000).

Yapılan bir hayvan deneyinde; periapikal lezyonlu dişler iki gruba ayrılarak; kök kanalları şekillendirilip, temizlenip, guta-perka ve rezin içerikli kök kanal dolgu patları kullanılarak dolgusu tamamlanmış, diğer grupta ise şekillendirilip, temizlenen

dişlerin kanal dolgusu yapılmamıştır. Her iki grup dişler, 190 gün sonra histolojik olarak incelenmiş ve iyileşme açısından aralarında fark olmadığı bildirilmiştir (Sabeti ve ark 2006). Kök kanal tıkaması, kısa dönem başarı oranında çok etkili olmasa da, uzun dönem takipte başarı oranını artırmaktadır (Ricucci ve Siqueira 2011).

Yapılan birçok çalışma, kök kanal sisteminin tamamen temizlenip, dezenfekte edilemediğini göstermektedir (Heard ve Walton 1997, Siqueira ve ark 1998, Wu ve ark 2003). Bakterilerin elimine edilmesi, sızıntının ve periapikal doku sıvılarının kök kanal sistemine girişinin engellenmesi için iyi bir kök kanal tıkamasına ihtiyaç duyulmaktadır (Whitworth 2005). Başarısızlıkla sonuçlanan endodontik tedavilerde, kök kanallarından sıklıkla *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus anginosus*, *Bacteroides gracilis* ve *Fusobacterium nucleatum* gibi anaerobik bakteri türleri izole edilmektedir (Sundqvist ve ark 1998).

Kanal dolgu yöntemlerinin tümü bir kor materyal ve daimi kök kanal dolgu patının birlikte kullanımı prensibine dayanmaktadır. Kullanılan kök kanal dolgu patı ile kanal dolgu maddesi birbiriyle uyumlu olmalıdır, eğer uyumsuzluk olursa kullanılan materyallerde kümeleşme, erken sertleşme veya hiç sertleşmeme görülebilmektedir (Hülsmann ve ark 2007).

Kök kanal dolgusu sırasında kullanılan materyaller, dentinden farklı fiziksel özelliklere sahip oldukları için, dentinle olan temas sırasında oluşabilecek boşluklardan mikrosızıntı meydana gelebilmektedir (Krell ve Wefel 1984). Yapılan çalışmalar kök kanal dolgu maddelerinin dentine olan bağlantılarının artması ile, mikrosızıntının azaldığını göstermektedir (Britto ve ark 2002, Shipper ve ark 2004).

### **1.3.1. Kök Kanal Dolgu Materyalleri**

Kök kanal dolgu maddesi olarak, 1800'lerden önce altın kullanılmaktaydı. İlerleyen zamanlarda kanal dolgu maddesi olarak; çeşitli metaller, parafin, amalgam ve çinko oksiklorit de kullanılmaya başlandı. Guta-perka, ilk defa 1847 yılında Hill tarafından geliştirilerek, 1848 yılında diş hekimliğine kazandırıldı (Hargreaves ve Berman 2015).

Isonandra percha ağacının öz suyundan elde edilen, poliizoprenin trans izomeri olan guta-perka, iki kristal forma sahiptir ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) (Goodman ve ark 1974). Guta-perka



konlar; %20 guta-perka, %65 çinko oksit, %10 radyopak madde ve %5 oranında plastik madde içermektedir (Friedman ve ark 1975).

Guta-perkanın avantajları şu şekilde sıralanmaktadır (Alaçam 2012):

- Sıkıştırılabilme özelliği sayesinde kök kanalında düzensiz bölümlere uygulanabilmektedir.
- Guta-perkanın toksisitesi düşüktür, alerjen değildir.
- Kanal içinde sertleşen guta-perka boyutsal stabilitesini korumaktadır.
- İçeriğine eklenen radyopak maddeler sayesinde dental radyograflarda görülebilmektedir.
- Guta-perka ısı ve kimyasal çözücülerle yumuşatılıp şekillendirilebilmektedir.
- Diş yapılarında renk değişikliğine neden olmamaktadır.
- Kök kanal dolgusunun yenilenmesi gerektiği durumlarda, ısı ve kimyasal çözücülerden yararlanılarak kanaldan uzaklaştırılabilmektedir.

Guta-perkanın dezavantajları şu şekilde sıralanmaktadır (Alaçam 2012):

- Guta-perka sert bir materyal olmadığı için; dar, ince kanallarda kıvrılabilme, şekli bozulabilmektedir.
- Guta-perka tek başına kök kanal dentin duvarına bağlanamamaktadır bu nedenle kök kanal dolgu patları ile birlikte kullanılması gerekmektedir.
- Guta-perka zamanla kırılabilirlik kazanabilmektedir bu da raf ömrünü kısaltmaktadır.

Guta-perkaya antimikrobiyal etkinlik kazandırmak için; iyodoform, kalsiyum hidroksit, klorheksidin, tetrasiklin gibi maddeler eklenmiş fakat çok etkili olmadığı bildirilmiştir (Lui ve ark 2004, Lohbauer ve ark 2005). Guta-perka konların dış kısımlarının cam iyonomer ile kaplanması ile Activ GP (Brassler USA) üretilmiştir. Bu konlar sadece cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patları ile birlikte kullanılmaktadır. Yapılan sızıntı testleri ile; Activ GP'nin sızdırmazlıkta ilave bir üstünlüğünün olmadığı görülmüştür (Fransen ve ark 2008).

Kök kanal dolgusunda kullanılan gümüş konlar; ilk defa Jasper tarafından, guta-perka kadar başarılı ve kolay uygulanabilir iddiası ile endodontiye tanıtılmıştır (Jasper 1941). Gümüş konların sert bir materyal olmasından dolayı, kanal içerisine

yerleştirilmesi çok kolay olmaktadır fakat; düzensiz kanallarda tam bir tıkama sağlayamadığı için gümüş konlarla doldurulan kanallarda sızıntı meydana gelmektedir (Hargreaves ve Berman 2015). Gümüş konların; oligodinamik etki ile kök kanal sisteminde antimikrobiyal etkinlik gösterdiği düşünülse de; böyle bir etkinin olmadığı, hatta doku sıvıları ile temasa geçen gümüş konların korozyona uğrayarak, periapikal doku iyileşmesine engel olduğu ve sitotoksik etki gösterdiği bildirilmiştir (Seltzer ve ark 1972, Brady ve Carlos 1975).

Kök kanal dolgu maddesi olarak kullanılan resilon, guta-perkaya alternatif olarak üretilmiş, yüksek performansta bir endüstriyel poliüretandır. Toksik özellik göstermeyen biyouyumlu bir materyaldir. Resilon kor materyali, rezin esaslı kök kanal dolgu patları ile kullanılmakta, asitle pürüzlendirilmiş kök kanal dentinine uygulanmaktadır. Resin esaslı kanal patı, hem dentin duvarına hem de resilon kor materyaline bağlanarak monoblok oluşturmaktadır (Raina ve ark 2007).

Guta-perka, kabul edilebilir fiziksel özellikleri ve inert bir materyal olması nedeniyle kök kanal dolgusu sırasında en çok tercih edilen kök kanal dolgu materyalidir.

### **1.3.2. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri**

Kök kanal dolgusu sırasında kullanılan çok sayıda teknik bulunmaktadır ve hangisinin diğerine göre daha üstün olduğunu kanıtlayan çok az veri bulunmaktadır (Aqrabawi 2006, Ng ve ark 2007). Toronto’da yapılan bir çalışma sonucunda; sıcak vertikal kompaksiyon tekniğinin, lateral kompaksiyondan daha üstün olabileceği bildirilse de bununla ilgili yeterli veri bulunmamaktadır (Peng ve ark 2007, de Chevigny ve ark 2008).

#### **Lateral Kompaksiyon Yöntemi**

Lateral kompaksiyon tekniği, kök kanallarının doldurulması sırasında en çok tercih edilen yöntemdir. Bu yöntem, kök kanallarının doldurulması sırasında, çalışma boyunun kontrolünü sağlamaktadır (Gilhooly ve ark 2001), fakat bu yöntem ile homojen bir kök kanal dolgusu elde edilmesi zordur (Hargreaves ve Berman 2015). Lateral kompaksiyon yöntemi, vertikal kompaksiyon ve termoplastik enjeksiyon

yöntemleriyle karşılaştırıldığında; kanal düzensizliklerini doldurmada yetersiz kalmaktadır (Wu ve Wesselink 2001, Wu ve ark 2002).

### **Sıcak Vertikal Kompaksiyon Yöntemi**

Sıcak vertikal kompaksiyon yöntemi; Schilder tarafından kök kanal boşluğunun üç boyutlu olarak tamamen tıkanması için geliştirilmiştir (Schilder 2006). Yapılan bir çalışmada bu yöntem uygulanarak doldurulan kök kanallarındaki ısı değişimi incelenmiş; en yüksek ısının koronalde olup apikale doğru azaldığı ve apikalde en yüksek sıcaklığın 44°C olarak ölçüldüğü bildirilmiştir (Blum ve ark 1997). Sıcak vertikal kompaksiyon tekniği için geliştirilen cihazların, kök yüzeyinde meydana getirdikleri ısı değişimlerinin incelendiği bir çalışmada; Sistem B ve Touch'n Heat cihazlarının 10°C'den daha az ısı artışı oluşturduğu, Flame-Heated cihazının ise 10°C'den daha fazla ısı artışı oluşturduğu bildirilmiştir (Lee ve ark 1998). Sıcaklık artışının 10°C'den fazla olduğu durumlarda periodontal dokular üzerinde geri dönüşümü olmayan hasarlar oluşabileceği bilinmektedir.

Sıcak vertikal kompaksiyon yöntemiyle; kanal düzensizliklerini, aksesuar kanalları homojen bir şekilde doldurmak mümkündür. Fakat bu yöntemle kök kırığı oluşması ve apikal dokulara kanal dolgununun taşması riski yüksektir (DuLac ve ark 1999, Wu ve ark 2001).

### **Kimyasal Olarak Yumuşatılmış Guta-perka Yöntemi**

Guta-perka, ökoliptol ve kloroform gibi çözücülerle plastik forma dönüşebilmektedir. Bu yöntemde guta-perka çözücülerde birkaç saniye bekletilerek kanala yerleştirilir, kanalda ileri geri hareketler yaptırılarak apikalde guta-perkanın tam uyumlu hale gelmesi sağlanmaktadır. Bu yöntemin bazı dezavantajları bulunmaktadır, bunlar; büzülme sonucunda boyutsal stabilite azalmaktadır, kök kanallarının doldurulması sırasında ara boşluklar oluşabilmektedir, apikal kontrol sağlamak zordur ve periapikal dokularda hasar oluşabilmektedir.

### **Termoplastik Enjeksiyon Yöntemi**

Isıtılan guta-perkanın kanal içerisine enjekte edilmesi sistemine dayalı bir yöntemdir. Bu yöntemdeki mevcut cihazlar; Obtura II, Calamus, Elements, HotShot ve Ultrafil 3D cihazlarıdır. Bu tekniğin sağladığı avantajlar arasında, kullanımının

kolay ve çabuk olması, kanal dolgusunda çok az boşluk kalarak kanalların etkin bir şekilde doldurulması sayılabilmektedir. Yapılan bir çalışma ile kök kanalları bu teknikle, kanallara pat uygulanarak ve pat uygulanmayarak doldurulup karşılaştırılmış; pat kullanılarak doldurulan kanallarda daha iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (ElDeeb 1985).

### **Termomekanik Kompaksiyon Yöntemi**

McSpadden tarafından, 1978 yılında, tersine çevrilmiş hedström eğeye benzeyen bir kompaktörle uygulanması önerilen bir kök kanal dolgu yöntemidir. Yavaş devirle dönmeye başlayan alet guta-perkayı yumuşatarak apikale doğru hareketini sağlamaktadır.

Karmaşık bir cihaz tasarımının olmaması ve tüm kanal düzensizliklerini doldurabilmesi bu yöntemin avantajlarından (Harris ve ark 1982, Lugassy ve Yee 1982, Kersten ve ark 1986, Saunders 1989, 1990). Fakat bu yöntemin uygulanması sırasında; apikal taşkınlıklar oluşabilmesi, kompaktörün kırılabilmesi, kompaktörün kök kanal dentininde hasara yol açabilmesi, aşırı ısı oluşturabilmesi ve eğri kanallarda uygulama zorluğu gibi dezavantajları bulunmaktadır (Fors ve ark 1985, Hardie 1987, Beatty ve ark 1988, Saunders 1990, McCullagh ve ark 1997).

### **Devamlı Isı İle Kompaksiyon Yöntemi**

Devamlı ısı ile kompaksiyon yöntemi, sıcak vertikal kompaksiyon yönteminin bir çeşididir (Buchanan 1994). Bu teknik kon uyumu gerektirdiği için apikal kontrol sağlanmakta ve kanal dolgusunun apikalden taşma ihtimali azalmaktadır. Bu teknik, aksesuar ve yan kanalların homojen bir şekilde doldurulmasına olanak sağlamaktadır.

### **Sıcak Lateral Kompaksiyon Yöntemi**

Guta-perkanın sıcak lateral kompaksiyonuyla; apikalde kontrol sağlamak, katı ve homojen bir kanal dolgusu elde etmek mümkündür (Jacobsen ve BeGole 1992). Sıcak lateral kompaksiyon yöntemi, lateral kompaksiyon yöntemi ile karşılaştırıldığında, guta-perka ağırlığının sıcak lateral kompaksiyonda %14,63 daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Liewehr ve ark 1993). Araştırmacılar sıcak lateral kompaksiyon yönteminin, lateral kompaksiyon yöntemine göre kök kanallarının

doldurulması sırasında daha az stres meydana getirdiğini bildirmişlerdir (Martin ve Fischer 1990).

### **Kor Taşıyıcılı Guta-perka Yöntemi**

Bu yöntemde; üzeri a fazlı guta-perka ile kaplanmış kor materyalleri özel cihazlarda ısıtılarak kök kanallarına uygulanmaktadır. Kor materyali olarak metal, nikel-titanyum ve plastik korlar kullanılabilir. Yöntemin avantajları arasında yerleştirme kolaylığı ve plastikleşen guta-perkanın kanal düzensizliklerine uyumunun iyi olması sayılabilir. Fakat materyalin apikalden taşabilmesi, düzensiz şekilli kanallarda guta-perka yoğunluğunun ayarlanamaması, tekrarlayan tedavi durumunda ve post yuvası hazırlanması gerektiğinde taşıyıcı bölümün çıkarılmasının zor olabilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Son zamanlarda plastik veya metal taşıyıcı yerine guta-perka kullanılmasıyla, guta-perka kaplı guta-perka korlar üretilmiştir. Diğer kor taşıyıcı sistemlere göre daha esnek olması nedeniyle eğri kanallarda kolay uygulanabilir. Sistemin plastik veya metal taşıyıcısı olmadığı için tekrarlayan tedavilerde ve post uygulanması gerektiğinde kök kanal dolgusunun kanaldan uzaklaştırılması kolaylıkla yapılabildiği için diğer kor taşıyıcı sistemlerin dezavantajları bu sistemde ortadan kaldırılmıştır.

### **Açılı Tek Kon Yöntemi**

Bu yöntem kolay uygulanabilir olması nedeniyle soğuk lateral kompaksiyon yöntemine alternatif olarak sunulmuştur. Kök kanal şekillendirilmesinin yapıldığı en son eğenin boyutları ile uyumlu açılı guta-perka konun, yardımcı konlara ihtiyaç olmadan tek başına kullanılmasıyla kök kanal dolgusu tamamlanmaktadır. Dar ve yuvarlak kesitli kök kanallarının doldurulmasında kullanılan kon tam bir uyum göstermesine karşın; düzensiz şekilli ve oval kesitli kök kanallarının doldurulmasında bu yöntem iyi bir tıkama sağlayamamaktadır (Krug ve ark 2017).

Biyoseramik ve epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patları kullanılarak tek kon yöntemi ile doldurulan kök kanallarının mikro-CT ile incelenmesi sonucunda, apikal bölgede iyi bir tıkama sağlandığı bildirilmiştir (Celikten ve ark 2016). Yapılan bakteri sızıntı testlerinde bu yöntemin, lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon yöntemleri ile benzer sonuçlar ortaya koyduğu bildirilmiştir (Taşdemir ve ark 2009,

Rechenberg ve ark 2011). Kök kanallarının doldurulması sırasında apikal bölgede daha az stres oluşması ile bu tekniğin kullanıldığı dişlerde daha az çatlak meydana gelmektedir (Çapar ve ark 2015). Bu teknikte kullanılan kök kanal dolgu patının kalınlığı ana konun kök dentin duvarına uyumuna bağlıdır (Wu ve ark 2003). Çapar ve arkadaşları (2014); farklı döner alet sistemleri ile şekillendirilerek, sistemlerin kendi tek konları ile doldurulan kök kanallarının apikalden koronale 2, 4, 6 ve 8 mm'den horizontal kesitler alarak kök kanallarının tıkanma seviyelerini incelemiştir: 2 mm'de ProTaper Universal ve ProTaper Next ile doldurulan kanallarda daha geniş gutaperka daha dar kanal dolgu patı alanları gözlemlenmiştir. Dört ve altı mm'den alınan horizontal kesitlerde ProTaper Nextte, ProTaper Universale göre daha geniş gutaperka daha dar kanal dolgu patı alanları tespit edilmiştir. Sekiz mm'den alınan horizontal kesitte her iki ProTaper sisteminde de benzer yoğunlukta gutaperka alanları olduğu bildirilmiştir (Çapar ve ark 2014).

### **1.3.3. Kök Kanal Dolgu Patları**

Kök kanallarının doldurulması için çeşitli materyaller üretilmiştir. Sızdırmaz bir kanal dolgusu için, katı kök kanal dolgu materyalinin yanında, kök kanal dolgu patı kullanımı gerekmektedir. Kök kanal dolgu patları, dentin duvarı ile ana kon arasındaki boşluğu, kanal içerisindeki düzensizlikleri, aksesuar ve yan kanalları doldurmaktadır (Hargreaves ve Berman 2015). İdeal bir kök kanal dolgu patının taşıması gereken özellikler şöyle sıralanmaktadır (Grossman ve ark 1988):

- Karıştırılıp hazırlandığında yumuşak kıvamda olmalı, sertleştiğinde kök kanal dentin duvarı ile iyi bir bağlantı kurmalıdır.
- Hermetik bir tıkama sağlamalıdır.
- Radyopak olmalıdır.
- Sertleştiğinde büzülmemelidir.
- Diş yapılarında renk değişikliği oluşturmamalıdır.
- Bakteriyostatik olmalı ve bakteri kolonizasyonunu engellemelidir.
- Hızlı sertleşmemeli, yeterli çalışma süresi sağlamalıdır.
- Doku sıvıları ile çözünmemelidir.
- Periapikal dokularda immün cevap oluşturmamalıdır.
- Kanaldan uzaklaştırılması gerektiğinde çözücülerle eriyebilmelidir.

Günümüzde kullanılan pek çok kök kanal dolgu patı istenen özelliklerin çoğunu kapsamasına rağmen tüm kıstasları tek başına taşıyan bir kök kanal dolgu patı henüz bulunmamaktadır. Genel olarak kök kanal dolgu patları ilk karıştırıldığında toksisite göstermektedir, fakat sertleşmeye başladıkça toksisiteleri giderek azalmaktadır (Langeland 1974). Günümüzde çok sayıda kök kanal dolgu patı bulunmakta ve bunlar, fiziksel özellikleri, sertleşme ve eriyebilme özellikleri, içerdikleri temel maddelere göre sınıflandırılmaktadır.

### **Çinko Oksit Öjenol İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları**

Bu kök kanal dolgu patlarının tümü; tozunda çinko oksit, likitinde öjenol içermektedir. Bu patlar; periapikal dokulara taşıdığı zaman eriyebilmekte, uygun çalışma süresi sağlamakta, sertleşirken büzülebilmekte, diş yapılarında renklenmeye neden olabilmektedir (Peters 1986, Augsburg ve Peters 1990, Allan ve ark 2001, Davis ve ark 2002, Krastl ve ark 2013). Bu patların en önemli avantajı, antimikrobiyal etkinliğinin yüksek olmasıdır (Barkhordar 1989, Al-Khatib ve ark 1990, Heling ve Chandler 1996, Mickel ve ark 2003). Bu patların antimikrobiyal etkinlikleri, içeriğindeki fenolik bir bileşen olan öjenolün dışarıya salınımı ve salınan öjenolün direkt bakteri hücrelerini etkilemesi ile gerçekleşmektedir (Lai ve ark 2001, Sipert ve ark 2005).

Fakültatif anaerob (*S. mutans*) ve zorunlu anaerob (*P. melaninogenicus*) bakteriler üzerindeki kök kanal dolgu patlarının etkinliğinin incelendiği bir çalışmada; çinko oksit öjenol içerikli kök kanal dolgu patlarının orta dereceli antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilirken; aynı çalışmada bu patların, antibakteriyel özellik bakımından AH 26 kök kanal dolgu patından daha az, kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal dolgu patlarından daha fazla etkin olduğu rapor edilmiştir (Shantiaee ve ark 2010). Kök kanal dolgu patlarının *E. faecalis* üzerine etkinliklerinin incelendiği çalışmalarda; çinko oksit öjenol içerikli kök kanal dolgu patları ve epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patlarının benzer antibakteriyel etkinlik gösterdiğini bildiren çalışmalar olsa da (Kayaoglu ve ark 2005); çinko oksit öjenol içerikli kök kanal dolgu patlarının, epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patlarından daha etkin olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Bodrumlu ve Semiz 2006). Yapılan birçok çalışmada çinko oksit öjenol içerikli patların, kalsiyum hidroksit içerikli patlardan daha yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Al-Khatib ve ark 1990, Miyagak ve ark

2006, Poggio ve ark 2017). Grossman patının dentin tübüllerinin 300 µm derinliğine kadar ulaşarak bakterileri elimine edebildiği bildirilmiştir (Saleh ve ark 2004). Aynı çalışmada; Grossman patı ve AH Plus kanal dolgu patı; RoekoSeal, Apexit, Ketac-Endo kanal dolgu patlarından antimikrobiyal özellik bakımından üstün bulunmuştur.

Sızdırmazlık açısından kök kanal dolgu patlarının değerlendirildiği bir çalışmada; epoksi rezin içerikli patlar, çinko oksit öjenol içeren patlardan daha üstün bulunurken; çinko oksit öjenol içerikli patlar, cam iyonomer esaslı patlardan daha üstün bulunmuştur (Çalışkan 2006).

Piyasada bulunan çinko oksit öjenol içerikli patlar arasında Grossman's Sealer, Pulp Canal Sealer, Kerr Sealer, U/P Root Canal Cement, Wach's Sealer, Roth-801, Pulpdent Root Canal Sealer, Proco-Sol Nonstaining, Sealite Ultra, Cortisomol, Endomet Plain, Endobtur, Argoseal, N-Rickert, Endofill, Intrafill, FillCanal, PulpFill, Polifill sayılabilmektedir.

### **Kalsiyum Hidroksit İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları**

Kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal dolgu patları, kalsiyum hidroksitin tedavi edici özelliğinin bulunmasından dolayı geliştirilmiştir. Bu patın, antimikrobiyal ve osteojenik-sementojenik potansiyele sahip olduğu düşünülmüş ancak bu özellikler bu patlarda gözlemlenememiştir (Desai ve Chandler 2009, Mohammadi ve Dummer 2011). Bu etkilerin görülebilmesi için, kalsiyum hidroksitin çözünüp salınması gerekmektedir. Bu durum, kök kanal dolgu patlarında istenilen bir durum değildir (Hargreaves ve Berman 2015). Bu patlar daimi kanal dolgusunda kullanıldığında; en büyük sorun, patın yüksek çözünürlüğünden dolayı oluşan boşluklara doku sıvılarının ve mikroorganizmaların geçmesidir (Aşçı 2014).

Kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel etkinliğinin en önemli sebebi pH değerinin yüksek olmasıdır (pH=12,5). Fakat karıştırılıp hazırlanan patın pH değerinin 9,14'e kadar düştüğü bu nedenle sınırlı bir antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Byström ve Sunvqvist 1985).

Kök kanal dolgu patlarının antimikrobiyal etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada; ilk 24 saatte, kalsiyum hidroksit esaslı kök kanal dolgu patı, silikon esaslı ve biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarından üstün bulunmuştur (Shakya ve ark



2016). Aynı çalışmada kök kanal dolgu patlarının akıcılığı değerlendirilmiş ve kalsiyum hidroksit esaslı kök kanal dolgu patları diğerlerinden daha az akışkan bulunmuştur. Bu durum patın dentin tübüllerinde daha derine ulaşabilmesini engelleyerek tübül içerisindeki bakterilere ulaşımını kısıtlamaktadır.

Sealapex'in 24, 48, 72 saat ve 7 günlük periyotlarla antibakteriyel etkinliği incelenmiş; Sealapex'in 2 gün sonra suda çözünerek hidroksil iyon salınımı gerçekleştirdiği ve böylelikle antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Schäfer ve Zandbiglari 2003, Aal-Saraj ve ark 2012). Barbero ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada; kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal dolgu patlarının, epoksi rezin ve çinko oksit öjenol içerikli patlardan daha az bakteri inhibisyon alanı oluşturduğu görülmüştür (Barbero-Navarro ve ark 2013)

Kalsiyum hidroksitli patlar; genel olarak biyouyumlu bulunmuştur, fakat Calcibiotic Root Canal patının, likitinde bulunan öjenole bağlı olarak düşük düzeyde toksisite gösterdiği bildirilmiştir (Geurtsen ve Leyhausen 1997, Silva ve ark 1997).

Kalsiyum hidroksit içerikli patlara örnek olarak; Sealapex, Calcibiotic Root Canal Sealer (CRCS), Dentalis, Apexit Plus, Acroseal sayılabilmektedir.

### **Cam İyonomer İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları**

Cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patlarının, biyouyumluluğu ve dentine bağlanma özelliğinden dolayı kullanımı tavsiye edilmiştir (Friedman ve ark 1995). Bu patlarda, neme karşı duyarlılığın yüksek olmasından dolayı, sızıntı yüzdesi de yüksektir. En önemli dezavantajı ise antimikrobiyal etkinliğinin çok düşük olmasıdır (Heling ve Chandler 1996). Cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patlarının antimikrobiyal etkinliğinin flor iyonu salınımı ile gerçekleştiği düşünülmektedir, fakat bu etkinin çok kısa süreli olduğu bildirilmiştir (Shalhav ve ark 1997). Bu patlar yüksek konsantrasyonlarda flor iyonu salınımı gerçekleştirmedikleri için yeterli antimikrobiyal etkinlik de gösterememektedir (Saleh ve ark 2004).

Cam iyonomer içerikli patların antibakteriyel etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada; patın karıştırılmasından 15 saat sonra antibakteriyel etkinliğinin azaldığı, patın 24 saat ve 7 gün sonunda antibakteriyel etkinliğinin neredeyse kalmadığı bildirilmiştir (Shalhav ve ark 1997).

Cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patlarından salınan flor bir halojendir ve halojenler, anaerobik glikoliz reaksiyonunda enolaz enzim inhibisyonu yaparak sistemi bloke etmektedir. Bu patlar, sistemin bloke olmasını sağlayarak sakkarolitik bakterilere karşı bakteriosidal etki göstermektedirler (Pérez ve ark 2007, Koneman ve Allen 2008).

Cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patlarından Endionun hazırlanması sırasında polialkenoik asit ortama salınmaktadır (Molgatini ve ark 2001). Düşen ortam pH'sı ile birçok mikroorganizma elimine edilebilmektedir. Fakat *P. intermedia* ve *P. nigrescens* gibi pigmente bakteriler düşük pH şartlarına uyum göstererek kök kanal sisteminde varlıklarını devam ettirebilmektedirler (Takahashi ve Schachtele 1990, Takahashi ve ark 1997).

Cam iyonomer içerikli bir sistem olan Activ GP (Brasseler USA, Savannah, GA, ABD), cam iyonomer emdirilmiş ve dışı cam iyonomer kaplı gütaperka ve cam iyonomer içerikli kök kanal dolgu patından oluşur. Yapılan bir bakteriyel sızıntı çalışmasında; gütaperka/AH plus, Activ GP/cam iyonomer patı ve Resilon/Epihany ile doldurulan kök kanallarında, 65 gün içerisinde sızıntı açısından herhangi bir fark olmadığı bildirilmiştir (Fransen ve ark 2008).

Cam iyonomer içerikli patlara örnek olarak; Ketac-Endo, Endion, Activ GP verilebilmektedir.

### **Paraformaldehit İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları**

Paraformaldehit içerikli kök kanal dolgu patları, sürekli olarak formaldehit gazı açığa çıkararak antibakteriyel etki elde edilmesi amaçlanarak üretilmiştir. Bu patlara kortikosteroid de eklenerek enflamasyonun baskılanması amaçlanmıştır (Ørstavik 2005). Antibakteriyel etkiye sahip olan bu patların, toksisitelerinin yüksek olması nedeniyle dokularla temasta nekroz gibi olumsuz sonuçlara ve apikalden taşmaları durumunda kalıcı paresteziye yol açabilecekleri bildirilmiştir (Grossman 1978). Ayrıca bu patların, dokularda hipersensitiviteye yol açabildiği, sitotoksik ve mutajenik etkilerinin olduğu rapor edilmiştir (Goldmacher ve Thilly 1983). Dezavantajlarından dolayı bu patların kullanımı günümüzde azalmıştır.

Kök kanal dolgu patlarının *E. faecalis* üzerine antibakteriyel etkinliklerinin incelendiği bir çalışmada; paraformaldehit içerikli kök kanal dolgu patlarının, çinko oksit öjenol içerikli patlar kadar antibakteriyel etkinlik göstererek geniş bakteri inhibisyon alanı oluşturdukları gözlemlenmiştir (Bodrumlu ve Semiz 2006). Zorunlu anaerob ve fakültatif anaerob bakteriler üzerinde antibakteriyel etkinliğin incelendiği başka bir çalışmada ise; epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patları ve paraformaldehit içerikli kök kanal dolgu patları en üstün bulunmuşlardır (Lai ve ark 2001). Kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel etkinliklerinin 24, 48, 72 saat ve 7 günlük periyotlarda incelendiği bir çalışmada; Endomethasone'un en üstün antibakteriyel özelliğe sahip olduğu ve en yüksek antibakteriyel etkinliğini ilk 24 saatlik periyotta gösterdiği bildirilmiştir (Saha ve ark 2010).

Endomethasone, N2, Spad, Endofill, Riebler's Paste, Traitement SPAD, Forfenan paraformaldehit içerikli patlara örnek olarak verilebilmektedir.

### **Silikon İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları**

Silikon içerikli kök kanal dolgu patlarına; Lee Endofill, RoekoSeal, GuttaFlow, GuttaFlow 2, GuttaFlow Bioseal örnek olarak verilebilmektedir.

RoekoSeal, biyoyumluluğu yüksek, polivinilsiloksan esaslı bir kök kanal dolgu patıdır (Ørstavik ve ark 2001). İçeriğindeki küçük doldurucular sayesinde ince film kalınlığına sahip olan bu pat, dentin tübülleri içerisine ulaşarak derin bir tıkama sağlayabilmektedir (Zhou ve ark 2013). GuttaFlow ise, RoekoSeal içerisine 30 µm'den küçük guta-perka ve gümüş parçacıklarının eklenmiş formudur. GuttaFlow 2, GuttaFlow geliştirilerek üretilen daha biyoyumlu ve daha az toksik bir kök kanal dolgu patıdır. İçeriğine zirkonyum dioksit ve mikro düzeyde gümüş partikülleri ilave edilmiştir. Son zamanlarda piyasada bulunan biyoaktif bir pat olan GuttaFlow Bioseal ise; son derece ince öğütülmüş guta-perka ile doldurulmuş bir polidimetilsiloksandır. İçeriğine nano düzeyde gümüş partikülleri, kalsiyum silikat ve biyoaktif cam seramik eklenmiştir.

Silikon içerikli kök kanal dolgu patlarının ortak özellikleri sertleşirken polimerizasyon büzülmesi göstermemesidir. Bu patların sertleştikten sonra %0,2 oranında genleşme göstermesinin ardından boyutsal stabilitelerini korudukları

bildirilmiştir (Ørstavik ve ark 2001). Kök kanal dentini ile iyi uyum gösteren bu patların sızıntıyı uzun dönem engellediği bildirilmiştir (Wu ve ark 2006).

Antibakteriyel etkinliğin *E. faecalis* üzerinde değerlendirildiği çalışmalar ile; GuttaFlow ve RoekoSeal'ın sınırlı antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu (Saleh ve ark 2004, Prestegaard ve ark 2014, Seelan ve ark 2015), GuttaFlow 2'nin hiçbir antibakteriyel etki göstermediği bildirilmiştir (Shakya ve ark 2016). Kısmen yeni sayılan GuttaFlow Bioseal kanal dolgu patının *E. faecalis* üzerinde antibakteriyel etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışma henüz bulunmamaktadır.

Yapılan çalışmalar bu patların; kanal düzensizliklerine iyi uyum gösterdiğini, doku hücreleri üzerinde toksik etki göstermeyerek biyoyumlu olduğunu, fakat sabit bir çalışma süresinin olmadığını ve final irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl kullanıldığında patın sertleşmesinin geciktiğini göstermektedir (Bouillaguet ve ark 2006, Eldeniz ve ark 2007, Zielinski ve ark 2008). Antibakteriyel etkinliğinin zayıf olması bu patlar için en büyük dezavantajı oluşturmaktadır (Eldeniz ve Ørstavik 2007).

### **Polimer İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları**

Polimer içerikli kök kanal dolgu patlarının başlıca özellikleri, dentinle iyi bağlantı kurmaları ve öjenol içermemeleridir. Genel olarak bu grup patlar, sitotoksiteleri düşük, biyoyumlu ve nadir alerjik reaksiyonlar gösteren, antimikrobiyal ve fiziksel özellikleri kabul edilebilir endodontik materyallerdir

Kendi aralarında üç gruba ayrılmaktadır;

a) Epoksi rezin içerikliler: AH Plus, AH 26, 2Seal, ThermaSeal Plus, Topseal,

Adseal, EZ-Fill, Smartpaste

b) Metakrilat rezin içerikliler: EndoRez, Epiphany, RealSeal, Simplifill SE,

Resinate, Fiberfill RCS, MetaSeal, Superbond RC sealer

c) Poliketon polimer içerikliler: Diaket

Yapılan çalışmalar neticesinde en olumlu sonuçlar ortaya koyan grup, epoksi rezin içerikli AH Plus ve AH 26'dır (Ørstavik 2005).

AH 26, bisfenol A-diglisidiler ile toz kısmında bulunan hegzemetilen tetraaminin karıştırılmasıyla sertleşmeye başlamaktadır, radyoopasite için %60 bizmut oksit içermektedir. Pat sertleşirken az miktarda formaldehit gazı açığa çıkmaktadır ve bu durum pata antibakteriyel özellik kazandırmaktadır (Spångberg ve ark 1993, Koch 1999). Formaldehit salınımı nedeniyle ilk karıştırıldığında yüksek oranda toksik olan patın toksisitesinin 24 saat sonra azaldığı belirtilmiştir (Spångberg ve ark 1993). Farklı yöntemler kullanılarak yapılan, *E. faecalis* üzerinde antibakteriyel etkinliğin değerlendirildiği çalışmalarda; AH 26'nın geniş inhibisyon alanı oluşturduğu ve antibakteriyel özelliğinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Fuss ve ark 2000, Eldeniz ve ark 2006, Hasheminia ve ark 2017).

AH 26'nın diş yapılarında renklenmeye neden olması ve formaldehit gazı açığa çıkarması nedeniyle; bu özellikler ortadan kaldırılarak AH Plus kök kanal dolgu patı geliştirilmiştir. Çabuk ve kolay karıştırılabilmesi için çift patlı sistem olarak sunulmuştur. Yapılan çalışmalarda AH Plus'ın; sitotoksite göstermediği, biyouyumlu bir materyal olduğu, antibakteriyel etkinlik gösterdiği, boyutsal stabilitesini uzun süre koruduğu ve iyi bir tıkama sağladığı bildirilmiştir (Leonardo ve ark 1999, Leyhausen ve ark 1999, Miletić ve ark 1999). AH Plus, bu üstün özelliklerinden dolayı altın standart olarak kabul edilmiş ve yeni geliştirilen patlar AH Plus'a göre değerlendirilmiştir (Brackett ve ark 2006, Vasconcelos ve ark 2011). Antibakteriyel etkinliğin, *E. faecalis* üzerinde değerlendirildiği çalışmalarda AH Plus birçok pattan daha üstün bulunmuş, bu patın dentin tübüllerinde 300 µm derinliğe ulaşarak *E. faecalis*'leri elimine ettiği bildirilmiştir (Saleh ve ark 2004, Kayaoglu ve ark 2005, Nawal ve ark 2011, Prestegaard ve ark 2014, Poggio ve ark 2017). AH Plus ve AH 26'nın *S. mutans*, *S. Aureus*, *E. coli*, *S. Sanguis*, *F. nucleatum*, *P. gingivalis*, *P. intermedia* ve *P. endodontalis* üzerinde antibakteriyel etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada; *S. mutans* üzerinde AH 26'nın daha etkili olduğu, diğer bakteri türlerinde iki patın da aynı oranda antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Lai ve ark 2001). AH Plus'ın hazırlanması sırasında polimerize olmayan artıkların (epoksi, amin) çevreye salınması ile geçici bir antibakteriyel etkinlik oluşturduğu rapor edilmiştir (Kayaoglu ve ark 2005).

Metakrilat rezin içerikli bir kök kanal dolgu patı olan Epiphany'nin içeriğinde: üretan dimetakrilat monomer (UDMA), polietilen glikol dimetakrilat (PEGDMA),

etoksilat bisfenol A dimetakrilat (EBPADMA), Bisphenol-A-glisidildimetakrilat (BisGMA) rezinleri, silanla işlenmiş baryum borosilikat camları, baryum sülfat, silika, kalsiyum hidroksit, amin içeren bizmut oksoklorit, peroksit, ışıkla sertleşmeyi başlatan maddeler, stabilizatörler ve renklendirici maddeler bulunmaktadır (Pawińska ve ark 2006). Bu pat, şekillendirilmesi tamamlanmış kök kanal dentin yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesinin ardından, kök kanalına uygulanmaktadır. Epiphany, hem dentin duvarına hem de resilon kor materyaline bağlanarak monoblok oluşturmaktadır (Raina ve ark 2007). Yapılan direkt kontakt ve agar difüzyon testleri neticesinde Epiphany'nin yüksek antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Bodrumlu ve Semiz 2006, Nawal ve ark 2011). Eldeniz ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışma ile Epiphany'nin çinko oksit öjenol içerikli patlar kadar yüksek antibakteriyel etkinliğinin olmadığı rapor edilmiştir (Eldeniz ve Ørstavik 2007).

Metakrilat rezin içerikli pat olan EndoRez %30 oranında üretdimetakrilat içermektedir. *E. faecalis* ve *P. aeruginosa* üzerinde antibakteriyel etkinliğin değerlendirildiği bir çalışmada; EndoRez'in antibakteriyel etkinliğinin çok düşük olduğu gözlemlenmiştir (Eldeniz ve ark 2006). Yapılan başka bir çalışma ile de EndoRez'in *E. faecalis* ve *P. vulgaris* üzerinde antibakteriyel etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Farmakis ve ark 2012).

Polivinil yapısında bir kök kanal dolgu patı olan Diaket; toz, likit ve eritici olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Eritici bölüm yüksek antimikrobiyal özellik göstermektedir ve hem kanal irrigasyon solüsyonu olarak hem de gerektiğinde Diaketin kanaldan uzaklaştırılması için kullanılabilir. Toz ve likitin karıştırılması sonucu oluşan rezin yapı oldukça yapışkandır ve dentin yapısı ile iyi bir bağlantı kurmaktadır. Yapılan *in vitro* çalışmalarda Diaketin yüksek toksisite gösterdiği bildirilmiştir (Pascon ve Spngberg 1990). Antibakteriyel özelliklerin değerlendirildiği bir çalışmada, Diaketin *E. faecalis*'i düşük oranda elimine edebildiği gözlemlenmiştir (Bodrumlu ve Semiz 2006). Yapılan başka bir çalışma ile Diaketin, *S. aureus* üzerinde çok az antibakteriyel etkinliğinin olduğu, *P. aeruginosa* üzerinde daha yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Brzović ve ark 2007).

Diaket; sertleşirken hacim kaybına uğramamakta, yumuşak dokuya zarar vermemekte, nemden etkilenmemektedir. Fakat çalışma süresi yeterli değildir ve çok çabuk sertleşmektedir (Alaçam 2012).

## Biyoseramik İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları

Biyoseramikler; biyouyumlu, toksik olmayan, sertleşme sırasında büzülme göstermeyen ve kimyasal olarak stabil, yumuşak ve sert doku üzerinde enflamatuar doku cevabı oluşturmayan, düşük temas açısı nedeniyle hidrofilik özellik gösteren maddelerdir. Toz içerisindeki kalsiyum silikat hidrate olarak, kalsiyum silikat jel ile kalsiyum hidroksit oluşturmaktadır. Oluşan kalsiyum hidroksit fosfat iyonları ile tepkimeye girerek hidroksiapatit ve su oluşmasını sağlamaktadır. Bu patlar sertleşme sırasında oluşturdukları hidroksiapatit ile dentine bağlanmaktadır (Kossev 2009).

Biyoseramik içerikli patlar iki alt gruba ayrılmaktadırlar;

a) Kalsiyum-silikat-fosfat içerenler: Bioseal, Endosequence BC Sealer, Smartpaste Bio, iRoot SP, Appetite, Well-Root ST, MTA Fillapex, BioRoot RCS, kök kanal dolgu patı.

b) Mineral trioksit agregate içerenler: ProRoot Endo Sealer, MTA Obtura, Endo CPM Sealer kök kanal dolgu patı.

Kalsiyum oksit içerikli bir materyal olan MTA, doku sıvıları ve su ile temasa geçtiğinde kalsiyum hidroksit oluşmaktadır. Oluşan kalsiyum hidroksitten hidroksil iyonu (OH<sup>-</sup>) salınarak, ortam pH değeri yükselmekte ve bakteriler üzerinde antibakteriyel etki meydana gelmektedir (Al-Hezaimi ve ark 2005, Zhang ve ark 2009, Damlar ve ark 2014). Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının sertleşmesi sırasında ortam pH değerini 12,9'a kadar yükseltebildiği bildirilmiştir (Zhang ve ark 2009).

MTA Fillapex'in antibakteriyel özelliğinin değerlendirildiği çalışmada; bu patın *E. faecalis*, *S. aureus*, *L. acidophilus* ve *L. casei* üzerinde düşük antibakteriyel etkinliğinin olduğu bildirilmiştir (Jafari ve ark 2016). Yapılan *in vitro* çalışma ile; MTA'nın bazı fakültatif bakteriler üzerinde antibakteriyel etkisinin olduğu fakat zorunlu anaerob bakteriler üzerinde hiç antibakteriyel etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir (Parirokh ve Torabinejad 2010). Üstün ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma ile; bu patın karıştırılmasından sonraki ilk 24 saatlik dönemde antibakteriyel etkinlik göstermediği, 7 ile 30 günlük süreçlerde *E. faecalis* üzerinde antibakteriyel etki gösterebildiği rapor edilmiştir (Ustun ve ark 2013). *E. faecalis*

üzerinde antibakteriyel etkinliğin değerlendirildiği başka bir çalışmada ise; MTA Fillapex'in 2 ve 7 günlük süreçlerde AH Plus'tan daha geniş bakteri inhibisyon alanı oluşturduğu gözlemlenmiştir (Faria-Júnior ve ark 2013).

Trikalsiyum silikat ve zirkonyum oksit içerikli bir pat olan BioRoot RCS hazırlanmasının ardından kalsiyum hidroksit salınımı gerçekleştirmektedir. (Camilleri 2015). İçeriğinde monomer yapı bulunmaması nedeniyle bu pat sertleşme sırasında büzülme göstermemekte boyutsal stabilitesini korumaktadır. BioRoot RCS kök kanal dolgu patının periodontal ligament hücreleri üzerinde çok az toksisite gösterdiği, osteojenik ve anjiyojenik büyüme faktörlerini uyardığı bildirilmiştir (Camps ve ark 2015). Yapılan bir çalışma ile; BioRoot RCS patının, Hybrid Root Seal, RealSeal, Acroseal, RealSeal SE, AH Plus Jet, EndoREZ, MTA Fillapex, iRoot SP kök kanal dolgu patlarından daha az toksisite gösterdiği ve %98,54 oranında periodontal ligament hücre canlılığını devam ettirdiği gözlemlenmiştir (Eldeniz ve ark 2016).

Antibakteriyel etkinliğin agar difüzyon testi ile değerlendirildiği bir çalışma ile; MTA Fillapex, BioRoot RCS ve Sealapex kök kanal dolgu patlarının benzer antibakteriyel etkinlik gösterdikleri fakat bu etkinliğin AH Plus ve N2 kök kanal dolgu patları kadar yüksek olmadığı bildirilmiştir (Poggio ve ark 2017). Kök kanal dentin tübüllerine invazyonun değerlendirildiği çalışma ile BioRoot RCS kök kanal dolgu patının, tübüllerde, AH Plus kadar derine ulaşamadığı ve kök kanal dolgusunda boşluklar oluşturduğu gözlemlenmiştir (Viapiana ve ark 2016).

#### **1.4. Kök Kanal Sisteminde Bulunan Dirençli Bakteriler**

Endodontik tedavide uygulanan kök kanallarının mekanik şekillendirilmesi, kimyasal irrigasyonu, antibakteriyel ve doku uyumlu materyaller ile hermetik olarak tıkanması basamakları sırasında kök kanal sisteminden birçok bakteri türü uzaklaştırılsa bile, tüm bu basamaklarda uygulanan dezenfeksiyon işlemlerinden korunup kanal içerisinde yaşamını sürdüren dirençli bakteri türleri de bulunmaktadır.

Uygulanan tedavi ile sıklıkla gram negatif bakteri türleri elimine edilebilse de; endodontik tedavi sırasında uygulanan antibakteriyel protokollere karşı dirençli olan gram pozitif bakteri türleri kök kanal sisteminde varlıklarını devam ettirebilmektedir. *P. micra*, *P. alactolyticus*, *P. propionicum*, *B. clone X083*, *C. rectus*, *P. gingivalis*, *P. piscicolens*, *F. nucleatum*, *P. intermedia*, *C. gracilis*, *P. endodontalis*, *O. uli*, *F. alocis*,



*D. pneumosintes*, *D. invisus*, *T. forsythia*, *T. denticola*, *E. faecalis* ve *Propionibacterium*, *Actinomyces*, *Lactobacilli* türleri gibi gram pozitif fakültatif veya anaerob türler ikincil enfeksiyonlarda sıklıkla izole edilmektedir (Hargreaves ve Berman 2015).

Kök kanal tedavisi yapılmış, ikincil enfeksiyonlar gelişmiş dişlerde en çok izole edilen bakteri ise *Enterococcus faecalis*'tir (Rôças ve ark 2004).

#### **1.4.1 *Enterococcus faecalis***

Enterokoklar fakültatif anaerob gram pozitif koklardır. Tek, eşleşmiş halde veya kısa zincir halinde bulunan, 0,5-1 µm çapında oval hücrelerdir (Tendolkar ve ark 2003). Enterokok türleri oral mukozada, bağırsakta ve genital bölgede doğal flora elemanıdır. Enterokoklar; karbonhidrat, gliserol, laktat, malat, sitrat, arjinin, agmatin ve α-keto asitleri gibi birçok enerji kaynağını kullanabilmektedirler (Witte 2003). Enterokoklar doğası itibarıyla dayanıklı mikroorganizmalardır. Bu bakteriler; 10°C-45°C sıcaklık aralığında, pH değerinin 9,6 olduğu, % 6,5 NaCl içerikli sıvı besiyerinde çoğalabilmekte, 60°C'de 30 dk boyunca canlı kalabilmektedirler (Hancock ve Gilmore 2006). Hücre yüzey proteini olan Ace (adhesin of collagen from *E. faecalis*) *E. faecalis*'lerde bulunmaktadır ve diğer enterokoklardan ayırt edilmelerini sağlamaktadır (Rich ve ark 1999). Klinik olarak izole edilen birçok enfeksiyonun *E. faecalis* türlerine ait olduğu belirtilmiştir (Mundy ve ark 2000).

*E. faecalis*; litik enzimler, sitolizin, agregasyon maddesi, feromonlar ve lipoteikoik asit gibi birçok virülans faktörüne sahiptir (Rôças ve ark 2004). Sahip olduğu express proteinleri ile konak hücreye tutunarak, konak hücre cevabını değiştirebilmektedir (Love 2001). *E. faecalis*'ler konak lenfositlerinin etkisini bastırarak endodontik tedavilerin başarısız olmasına neden olabilmektedirler (Lee ve ark 2004). Sahip olunan bu virülans faktörleri türler arasında birbirlerine aktarılabilen ve bakterilerin hayatta kalmasını sağlayarak konakta hastalık oluşturmaktadır (Jett ve ark 1994). *E. faecalis*, sahip olduğu serin proteaz, jelatinaz ve kollojen-binding protein (ace) sayesinde kök dentin duvarına tutunabilmekte ve böylece dentin tübüllerinde derinlere ulaşarak burada yaşamını sürdürebilmektedir (Love 2001, Kishen ve ark 2004). Burada yeterli besin kaynağı sağlayınca kadar, uzun süre besinsiz kalabilmektedir (Figdor ve ark 2003). Alveol kemik ve periodontal

ligamentten sızan serum, bu bakterinin tip I kollejene tutunmasını kolaylaştırmaktadır (Love 2001). *E. faecalis* biyofilm oluşturabilmesi sayesinde antimikrobiyal ajanlara ve antikorların fagositozuna karşı, biyofilm oluşturmayan bakterilere oranla 1000 kat daha dirençlidir (Distel ve ark 2002).

*E. faecalis*, periapikal apselerde, enfekte kök kanallarında, marjinal periodontitis gibi oral enfeksiyonlarda sıklıkla tespit edilen bir bakteridir. Birincil endodontik enfeksiyonların az bir bölümünü oluşturmasına rağmen; beslenme şartlarının zor olmaması, endodontik tedavi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonları ve medikamentlere karşı direnç göstererek zor şartlarda bile yaşamını sürdürebilmesi neticesinde endodontik tedavili dişlerde yoğun olarak izole edilen bir bakteridir (Portenier ve ark 2003, Rôças ve ark 2004). Başarısızlıkla sonuçlanan kök kanal tedavili dişlerde, primer endodontik enfeksiyonlara oranla 9 kat daha fazla *E. faecalis* bulunma ihtimalinin olduğu bildirilmiştir (Rôças ve ark 2004). *E. faecalis*'ler çevresel faktörler değiştiği zaman bu şartlara adapte olarak gelişip, çoğalmaktadırlar (Portenier ve ark 2003). Oral floranın en dayanıklı türü olan *E. faecalis*, kök kanal tedavileri sonrasında gelişen periapikal hastalıklarda çoğunlukla birincil etken olmaktadır (Vivacqua-Gomes ve ark 2005). Yapılan çalışmalarla; periapikal lezyonlu, endodontik tedavili dişlerden en çok *E. faecalis* türünün izole edildiği bildirilmiştir (Molander ve ark 1998, Peciuliene ve ark 2001, Pinheiro ve ark 2003).

Endodontik tedavi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonları ve seans aralarında uygulanan kanal içi medikamentler ile, *E. faecalis*'lerin kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılmadığı yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir (Shuping ve ark 2000, Vivacqua-Gomes ve ark 2005). Kök kanallarının 10 gün süreyle Ca(OH)<sub>2</sub> ile bekletildiği dişlerde dentin tübüllerinde *E. faecalis* varlığı tespit edilmiştir (Haapasalo ve Ørstavik 1987, Ørstavik ve Haapasalo 1990). Ortam pH değerini yükselterek antibakteriyel etkinlik sağlayan Ca(OH)<sub>2</sub>'ten *E. faecalis*, hücre membranından giren iyonların bakteri sitoplazmasında tamponlanması ile korunmaktadır (Evans ve ark 2002). Bu bakteri türü, kök kanal sisteminde besin olmaksızın 12 ay boyunca canlı kalabilmektedir (Sedgley ve ark 2005). Bu özellikleri sayesinde iyi yapılmış kök kanal dolgusu ile sistem içerisinde tıkanca bile ilerleyen dönemler için bir enfeksiyon odağı oluşturabilmektedir.

Bu tez çalışması ile; farklı iki sistem kullanılarak şekillendirilmiş kök kanallarında, farklı kök kanal dolgu patları ve kök kanal genişletme sistemlerine ait iki farklı açılı tek kon yöntemi kullanılarak kök kanal dolgusu yapılan dişlerde, dirençli bir bakteri olan *E. faecalis*'in eliminasyon etkinliğinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir.



## **2. GEREÇ VE YÖNTEMLER**

Mevcut çalışma Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulunun 17/08/2017 tarihli, 12 sayılı kararı ile onaylanmıştır. Deneysel aşamasında Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı, Araştırma Merkezi ve Selçuk Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi SEM Laboratuvarı kullanılmıştır.

### **2.1. Örneklerin Hazırlanması**

Bu çalışmada periodontal sorunlar nedeniyle çekilmiş, kök boyları yaklaşık 16 mm olan, tek köklü, tek kanallı, çürüksüz ve kurvatürsüz insan dişleri arasından seçilmiş 132 adet diş kullanıldı. Dişlerin kök yüzeyleri üzerinde bulunan doku artıkları, kalsifiye birikintiler kretuvar kullanılarak uzaklaştırıldı. Seçilen dişler 37°C’de nemli bir ortamda muhafaza edildi. Bütün dişler kök boyları yaklaşık 16 mm olacak şekilde, mine-sement sınırından, su soğutması altında ince bir elmas separe (Horico Dental, Berlin, Almanya) kullanılarak kron ve kök olarak ikiye ayrıldı. Bu işlemler sonucunda bu deneyde kullanılmak üzere yaklaşık 16 mm uzunluğunda 132 adet kök örneği elde edildi.

### **2.2. Kanalların Şekillendirilmesi**

Tüm dişlerin kanal çalışma boyu, 15 no’lu K tipi kanal eğesi (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kullanılarak apikal foremeden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Hazırlanan örneklerin yarısının (n=66) kök kanalları, X-Smart Plus (Dentsply, Ballaigues, Switzerland) tork kontrollü motor (Şekil 2.2.3.) ve ProTaper Next (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet eğe sistemi kullanılarak sırasıyla X1, X2, X3, X4, X5 no’lu eğeler (Şekil 2.2.1.) ile çalışma boyunda şekillendirme yapılarak kanal preparasyonları tamamlandı. Örneklerin ikinci yarısı (n=66) ise; yine X-Smart Plus (Dentsply, Ballaigues, Switzerland) tork kontrollü motor kullanılarak, ProTaper Universal (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet eğe sistemi ile SX eğesi kök kanalının orta üçlüsüne kadar sonrasında sırasıyla S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5 no’lu eğeler (Şekil 2.2.2.) çalışma boyunda kullanılarak kanal şekillendirilmesi tamamlandı.



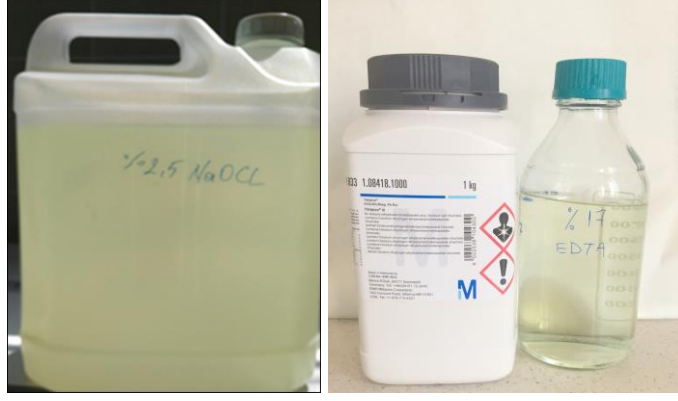
Şekil 2.2.1. ProTaper Next Eğeleri

Şekil 2.2.2. ProTaper Universal Eğeleri



Şekil 2.2.3. X-Smart Plus tork kontrollü motor

Şekillendirme sırasında kullanılan her eğe arasında taze hazırlanmış 1 ml %2,5 NaOCl irrigasyon solüsyonu (Şekil 2.2.4.) (Yetiş Kimya, Konya) ile 27 gauge Monojet (Covidien, İrlanda) irrigasyon iğnesi (Şekil 2.2.5.) kullanılarak irrigasyon yapıldı. Endodontik irrigasyon iğnesinin ucu çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde tutularak tüm yıkama işlemleri yapıldı. Şekillendirilmesi tamamlanan dişler; sırasıyla taze hazırlanmış %5,25 NaOCl, %17 EDTA, distile su ile 5 dk boyunca ultrasonik banyoda (Bandelin, Berlin, Almanya) (Şekil 2.2.6.) yıkanarak smear tabakası uzaklaştırıldı. Yüzde 17'lik EDTA (pH=7,3) hazırlamak için 17 gr disodyum EDTA tozu ile 100 ml distile su karıştırılarak, tam çözünmeyi sağlamak için 9,25 ml 5 N sodyum hidroksit solüsyonu eklendi.



Şekil 2.2.4. İrrigasyon solüsyonları NaOCl ve EDTA



Şekil 2.2.5. İrrigasyon sırasında kullanılan 27 gauge Monojet irrigasyon iğnesi



Şekil 2.2.6. Ultrasonik banyo

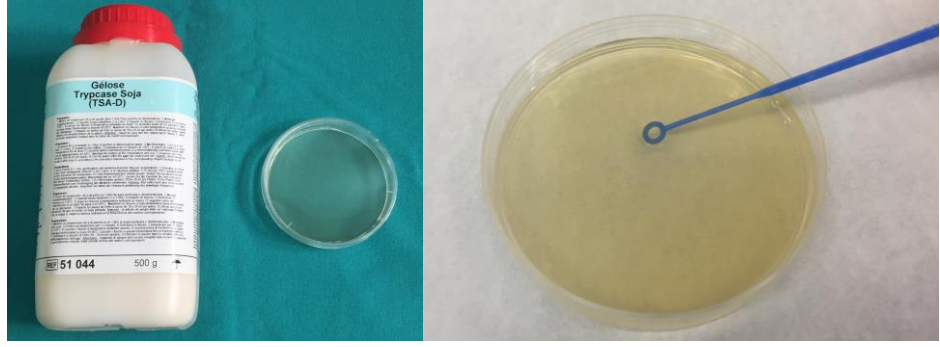
Kanal şekillendirilmesi ve irrigasyon protokolleri tamamlanan tüm örnekler 121°C’de 20 dk boyunca otoklavda (Hirayama, Saitama, Japonya) (Şekil 2.2.7.) steril edildi.



**Şekil 2.2.7.** Sterilizasyon için kullanılan otoklav

### **2.3. Katı Besiyeri Hazırlanması**

Bu çalışma sırasında TSA (Triptik Soy Agar) (Biomérieux, Marcy-L'etoile, Fransa) (Şekil 2.3.1.) besiyeri kullanılmıştır. Üretici firma talimatlarına uygun olarak; 500 ml distile su ile 20 g TSA tozunun karıştırılmasının ardından bu karışım 121 °C'de 20 dk süre ile otoklavda steril edildi. Steril besiyerinin içerisine, çevresel kontaminasyonlara karşı, daha önceden hazırlanan streptomisin (AppliChem GmbH, Almanya) sıvısı eklendi. Hazırlanan karışım steril petri kaplarına homojen bir şekilde dökülerek katılaşması için bir süre beklendi. Katılaştıran besiyerlerinin üzerine streptomisine dirençli özel bir suş olan *Enterococcus faecalis* (A197A) eklenerek özeler yardımı ile tüm yüzeye dağıtıldı. Deney süresince inkübatörde saklanan petri kapları 37°C'de %100 nemde muhafaza edildi.



Şekil 2.3.1. Triptik Soy Agar katı besiyeri ve *E. faecalis* ekimi

#### 2.4. Sıvı Besiyeri Hazırlanması

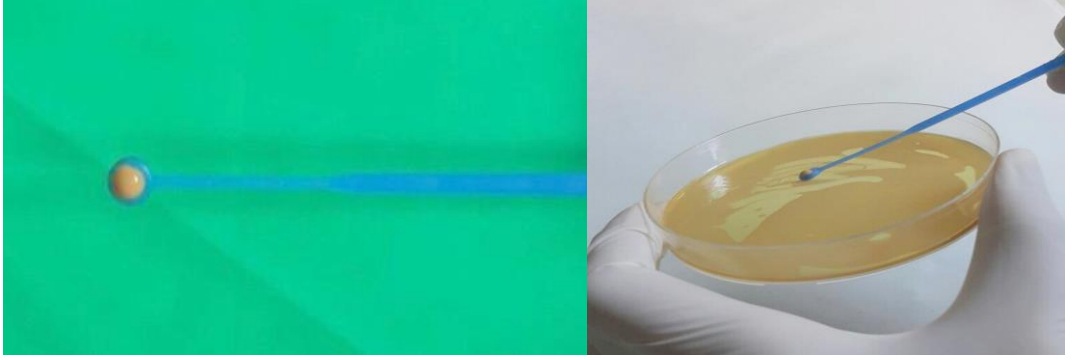
Bu çalışma sırasında TSB (Triptik Soy Bulyon) (Biomérieux, Marcy-L'etoile, Fransa) (Şekil 2.4.1.) besiyeri kullanılmıştır. Üretici firma talimatlarına uygun olarak; 500 ml distile su ile 15 g TSB tozunun karıştırılmasının ardından bu karışım, 121°C'de 20 dk süre ile otoklavda steril edildi. Steril besiyerinin içerisine, çevresel kontaminasyonlara karşı, daha önceden hazırlanan streptomisin solüsyonu ilave edildi.



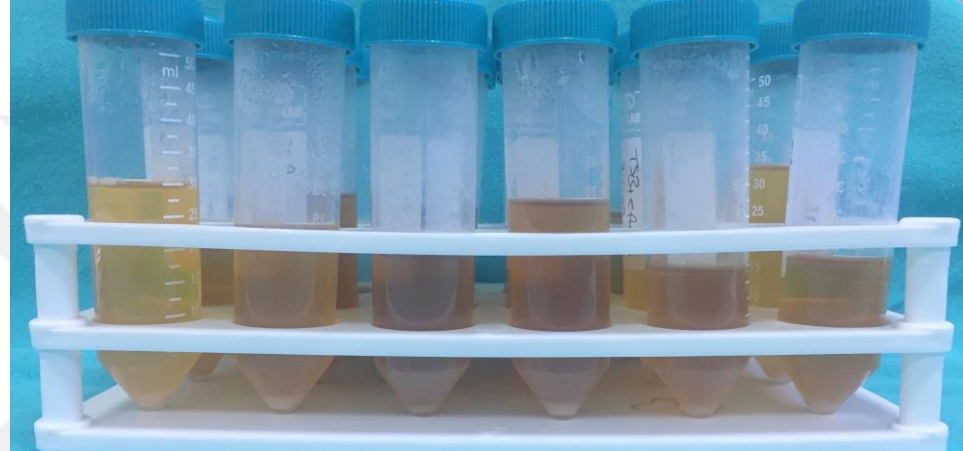
Şekil 2.4.1. Triptik Soy Bulyon sıvı besiyeri ve Streptomisin Sülfat

TSB taze sıvı besiyeri 50 ml'lik polietilen tüpe (Falcon, Becton Dickinson, Fransa) alınarak içerisine, daha önceden hazırlanan katı besiyerinde üretilen *E. faecalis* kolonileri öze ile toplanarak eklendi (Şekil 2.4.2.). İnkübatörde 37°C'de 24 saat bekletildi (Şekil 2.4.4.).





Şekil 2.4.2. *E. faecalis* 'lerin öze yardımı ile toplanması



Şekil 2.4.3. Çalışma süresince taze olarak hazırlanıp kullanılan *E. faecalis* suşları



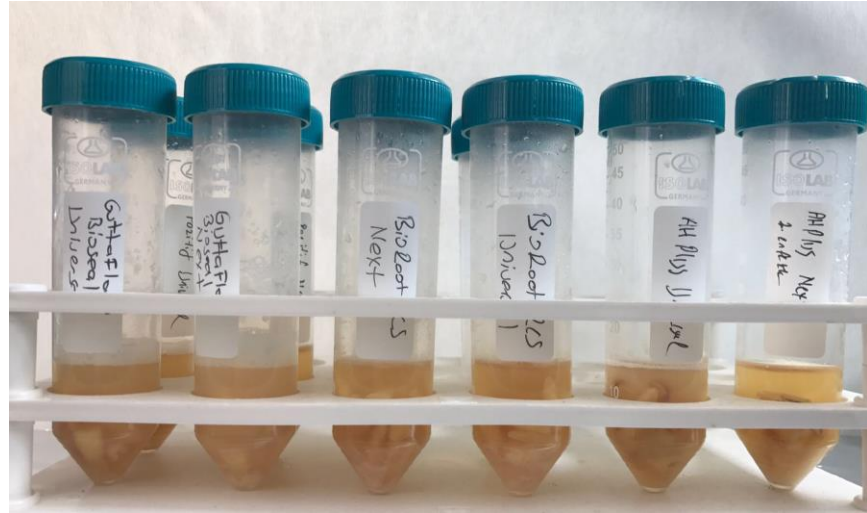
Şekil 2.4.4. İnkübatör cihazı

## 2.5. Örneklerin Enfekte Edilmesi

Sıvı besiyerinin içerisine *E. faecalis* kolonisinin eklenmesinden 24 saat sonra, enfekte besiyerinin optik yoğunluğu spektrofotometrede ( $\mu$  Quant Elisa Reader, Biotec Instrument, Inc, Winovski, Vt, Amerika) (Şekil 2.5.1.) ölçüldü. Ölçüm için steril TSB'den bir kuyucuk (300  $\mu$ l), enfekte TSB süspansiyonundan üç kuyucuk (3x300  $\mu$ l) alınarak steril mikropate içerisine ependorf pipetleri ile taşındı. Optik yoğunluğunun ( $OD_{600-650}$ )=0,65 olacak şekilde ayarlanmasının ardından, negatif kontrol grubu hariç tüm gruplara enfekte TSB ilave edildi. Bu işlem 1 gün ara ile 4 hafta boyunca, eski enfekte TSB'nin taze olarak hazırlanan enfekte TSB ile değiştirilmesiyle devam etti.



Şekil 2.5.1. Spektrofotometre



Şekil 2.5.2. *E. faecalis* ile enfekte TSB içerisindeki kök örnekleri

## 2.6. Kök Kanallarının Doldurulması

Çalışmadaki tüm gruplar 4 haftanın sonunda steril spançlar kullanılarak kurulandı. Kök kanalları steril kağıt konlarla kurutuldu. Kontrol grupları hariç tüm gruplar tek kon yöntemi kullanılarak dolduruldu. Kök kanallarının doldurulması sırasında kullanılacak gutta-perkalar, %70'lik etil alkol içerisinde 1 dk bekletildikten sonra kurutularak kanallara yerleştirildi.

Grup 1a: ProTaper Next döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişlerin pozitif kontrol grubu olarak belirlendi (n=8). Bu gruptaki dişler, 4 hafta boyunca enfekte edildikten sonra, kök kanalları sadece kağıt konlar ile kurularak, doldurulmadan ve başka hiçbir işlem yapılmadan dentin örnekleri alındı.

Grup 2a: ProTaper Next döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişlerin negatif kontrol grubu olarak belirlendi (n=8). Bu gruptaki dişlerden, enfekte edilmeden, kök kanallarının kağıt konlarla kurularmasının ardından dentin örnekleri alındı. Bu grup deney düzeninde uygulanan sterilizasyon yöntemini değerlendirmek için ilave edildi.

Grup 3a: ProTaper Next döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişler, 4 hafta süre ile enfekte edilmesinin ardından, kök kanalları kağıt konlar ile kurularak AH Plus (Dentsply De Trey, Konstanz, Germany) kök kanal dolgu patı ve ProTaper Next X5 gutta-perka kullanılarak dolduruldu (n=15).

Grup 4a: ProTaper Next döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişler, 4 hafta süre ile enfekte edilmesinin ardından, kök kanalları kağıt konlar ile kurularak BioRoot RCS (Septodont, France) kök kanal dolgu patı ve ProTaper Next X5 gutta-perka kullanılarak dolduruldu (n=15).

Grup 5a: ProTaper Next döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişler, 4 hafta süre ile enfekte edilmesinin ardından, kök kanalları kağıt konlar ile kurularak GuttaFlow Bioseal (Coltène, Switzerland) kök kanal dolgu patı ve ProTaper Next X5 gutta-perka kullanılarak dolduruldu (n=15).

Grup 1b: ProTaper Universal döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişlerin pozitif kontrol grubu olarak belirlendi (n=8). Bu gruptaki dişler, 4 hafta

boyunca enfekte edildikten sonra, kök kanalları sadece kağıt konlar ile kurularak, doldurulmadan ve başka hiçbir işlem uygulanmadan dentin örnekleri alındı.

Grup 2b: ProTaper Universal döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişlerin negatif kontrol grubu olarak belirlendi (n=8). Bu gruptaki dişlerden, enfekte edilmeden, kök kanallarının kağıt konlarla kurularak ardından dentin örnekleri alındı. Bu grup deney düzeneğinin sterilizasyon yöntemini değerlendirmek için ilave edildi.

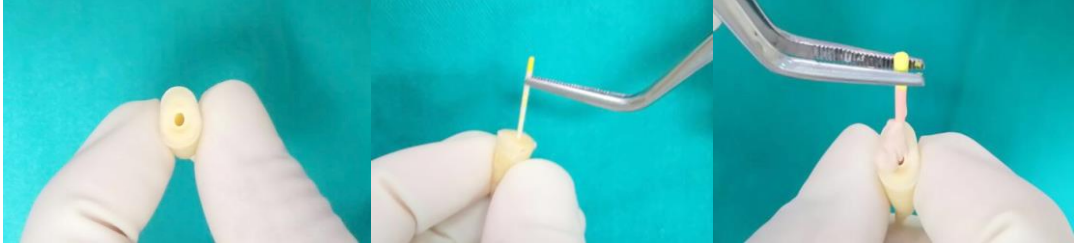
Grup 3b: ProTaper Universal döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişler, 4 hafta süre ile enfekte edilmesinin ardından, kök kanalları kağıt konlar ile kurularak AH Plus kök kanal dolgu patı ve F5 gutta-perka kullanılarak dolduruldu (n=15).

Grup 4b: ProTaper Universal döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişler, 4 hafta süre ile enfekte edilmesinin ardından, kök kanalları kağıt konlar ile kurularak BioRoot RCS kök kanal dolgu patı ve F5 gutta-perka kullanılarak dolduruldu (n=15).

Grup 5b: ProTaper Universal döner alet eğeleri kullanılarak genişletilmiş dişler, 4 hafta süre ile enfekte edilmesinin ardından, kök kanalları kağıt konlar ile kurularak GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı ve F5 gutta-perka kullanılarak dolduruldu (n=15).



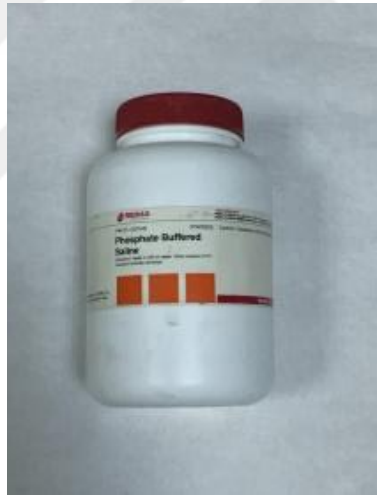
Şekil 2.6.1. Kök kanallarının doldurulması sırasında kullanılan materyaller



**Şekil 2.6.2.** Kök kanallarının kurutulması ve tek kon yöntemi ile doldurulması

Kök kanal dolgusu yapılan tüm dişler tamponlanmış fosfat solüsyonu (PBS, Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya) (Şekil 2.6.3.) ile nemlendirilmiş spançlar arasında 37°C’de %100 nemde 7 gün boyunca inkübe edildi.

Tamponlanmış fosfat solüsyonu üretici firma talimatlarına uygun olarak 200 ml distile suya 1 adet tablet eklenmesi ve ardından otoklavda 121°C’de 20 dk süreyle steril edilmesinin ardından hazırlandı.



**Şekil 2.6.3.** Tamponlanmış fosfat solüsyonu

**Çizelge 2.1.** Kök kanal patlarına ait özellikler

Kök kanal patı	Kimyasal İçeriği	Lot no.	Üretici firma
AH Plus	Pat A: Bisfenol-A epoksi rezin, Bisfenol-F epoksi rezin, Kalsiyum tungstant, Zirkonyum oksit, Silika ve Demir oksit pigmentleri Pat B: Dibenzildiamin, Aminoadamentan, Trisiklodesan-Diamin, Kalsiyum tungstat, Zirkonyum oksit, Silika ve Silikon yağı	17050005 70	Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya
BioRoot RCS	Toz: Trikalsiyum silikat, Zirkonyum oksit. Likit: Kalsiyum klorit.	B11929	Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa
GuttaFlow Bioseal	Guta-perka, Çinko oksit, Polidimetilsiloksan, Biyoaktif cam seramik, Zirkonyum dioksit, Kalsiyum salisilat, Platin katalizör, Nano gümüş	H96964	Coltene Whaledent, GmbH Co. KG, Langenau, İsviçre

## 2.7. Dentin Örneklerinin Alınması

Yedi gün süre ile patların tam olarak sertleşmesi için inkübatörde bekletilen diş köklerinin apikal 3 mm'lik bölümü, steril elmas separe ile kesilerek atıldı (Şekil 2.7.1.). Kök kanal dolgusunun çıkarılması ve dentin örneği alınması işlemleri sırasında oluşacak ısıyı önlemek amacıyla örnekler, steril petri kapları içerisinde 20 dk boyunca -20°C'de bekletildi.



**Şekil 2.7.1.** Örneklerin apikal 3 mm'lik bölümünün kesilmesi

Soğutulan kök kanallarından guta-perka, 2 numaralı gates-glidden frezler kullanılarak söküldü. Kök kanalları sırası ile 3, 4 ve 5 numaralı gates-glidden frezler (VDW Antaeos, GmbH, Münih, Almanya) (Şekil 2.7.2.) kullanılarak genişletildi. İşlem sırasında oluşan dentin tozları, 2 ml PBS eklenmiş steril cam boncuk içeren şişelere (Şekil 2.7.3.) toplandı.



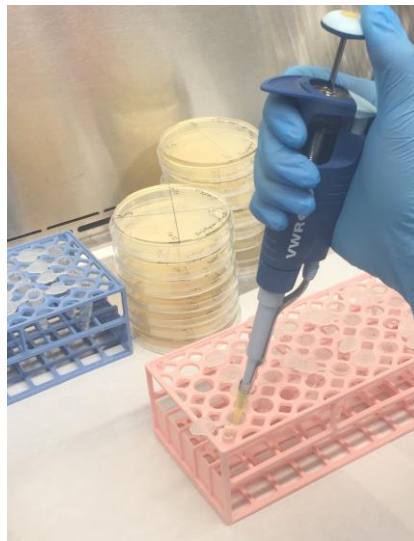
**Şekil 2.7.2.** 2, 3, 4, 5 no'lu Gates-Glidden frezler





**Şekil 2.7.3.** Steril cam boncuklar ve içerisine alınan dentin tozlarının PBS ile karıştırılması

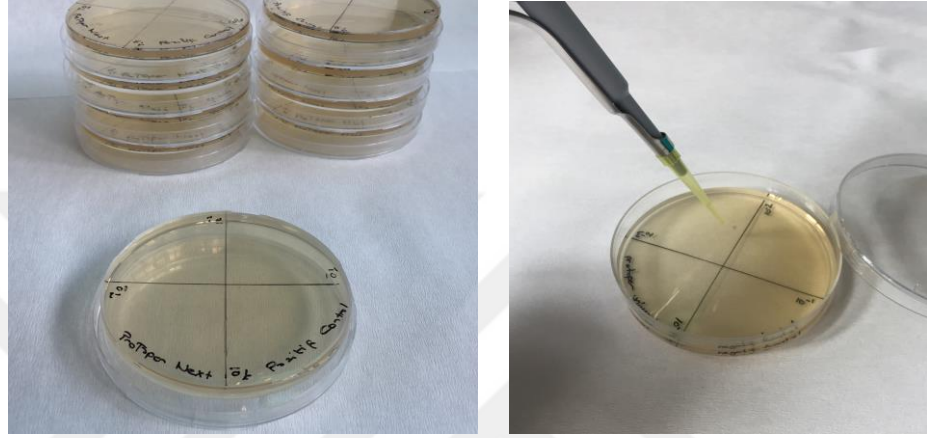
Dentin örneği alınan cam şişeler 20 sn boyunca homojen bir süspansiyon elde etmek için çalkalandı. Steril ependorf pipetleri ile 100 µl örnek alınarak PBS ile seyreltilen örnekler sırası ile  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  konsantrasyonlarında elde edildi (Şekil 2.7.4.).



**Şekil 2.7.4.**  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  konsantrasyonlarına seyreltilmesi



Daha önceden hazırlanan TSA katı besiyeri içerikli petri kapları dört eşit parçaya bölünerek, değişik konsantrasyonlardaki örnekler her bir bölüme 25 µl'lik iki damla olarak ekim yapıldı (Şekil 2.7.5.). Hiç dilüe edilmemiş örnek ise petri kabının orta kısmına 25 µl'lik iki damla olarak ekildi. Bir süre kuruması için Laminar Flow kabinde (LABCONCO Purifier Class II, Biosafety Cabinet, Ohio, USA) bekletilen petri kapları, kapakları kapatılıp ters çevirilerek inkübatöre alındı. Tüm bu işlemler çevresel kontaminasyonu engellemek için güvenlik kabini içerisinde yapıldı.



**Şekil 2.7.5.** Petri kaplarının bölünmesi ve dentin örneklerinin ekimi

Her bir petri kabındaki koloniler 48 saat sonra sayıldı. Toplam CFU (colony-forming units) hesaplanarak sayısal değerler  $\log_{10}$  değerine dönüştürülerek istatistik için veriler hazır hale getirildi.

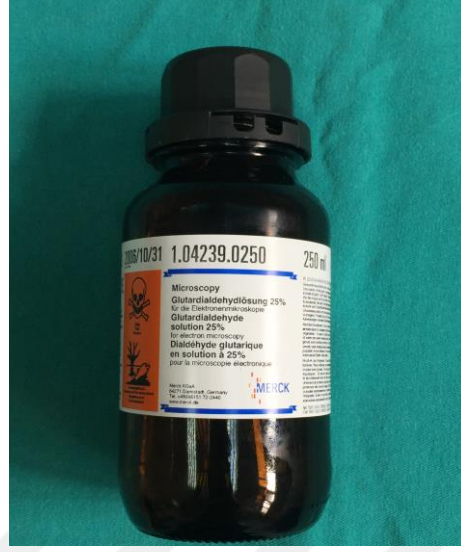
## 2.8. Sem Örneklerinin Hazırlanması

Çalışma için oluşturulan tüm gruplardan rastgele birer diş ayrılarak, kanal dolguları yapıldıktan sonra steril mikropate içerisinde %3'lük gluteraldehitte muhafaza edildi. Pozitif ve negatif kontrol grupları için kanallar doldurulmadan aynı protokol uygulandı.



**Şekil 2.8.1.** Steril mikropate içerisindeki SEM örnekleri

Dışlerin fikse edildiği %3'lük gluteraldehit solüsyonu; 3 ml %25'lik gluteraldehit (Şekil 2.8.2.) ile 22 ml steril distile suyun karıştırılması ile hazırlandı.



**Şekil 2.8.2.** Gluteraldehit

Örneklerin koronalinden ve apikalinden yaklaşık 1 mm kalınlığında horizontal kesitler alınarak SEM'de incelenmek üzere yüzey işlemleri uygulandı. Yüzey işlemleri için sırasıyla %37 ortofosforik asit 30 sn, %25 sitrik asit 30 sn, %17 EDTA 5 dk süre ile uygulandı (Saleh ve ark 2003). Koronalinden ve apikalinden birer kesit alınan örneklerden kanalların iç yüzeylerine temas etmeden elmas separe kullanılarak köklerin bukkal ve lingual yüzeylerine oluklar açıldı. Açılan oluklara yerleştirilen siman spatülü yardımı ile kökler mesio-distal olarak vertikal yönde iki parçaya ayrıldı (Şekil 2.8.3.).



**Şekil 2.8.3. SEM örnekleri**

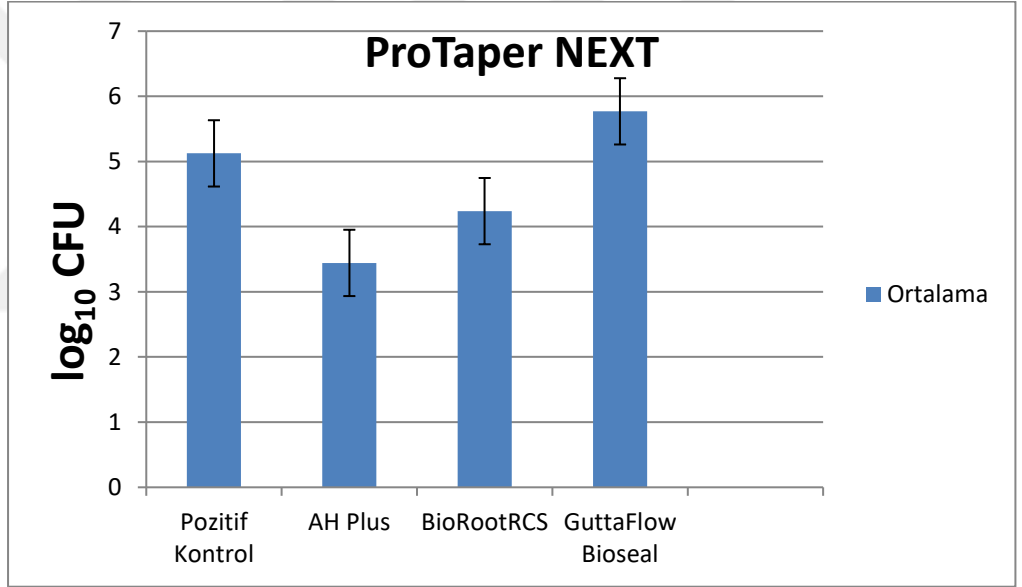
Hazırlanan örnekler SEM incelemesi için 4 hafta süre ile vakum altında kurutuldu. Tüm örnekler 5 nm kalınlığında altın ile kaplandıktan sonra taramalı elektron mikroskopu (ZEISS EVO LS 10, Almanya) kullanılarak farklı büyütme ile incelendi.



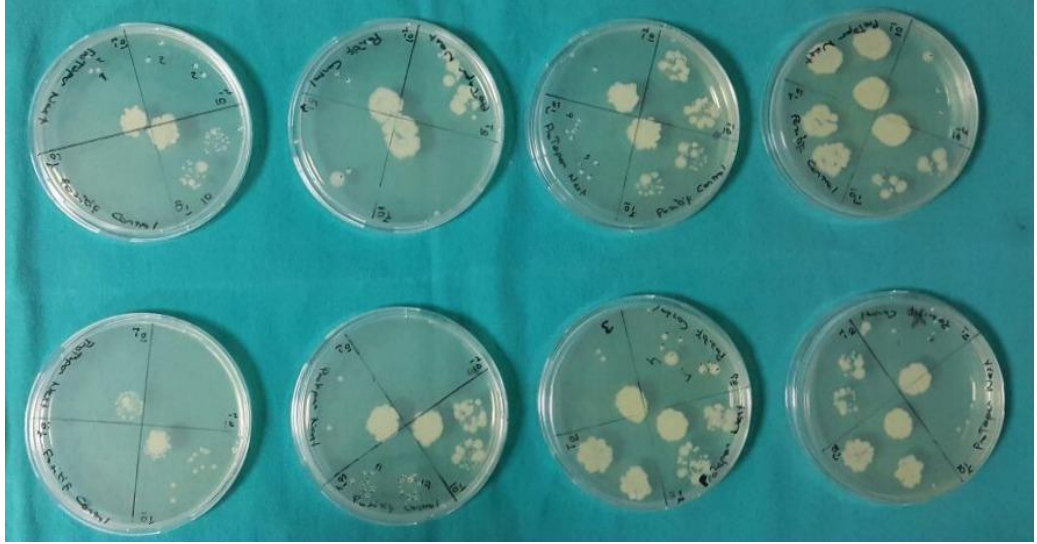
**Şekil 2.8.4. SEM cihazı**

### 3. BULGULAR

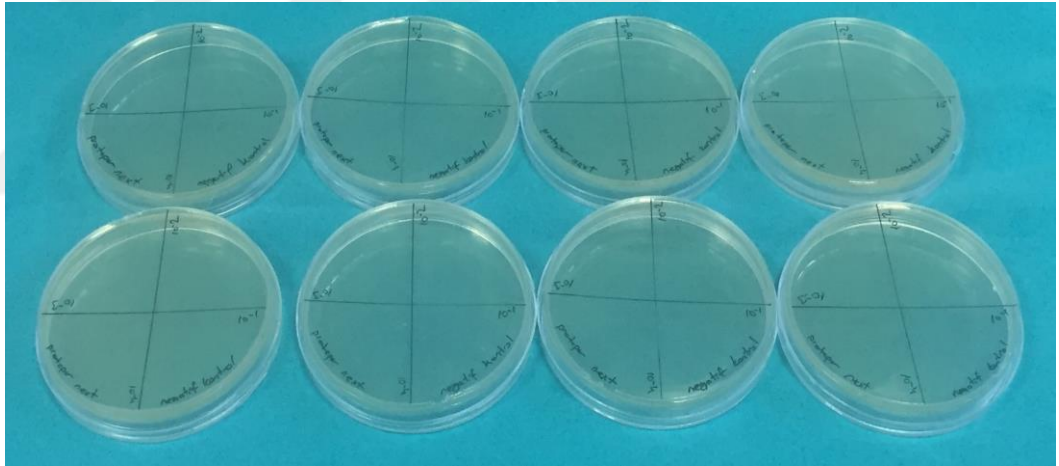
Kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel etkinliklerinin değerlendirildiği bu çalışmada, ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilerek doldurulan örneklerden elde edilen veriler öncelikle Levene testi ile değerlendirildi. Bu testten elde edilen istatistiksel anlamlılık değeri ile verilerin homojen olduğu tespit edildi ( $p>0,05$ ). Homojeniteden dolayı istatistiksel değerlendirme için parametrik test olan tek yönlü ANOVA testi tercih edildi. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu. İstatistiksel olarak; AH Plus kök kanal dolgu patının yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdiği belirlendi. BioRoot RCS kök kanal dolgu patının AH Plus'tan daha az antibakteriyel etkinlik gösterdiği belirlendi. GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı ise pozitif kontrol grubuna yakın bulundu.



**Şekil 3.1.** ProTaper Next döner alet sistemi ile genişletilen dişlerde kök kanal patlarının *E. faecalis* üzerine etkinliklerinin grafiksel görünümü

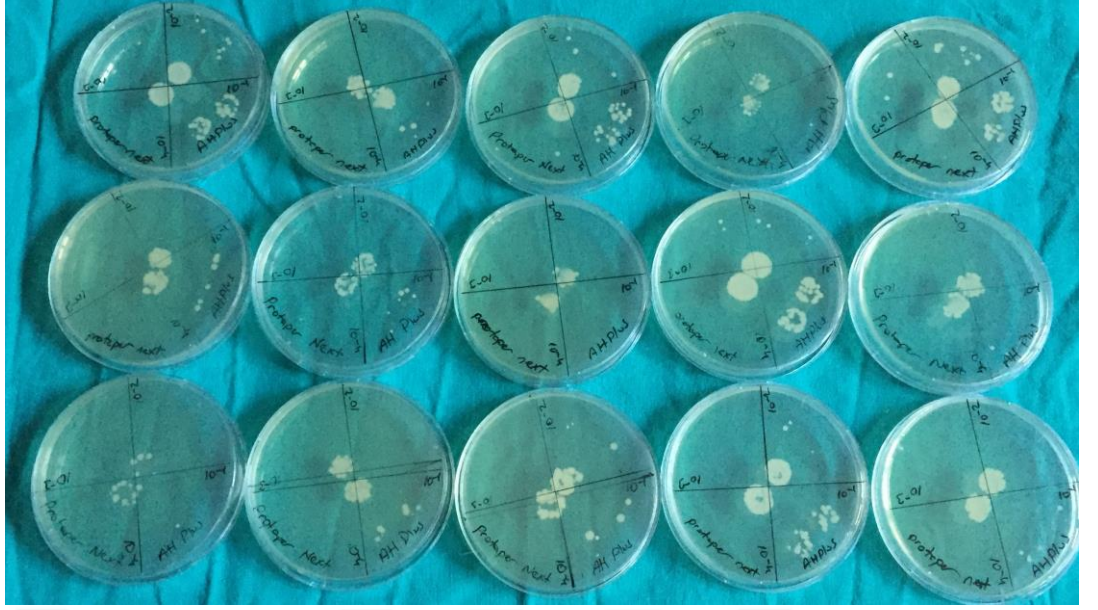


**Şekil 3.3.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilen kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri (Pozitif kontrol).

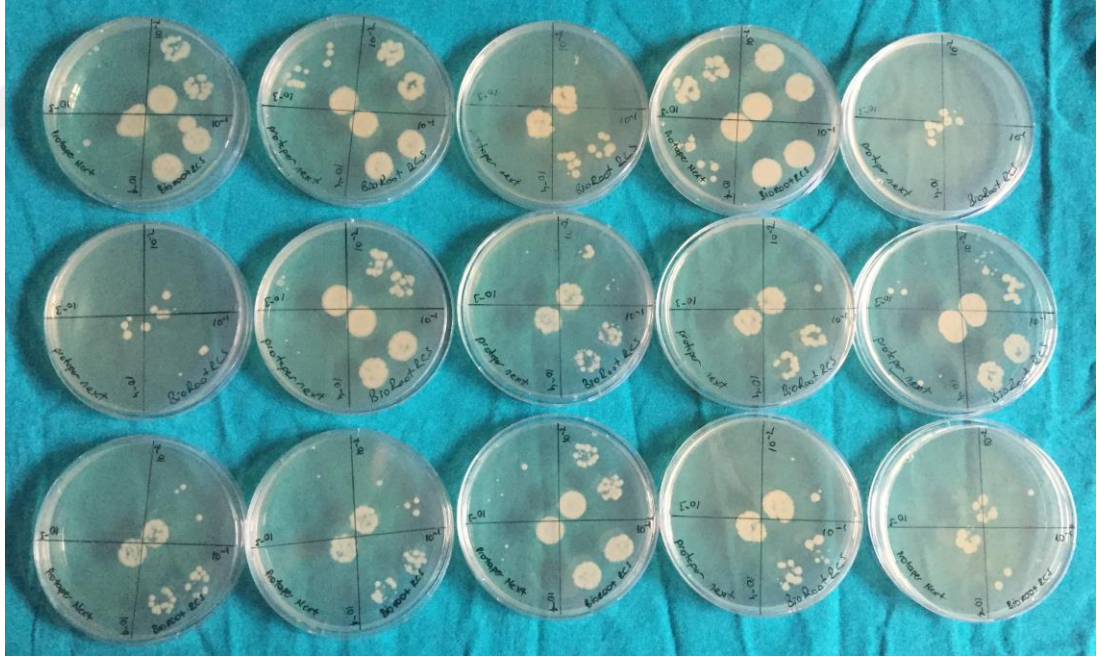


**Şekil 3.4.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilmiş steril kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminde hiçbir mikroorganizma varlığı gözlenmemektedir (Negatif kontrol).

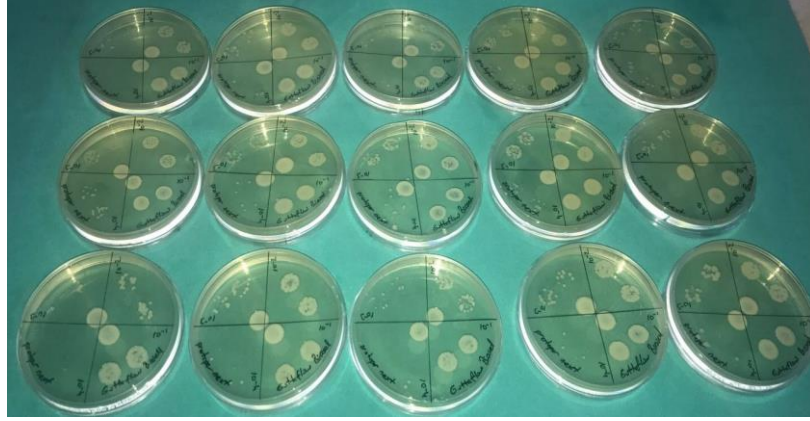




**Şekil 3.5.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilen AH Plus kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri.

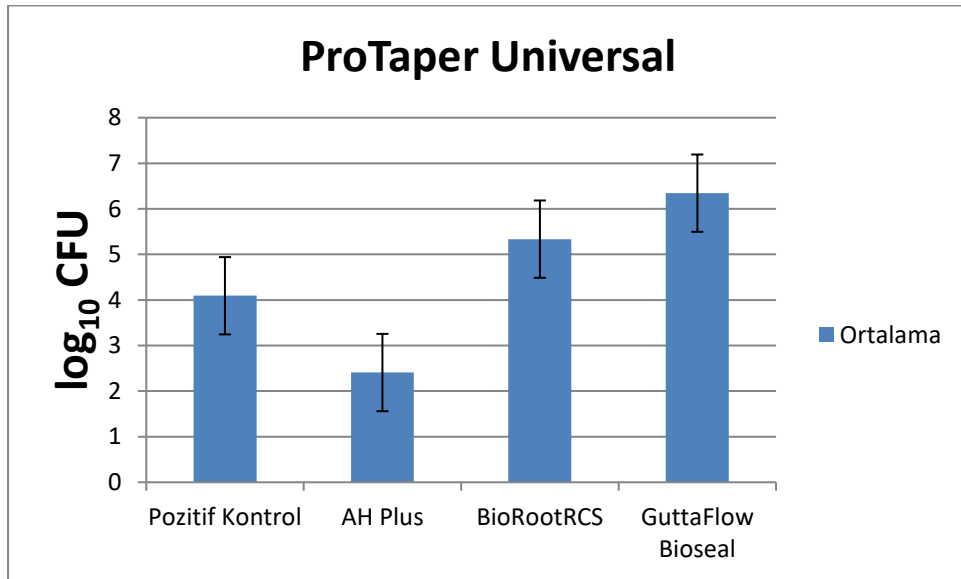


**Şekil 3.6.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilen BioRoot RCS kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri.



**Şekil 3.7.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilen GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri.

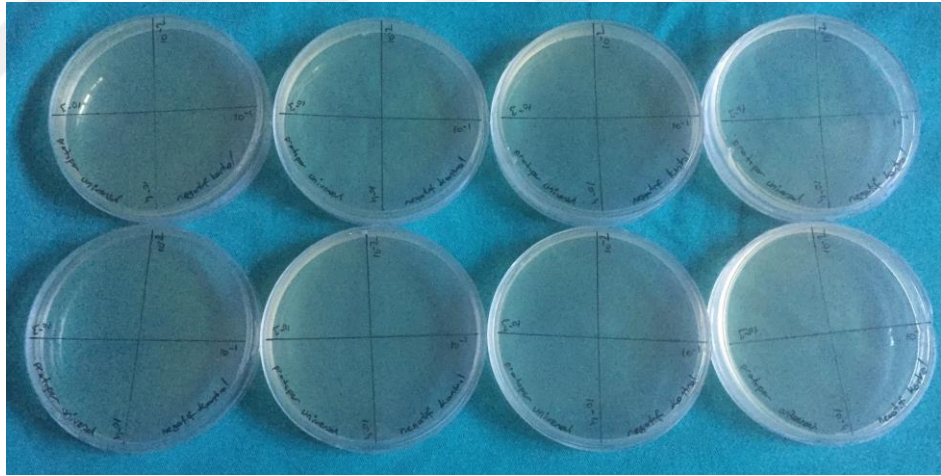
ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilerek doldurulan dişlerden elde edilen verilere de Levene testi uygulandı. Hesaplanan istatistiksel anlamlılık (significance) değeri ile verilerin homojen olduğu belirlendi. Homojeniteden dolayı istatistiksel değerlendirme için parametrik test olan tek yönlü ANOVA tercih edildi. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu. İstatistiksel olarak AH Plus'ın en yüksek antibakteriyel etkinliğe sahip kök kanal dolgu patı olduğu belirlendi. GuttaFlow Bioseal ve BioRoot RCS kök kanal dolgu patlarında, pozitif kontrol grubuna kıyasla dentin tübüllerinde daha fazla *E. faecalis*'e rastlandı.



**Şekil 3.2.** ProTaper Universal döner alet sistemi ile genişletilen dişlerde kök kanal patlarının *E. faecalis* üzerine etkinliklerinin grafiksel görünümü

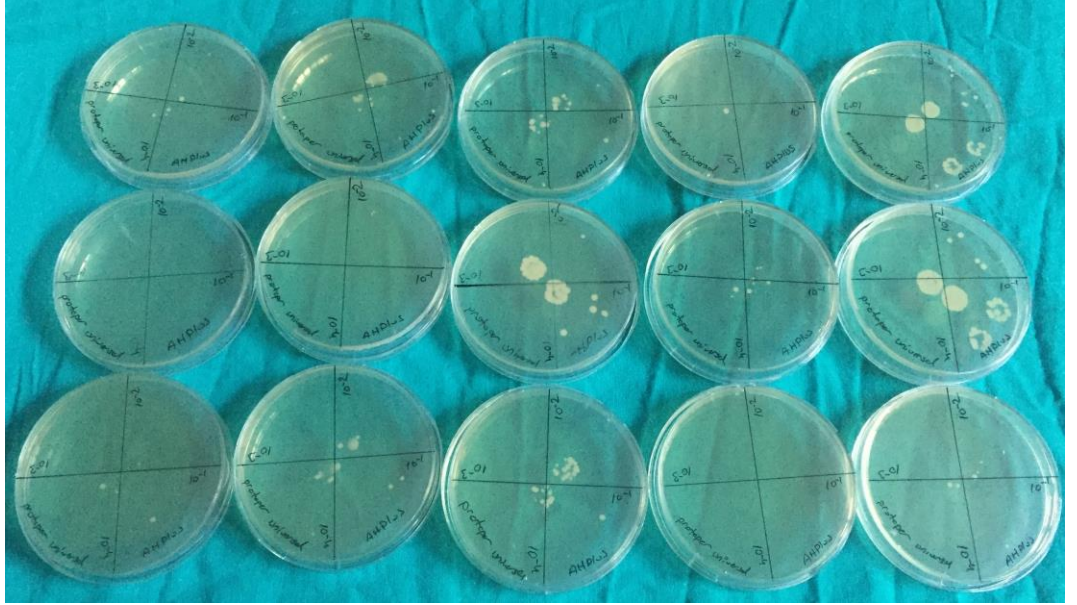


**Şekil 3.8.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilmiş kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri (Pozitif kontrol grubu).

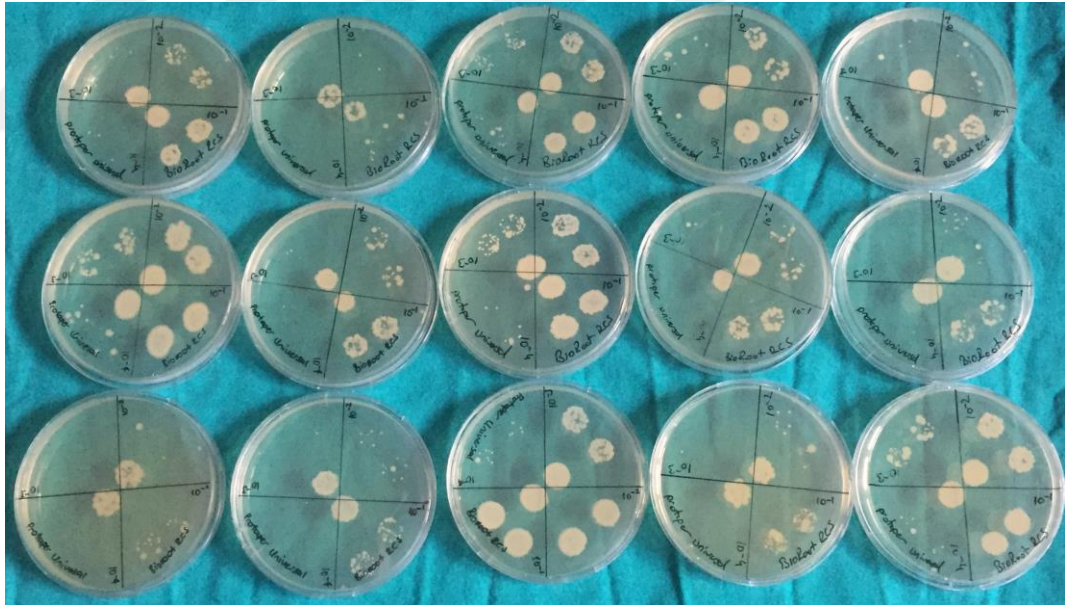


**Şekil 3.9.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilmiş steril kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminde herhangi bir mikroorganizma varlığı gözlenmemektedir (Negatif kontrol).

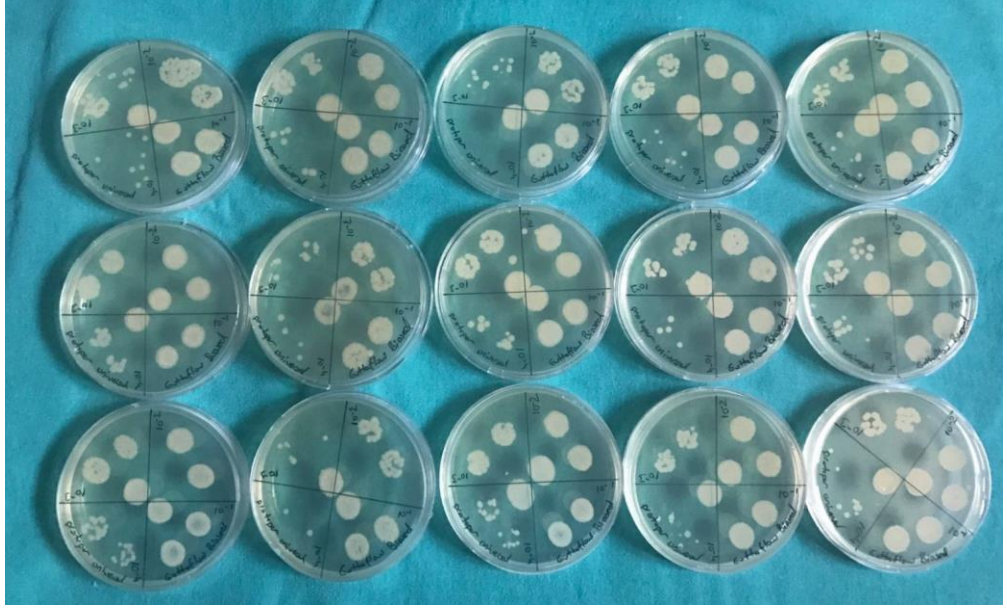




**Şekil 3.10.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilen AH Plus kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri.



**Şekil 3.11.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilen BioRoot RCS kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri.



**Şekil 3.12.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilen GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan kök kanallarından alınan dentin örneklerinin ekiminden 48 saat sonra oluşturdukları *E. faecalis* kolonileri.

Negatif kontrol gruplarından alınan dentin örneklerinin hiçbirinde mikrobiyal varlık tespit edilmemiştir. Bu durum deney düzeneğini güvenilir kılmakta ve dişlere uygulanan sterilizasyon yönteminin başarılı olduğunu ispatlamaktadır.

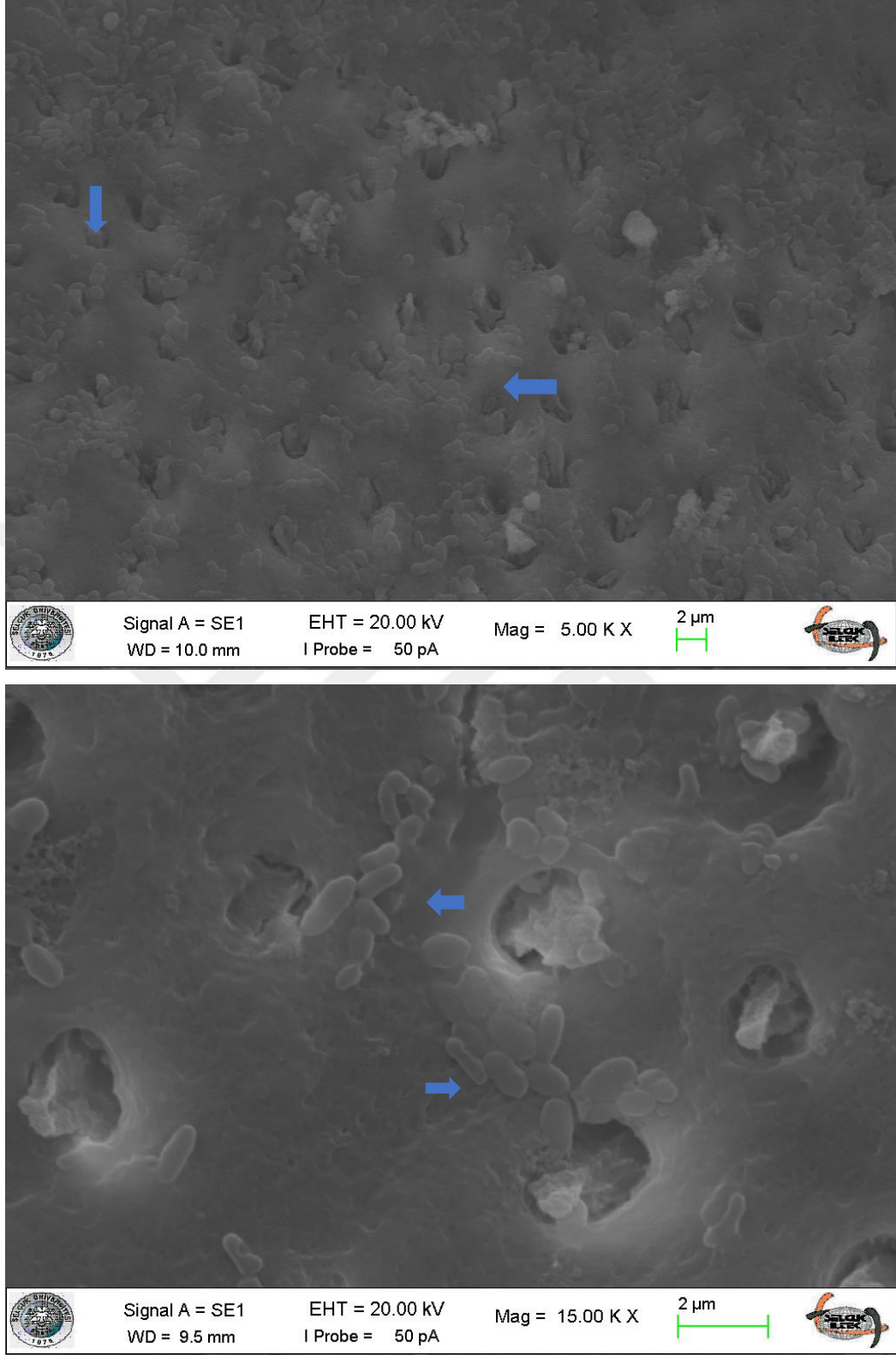
Her iki döner alet eğe sistemiyle genişletilip AH Plus kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan dişlerde AH Plus patının antibakteriyel etkinliği en üst bulunmuştur. ProTaper Next ve ProTaper Universal eğe sistemleri kendi aralarında Tukey HSD testi ile değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ( $p=0,22$ ). ProTaper Universal döner alet eğeleri ile genişletilip AH Plus kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan dişlerde daha az *E. faecalis* bulunmaktadır.

BioRoot RCS kök kanal dolgu patının; ProTaper Next döner alet sistemi ile genişletilen grupta istatistiksel olarak AH Plus kanal patına yakın olduğu bulunurken; ProTaper Universal döner alet eğe sistemiyle genişletilen grupta pozitif kontrol grubuna göre daha çok bakteri kolonizasyonu gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Her iki döner alet eğe sistemi kendi arasında Tukey HSD testi ile değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ( $p=0,44$ ). ProTaper Next döner alet eğe

sistemi ile genişletilip BioRoot RCS kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan dişlerde daha az *E. faecalis* varlığı gözlemlenmiştir.

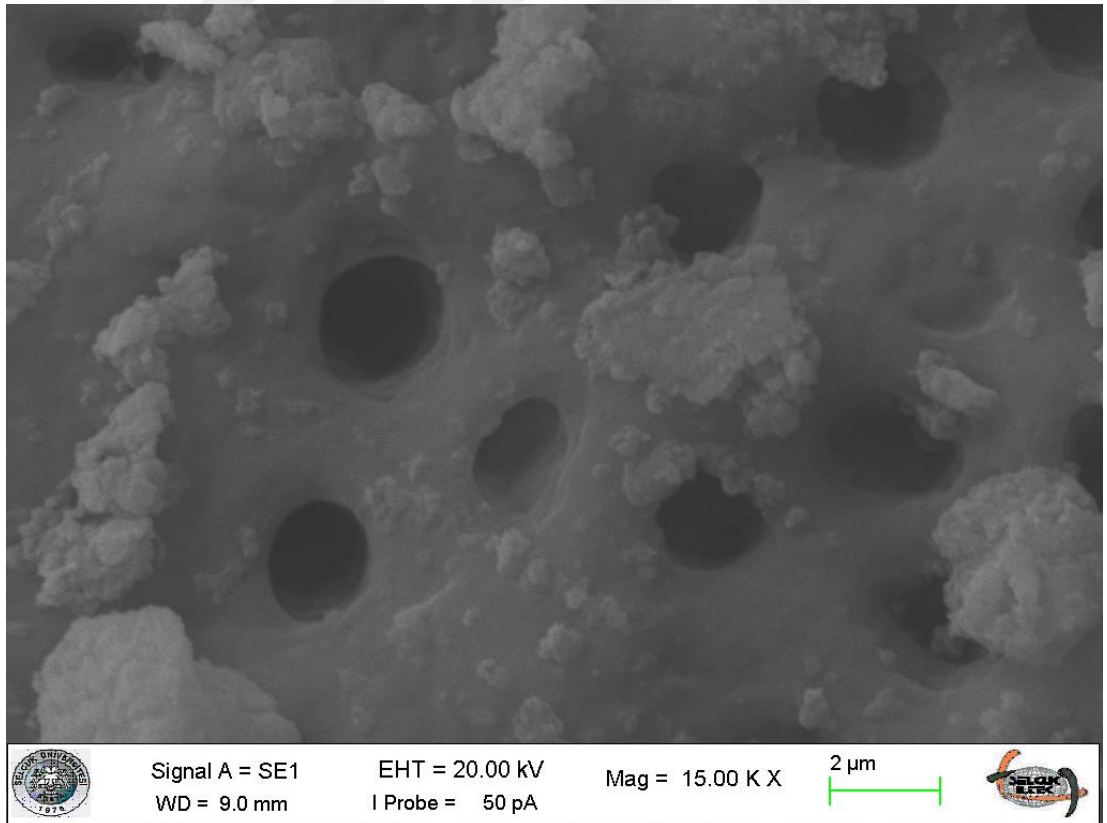
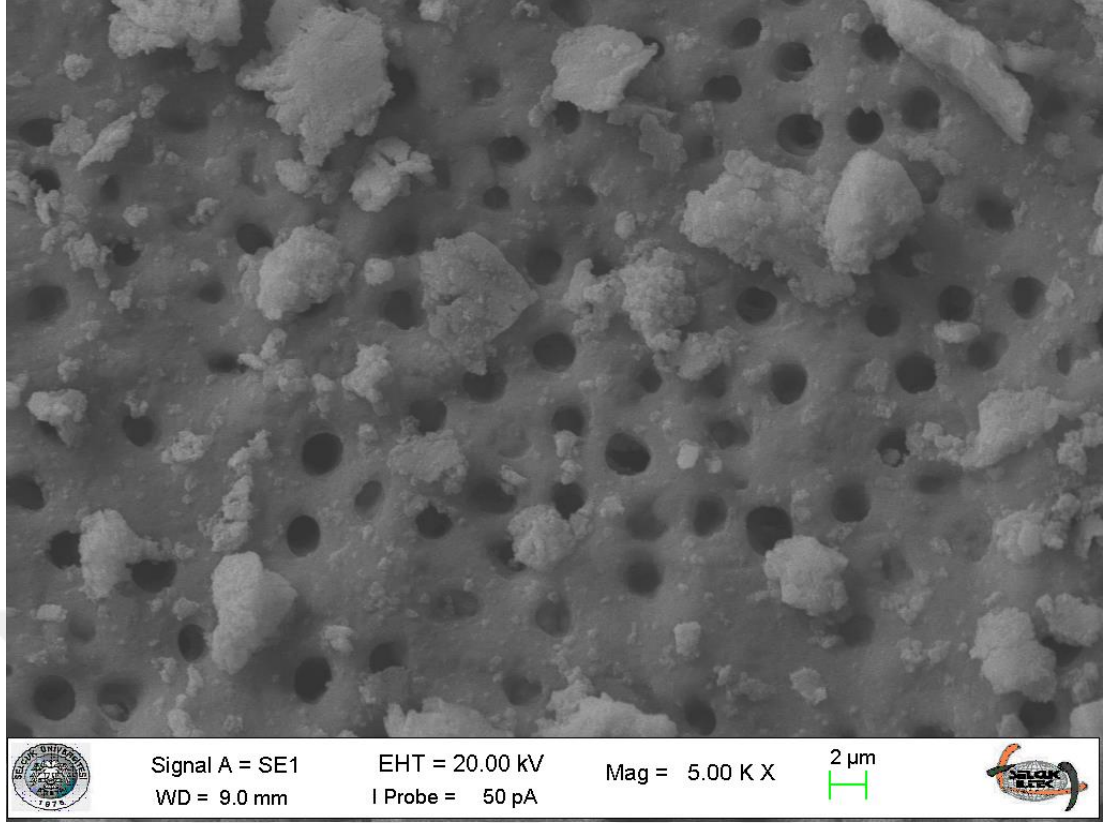
Her iki döner alet eğe sistemiyle genişletilip, GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan dişlerde, pozitif kontrol grubuna göre daha fazla bakteri varlığı tespit edilmiştir.



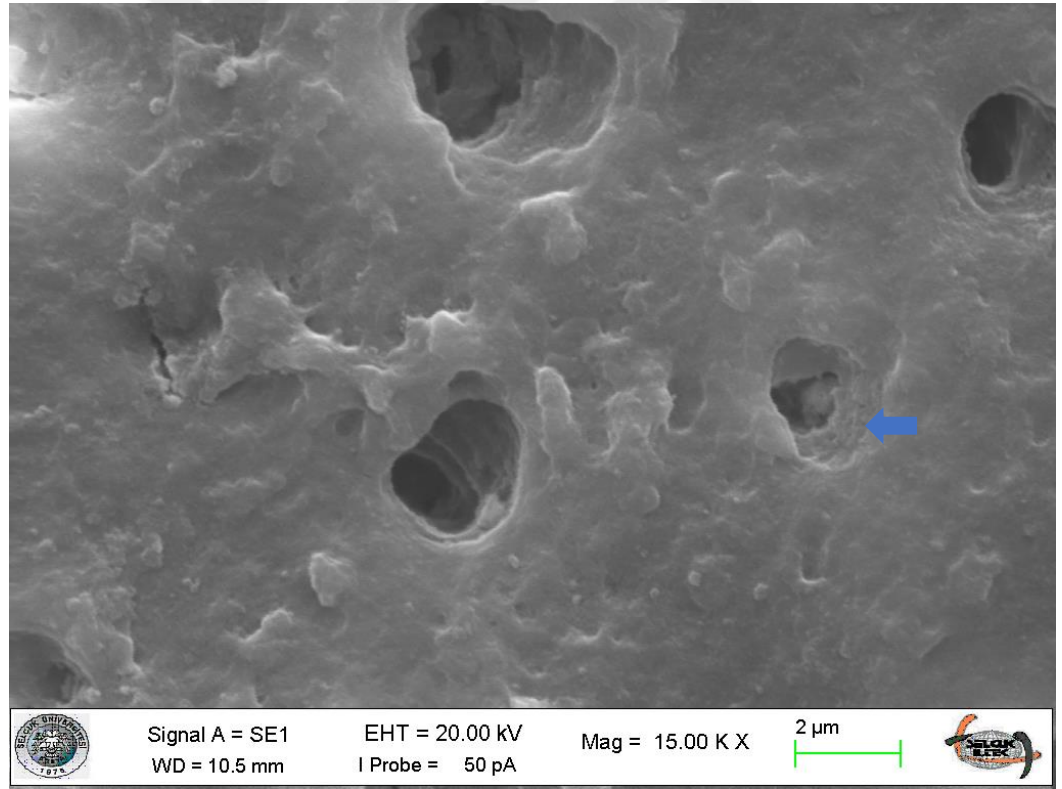
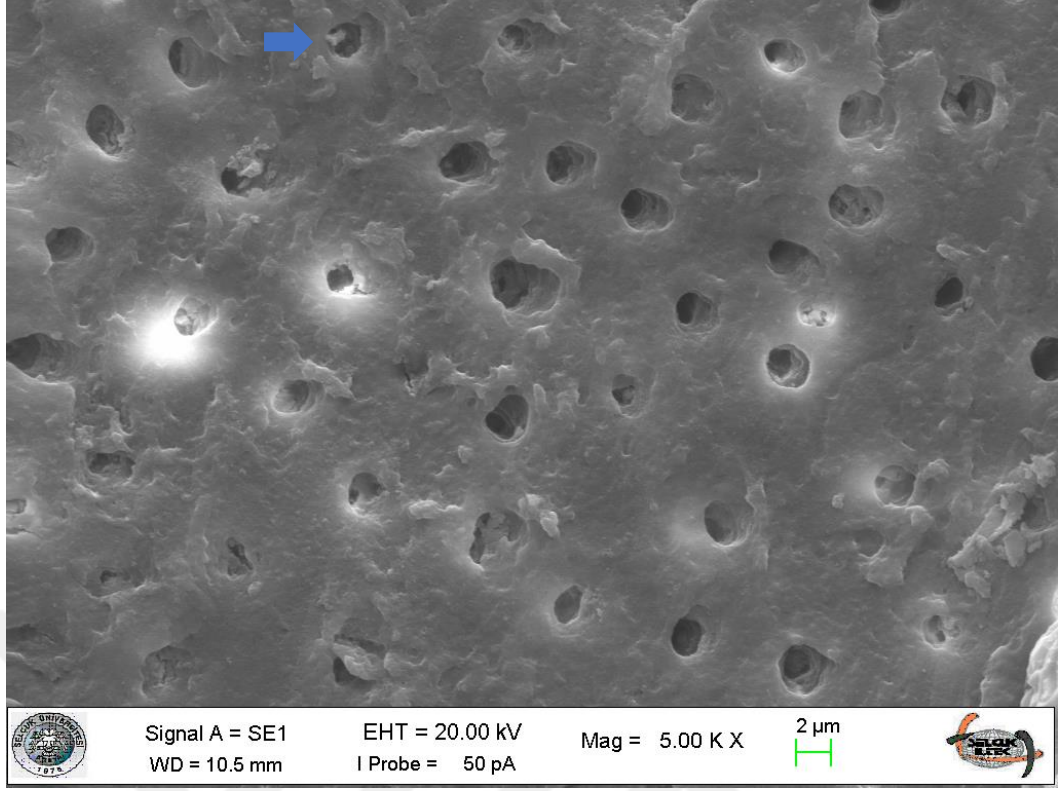


**Şekil 3.13.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilen pozitif kontrol grubu olarak belirlenen kök kanallarından alınan SEM fotoğrafları (x 5000, x15000). Dentin yüzeyinde ve dentin tübüllerinde yoğun olarak *E. faecalis* kolonileri görülmektedir.

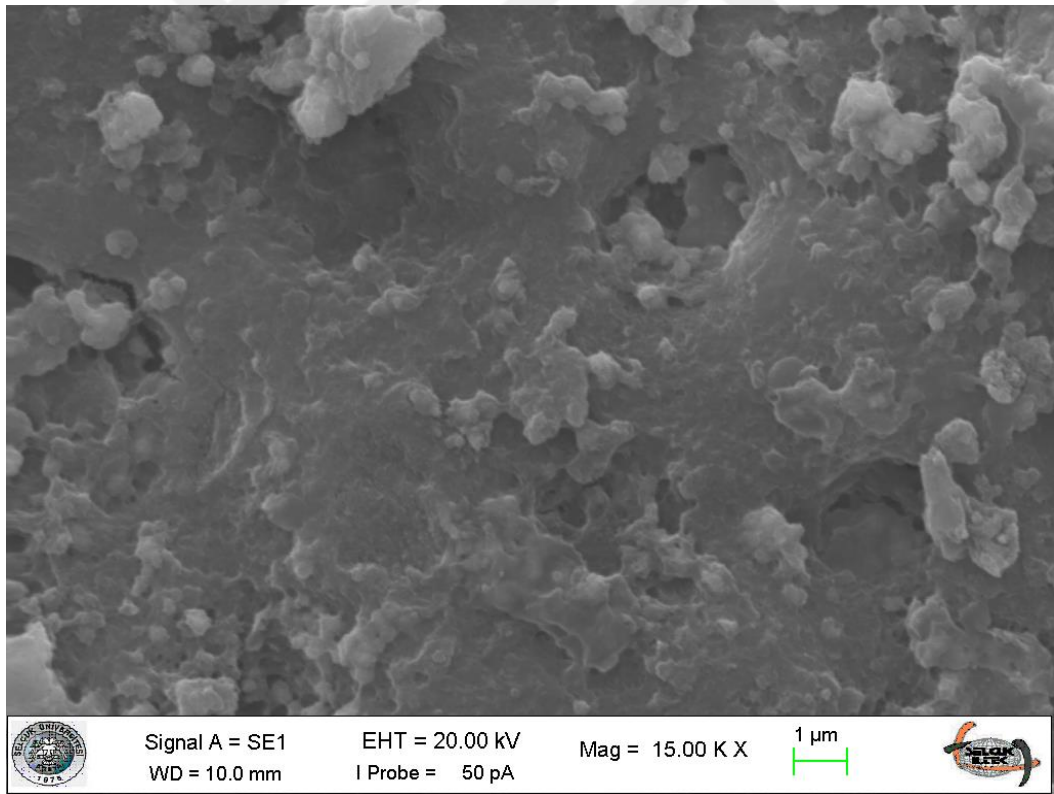
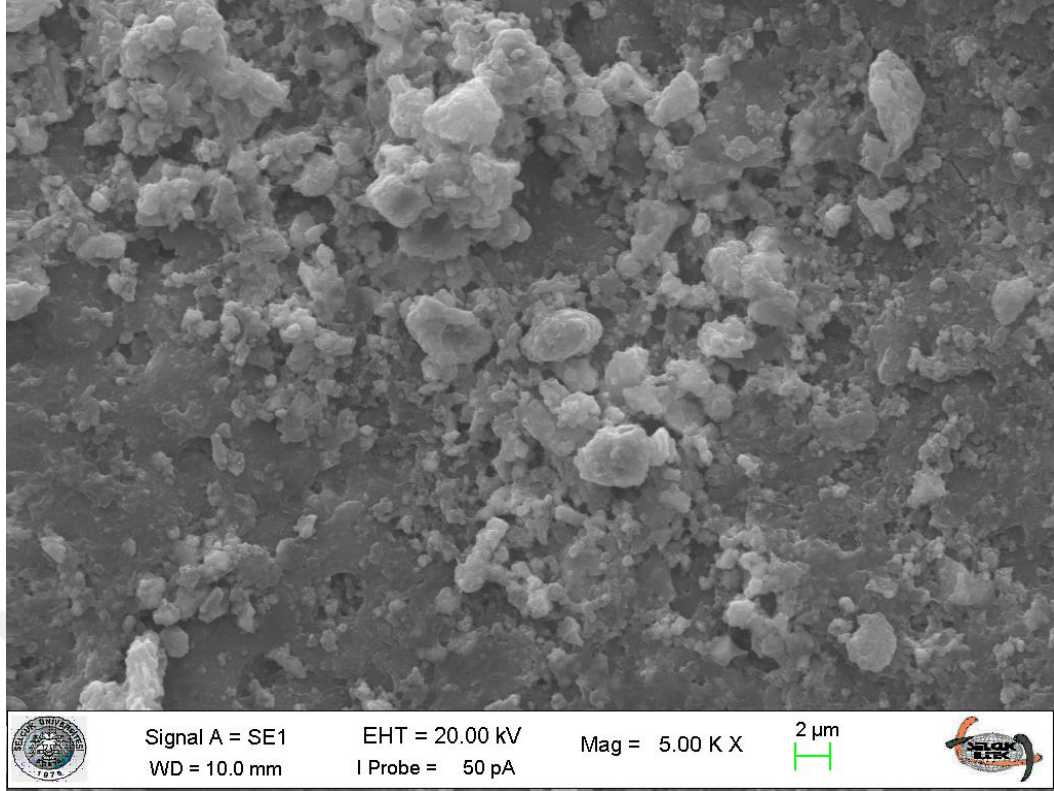




**Şekil 3.14.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilen steril kök kanallarından alınan SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Herhangi bir bakteri varlığı görülmemekte, smear tabakasının tamamen uzaklaştırılmadığı görülmektedir.

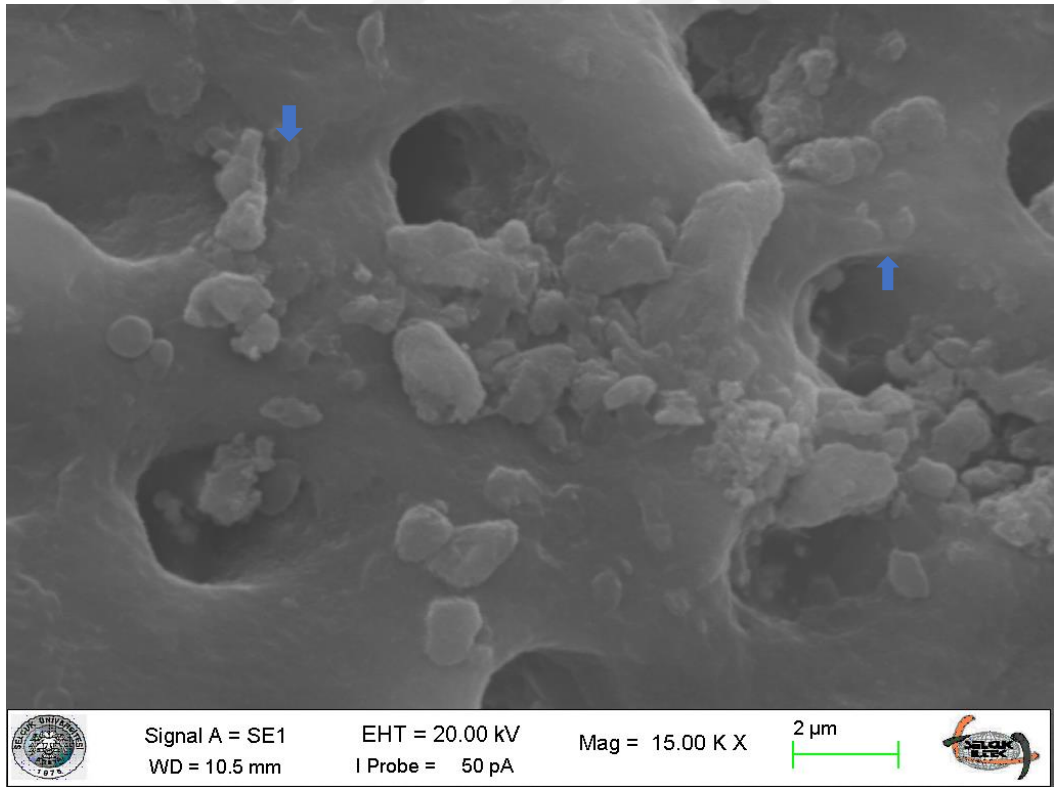
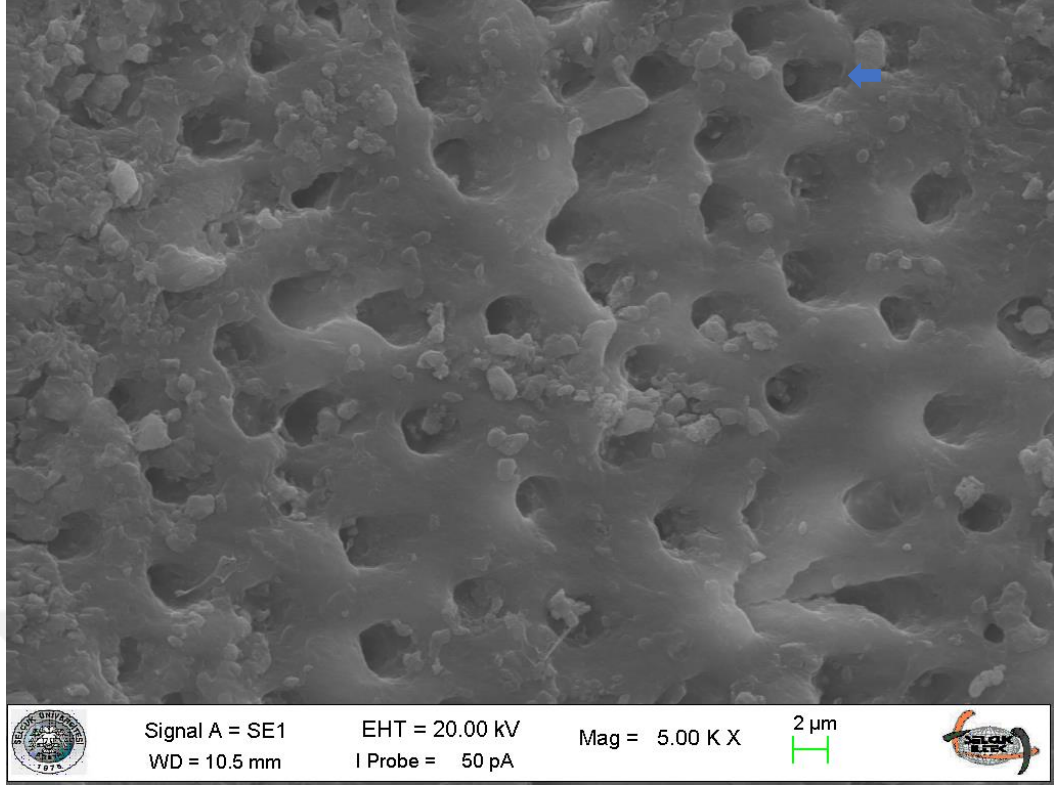


**Şekil 3.15.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilip AH Plus kök kanal dolgu patı kullanılarak kök kanal dolgusu tamamlanan örneklerin SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Dentin tübüllerinde az miktarda *E. faecalis* görülmektedir



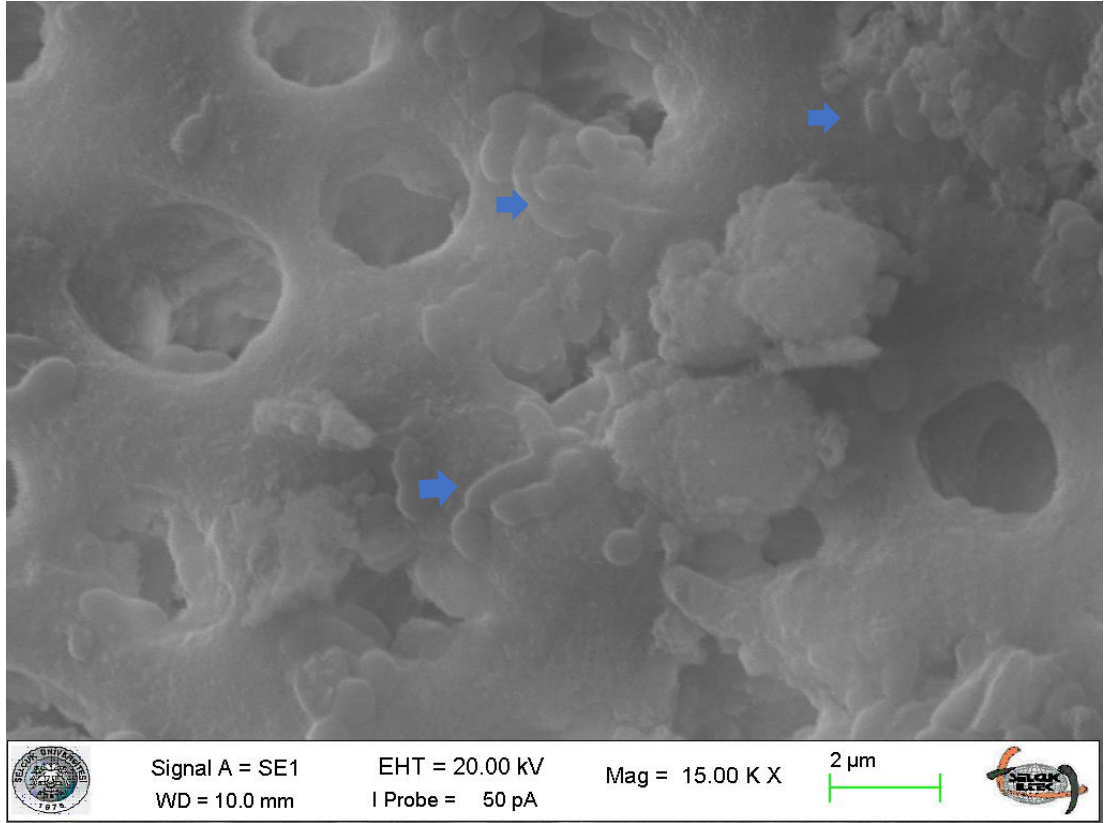
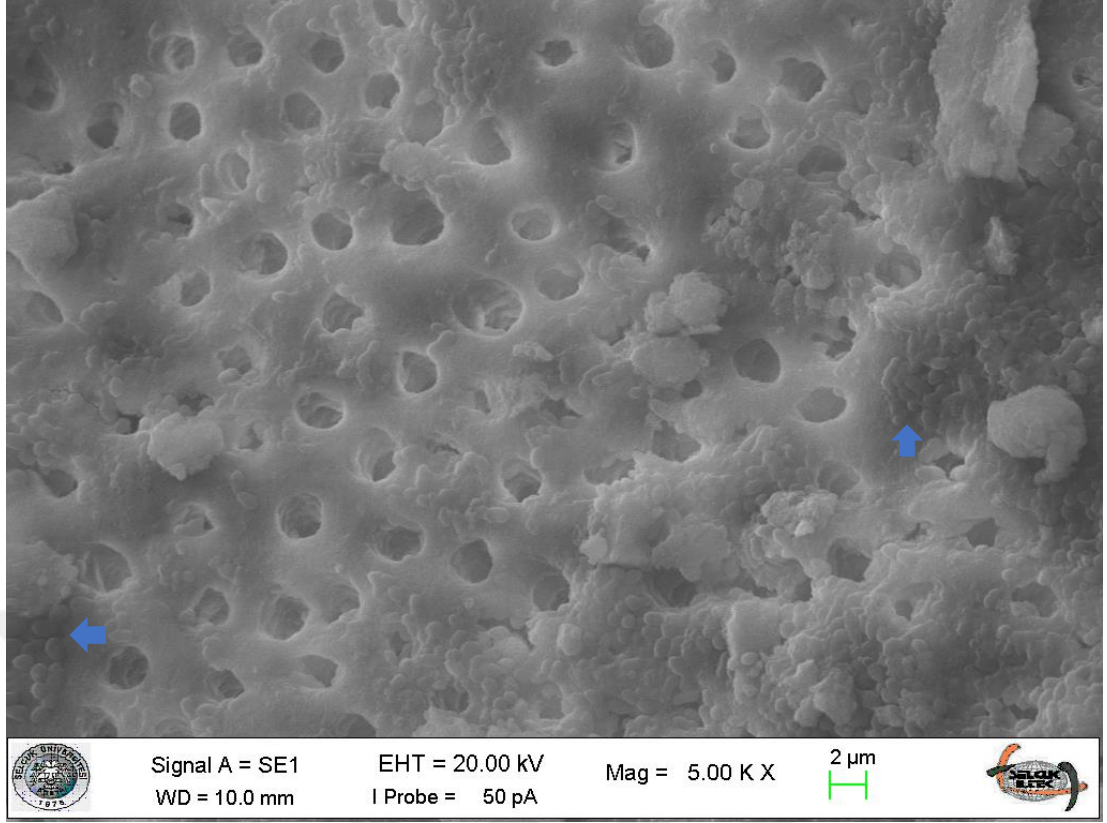
**Şekil 3.16.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilip BioRoot RCS kök kanal dolgu patı kullanılarak kanal dolgusu tamamlanan örneklerin SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Bu pat dentin ile bağlantı kurduğu için yüzeyde patın molekülleri izlenmektedir.



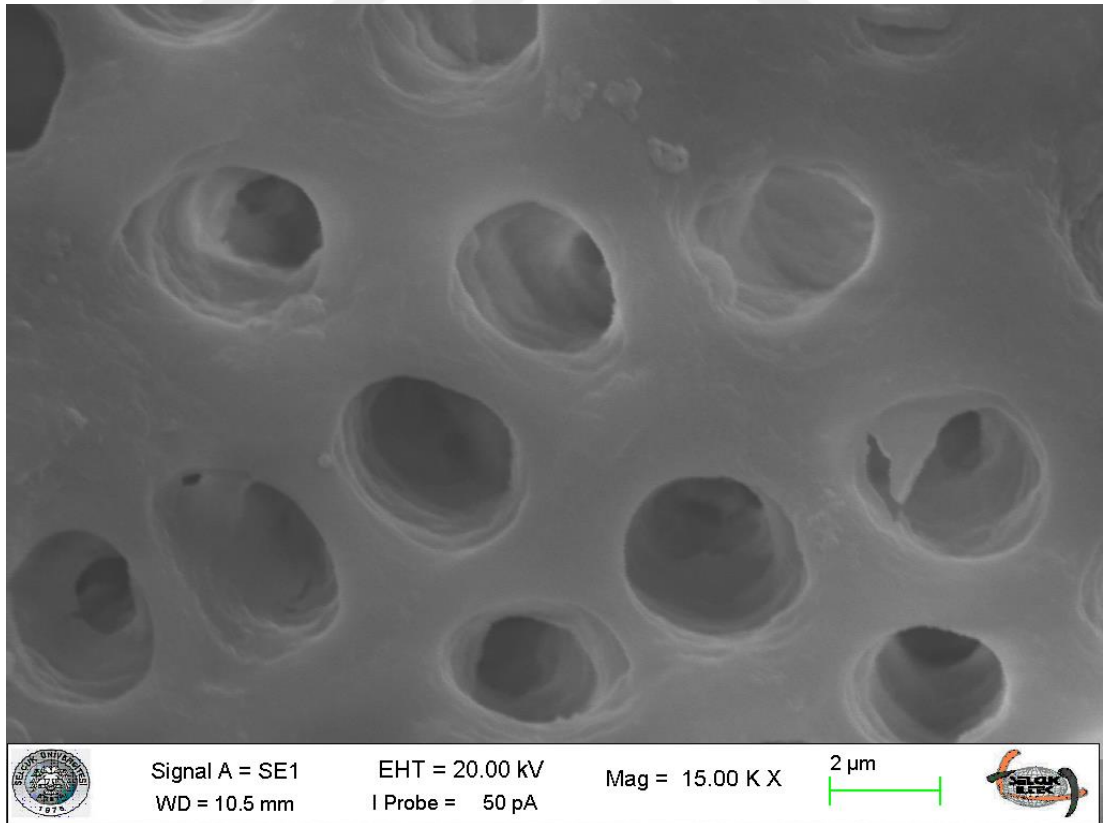
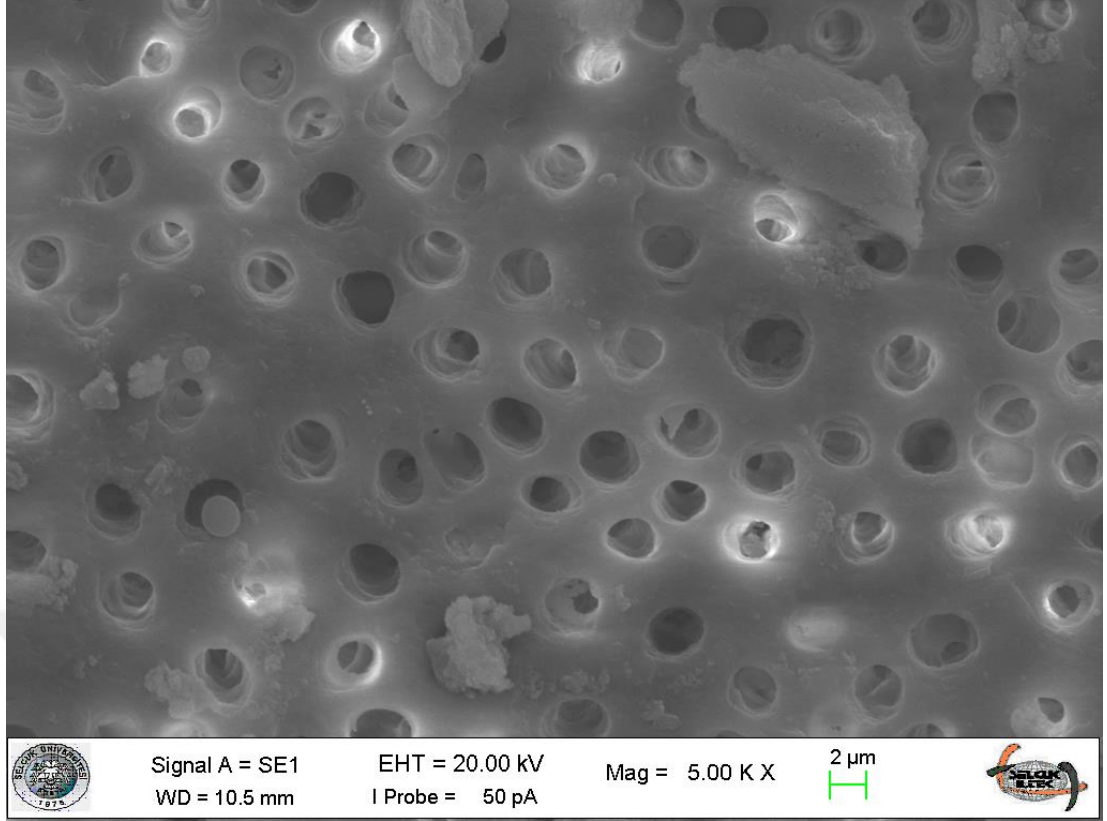


**Şekil 3. 17.** ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilip GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı kullanılarak kanal dolgusu tamamlanan örneklerin SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Dentin yüzeyinde ve tübüllerde bakteri varlığı görülmektedir.

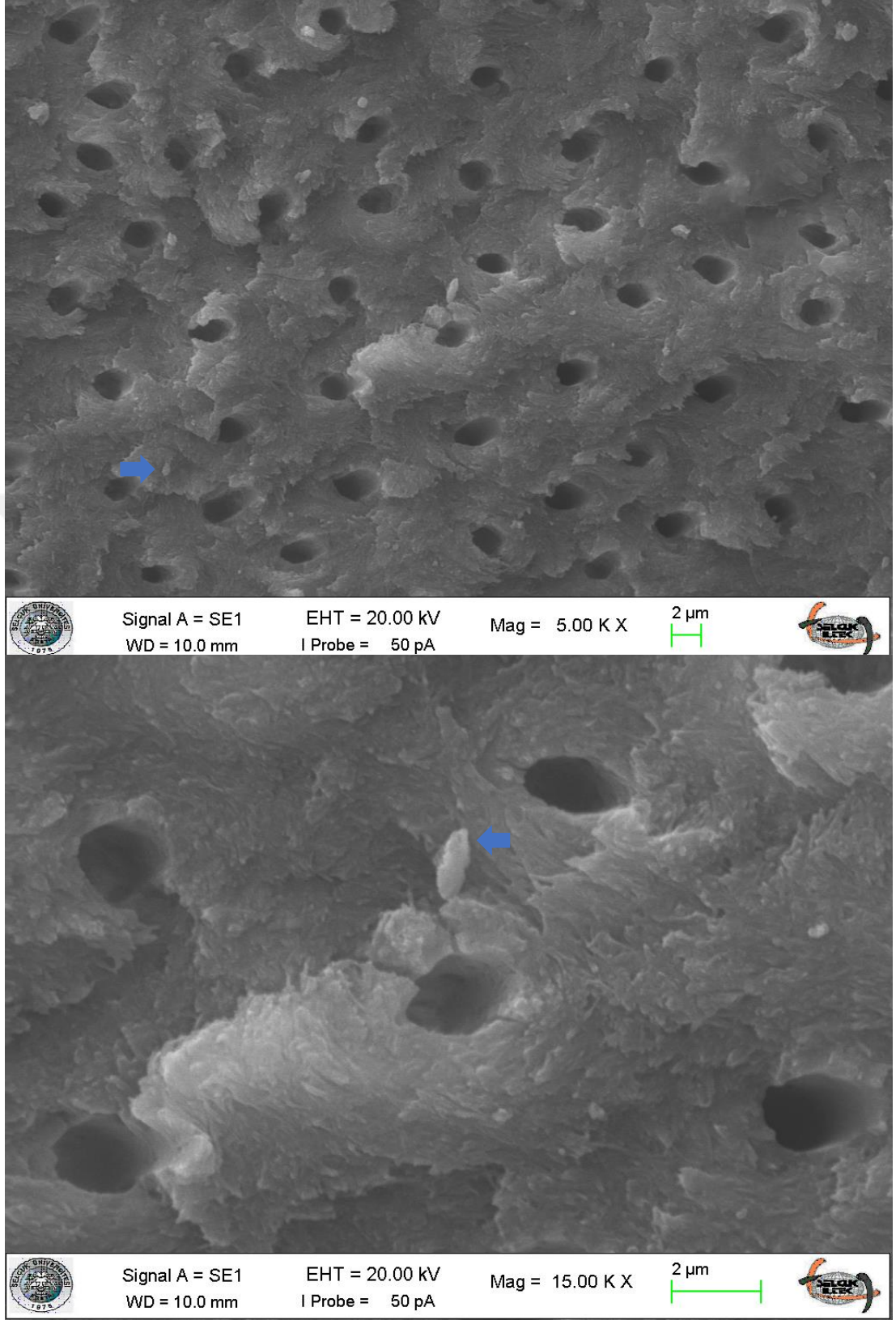




**Şekil 3.18.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilen pozitif kontrol grubu olarak belirlenen kök kanallarından alınan SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Dentin yüzeyinde ve tübüllerde bakteri varlığı görülmektedir.

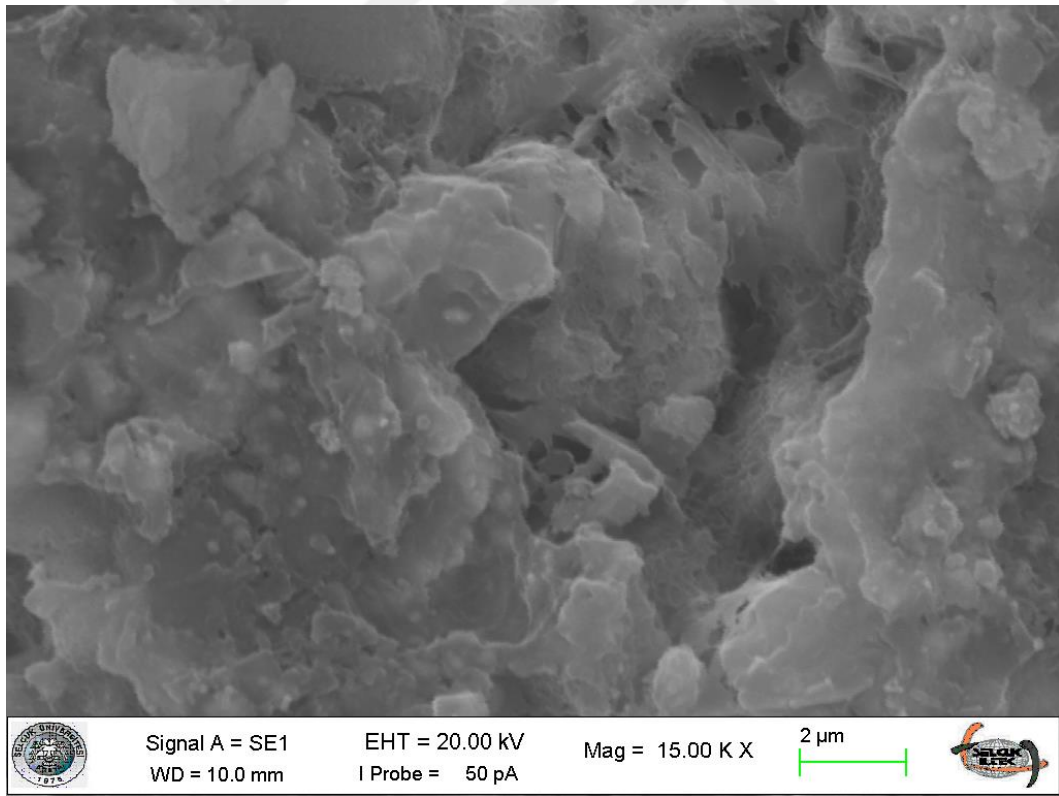
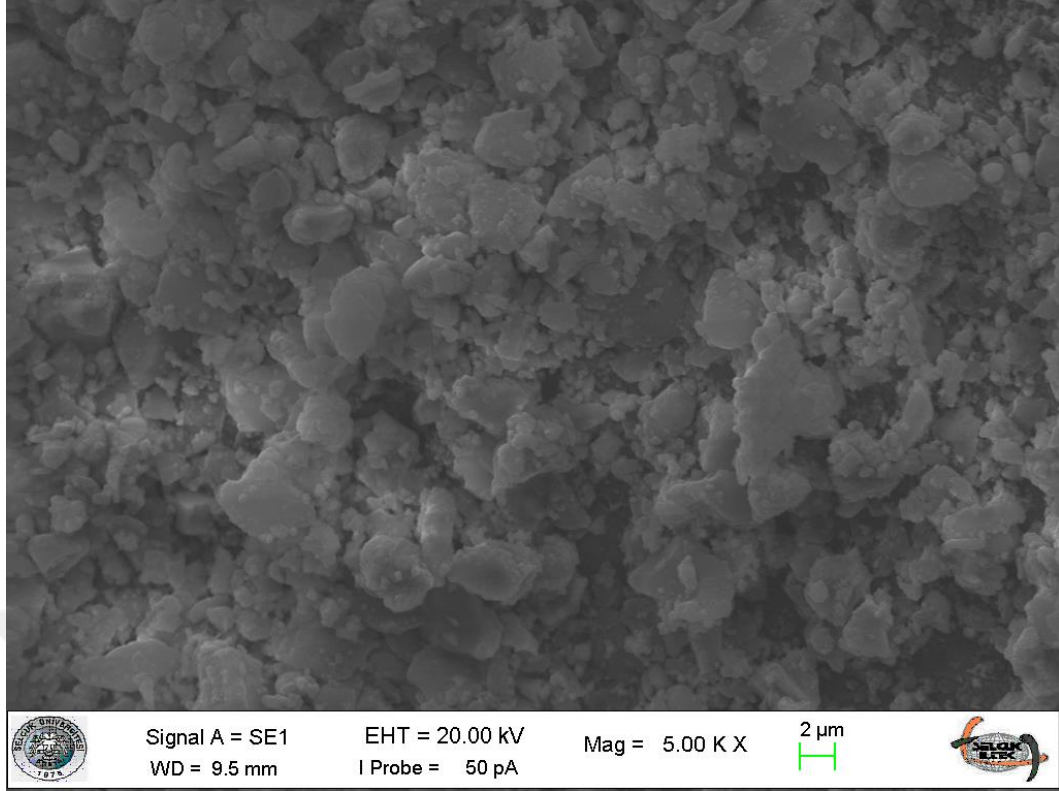


**Şekil 3.19.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilen steril kök kanallarından alınan SEM fotoğrafları (x5000, x15000). ProTaper Next eğe sistemi ile genişletilen örneklere göre daha az smear görülmektedir.

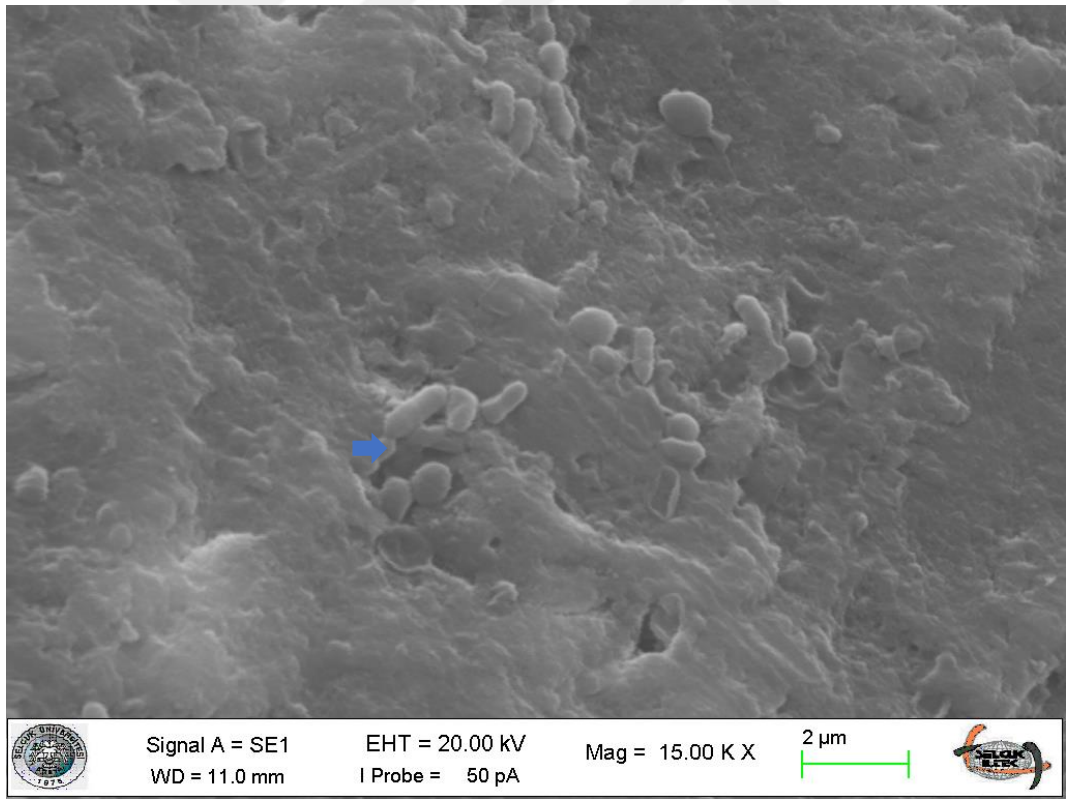
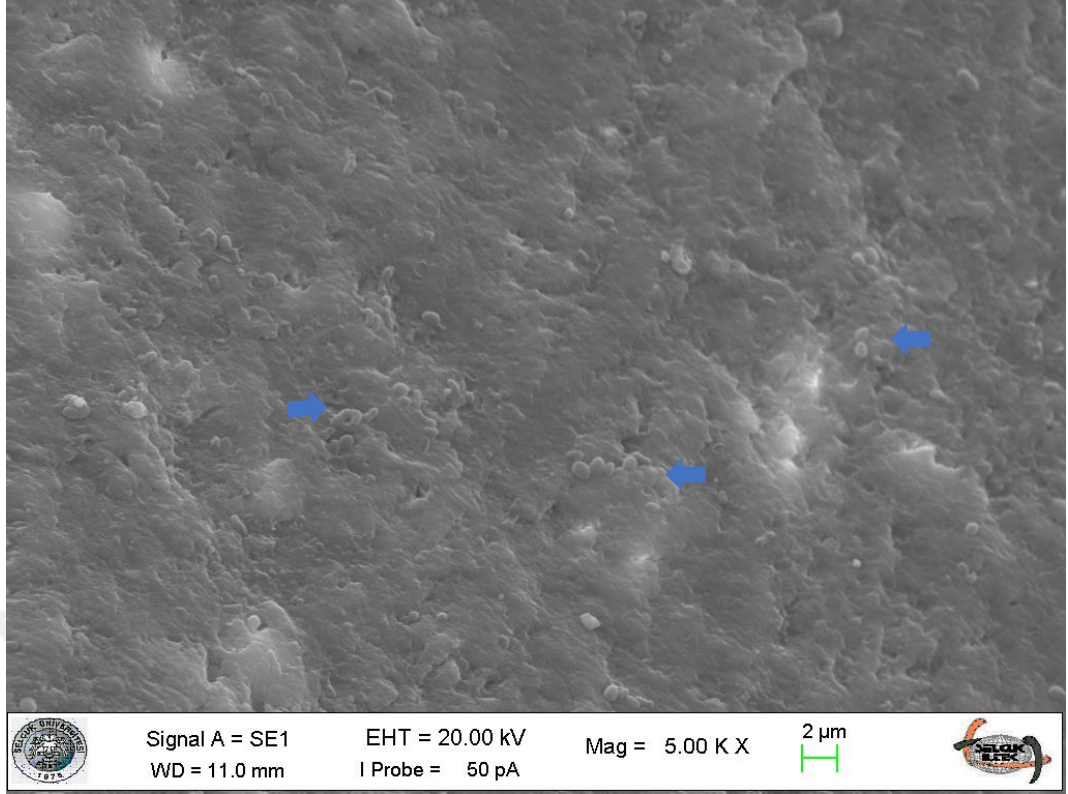


**Şekil 3.20.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilip AH Plus kök kanal dolgu patı kullanılarak kök kanal dolgusu tamamlanan örneklerin SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Az miktarda bakteri varlığı görülmektedir.

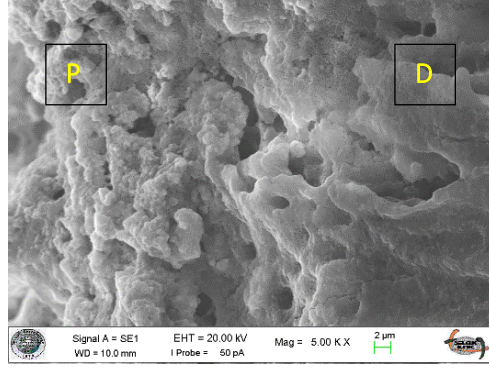




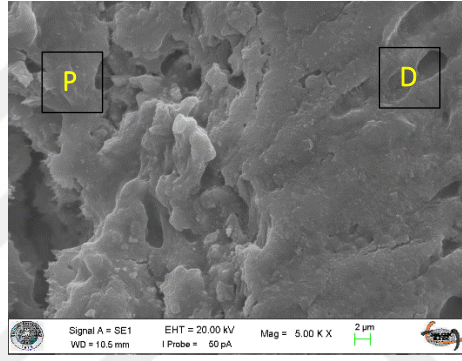
**Şekil 3.21.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilip BioRoot RCS kök kanal dolgu patı kullanılarak kök kanal dolgusu tamamlanan örneklerin SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Bu pat dentin ile bağlantı kurduğu için yüzeyde patın molekülleri izlenmektedir.



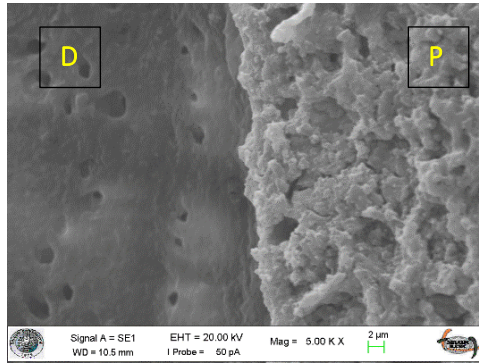
**Şekil 3.22.** ProTaper Universal döner alet eğe sistemi ile genişletilip GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı kullanılarak kök kanal dolgusu tamamlanan örneklerin SEM fotoğrafları (x5000, x15000). Tüm dentin yüzeyinde yoğun olarak *E. faecalis* gözlenmektedir.



**Şekil 3.23.** ProTaper Next eğeleri ile şekillendirilip AH Plus kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan örneğin apikal bölgeden alınan horizontal kesitinin SEM fotoğrafı (x5000).

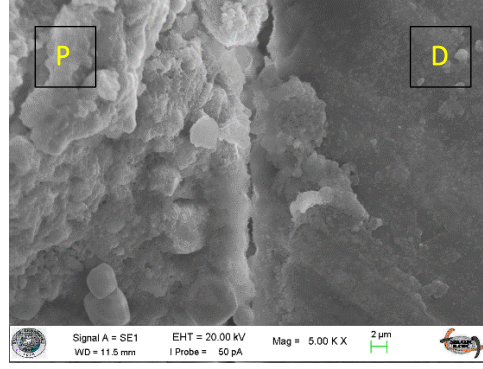


**Şekil 3.24.** ProTaper Next eğeleri ile şekillendirilip BioRoot RCS kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan örneğin apikal bölgeden alınan horizontal kesitinin SEM fotoğrafı (x5000).

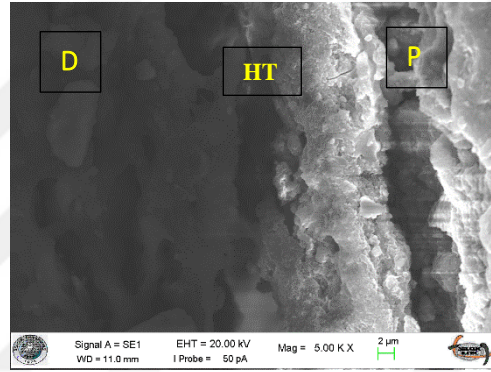


**Şekil 3.25.** ProTaper Next eğeleri ile şekillendirilip GuttaFlow Bioseal kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan örneğin koronal bölgeden alınan horizontal kesitinin SEM fotoğrafı (x5000).

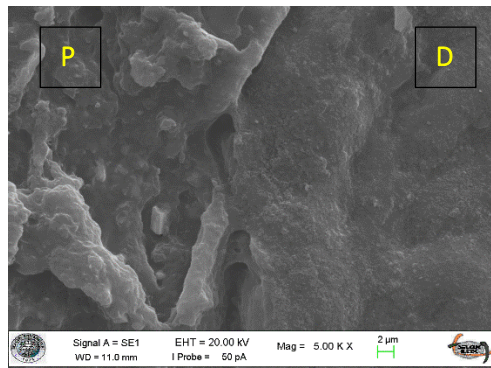




**Şekil 3.26.** ProTaper Universal eğeleri ile şekillendirilip AH Plus kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan örneğin apikal bölgeden alınan horizontal kesitinin SEM fotoğrafı (x5000).



**Şekil 3.27.** ProTaper Universal eğeleri ile şekillendirilip BioRoot RCS kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan örneğin koronal bölgeden alınan horizontal kesitinin SEM fotoğrafı (x5000).



**Şekil 3.28.** ProTaper Universal eğeleri ile şekillendirilip GuttaFlow Bioseal kanal dolgu patı kullanılarak doldurulan örneğin apikal bölgeden alınan horizontal kesitinin SEM fotoğrafı (x5000).

#### 4. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin amacı; kök kanallarında bakteri ve ürünlerinin uzaklaştırılması ile kanal içi tam dezenfeksiyonun sağlanmasıdır. Kök kanallarının mekanik olarak şekillendirilmesi, bu işlemler sırasında ve sonrasında irrigasyon solüsyonlarının kullanılması ile kanal içi temizlik sağlansa da tam bir dezenfeksiyon ve tüm bakterilerin eliminasyonunun gerçekleştirilemediği bilinmektedir. Şekillendirilmiş kök kanallarının sızıntıya imkan vermeyecek şekilde üç boyutlu olarak doldurulması, sistem içerisinde kalan artık bakterilerin tıkanmasının sağlanması ve kök kanal dolgusu sırasında kullanılan kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel özelliklerinden faydalanılması ile kanal içi bir miktar bakteri eliminasyonu sağlanabilmektedir. Endodontik tedavinin şekillendirme, irrigasyon ve kanal dolgusu basamakları sırasında genellikle gram negatif bakteri türleri elimine edilebilmekte, gram pozitif bakteri türlerinden dirençli olanlar ise kanal sistemi içerisinde canlılığını sürdürebilmektedir (Hargreaves ve Berman 2015). Kök kanal tedavisi yapılmış dişlerin ikincil enfeksiyonlarında sıklıkla izole edilen bakteri türü, değişen çevre koşullarına yüksek uyum göstermesi ve üstün özelliklerinden dolayı dayanıklı bir tür olması nedeniyle *E. faecalis*'tir (Vivacqua-Gomes ve ark 2005). Bu çalışma ile, kök kanal dolgu patlarının kanal içerisindeki rezidüel bakteri, *E. faecalis*, üzerindeki antibakteriyel etkinlikleri değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan insan dişleri seçilirken, dişlerin düz ve yuvarlak bir kök kanal anatomisine sahip olmasına dikkat edilmiştir. Kök kanallarının yuvarlak formda olması sebebiyle; açılı tek kon yöntemi ile kök kanal dolgusu yapıldığında, guta-perkanın tüm dentin yüzeylerine aynı oranda temas etmesi ve kullanılan kök kanal dolgu patlarının tüm dentin yüzeyinde eşit miktarda dağılması amaçlanmıştır. Tüm deney gruplarındaki dişlerin, boyutsal farklılıkların çalışmanın sonucunu etkilememesi için, kök boyları eşit olacak şekilde kronları elmas separe kullanılarak uzaklaştırılmıştır.

Bu çalışmada; tüm kök kanalları, apikal çapları aynı olacak şekilde (0,50 mm) genişletilerek standardizasyon sağlanmıştır. Kök kanallarının genişletilmesi sırasında, apikal çapın ne kadar olması gerektiği konusunda birçok araştırma yapılmıştır (Wu ve ark 2002, Baugh ve Wallace 2005, ElAyouti ve ark 2011, Aminoshariae ve Kulild 2015). Vital dişlerde daha az kök kanal dentin dokusunun kaldırılması ve daha az



genişletme yapılmasının yeterli olduğu bildirilirken (Wu ve ark 2000); nekrotik dişlerde, mikroorganizmaların ve ürünlerinin uzaklaştırılması için daha çok genişletme yapılması önerilmiştir (Ørstavik ve ark 1991, Parris ve ark 1994, Dalton ve ark 1998, McGurkin-Smith ve ark 2005, Lorencetti ve ark 2014). Bunların aksine yapılan başka çalışmalar ile; nekrotik dişlerde apikal çapın 0,25 mm veya 0,40 mm olmasının bakteri yükünde bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir (Yared ve Dagher 1994, Nair ve ark 2005). Kök kanal genişletme yöntemleriyle apikal çap ne kadar genişletilse de, mevcut bakteriler tamamen kök kanal sisteminden uzaklaştıramamaktadır (Aminoshariae ve Kulild 2015).

Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi işlemleri sırasında, kanal duvarlarında hem organik hem de inorganik içeriğe sahip smear tabakası oluşmaktadır. Bu tabakanın varlığının, kök kanal dolgusunun yapımı sırasında kullanılan patların dentin tübüllerine girmesini engellediği, bu nedenle smear tabakasının kaldırılması gerektiği bildirilmiştir (Ørstavik ve Haapasalo 1990). Smear tabakasının organik ve inorganik bileşenlerini tek başına uzaklaştırabilen bir irrigasyon solüsyonu henüz bulunmamaktadır. Bu nedenle smear tabakasını uzaklaştırmak için organik ve inorganik zclerin kombine olarak kullanılması önerilmektedir (Cury ve ark 1981, Tatsuta ve ark 1999). Yamashita ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma ile; %2'lik klorheksidin, %2,5'lik NaOCl ve %2,5'lik NaOCl ile %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri incelenmiş, %2,5'lik NaOCl ile %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmada en etkili yöntem olduğu bildirilmiştir (Yamashita ve ark 2003). Yapılan başka çalışmalarla da %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmakta etkin olduğu rapor edilmiştir (Menezes ve ark 2003, Vasconcelos ve ark 2007, Goel ve Tewari 2009). Antibakteriyel etkinliğin değerlendirildiği birçok çalışmada, bakterilerin dentin tblerinde daha derinlere ulaşabilmesi için smear tabakasının kaldırılması gerektiği bildirilmiştir (Ørstavik ve Haapasalo 1990, Yang ve ark 2006). Yapılan bu çalışmada da; smear tabakası uzaklaştırılmış, bunun için tüm örnekler sırasıyla %5,25'lik NaOCl, %17'lik EDTA ve distile su ile 5 dakika boyunca ultrasonik banyoda yıkanmıştır.

Endodontide kullanılan irrigasyon solüsyonlarının; kök kanalı içerisinden taşmadan, basınçsız bir şekilde kök kanal sisteminde tüm yüzeylere ulaşması

gerekmektedir (Baker ve ark 1975). Bunun için özel irrigasyon iğneleri tasarlanmış ve kullanıma sunulmuştur. Bu çalışmada tüm irrigasyon protokolleri uygulanırken 27 gauge'lık özel irrigasyon iğnesi kullanılmıştır.

Kök kanal sistemi içerisinde yaşamlarını sürdüren inatçı bakteri türleri, hem iyi hem de kötü yapılmış kök kanal tedavilerinde ikincil enfeksiyonlara sebep olmaktadır. Endodontik tedavide başarı; kök kanal dolgusu yapılmadan önce, kanal içi tüm bakterilerin elimine edilmesi ile sağlanabilmektedir. Fakat yapılan çalışmalar; kök kanalının mekanik şekillendirilmesi ve kimyasal irrigasyonu ile mevcut bakterilerin tam olarak sistem içerisinden uzaklaştırılmadığını göstermektedir (Byström ve Sundqvist 1985, Pataky ve ark 2002, Arias-Moliz ve Camilleri 2016). Kök kanal sisteminin kompleks bir yapı olması; istmusların, dallanmaların varlığı, kemomekanik preparasyon ile tam bir temizlik sağlanmasını engellemektedir. Bu bölgelerde bulunan mevcut bakteriler uzun dönemde tedavi başarısızlığı için potansiyel oluşturmaktadır. Mekanik preparasyon ile kök kanal sisteminde hiç dokunulmamış alanların varlığı tespit edilmiştir (Lopes ve ark 2017). Farklı preparasyon tekniklerinin bakteri eliminasyonu üzerinde etkinliğinin incelendiği çalışma ile; hiçbir tekniğin kök kanal sisteminde tam bir dezenfeksiyon sağlayamadığı bildirilmiştir (Siqueira ve ark 1997). Kök kanallarının mekanik şekillendirilmesi ile; kök kanal sisteminde serbest halde bulunan bakteri yükü azalmakta fakat kısa süre içerisinde yeniden çoğalan bakteriler kolonize olarak eski yoğunluğuna ulaşabilmektedir (Byström ve Sundqvist 1981). Bakterilerin dentin tübüllerinde derinlere kadar nüfuz edebilmesi, mekanik şekillendirme ve irrigasyon solüsyonlarının ise bu bölgelere ulaşmadaki yetersizlikleri neticesinde endodontik tedavilerde başarısızlık görülebilmektedir (Schoop ve ark 2004).

Peters ve Wesselink, yapmış oldukları çalışma ile; kök kanal dolgusu öncesi kanal içinde bulunan az miktardaki bakterinin tedavi başarısını etkilemediğini bildirmişlerdir (Peters ve Wesselink 2002). Kanal dolgusu ile rezidüel bakteriler sistem içerisinde tıkanarak hem bakterilerin periapikal dokulara ulaşması hem de besinin bakterilere ulaşması engellenebilmektedir (Sundqvist ve ark 1998). Bu durumda kök kanallarının üç boyutlu olarak tıkanmasının ve kanal dolgusu sırasında kullanılan kök kanal dolgu materyallerinin antibakteriyel ve fiziksel özelliklerinin önemi

artmaktadır. Bu çalışma ile kök kanal dolgu patlarının kök kanalındaki rezidüel bakterilere karşı etkisini belirlemek amaçlanmaktadır.

Kök kanal şekillendirilmesi ve final irrigasyonu tamamlanan dişler, enfekte edilmeden önce 121°C'de 1 atm basınç altında 20 dakika süre ile otoklavda steril edilmiştir (Gomes ve ark 2003).

Bu çalışmada dişleri enfekte etmek için, streptomisine dirençli *E. faecalis* A197A (Finlandiya izolatu) kullanılmıştır. Çevresel kontaminasyonlara karşı, deney süresince kullanılan katı ve sıvı besiyerlerine streptomisin sıvısı eklenmiş, bu sebeple streptomisine karşı dirençli bir bakteri tercih edilmiştir. *E. faecalis*; doğal flora elemanı, ikincil enfeksiyonların en önemli etkeni, klinik olarak görülen birçok enfeksiyonda izole edilen bir bakteri türüdür (Mundy ve ark 2000). Antibiyotiklere, irrigasyon solüsyonlarına ve seans aralarında uygulanan medikamentlere karşı yüksek direnç göstermektedir (Noda ve ark 1999, Shuping ve ark 2000). Yapılan mikroskop incelemeleriyle, *E. faecalis*'in dentin tübüllerinde derin noktalara kadar nüfuz edebildiği (Ørstavik ve Haapasalo 1990, Siqueira ve de Uzeda 1996, Gomes ve ark 2001), besinsiz ortamda bile 12 ay boyunca canlılığını koruyabildiği gözlemlenmiştir (Sedgley ve ark 2005). Bu özellikleri sebebiyle *E. faecalis*, antibakteriyel etkinlik çalışmalarının en çok tercih edilen bakterisi olmuştur (Haapasalo ve Ørstavik 1987, Saleh ve ark 2004, Kayaoglu ve ark 2005, Eldeniz ve Ørstavik 2007).

Yapılan antibakteriyel aktivite çalışmalarında *E. faecalis*'lerin inkübasyon süreleri farklılık göstermektedir. İnkübasyon süresi için en çok 3 hafta tercih edilse de (Haapasalo ve Ørstavik 1987, Saleh ve ark 2004, Bukhary ve Balto 2017); 1, 2, 4 ve 6 haftanın uygulandığı çalışmalar da mevcuttur (Liu ve ark 2015, Geethapriya ve ark 2016, Herrera ve ark 2016, Sohrabi ve ark 2016, Vaid ve ark 2017). İnkübasyon süresinin 1, 2, 3 hafta olmasının enfeksiyon derinliğini çok etkilemeyeceği bildirilse de (Haapasalo ve Ørstavik 1987); bunun aksine inkübasyon süresi ne kadar uzun tutulursa o kadar derin enfeksiyonların oluşacağını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Vivacqua-Gomes ve ark 2005). Yapılan bu çalışmada, *E. faecalis*'lerin dentin tübüllerinde derinlere ulaşabilmesi için 28 gün süre ile negatif kontrol grubu hariç tüm örnekler enfekte edilmiştir.

Endodontik tedavi sırasında kullanılan materyallerin, dentin tübüllerinde bulunan bakterilere karşı etkisi farklı yöntemler kullanılarak değerlendirilebilmektedir. Dentin tozundan kültür elde edilerek tübüllerdeki bakterilerin değerlendirilmesi ile, histolojik incelemelere göre daha net bir bilgi elde edildiği bildirilmiştir (Peters ve ark 2001). Aynı çalışma ile; az miktardaki bakterinin histolojik incelemeler ile belirlenemediği, hassas kültür elde etme yöntemleri kullanılarak dentin tübüllerinde derinlere nüfuz etmiş bakterilerin tespit edilebildiği belirtilmiştir. Kanal içerisine steril kağıt konular yerleştirilerek kültür elde edilmesi kullanılan başka bir yöntemdir. Geçmişte bu yöntem sıklıkla kullanılmış olsa da (Byström ve Sunqvist 1985, Peters ve Wesselink 2002), kanal içi bakteri miktarı hakkında sınırlı bir bilgi vermesi nedeniyle artık çok kullanılmamaktadır. Bu yöntem kullanılarak yapılan değerlendirmelerde dentin tübülleri ve aksesuar kanallarda bulunan bakteriler göz ardı edilmektedir (Sathorn ve ark 2007). Kök kanal dentin duvarına yüzeysel olarak tutunan bakterilerin mekanik şekillendirme ve kimyasal irrigasyon ile sistem içerisinden kolaylıkla uzaklaştırıldığı, fakat dentin tübüllerinde derine nüfuz eden bakterilere ulaşım onları elimine etmenin çok daha zor olduğu (Siqueira ve ark 1997) düşünülürse bu yöntemin eksiklikleri vardır. Yapılan bir çalışmada; enfekte dişlerin çekiminin ardından kök yüzeyleri steril edilmiş ve kanal içerisinden steril kağıt konular kullanılarak örnekler alınmıştır. Bu işlemin ardından aynı örnekler toz haline getirilerek tekrar örnek alınmıştır. Toz haline getirilerek örnek alınan dişlerde, steril kağıt konular ile elde edilen örneklerde mikrobiyal varlığın olmadığı gözlemlense bile, mikrobiyal üremenin olduğu bildirilmiştir (Akpata 1976).

*In vitro* insan dişlerinde antibakteriyel etkinliğin araştırıldığı çalışmalarda en çok kullanılan değerlendirme yöntemi, çeşitli mikrobiyolojik tekniklerle kök kanallarından elde edilen dentin örneklerindeki canlı mikroorganizmaların tayininin yapıldığı mikrobiyolojik sayım yöntemleridir (Eldeniz ve Ørstavik 2007).

Bu çalışmada, Haapasalo ve Ørstavik (1987) tarafından tanımlanan dentin tozu modeli bazı değişiklikler yapılarak kullanılmıştır. Bu yöntem ile dentin tübüllerinde ve aksesuar kanallarda antibakteriyel etkinliğin değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Başarısızlıkla sonuçlanan endodontik tedavilerde esas etkenin dentin tübüllerinde ve aksesuar kanallarda canlılığını devam ettiren bakterilerin varlığı olması nedeniyle bu yöntem antibakteriyel etkinliği değerlendirmede daha gerçekçidir. Bu

çalışmada; apikal delta ve apikal lateral kanallardan kaynaklanabilecek farklılıkların ortadan kaldırılması ve kök kanalı içerisinde dentin örneği alınırken kök dış yüzeyindeki bakterilerin işleme dahil olup yanlış sonuçlar oluşturmaması için tüm örneklerin apikal 3 mm'lik bölümü elmas separeler kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Kök kanal dolgusunun çıkarılması ve dentin tozu örneği alınması işlemleri sırasında açığa çıkacak olan ısının bakterileri etkilememesi için tüm örnekler 20 dk süre ile -20°C'de soğutulmuş sonrasında kök kanal dolgusu uzaklaştırılarak dentin örnekleri gates-glidden frezler kullanılarak alınmıştır.

Bu çalışmada; pozitif kontrol gruplarındaki tüm örneklerde bakteri üremesi gözlenirken, negatif kontrol gruplarındaki hiçbir örnekte bakteri üremesi gözlenmemiştir (Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.18, Şekil 3.19). Bu durum deney aşamasında hiçbir çevresel kontaminasyonun olmadığını, kullanılan otoklav cihazının güvenilirliğini ve çalışmanın steril bir ortamda yürütüldüğünü kanıtlamaktadır. İki farklı döner alet eğe sistemi ile genişletilen negatif kontrol gruplarının SEM görüntülerinin incelenmesi sonucunda; kanalların irrigasyon solüsyonlarıyla 5'er dk süre ile ultrasonik banyoda yıkanması ile smear tabakasının tamamen kaldırılamadığı gözlenmiştir. Antibakteriyel etkinliğin değerlendirildiği bu çalışmada, smear tabakasının tamamen kaldırılamaması, *E. faecalis*'lerin dentin tübüllerine girmesini engellemediği için önemsiz kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalar ile smear tabakasının uzaklaştırılmasının yalnızca irrigasyon solüsyonlarına bağlı olmadığı, kullanılan eğelerin geometrik şekilleri ve hareketine de bağlı olduğu bildirilmiştir (Hülsmann ve ark 2001, Jadhav ve ark 2016). İncelenen SEM görüntüleri ile ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilen kanalarda daha fazla smear tabakası varlığı tespit edilmiştir. Protaper Universal ve ProTaper Next döner alet eğe sistemlerinin smear tabakası üzerindeki etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada ProTaper Universal'de, bu çalışmada da olduğu gibi, daha az smear varlığı gözlemlenmiştir (Jadhav ve ark 2016). ProTaper Universal eğe sisteminin, ProTaper Next eğe sistemine göre koronal bölgeyi daha fazla genişletmesi, yıkama solüsyonlarının tübüllere daha çok invaze olarak daha etkili temizlik sağlamasına da neden olur.

Piyasada bulunan mevcut kök kanal dolgu patlarının çoğu antibakteriyel özellik göstermektedir. Kök kanal dolgu patlarının bu özelliği; enfekte dişlerin kanallarının şekillendirilmesi ve irrigasyonu sonrasında bile sistem içerisinde

canlılığını sürdürebilen bakterilerin varlığında daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışma ile değerlendirilen kök kanal dolgu patları antibakteriyel etkinlik bakımından farklı sonuçlar ortaya koymuştur.

Her iki döner alet eğe sistemi ile genişletilip, epoksi rezin içerikli bir pat olan AH Plus ile açılı tek kon yöntemi kullanılarak doldurulan dişlerde mikrobiyal varlığın en az olduğu görülmüştür. Litaratürde AH Plus kanal dolgu patının *E. faecalis* üzerinde yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdiğini bildiren birçok çalışma bulunmaktadır. Saleh ve arkadaşları yapmış oldukları çalışma ile AH Plus kanal dolgu patının dentin tübüllerinde 300 µm derinliğe kadar ulaşip tüm bakterileri elimine ettiğini gözlemlemişlerdir (Saleh ve ark 2004). Kök kanallarının farklı yöntemler kullanılarak doldurulduğu bir çalışma ile; AH Plus'ın tüm yöntemlerde bakteri eliminasyonunu gerçekleştirdiği bildirilmiş, fakat ısıtılmış guta-perka tekniklerinden olan Thermafill ile doldurulan kanallarda az da olsa bakteri varlığı tespit edilmiş, bunun sebebi olarak da, bu dolgu tekniğinde daha az kök kanal dolgu patı kullanılması gösterilmiştir (Özcan ve ark 2011).

İncelenen SEM görüntüleri ile AH Plus kök kanal patının temas kurabildiği bakterileri elimine edebildiği görülmüştür (Şekil 3.15, Şekil 3.20). Bu pat sertleşmesi sırasında bir miktar genişleme göstermekte ardından büzülmeindedir. Hem akıcılığının yüksek olması hem de genişleme göstermesi sonucunda dentin tübüllerinde bulunan bakterilere ulaşabilmekte ve bakterileri elimine edebilmektedir (Ørstavik 2005).

Epoksi rezin ve çinko oksit öjenol içerikli patların; bakterilere karşı en yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdikleri bildirilmiştir (Heling ve Chandler 1996, Kaplan ve ark 1999, Leonardo ve ark 1999).

Yapılan direkt kontak testleri ile; AH Plus'ın antibakteriyel etkinliğini en çok tazeyken gösterdiği, hazırlandıktan 24 saat sonra antibakteriyel etkinliğinin azaldığı bildirilmiştir (Çobankara ve ark 2004, Pizzo ve ark 2006). Bu patın hazırlandıktan 24 saat sonra *E. faecalis*'i elimine etme yeteneği azalsa bile, bakteriyel büyümeyi engellediği gözlemlenmiştir (Pizzo ve ark 2006).

Yapılan agar difüzyon testleri ile AH Plus kök kanal dolgu patının geniş inhibisyon alanları oluşturduğu gözlemlenmiştir (Çobankara ve ark 2004, Nawal ve ark 2011). Bunun aksine, aynı test yöntemi kullanılarak yapılan başka çalışmalar ile;

AH Plus kök kanal dolgu patının *E. faecalis* üzerinde antibakteriyel etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Mickel ve ark 2003, Slutzky-Goldberg ve ark 2008).

Epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patlarının kendi aralarında antibakteriyel özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışma ile; AH 26 patının *E. faecalis* üzerinde AH Plus patından daha yüksek antibakteriyel etki gösterdiği gözlemlenmiştir (Farmakis ve ark 2012). Bu patların antibakteriyel etkinliğinin içeriğindeki bisfenol A diglisidil eter ile ilgili olabileceği bildirilmiştir (Heil ve ark 1996). Epoksi rezin esaslı bir kök kanal dolgu patı olan AH Plus; AH 26 patı kadar olmasa da formaldehit gazı açığa çıkarmaktadır. Bu özellik pata antibakteriyel özellik kazandırmasının yanında vital dokular üzerinde toksik etki göstermesine de sebep olmaktadır (Schweikl ve Schmalz 2000, Ruddle ve ark 2002).

Kök kanal sisteminde bulunan bakterilerin dentin tübüllerinde derin noktalara kadar nüfuz edebilme özelliklerinden dolayı; kök kanal dolgu patlarının akıcılıklarının yüksek olması, dentin tübüllerinde derin noktalara kadar ulaşarak bakteri eliminasyonu sağlaması sebebiyle, antibakteriyel özelliklerine destek sağlamaktadır (Ørstavik 2005, Wang ve ark 2014). AH Plus kök kanal dolgu patının akışkanlığının yüksek olması sebebiyle dentin tübüllerinde derinlere ulaşabildiği bildirilmiştir (Siqueira ve ark 2000). Patların akıcılıklarının değerlendirildiği bir çalışma ile; AH Plus kanal patının Epiphany kadar akışkan olmadığı fakat GuttaFlow'dan daha akışkan olduğu gözlemlenmiştir (Nawal ve ark 2011). Bu sonuç bizim çalışmamızı destekler niteliktedir.

Yapılan bu çalışma ile; ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile genişletilip BioRoot RCS kök kanal dolgu patı ile kök kanal dolgusu tamamlanan dişlerde antibakteriyel etkinlik, AH Plus kanal dolgu patına yakın bulunmuştur. ProTaper Universal döner alet eğe sistemiyle genişletilip BioRoot RCS kök kanal dolgu patı ile doldurulan grupta pozitif kontrol grubuna göre daha çok bakteri kolonizasyonu gerçekleştiği gözlemlenmiştir. İncelenen SEM görüntüleri ile ProTaper Next döner alet eğe sistemi ile şekillendirme yapmanın daha çok smear tabakası oluşturduğu tespit edilmiştir. Smear tabakası varlığında mikroorganizmaların bu düzensiz yapıya tutunarak dentin tübüllerine daha az nüfuz ettiği bilinmektedir. Yapılan birçok çalışma ile *E. faecalis* gibi dirençli bakterilerin smear varlığında daha çok kolonize olduğu ve yoğun olarak smear üzerinde tutundukları gözlemlenmiştir (Calas ve ark 1994, Love



ve Jenkinson 2002, Chivatxaranukul ve ark 2008). BioRoot RCS kök kanal dolgu patı, ProTaper Next ile şekillendirmesi tamamlanan dişlerde, daha çok yüzeyde bulunan, *E. faecalis*'leri elimine edebilmiş, ProTaper Universal ile şekillendirmesi tamamlanan dişlerde, daha çok tübüllerde bulunan, *E. faecalis*'lere karşı etkisiz kalmıştır. ProTaper Universal eğelerinin taper değerlerinin, ProTaper Next eğelerine göre daha fazla olması, kök dentininde daha fazla genişletme yapması ve böylelikle açığa çıkan dentin tübüllerinin daha dar çapta olması sebebiyle akıcılığı az, molekül hacmi fazla olan BioRoot RCS kök kanal dolgu patı tübüllere penetre olamamakta (Şekil 3.21), tübül içerisindeki mevcut bakterilere ulaşım eliminasyonunu sağlayamamaktadır.

İncelenen SEM görüntüleri ile BioRoot RCS kök kanal dolgu patının bileşenlerinin molekül büyüklüğünün fazla olduğu, bu nedenle dentin tübüllerine giremediği gözlemlenmiştir. Biyouyumluluğu yüksek olan bu patın içeriğindeki  $\text{Ca(OH)}_2$  ile dentindeki fosfat bağlanıp hidroksiapatit oluşturarak kimyasal bağlantı kurduğu SEM görüntüleri ile tespit edilmiştir. Kök kanallarının 4 hafta süre ile enfekte edilmesinin ardından, yalnızca kurulum kağıtları ile kurutulduktan sonra direkt kök kanal dolgusu tamamlanan bu dişlerde, dentin tübüllerinde derinlere nüfuz etmiş *E. faecalis* ve az miktarda besiyeri bulunmaktadır. Olumsuz şartlara karşı dirençli olan bu bakteri tübüllerde az bir besin varlığında bile canlılığını korumuş ve kolonize olmuştur. Kök dentin yüzeyi BioRoot RCS kök kanal dolgu patı ile kaplandığı için tübüllerin içerisindeki bakteriler SEM görüntülerinde izlenemese de mikrobiyolojik sayımda bakteri kolonileri tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışma ile BioRoot RCS kök kanal dolgu patının film kalınlığının yüksek akıcılığının az olduğu bildirilmiştir. Bu durum patın kök kanal dolgusu sırasında dentin tübüllerinde derinlere nüfuz etmesini engellemektedir. Aynı çalışmada yapılan konfokal mikroskop incelemeleriyle; bu patın kök dentini ile bağlantı kurduğu bu nedenle kanal dolgusu sırasında iyi bir tıkkama sağladığı gözlemlenmiştir (Khalil ve ark 2016).

Agar difüzyon testi ve direkt kontak testi ile BioRoot RCS'nin antibakteriyel etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışma ile; bu patın agar difüzyon testinde 0,2-0,5 mm çapında inhibisyon alanları oluşturduğu ve *E. faecalis*'e karşı düşük antibakteriyel etkinlik gösterdiği, fakat direkt kontakt test ile değerlendirildiğinde 6 dakikalık süre içerisinde bakteri kolonizasyonunu azalttığı bildirilmiştir (Poggio ve ark 2017).

Yapılan başka bir çalışmada ise; BioRoot RCS kök kanal dolgu patının içeriğindeki  $\text{Ca(OH)}_2$ 'i serbest bırakarak *E. faecalis*'e karşı yüksek antibakteriyel etki gösterdiği rapor edilmiştir (Arias-Moliz ve Camilleri 2016).

GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patının değerlendirildiği bu çalışma ile; her iki döner alet eğe sistemi ile genişletilip, bu kök kanal dolgu patı kullanılarak kanal dolgusu tamamlanan dişlerde, mikrobiyal sayımda pozitif kontrol grubuna göre daha fazla *E. faecalis* varlığı tespit edilmiştir. Bu durum kök kanal dolgusu sırasında silikon esaslı patın, tübüllerde kağıt konularla kurutulurken uzaklaştırılmayan sıvı besiyerini daha derinlere itip, dentin tübüllerinde silikon-guta karışımı taglar ile tıkama sağlayarak, sıvı besiyerinin buharlaşmasını önlemesi ve bakteri çoğalması için uygun bir ortam oluşturmasıyla açıklanabilir. İncelenen SEM görüntülerinde de, dentin yüzeyinde ve dentin tübüllerinde yoğun bakteri varlığı izlenmektedir (Şekil 3.17, Şekil 3.22). Silikon esaslı bu patın, kök kanal dolgusunun çıkarılması sırasında, guta-perka ile birlikte uzaklaştığı için SEM görüntülerinde çok fazla pat molekülü gözlenmemektedir. Bu pat antibakteriyel özellik göstermemektedir. Tübel içerisindeki bakteriler az da olsa besine sahip oldukları ve ortamda antibakteriyel tehdit bulunmadığı için çoğalabilmektedirler.

Silikon esaslı bir pat olan Roekoseal içerisine guta-perka parçacıklarının eklenmesi sonucu GuttaFlow patı, bu patın geliştirilerek biyouyumluluk kazandırılması ile GuttaFlow Bioseal patı endodontiye sunulmuştur. GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı, kanal dolgusu sırasında doku onarımı da sağlamaktadır. GuttaFlow kanal dolgu patı ile aynı formüle sahip olmasına rağmen içeriğine eklenen kalsiyum silikat sayesinde canlı dokularla temas geçtiğinde doku tamir ürünlerinin salımını indüklemektedir (Camargo ve ark 2017).

GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı içeriğindeki biyoaktif cam seramik nedeniyle yüksek düzeyde sodyum salımı gerçekleştirmektedir. Ağırlıklı olarak sodyum oksit oluşarak mineralize doku oluşumunu uyarmaktadır (Placek ve ark 2016, Montazerian ve Zanotto 2017). Biyoaktif cam seramiğin antibakteriyel etkinliğinin, içeriğindeki kalsiyum ve sodyum iyonlarının salımı ile ortam pH değerini arttırarak mevcut bakterilerin kolonize olmalarını engellemeleri neticesinde olduğu tahmin edilmektedir (Krithikadatta ve ark 2007, Carvalho ve ark 2016).

GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patının endodontiye yeni kazandırılması sebebiyle literatürde bu patla ilgili mevcut çalışma sayısı çok azdır. Henüz bu patın antibakteriyel etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. GuttaFlow kök kanal dolgu patının antibakteriyel etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalar ile; hem agar difüzyon testi hem de direkt kontak testi sonuçlarına göre bu patın *E. faecalis* üzerinde antibakteriyel etkinlik gösteremediği bildirilmiştir (Nawal ve ark 2011, Farmakis ve ark 2012). Kanal içi dentin örneği alınarak mikrobiyal sayım yöntemi kullanılarak kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel etkinliklerinin değerlendirildiği başka bir çalışma ile, GuttaFlow patının kontrol grubuna benzer sonuçlar ortaya koyduğu, aynı çalışmada AH 26 kanal dolgu patının en yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Prestegaard ve ark 2014). Bir diğer silikon esaslı kanal dolgu patının, GuttaFlow 2, *E. faecalis* üzerinde antibakteriyel etkisi değerlendirilmiş; hem agar difüzyon testi hem de direkt kontak testi sonuçlarına göre bu patın bakteri eliminasyonu gerçekleştiremediği gözlemlenmiştir (Shakya ve ark 2016, Wainstein ve ark 2016).

Silikon esaslı kök kanal dolgu patlarının akıcılıkları değerlendirildiğinde; AH Plus patı ile GuttaFlow Bioseal patının birbirine çok yakın olduğu bildirilmiş (Camargo ve ark 2017), bu iki patın dentin tübüllerinde benzer derinliklere nüfuz ettiği gözlenmiştir (Akçay ve ark 2016). Bu çalışmada, derin tübül invazyonu gerçekleştiren bu pat antibakteriyel etkinliğe sahip olmadığı için bakteri eliminasyonu gerçekleştirememiş, dentin tübüllerini tıkayarak tübül içerisindeki bakterilerin çoğalması için uygun bir ortam sağlamıştır.

İstatistiksel olarak, kullanılan döner alet ege sistemleri arasında enfeksiyon açısından fark olmadığı görülmüştür. Her iki ege sisteminde de AH Plus kök kanal dolgu patı antibakteriyel etkinlik bakımından en üstün bulunurken, ProTaper Universal eğeleri kullanılarak şekillendirilen dişlerde daha etkin bulunmuştur. BioRoot RCS kök kanal dolgu patı ProTaper Next eğeleri kullanılarak şekillendirilen dişlerde ProTaper Universal'e göre daha antibakteriyel bulunmuştur. GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı ise her iki sistemde de antibakteriyel etkinlik gösterememiştir.

Çekilmiş insan dişlerinin kullanıldığı *in vitro* çalışmalarda dişlerin fizyolojik yaşı, çekildikten sonra geçen süre, dentin tübül çapları ve yoğunlukları farklılık

gösterebileceği için tamamiyle standardizasyon sağlanması zordur. Bu tez çalışmasının deney aşamasında kullanılan insan dişlerinin dentin tübül çapları ve yoğunlukları değişkenlik gösterebilmektedir. Bu durumun hem bakterilerin dentin tübüllerinde derinlere nüfuz edip üremelerini etkilediği hem de, kullanılan kök kanal dolgu patlarının tübüllerde bulunan bakterileri elimine edebilme etkinliklerini etkilediği tahmin edilmektedir. Fakat klinikte de farklı yaşlarda farklı etkenlere maruz kalmış tübül çapları ve yoğunlukları farklılık gösteren dişlerle karşılaşıldığı için bu çalışmanın sonucu klinisyene son derece fayda sağlamaktadır.

Endodontide kullanılan kök kanal dolgu patlarının sergiledikleri antibakteriyel etkinlik ne yazık ki sadece bakterilere karşı değildir. Bu etkinlik çoğu zaman canlı dokular üzerinde de toksik etki oluşturmaktadır. Eğer bir pat hazırlanması sırasında antibakteriyel etkinliğini kaybediyorsa, toksisitesi de azalmaktadır (Geurtsen ve Leyhausen 1997, Eldeniz ve ark 2006). Patın yüksek biyouyumluluk göstermesi onun antibakteriyel özelliğini azaltmaktadır. BioRoot RCS kök kanal dolgu patının toksisitesinin değerlendirildiği bir çalışma ile; bu patın PDL hücreleri ile direkt kontak halindeyken bile toksik etki göstermediği ve hücrelerin canlılıklarını koruyarak büyüyebildikleri bildirilmiştir (Camps ve ark 2015). Fibroblast hücreleri üzerinde 24, 48 ve 72 saatlik periyotlar halinde toksisitelerin değerlendirildiği çalışma ile; BioRoot RCS patının ilk 24 saatte hiç toksik etki göstermediği, 48 ve 72 saatlik süreçte çok hafif düzeyde toksisite gösterdiği fakat toksisite seviyesinin AH Plus patından çok daha düşük olduğu bildirilmiştir (Poggio ve ark 2017). Yapılan bir sitotoksosite çalışması ile GuttaFlow Bioseal, AH Plus ve MTA Fillapex değerlendirilmiş ve; L929 fibroblastlar üzerinde AH Plus'ın en toksik, GuttaFlow Bioseal'in ise en az toksik olduğu bildirilmiştir (Saygılı ve ark 2017). Yapılan başka bir çalışma ile de; bu patın MTA Fillapex'ten daha biyouyumlu bir pat olduğu rapor edilmiştir (Collado-González ve ark 2017).

Biyouyumluluğu yüksek olan GuttaFlow Bioseal ve BioRoot RCS kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel etkinliklerinin yukarıdaki bilgiler doğrultusunda daha düşük olması doğaldır. AH Plus kök kanal dolgu patı bu çalışmada yüksek antibakteriyel özellik göstermiş fakat yapılan çalışmalarda bu patın toksisitesi de diğerlerine oranla daha fazla bulunmuştur.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile deneysel olarak *E. faecalis* ile enfekte edilen kök kanallarında AH Plus, BioRoot RCS ve GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patlarının antibakteriyel etkinliği değerlendirilmiştir.

Enfekte kök kanallarının AH Plus kanal patı kullanılarak dolgularının tamamlandığı gruplarda, bu pat kök kanallarından *E. faecalis*'i elimine etmekte daha başarılı bulunmuştur. ProTaper Universal ile şekillendirilip AH Plus kök kanal dolgu patı kullanılarak kanal dolgusu tamamlanan gruplarda ProTaper Next'e göre daha az bakteri kolonizasyonu görülmüştür.

Daha çok smear oluşturan ProTaper Next döner alet eğeleriyle şekillendirilip BioRoot RCS kök kanal dolgu patı kullanılarak kanal dolgusu tamamlanan dişlerde *E. faecalis* eliminasyonu daha iyi sağlandığı için bu patın ProTaper Next ile şekillendirilen dişlerde kullanılması tavsiye edilmektedir.

Her iki döner alet eğe sistemi ile genişletilip GuttaFlow Bioseal kök kanal dolgu patı kullanılarak kanal dolgusu tamamlanan gruplarda bu patın antibakteriyel etkinlik gösteremediği gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışması ile elde edilen sonuçlara göre, kök kanallarının şekillendirilmesi ve irrigasyonu aşamalarından sonra bile sistem içerisinde varlığını sürdürebilen rezidüel bakterilerin elimine edilebilmesi için antibakteriyel etkinliği yüksek bir kök kanal dolgu patı tercih edilmelidir. Kök kanal sisteminin enfekte olduğu apikal lezyonlu dişler ve tekrarlayan kök kanal tedavileri (retreatment) sonrasında kök kanal dolguları yapılırken antibakteriyel etkinliği yüksek patların tercih edilmesi ile; sistem içerisinde mevcut bakterilerin ikincil enfeksiyonlara yol açması engellenerek, yüksek maliyetli ve kalan diş yapılarının bir miktar zayıflamasına neden olan ikinci endodontik tedavi ihtiyacı azaltılabilir. Bu konuda yapılacak yeni sistem ve patların kıyaslandığı yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

## 6. KAYNAKLAR

- Aal-Saraj AB, Ariffin Z, Masudi Sam, 2012. An agar diffusion study comparing the antimicrobial activity of Nanoseal with some other endodontic sealers. *Australian endodontic journal*, 38, 2, 60-3.
- Abou-Rass M, Patonai FJ, 1982. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53, 5, 524-6.
- Akçay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID, 2016. 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*, 48, 1, 70-6.
- Akpata E, 1976. Effect of endodontic procedures on the population of viable microorganisms in the infected root canal. *Journal of endodontics*, 2, 12, 369-73.
- Al-Hezaimi K, Al-Hamdan K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I, 2005. Effect of white-colored mineral trioxide aggregate in different concentrations on *Candida albicans* in vitro. *Journal of Endodontics*, 31, 9, 684-6.
- Al-Khatib ZZ, Baum RH, Morse DR, Yesilsoy C, Bhambhani S, Furst ML, 1990. The antimicrobial effect of various endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 70, 6, 784-90.
- Alaçam T, 2012. *Endodonti*, Ankara, p.
- Allan NA, Walton RE, Schaffer M, 2001. Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *Journal of Endodontics*, 27, 6, 421-3.
- Aminoshariae A, Kulild J, 2015. Master apical file size—smaller or larger: a systematic review of microbial reduction. *International endodontic journal*, 48, 11, 1007-22.
- Aqrabawi J, 2006. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation versus vertical compaction (Schilder's technique). *J Contemp Dent Pract*, 7, 1, 17-24.
- Arias-Moliz M, Camilleri J, 2016. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. *Journal of dentistry*, 52, 30-6.
- Aşçı SK, 2014. *Endodonti*, İstanbul, Quintessence, p.
- Augsburger RA, Peters DD, 1990. Radiographic evaluation of extruded obturation materials. *Journal of endodontics*, 16, 10, 492-7.
- Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S, 1975. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *Journal of Endodontics*, 1, 4, 127-35.
- Barbakow F, Lutz F, 1997. The 'Lightspeed' preparation technique evaluated by Swiss clinicians after attending continuing education courses. *International Endodontic Journal*, 30, 1, 46-50.
- Barbero-Navarro I, Galera-Ruiz H, Pereira M, Guerreiro D, del Carmen Machuca-Portillo M, del Valle LL, 2013. In vitro antimicrobial effects of 3 root canal sealers on *actinomyces radidentis*. *Puerto Rico health sciences journal*, 33, 2.
- Barkhordar RA, 1989. Evaluation of antimicrobial activity in vitro of ten root canal sealers on *Streptococcus sanguis* and *Streptococcus mutans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 68, 6, 770-2.
- Basrani B, Haapasalo M, 2012. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic topics*, 27, 1, 74-102.
- Baugh D, Wallace J, 2005. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *Journal of endodontics*, 31, 5, 333-40.
- Beatty R, Vertucci F, Hojjatie B, 1988. Thermomechanical compaction of gutta-percha: effect of speed and duration. *International endodontic journal*, 21, 6, 367-75.

- Berber V, Gomes B, Sena N, Vianna M, Ferraz C, Zaia A, Souza-Filho F, 2006. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. *International endodontic journal*, 39, 1, 10-7.
- Biel P, Mohn D, Attin T, Zehnder M, 2017. Interactions between the Tetrasodium Salts of EDTA and 1-Hydroxyethane 1, 1-Diphosphonic Acid with Sodium Hypochlorite Irrigants. *Journal of endodontics*, 43, 4, 657-61.
- Blum J-Y, Parahy E, Machtou P, 1997. Warm vertical compaction sequences in relation to gutta-percha temperature. *Journal of endodontics*, 23, 5, 307-11.
- Bodrumlu E, Semiz M, 2006. Antibacterial activity of a new endodontic sealer against *Enterococcus faecalis*. *Journal of the Canadian Dental Association*, 72, 7.
- Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Garcia RB, de Moraes IG, Bernardineli N, 2006. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. *Journal of endodontics*, 32, 9, 897-900.
- Bouillaguet S, Wataha JC, Tay FR, Brackett MG, Lockwood PE, 2006. Initial in vitro biological response to contemporary endodontic sealers. *Journal of Endodontics*, 32, 10, 989-92.
- Brackett MG, Martin R, Sword J, Oxford C, Rueggeberg FA, Tay FR, Pashley DH, 2006. Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 32, 12, 1188-90.
- Brady JM, Carlos E, 1975. Corrosion of endodontic silver cones in humans: a scanning electron microscope and X-ray microprobe study. *Journal of endodontics*, 1, 6, 205-10.
- Britto LR, Borer RE, Vertucci FJ, Haddix JE, Gordan VV, 2002. Comparison of the apical seal obtained by a dual-cure resin based cement or an epoxy resin sealer with or without the use of an acidic primer. *Journal of endodontics*, 28, 10, 721-3.
- Brzović V, Miletić I, Pezelj-Ribarić S, Malčić A, Pažin B, Anić I. Antibacterial activity of root canal sealers. *European Society of Endodontology 13th Biennial Congress*.
- Buchanan L, 1994. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *Dentistry today*, 13, 10, 80, 2, 4.
- Bukhary S, Balto H, 2017. Antibacterial Efficacy of Octenisept, Alexidine, Chlorhexidine, and Sodium Hypochlorite against *Enterococcus faecalis* Biofilms. *Journal of endodontics*, 43, 4, 643-7.
- Byström A, Sundqvist G, 1981. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences*, 89, 4, 321-8.
- Byström A, Sunqvist G, 1985. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal*, 18, 1, 35-40.
- Calas P, Rochd T, Michel G, 1994. In vitro attachment of *Streptococcus sanguis* to the dentin of the root canal. *Journal of endodontics*, 20, 2, 71-4.
- Camargo RVd, Silva-Sousa YTC, Mazzi-Chaves JF, Lopes FC, Steier L, Sousa-Neto MD 2017. Evaluation of the physicochemical properties of silicone-and epoxy resin-based root canal sealers. *Brazilian Oral Research*, 31.
- Cameron JA, 1986. The effect of a fluorocarbon surfactant on the surface tension of the endodontic irrigant, sodium hypochlorite. *Australian dental journal*, 31, 5, 364-8.
- Camilleri J, 2015. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *Journal of endodontics*, 41, 1, 72-8.
- Camps J, Jeanneau C, El Ayachi I, Laurent P, About I, 2015. Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. *Journal of endodontics*, 41, 9, 1469-73.
- Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, 2014. Comparison of single cone obturation performance of different novel nickel-titanium rotary systems. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72, 7, 537-42.

- Capar ID, Saygili G, Ergun H, Gok T, Arslan H, Ertas H, 2015. Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dental Traumatology*, 31, 4, 302-7.
- Card SJ, Sigurdsson A, Ørstavik D, Trope M, 2002. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *Journal of Endodontics*, 28, 11, 779-83.
- Carvalho CN, Freire LG, Carvalho APLd, Duarte MAH, Bauer J, Gavini G, 2016. Ions Release and pH of Calcium Hydroxide-, Chlorhexidine- and Bioactive Glass-Based Endodontic Medicaments. *Brazilian dental journal*, 27, 3, 325-31.
- Celikten B, Uzuntas CF, Orhan AI, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, Demiralp KÖ, 2016. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning*, 38, 2, 133-40.
- Chivatxaranukul P, Dashper S, Messer H, 2008. Dentinal tubule invasion and adherence by *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*, 41, 10, 873-82.
- Chueh L-H, Huang GT-J, 2006. Immature teeth with periradicular periodontitis or abscess undergoing apexogenesis: a paradigm shift. *Journal of endodontics*, 32, 12, 1205-13.
- Coldero L, McHugh S, MacKenzie D, Saunders W, 2002. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *International endodontic journal*, 35, 5, 437-46.
- Collado-González M, Tomás-Catalá CJ, Oñate-Sánchez RE, Moraleda JM, Rodríguez-Lozano FJ, 2017. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Journal of endodontics*, 43, 5, 816-22.
- Coolidge ED, 1919. The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. *The Journal of the National Dental Association*, 6, 4, 337-49.
- Cunningham W, Balekjian A. Effect of temperature on tissue dissolving ability of sodium-Hypochlorite. *Journal of Dental Research*, 160-.
- Cury JA, Bragotto C, Valdrighi L, 1981. The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin: I. Influence of pH. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 52, 4, 446-8.
- Cvek M, Nord C-E, Hollender L, 1975. Antimicrobial effect of root canal debridement in teeth with immature root. A clinical and microbiologic study. *Odontologisk revy*, 27, 1, 1-10.
- Çalışkan MK, 2006. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*, Ankara, Nobel Tıp Kitabevleri, p.
- Çobankara FK, Altinöz HC, Erganiş O, Kav K, Belli S, 2004. In vitro antibacterial activities of root-canal sealers by using two different methods. *Journal of endodontics*, 30, 1, 57-60.
- Dalton BC, Ørstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M, 1998. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *Journal of endodontics*, 24, 11, 763-7.
- Damlar I, Ozcan E, Yula E, Yalcin M, Celik S, 2014. Antimicrobial effects of several calcium silicate-based root-end filling materials. *Dental materials journal*, 33, 4, 453-7.
- Davis MC, Walton RE, Rivera EM, 2002. Sealer distribution in coronal dentin. *Journal of endodontics*, 28, 6, 464-6.
- De-Deus G, Marins J, Silva EJNL, Souza E, Belladonna FG, Reis C, Machado AS, Lopes RT, Versiani MA, Paciornik S, 2015. Accumulated hard tissue debris produced during reciprocating and rotary nickel-titanium canal preparation. *Journal of endodontics*, 41, 5, 676-81.
- de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S, 2008. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study—phases 3 and 4: orthograde retreatment. *Journal of Endodontics*, 34, 2, 131-7.
- Degerness RA, Bowles WR, 2010. Dimension, anatomy and morphology of the mesiobuccal root canal system in maxillary molars. *Journal of endodontics*, 36, 6, 985-9.
- Depraet F, De Bruyne M, De Moor R, 2005. The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer after Nd: YAG laser irradiation of the root canal. *International endodontic journal*, 38, 5, 302-9.



- Desai S, Chandler N, 2009. Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *Journal of endodontics*, 35, 4, 475-80.
- Distel JW, Hatton JF, Gillespie MJ, 2002. Biofilm formation in medicated root canals. *Journal of endodontics*, 28, 10, 689-93.
- DuLac KA, Nielsen CJ, Tomazic TJ, Ferrillo PJ, Hatton JF, 1999. Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques. *Journal of Endodontics*, 25, 5, 376-80.
- ElAyouti A, Dima E, Judenhofer MS, Löst C, Pichler BJ, 2011. Increased apical enlargement contributes to excessive dentin removal in curved root canals: a stepwise microcomputed tomography study. *Journal of endodontics*, 37, 11, 1580-4.
- ElDeeb ME, 1985. The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha. *Journal of endodontics*, 11, 2, 84-6.
- Eldeniz A, Mustafa K, Ørstavik D, Dahl J, 2007. Cytotoxicity of new resin-, calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. *International endodontic journal*, 40, 5, 329-37.
- Eldeniz A, Ørstavik D, 2007. Antibacterial activity of new root canal filling materials against *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 40, 12, 988.
- Eldeniz A, Shehata M, Högg C, Reichl F, 2016. DNA double-strand breaks caused by new and contemporary endodontic sealers. *International endodontic journal*, 49, 12, 1141-51.
- Eldeniz AU, Erdemir A, Hadimli HH, Belli S, Erganis O, 2006. Assessment of antibacterial activity of EndoREZ. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*, 102, 1, 119-26.
- Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD, 2002. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*, 13, 2, 113-7.
- Evans M, Davies J, Sundqvist G, Figdor D, 2002. Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*, 35, 3, 221-8.
- Faria-Júnior N, Tanomaru-Filho M, Berbert FLCV, Guerreiro-Tanomaru J, 2013. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *International endodontic journal*, 46, 8, 755-62.
- Farmakis ETR, Kontakiotis EG, Tseleni-Kotsoyili A, Tsatsas VG, 2012. Comparative in vitro antibacterial activity of six root canal sealers against *Enterococcus faecalis* and *Proteus vulgaris*. *Journal of investigative and clinical dentistry*, 3, 4, 271-5.
- Figdor D, Davies J, Sundqvist G, 2003. Starvation survival, growth and recovery of *Enterococcus faecalis* in human serum. *Molecular Oral Microbiology*, 18, 4, 234-9.
- Fors U, Jonasson E, Bergquist A, Berg JO, 1985. Measurements of the root surface temperature during thermo-mechanical root canal filling in vitro. *International Endodontic Journal*, 18, 3, 199-202.
- Fransen JN, He J, Glickman GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A, 2008. Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study. *Journal of endodontics*, 34, 6, 725-7.
- Friedman CM, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW, 1975. Composition and mechanical properties of gutta-percha endodontic points. *Journal of Dental Research*, 54, 5, 921-5.
- Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M, 1995. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics*, 21, 7, 384-90.
- Fuss Z, Charniaque O, Pilo R, Weiss E, 2000. Effect of various mixing ratios on antibacterial properties and hardness of endodontic sealers. *Journal of endodontics*, 26, 9, 519-22.
- Gambill JM, Alder M, Carlos E, 1996. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *Journal of Endodontics*, 22, 7, 369-75.
- Garala M, Kuttler S, Hardigan P, Steiner-Carmi R, Dorn S, 2003. A comparison of the minimum canal wall thickness remaining following preparation using two nickel-titanium rotary systems. *International Endodontic Journal*, 36, 9, 636-42.

- Geethapriya N, Arunajatesan Subbiya KP, Mahalakshmi K, Vivekanandan P, Sukumaran VG, 2016. Effect of chitosan-ethylenediamine tetraacetic acid on *Enterococcus faecalis* dentinal biofilm and smear layer removal. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 19, 5, 472.
- George S, Kishen A, Song P, 2005. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*, 31, 12, 867-72.
- Geurtsen W, Leyhausen G, 1997. Biological aspects of root canal filling materials—histocompatibility, cytotoxicity, and mutagenicity. *Clinical Oral Investigations*, 1, 1, 5-11.
- Giardino L, Del Fabbro M, Cesario F, Fernandes F, Andrade F, 2017. Antimicrobial effectiveness of oxidant and chelating agents combination in infected dentine: an ex vivo confocal laser scanning microscopy study. *International Endodontic Journal*.
- Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM, 2001. Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm  $\alpha$ -phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91, 1, 89-94.
- Goel S, Tewari S, 2009. Smear layer removal with passive ultrasonic irrigation and the NaviTip FX: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108, 3, 465-70.
- Goldmacher VS, Thilly WG, 1983. Formaldehyde is mutagenic for cultured human cells. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 116, 3-4, 417-22.
- Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS, 1981. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 52, 2, 197-204.
- Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS, 1982. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *Journal of endodontics*, 8, 11, 487-92.
- Gomes B, Ferraz C, ME V, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F, 2001. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*, 34, 6, 424-8.
- Gomes B, Souza S, Ferraz C, Teixeira F, Zaia A, Valdrighi L, Souza-Filho F, 2003. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *International Endodontic Journal*, 36, 4, 267-75.
- Goodman A, Schilder H, Aldrich W, 1974. The thermomechanical properties of gutta-percha: II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 37, 6, 954-61.
- Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M, 2003. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*, 36, 6, 411-5.
- Grossman LI, 1978. Paresthesia from N2 or N2 substitute: report of a case. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 45, 1, 114-5.
- Grossman LLI, Oliet S, Del Rio CE, 1988. *Endodontic practice*, Lea & Febiger, p.
- Gulsahi K, Tirali RE, Cehreli SB, Karahan ZC, Uzunoglu E, Sabuncuoglu B, 2014. The effect of temperature and contact time of sodium hypochlorite on human roots infected with *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *Odontology*, 102, 1, 36-41.
- Gutierrez J, Herrera V, Berg E, Villena F, Jofré A, 1990. The risk of intentional dissolution of the smear layer after mechanical preparation of root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 70, 1, 96-108.
- Gutmann J, 1993. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *International Endodontic Journal*, 26, 2, 87-92.
- Haapasalo M, Ørstavik D, 1987. In vitro infection and of dentinal tubules. *Journal of dental research*, 66, 8, 1375-9.

- Haapasalo M, Shen Y, 2013. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endodontic topics*, 29, 1, 3-17.
- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y, 2010. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54, 2, 291-312.
- Hancock LE, Gilmore MS, 2006. Pathogenicity of enterococci. In: *Gram-Positive Pathogens*, Second Edition. Eds: American Society of Microbiology, p. 299-311.
- Hand RE, Smith ML, Harrison JW, 1978. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, 4, 2, 60-4.
- Hardie EM, 1987. Further studies on heat generation during obturation techniques involving thermally softened gutta-percha. *International endodontic journal*, 20, 3, 122-7.
- Hargreaves KM, Berman LH, 2015. *Cohen's pathways of the pulp*, Elsevier Health Sciences, p.
- Harris GZ, Dickey DJ, Lemon RR, Luebke RG, 1982. Apical seal: McSpadden vs lateral condensation. *Journal of endodontics*, 8, 6, 273-6.
- Hashem AAR, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY, 2009. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal–filling systems. *Journal of Endodontics*, 35, 4, 537-40.
- Hasheminia M, Razavian H, Mosleh H, Shakerian B, 2017. In vitro evaluation of the antibacterial activity of five sealers used in root canal therapy. *Dental research journal*, 14, 1, 62.
- Heard F, Walton R, 1997. Scanning electron microscope study comparing four root canal preparation techniques in small curved canals. *International endodontic journal*, 30, 5, 323-31.
- Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Leyhausen G, Geurtsen W, 1996. Genotoxicity of dental materials. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 368, 3-4, 181-94.
- Heling I, Chandler NP, 1996. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of endodontics*, 22, 5, 257-9.
- Herrera DR, Durand-Ramirez JE, Falcao A, Silva EJLND, Santos EBD, Gomes BPFDA, 2016. Antimicrobial activity and substantivity of *Uncaria tomentosa* in infected root canal dentin. *Brazilian oral research*, 30, 1.
- Hu X, Ling J, Gao Y, 2010. Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *Journal of endodontics*, 36, 6, 1064-7.
- Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A, 2003. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*, 36, 12, 810-30.
- Hülsmann M, Schade M, Schäfers F, 2001. A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni–Ti instruments. *International Endodontic Journal*, 34, 7, 538-46.
- Hülsmann M, Schäfer E, Bargholz C, Barthel C, 2007. *Probleme in der Endodontie. Prävention, Identifikation und Management*. Berlin: Quintessenz.
- Hülsmann M, Stryga F, 1993. Comparison of root canal preparation using different automated devices and hand instrumentation. *Journal of Endodontics*, 19, 3, 141-5.
- Ingle J, Beveridge E, Glick D, Weichman J, 1994. The washington study. *Endodontics*, 1.
- Jacobsen E, BeGole E, 1992. A comparison of four root canal obturation methods employing gutta-percha: A computerized analysis of the internal structure. *Dental Traumatology*, 8, 5, 206-12.
- Jadhav GR, Mittal P, Kulkarni A, Syed S, Bagul R, Elahi S, Kalra D, 2016. Comparative evaluation of canal cleaning ability of various rotary endodontic files in apical third: A scanning electron microscopic study. *Dental research journal*, 13, 6, 508.
- Jafari F, Kafil HS, Jafari S, Aghazadeh M, Momeni T, 2016. Antibacterial Activity of MTA Fillapex and AH 26 Root Canal Sealers at Different Time Intervals. *Iranian endodontic journal*, 11, 3, 192.
- Jardine AP, Da Rosa RA, Santini MF, Wagner M, Só MVR, Kuga MC, Pereira JR, Kopper PMP, 2016. The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clinical oral investigations*, 20, 1, 117-23.

- Jasper E, 1941. Adaptation and tissue tolerance of silver root canal fillings. *Journal of Dental Research*, 20, 4, 355-60.
- Jett BD, Huycke MM, Gilmore MS, 1994. Virulence of enterococci. *Clinical microbiology reviews*, 7, 4, 462-78.
- Kamburis J, Barker T, Barfield R, Eleazer P, 2003. Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *Journal of endodontics*, 29, 9, 559-61.
- Kaplan A, Picca M, Gonzalez M, Macchi R, Molgatini S, 1999. Antimicrobial effect of six endodontic sealers: an in vitro evaluation. *Dental Traumatology*, 15, 1, 42-5.
- Kayaoglu G, Erten H, Alacam T, Ørstavik D, 2005. Short-term antibacterial activity of root canal sealers towards *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 38, 7, 483-8.
- Kersten H, Fransman R, Velzen ST, 1986. Thermomechanical compaction of gutta-percha. I. A comparison of several compaction procedures. *International endodontic journal*, 19, 3, 125-33.
- Khalil I, Naaman A, Camilleri J, 2016. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. *Journal of endodontics*, 42, 10, 1529-35.
- Kishen A, Chen N, Tan L, Asundi A, 2004. Chairside sensor for rapid monitoring of *Enterococcus faecalis* activity. *Journal of endodontics*, 30, 12, 872-5.
- Koch M, 1999. Formaldehyde release from root-canal sealers: influence of method. *International endodontic journal*, 32, 1, 10-6.
- Koh E, Ford TP, Torabinajad M, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates cytokine production in human osteoblasts. *Journal of Bone and Mineral Research*, S406-S.
- Kokkas AB, Boutsoukakis AC, Vassiliadis LP, Stavrianos CK, 2004. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 30, 2, 100-2.
- Koneman EW, Allen S, 2008. Koneman. *Diagnostico Microbiologico/Microbiological diagnosis: Texto Y Atlas En Color/Text and Color Atlas*, Ed. Médica Panamericana, p.
- Kossev AD, 2009. Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers.
- Krastl G, Allgayer N, Lenherr P, Filippi A, Taneja P, Weiger R, 2013. Tooth discoloration induced by endodontic materials: a literature review. *Dental traumatology*, 29, 1, 2-7.
- Krell KF, Wefel JS, 1984. A calcium phosphate cement root canal sealer—scanning electron microscopic analysis. *Journal of endodontics*, 10, 12, 571-6.
- Krithikadatta J, Indira R, Dorothykalyani AL, 2007. Disinfection of dentinal tubules with 2% chlorhexidine, 2% metronidazole, bioactive glass when compared with calcium hydroxide as intracanal medicaments. *Journal of Endodontics*, 33, 12, 1473-6.
- Krug R, Krastl G, Jahreis M, 2017. Technical quality of a matching-taper single-cone filling technique following rotary instrumentation compared with lateral compaction after manual preparation: a retrospective study. *Clinical oral investigations*, 21, 2, 643-52.
- Lai C-C, Huang F-M, Yang H-W, Chan Y, Huang M-S, Chou M-Y, Chang Y-C, 2001. Antimicrobial activity of four root canal sealers against endodontic pathogens. *Clinical oral investigations*, 5, 4, 236-9.
- Langeland K, 1974. Root canal sealants and pastes. *Dental Clinics of North America*, 18, 2, 309-27.
- Lee FS, Van Cura JE, BeGole E, 1998. A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *Journal of endodontics*, 24, 9, 617-20.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink P, 2004. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal*, 37, 9, 607-12.
- Lee W, Lim S, Son H-H, Bae K-S, 2004. Sonicated extract of *Enterococcus faecalis* induces irreversible cell cycle arrest in phytohemagglutinin-activated human lymphocytes. *Journal of endodontics*, 30, 4, 209-12.

- Leonardo M, Silva Ld, Almeida W, Utrilla L, 1999. Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. *Dental Traumatology*, 15, 1, 28-32.
- Leonardo MR, da Silva LAB, Tanomaru Filho M, da Silva RS, 1999. Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88, 2, 221-5.
- Leyhausen G, Heil J, Reifferscheid G, Waldmann P, Geurtsen W, 1999. Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *Journal of Endodontics*, 25, 2, 109-13.
- Liewehr FR, Kulild JC, Primack PD, 1993. Improved density of gutta-percha after warm lateral condensation. *Journal of endodontics*, 19, 10, 489-91.
- Lim S, Stock C, 1987. The risk of perforation in the curved canal: anticurvature filing compared with the stepback technique. *International Endodontic Journal*, 20, 1, 33-9.
- Lin LM, Pascon EA, Skribner J, Gängler P, Langeland K, 1991. Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 71, 5, 603-11.
- Liu Y, Guo L, Li Y, Guo X, Wang B, Wu L, 2015. In vitro comparison of antimicrobial effectiveness of QMix and other final irrigants in human root canals. *Scientific reports*, 5.
- Lohbauer U, Gambarini G, Ebert J, Dasch W, Petschelt A, 2005. Calcium release and pH-characteristics of calcium hydroxide plus points. *International endodontic journal*, 38, 10, 683-9.
- Lopes RMV, Marins FC, Belladonna FG, Souza EM, De-Deus G, Lopes RT, Silva EJNL, 2017. Untouched canal areas and debris accumulation after root canal preparation with rotary and adaptive systems. *Australian Endodontic Journal*.
- Lorencetti KT, Silva-Sousa YTC, Nascimento GEd, Messias DCF, Colucci V, Rached-Junior FA, Silva SRC, 2014. Influence of apical enlargement in cleaning of curved canals using negative pressure system. *Brazilian dental journal*, 25, 5, 430-4.
- Love R, 2001. *Enterococcus faecalis*—a mechanism for its role in endodontic failure. *International endodontic journal*, 34, 5, 399-405.
- Love R, Jenkinson H, 2002. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Critical reviews in oral biology & medicine*, 13, 2, 171-83.
- Lugassy A, Yee F, 1982. Root canal obturation with gutta-percha: a scanning electron microscope comparison of vertical compaction and automated thermatic condensation. *Journal of endodontics*, 8, 3, 120-5.
- Lui J, Sae-Lim V, Song K, Chen N, 2004. In vitro antimicrobial effect of chlorhexidine-impregnated gutta percha points on *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*, 37, 2, 105-13.
- Martin H, Fischer E, 1990. Photoelastic stress comparison of warm (Endotec) versus cold lateral condensation techniques. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 70, 3, 325-7.
- McCullagh J, Biagioni P, Lamey PJ, Hussey D, 1997. Thermographic assessment of root canal obturation using thermomechanical compaction. *International endodontic journal*, 30, 3, 191-5.
- McGurkin-Smith R, Trope M, Caplan D, Sigurdsson A, 2005. Reduction of intracanal bacteria using GT rotary instrumentation, 5.25% NaOCl, EDTA, and Ca (OH) 2. *Journal of Endodontics*, 31, 5, 359-63.
- Menezes ACSCd, Zanet CG, Valera MC, 2003. Smear layer removal capacity of disinfectant solutions used with and without EDTA for the irrigation of canals: a SEM study. *Pesquisa Odontológica Brasileira*, 17, 4, 349-55.
- Mickel AK, Nguyen TH, Chogle S, 2003. Antimicrobial activity of endodontic sealers on *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 29, 4, 257-8.
- Miletić I, Anić I, Pezelj-Ribarić S, Jukić S, 1999. Leakage of five root canal sealers. *International endodontic journal*, 32, 5, 415-8.
- Miyagak DC, Carvalho EMOfd, Robazza CRC, Chavasco JK, Levorato GL, 2006. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of endodontic sealers. *Brazilian oral research*, 20, 4, 303-6.

- Mohammadi Z, Dummer PMH, 2011. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International endodontic journal*, 44, 8, 697-730.
- Molander A, Reit C, Dahlen G, Kvist T, 1998. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *International endodontic journal*, 31, 1, 1-7.
- Molgatini S, Pérez S, Tejerina D, La Rosa A, Kaplan A, 2001. Changes of pH produced by immersion of endodontic sealers. *Acta odontologica latinoamericana: AOL*, 15, 1-2, 15-9.
- Montazerian M, Zanotto ED, 2017. Bioactive and inert dental glass-ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 105, 2, 619-39.
- Moorer W, Wesselink P, 1982. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, 15, 4, 187-96.
- Moritz A, Beer F, Goharkhay K, Schoop U, (2006). *Laser supported root canal sterilization. Oral Laser Application*, Chicago, IL: Quintessence Publishing.
- Mundy L, Sahn D, Gilmore M, 2000. Relationships between enterococcal virulence and antimicrobial resistance. *Clinical microbiology reviews*, 13, 4, 513-22.
- Nair P, Henry S, Cano V, Vera J, 2005. 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*, 99, 2, 231-52.
- Nawal R, Parande M, Sehgal R, Naik A, Rao N, 2011. A comparative evaluation of antimicrobial efficacy and flow properties for Epiphany, Guttaflow and AH-Plus sealer. *International endodontic journal*, 44, 4, 307-13.
- Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K, 2007. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *International endodontic journal*, 40, 12, 921-39.
- Noda M, Inoue S, Komatsu H, 1999. A comparison of methods for detecting bacteria in root canal exudate. *Journal of endodontics*, 25, 3, 187-9.
- Nourzadeh M, Amini A, Fakoor F, Raoof M, Sharififar F, 2017. Comparative Antimicrobial Efficacy of Eucalyptus Galbica and Myrtus Communis L. Extracts, Chlorhexidine and Sodium Hypochlorite against Enterococcus Faecalis. *Iranian endodontic journal*, 12, 2, 205.
- Okşan T, Aktener B, Şen B, Tezel H, 1993. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 26, 5, 301-5.
- Ørstavik D, 2005. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic topics*, 12, 1, 25-38.
- Ørstavik D, Haapasalo M, 1990. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology*, 6, 4, 142-9.
- Ørstavik D, Kerekes K, Molven O, 1991. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *International Endodontic Journal*, 24, 1, 1-7.
- Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE, 2001. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental Materials*, 17, 6, 512-9.
- Özcan E, Eldeniz A, Arı H, 2011. Bacterial killing by several root filling materials and methods in an ex vivo infected root canal model. *International endodontic journal*, 44, 12, 1102-9.
- Paqué F, Al-Jadaa A, Kfir A, 2012. Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars. *International endodontic journal*, 45, 5, 413-8.
- Parirokh M, Torabinejad M, 2010. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of endodontics*, 36, 1, 16-27.
- Parris J, Wilcox L, Walton R, 1994. Effectiveness of apical clearing: histological and radiographical evaluation. *Journal of endodontics*, 20, 5, 219-24.

- Pascon EA, Spngberg LS, 1990. In vitro cytotoxicity of root canal filling materials: 1. Gutta-percha. *Journal of endodontics*, 16, 9, 429-33.
- Pataky L, Iványi I, Grigár Á, Fazekas Á, 2002. Antimicrobial efficacy of various root canal preparation techniques: an in vitro comparative study. *Journal of endodontics*, 28, 8, 603-5.
- Pawińska M, Kierklo A, Marczuk-Kolada G, 2006. New technology in endodontics-the Resilon-Epiphany system for obturation of root canals. *Adv Med Sci*, 51, Suppl 1, 154-7.
- Peciuliene V, Reynaud A, Balciuniene I, Haapasalo M, 2001. Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *International endodontic journal*, 34, 6, 429-34.
- Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X, 2007. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 33, 2, 106-9.
- Pérez SB, Tejerina D, Pérez TR, Bozza F, Kaplan A, Molgatini S, 2007. Endodontic microorganism susceptibility by direct contact test. *Acta odontologica latinoamericana: AOL*, 21, 2, 169-73.
- Peters DD, 1986. Two-year in vitro solubility evaluation of four gutta-percha sealer obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 12, 4, 139-45.
- Peters L, Wesselink P, 2002. Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms. *International endodontic journal*, 35, 8, 660-7.
- Peters L, Wesselink P, Buijs J, Van Winkelhoff A, 2001. Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 27, 2, 76-81.
- Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F, 2001. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *Journal of Endodontics*, 27, 1, 1-6.
- Pettiette MT, Delano EO, Trope M, 2001. Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and Nickel-titanium hand files. *Journal of endodontics*, 27, 2, 124-7.
- Pinheiro E, Gomes B, Ferraz C, Sousa E, Teixeira F, Souza-Filho F, 2003. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *International endodontic journal*, 36, 1, 1-11.
- Pinheiro E, Gomes B, Ferraz C, Teixeira F, Zaia A, Souza Filho F, 2003. Evaluation of root canal microorganisms isolated from teeth with endodontic failure and their antimicrobial susceptibility. *Molecular Oral Microbiology*, 18, 2, 100-3.
- Pizzo G, Giammanco GM, Cumbo E, Nicolosi G, Gallina G, 2006. In vitro antibacterial activity of endodontic sealers. *Journal of dentistry*, 34, 1, 35-40.
- Placek L, Keenan T, Wren A, 2016. Bioactivity of Y2O3 and CeO2 doped SiO2-SrO-Na2O glass-ceramics. *Journal of biomaterials applications*, 31, 2, 165-80.
- Poggio C, Riva P, Chiesa M, Colombo M, Pietrocola G, 2017. Comparative cytotoxicity evaluation of eight root canal sealers. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9, 4, e574.
- Poggio C, Trovati F, Ceci M, Colombo M, Pietrocola G, 2017. Antibacterial activity of different root canal sealers against *Enterococcus faecalis*. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9, 6, e743.
- Portenier I, Waltimo TM, Haapasalo M, 2003. *Enterococcus faecalis*—the root canal survivor and ‘star’ in post-treatment disease. *Endodontic topics*, 6, 1, 135-59.
- Prestegaard H, Portenier I, Ørstavik D, Kayaoglu G, Haapasalo M, Endal U, 2014. Antibacterial activity of various root canal sealers and root-end filling materials in dentin blocks infected ex vivo with *Enterococcus faecalis*. *Acta Odontologica Scandinavica*, 72, 8, 970-6.
- Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Tay FR, Pashley DH, 2007. Evaluation of the quality of the apical seal in Resilon/Epiphany and Gutta-Percha/AH Plus-filled root canals by using a fluid filtration approach. *Journal of endodontics*, 33, 8, 944-7.
- Rechenberg DK, De-Deus G, Zehnder M, 2011. Potential systematic error in laboratory experiments on microbial leakage through filled root canals: review of published articles. *International endodontic journal*, 44, 3, 183-94.

- Rhodes JS, 2005. *Advanced endodontics: clinical retreatment and surgery*, CRC Press, p.
- Rich RL, Kreikemeyer B, Owens RT, LaBrenz S, Narayana SV, Weinstock GM, Murray BE, Höök M, 1999. Ace is a collagen-binding MSCRAMM from *Enterococcus faecalis*. *Journal of Biological Chemistry*, 274, 38, 26939-45.
- Ricucci D, Siqueira JF, 2011. Recurrent apical periodontitis and late endodontic treatment failure related to coronal leakage: a case report. *Journal of endodontics*, 37, 8, 1171-5.
- Rôças IN, Siqueira JF, Santos KR, 2004. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *Journal of endodontics*, 30, 5, 315-20.
- Rollison S, Barnett F, Stevens RH, 2002. Efficacy of bacterial removal from instrumented root canals in vitro related to instrumentation technique and size. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 94, 3, 366-71.
- Ruddle C, Cohen S, Burns R, 2002. *Pathways of the pulp*. St Louis, USA: Mosby, 231-91.
- Sabeti MA, Nekofar M, Motahary P, Ghandi M, Simon JH, 2006. Healing of apical periodontitis after endodontic treatment with and without obturation in dogs. *Journal of Endodontics*, 32, 7, 628-33.
- Saha S, Samadi F, Jaiswal J, Ghoshal U, 2010. Antimicrobial activity of different endodontic sealers: an in vitro evaluation. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 28, 4, 251.
- Saleh I, Ruyter I, Haapasalo M, Ørstavik D, 2004. Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal*, 37, 3, 193-8.
- Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Ørstavik D, 2003. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *Journal of endodontics*, 29, 9, 595-601.
- Sathorn C, Parashos P, Messer HH, 2007. How useful is root canal culturing in predicting treatment outcome? *Journal of endodontics*, 33, 3, 220-5.
- Saunders E, 1989. The effect of variation in thermomechanical compaction techniques upon the quality of the apical seal. *International endodontic journal*, 22, 4, 163-8.
- Saunders E, 1990. In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. Part II. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *International endodontic journal*, 23, 5, 268-74.
- Saygili G, Saygili S, Tuglu I, Capar ID, 2017. In Vitro Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow 2, AH-Plus and MTA Fillapex. *Iranian Endodontic Journal*, 12, 3, 354.
- Schäfer E, Zandbiglari T, 2003. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International endodontic journal*, 36, 10, 660-9.
- Schilder H, 1974. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, 18, 269-96.
- Schilder H, 2006. Filling root canals in three dimensions. *Journal of endodontics*, 32, 4, 281-90.
- Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelic N, Georgopoulos A, Sperr W, 2004. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers in surgery and medicine*, 35, 2, 111-6.
- Schweikl H, Schmalz G, 2000. The induction of micronuclei in V79 cells by the root canal filling material AH plus. *Biomaterials*, 21, 9, 939-44.
- Sedgley C, Lennan S, Appelbe O, 2005. Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals ex vivo. *International endodontic journal*, 38, 10, 735-42.
- Seelan RG, Kumar AA, Sam RJE, Maheswari SU, 2015. Antimicrobial efficacy of different root canal sealers by using real-time polymerase chain reaction: An ex vivo study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 18, 6, 474.



- Seltzer S, Green DB, Weiner N, DeRenzis F, 1972. A scanning electron microscope examination of silver cones removed from endodontically treated teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 33, 4, 589-605.
- Serene TP, Adams JD, Saxena A, 1995. Nickel-titanium instruments: applications in endodontics, Ishiyaku EuroAmerica, p.
- Serper A, Çalt S, 2002. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of Endodontics*, 28, 7, 501-2.
- Shahravan A, Haghdoost A-A, Adl A, Rahimi H, Shadifar F, 2007. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 33, 2, 96-105.
- Shakya VK, Gupta P, Tikku AP, Pathak AK, Chandra A, Yadav RK, Bharti R, Singh RK, 2016. An In vitro Evaluation of Antimicrobial Efficacy and Flow Characteristics for AH Plus, MTA Fillapex, CRCS and Gutta Flow 2 Root Canal Sealer. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 10, 8, ZC104.
- Shalhav M, Fuss Z, Weiss EI, 1997. In vitro antibacterial activity of a glass ionomer endodontic sealer. *Journal of endodontics*, 23, 10, 616-9.
- Shantiaee Y, Dianat O, Janani A, Ahari GK, 2010. In vitro evaluation of the antibacterial activity of three root canal sealers. *Iranian endodontic journal*, 5, 1, 1.
- Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M, 2004. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of Endodontics*, 30, 5, 342-7.
- Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M, 2000. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *Journal of endodontics*, 26, 12, 751-5.
- Silva LB, Leonardo MR, Faccioli LH, Figueiredo F, 1997. Inflammatory response to calcium hydroxide based root canal sealers. *Journal of endodontics*, 23, 2, 86-90.
- Sipert C, Hussne R, Nishiyama C, Torres S, 2005. In vitro antimicrobial activity of fill canal, sealapex, mineral trioxide aggregate, Portland cement and endorez. *International Endodontic Journal*, 38, 8, 539-43.
- Siqueira J, Silva CH, Cerqueira Md, Lopes HP, Uzeda Md, 1998. Effectiveness of four chemical solutions in eliminating *Bacillus subtilis* spores on gutta-percha cones. *Dental Traumatology*, 14, 3, 124-6.
- Siqueira JF, Araújo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJS, 1997. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *Journal of endodontics*, 23, 8, 499-502.
- Siqueira JF, Batista MM, Fraga RC, de Uzeda M, 1998. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *Journal of endodontics*, 24, 6, 414-6.
- Siqueira JF, de Uzeda M, 1996. Disinfection by calcium hydroxide pastes of dentinal tubules infected with two obligate and one facultative anaerobic bacteria. *Journal of endodontics*, 22, 12, 674-6.
- Siqueira JF, Favieri A, Gahyva SM, Moraes SR, Lima KC, Lopes HP, 2000. Antimicrobial activity and flow rate of newer and established root canal sealers. *Journal of endodontics*, 26, 5, 274-7.
- Siqueira JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC, 2000. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 26, 6, 331-4.
- Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M, 2005. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*, 31, 9, 669-71.
- Slutzky-Goldberg I, Slutzky H, Solomonov M, Moshonov J, Weiss EI, Matalon S, 2008. Antibacterial properties of four endodontic sealers. *Journal of endodontics*, 34, 6, 735-8.

- Sohrabi K, Sooratgar A, Zolfagharnasab K, Kharazifard MJ, Afkhami F, 2016. Antibacterial Activity of Diode Laser and Sodium Hypochlorite in Enterococcus Faecalis-Contaminated Root Canals. *Iranian endodontic journal*, 11, 1, 8.
- Solana C, Ruiz-Linares M, Baca P, Valderrama MJ, Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, 2017. Antibiofilm Activity of Sodium Hypochlorite and Alkaline Tetrasodium EDTA Solutions. *Journal of Endodontics*.
- Spångberg LS, Barbosa SV, Lavigne GD, 1993. AH26 releases formaldehyde. *Journal of endodontics*, 19, 12, 596-8.
- Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U, 1998. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 85, 1, 86-93.
- Şen B, Wesselink P, Türkün M, 1995. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, 28, 3, 141-8.
- Takahashi N, Schachtele C, 1990. Effect of pH on the growth and proteolytic activity of *Porphyromonas gingivalis* and *Bacteroides intermedius*. *Journal of dental research*, 69, 6, 1266-9.
- Takahashi N, Saito K, Schachtele C, Yamada T, 1997. Acid tolerance and acid-neutralizing activity of *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* and *Fusobacterium nucleatum*. *Molecular Oral Microbiology*, 12, 6, 323-8.
- Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Buruk K, Çelik D, Cora S, Tahan E, Tuncel B, Serper A, 2009. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108, 3, e129-e34.
- Tatsuta CT, Morgan LA, Baumgartner JC, Adey JD, 1999. Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography. *Journal of Endodontics*, 25, 2, 93-8.
- Tendolkar P, Baghdayan A, Shankar N, 2003. Pathogenic enterococci: new developments in the 21st century. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 60, 12, 2622-36.
- Ustun Y, Sagsen B, Durmaz S, Percin D, 2013. In vitro antimicrobial efficiency of different root canal sealers against *Enterococcus faecalis*. *European Journal of General Dentistry*, 2, 2, 134.
- Vaid D, Shah N, Kothari D, Bilgi P, 2017. Additive effect of photoactivated disinfection on the antibacterial activity of QMix 2in1 against 6-week *Enterococcus faecalis* biofilms: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 20, 1, 41.
- Vasconcelos BCd, Bernardes RA, Duarte MAH, Bramante CM, Moraes IGd, 2011. Apical sealing of root canal fillings performed with five different endodontic sealers: analysis by fluid filtration. *Journal of Applied Oral Science*, 19, 4, 324-8.
- Vasconcelos BCd, Luna-Cruz SM, De-Deus G, Moraes IGd, Maniglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED, 2007. Cleaning ability of chlorhexidine gel and sodium hypochlorite associated or not with EDTA as root canal irrigants: a scanning electron microscopy study. *Journal of Applied Oral Science*, 15, 5, 387-91.
- Viapiana R, Moizadeh A, Camilleri L, Wesselink P, Tanomaru Filho M, Camilleri J, 2016. 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*, 49, 8, 774-82.
- Vivacqua-Gomes N, Gurgel-Filho E, Gomes B, Ferraz C, Zaia A, Souza-Filho F, 2005. Recovery of *Enterococcus faecalis* after single-or multiple-visit root canal treatments carried out in infected teeth ex vivo. *International Endodontic Journal*, 38, 10, 697-704.
- Wainstein M, Morgental RD, Waltrick SBG, Oliveira SD, Vier-Pelisser FV, Figueiredo JAP, Steier L, Tavares CO, Scarparo RK, 2016. In vitro antibacterial activity of a silicone-based endodontic sealer and two conventional sealers. *Brazilian oral research*, 30, 1.
- Wang Z, Shen Y, Haapasalo M, 2012. Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *Journal of endodontics*, 38, 10, 1376-9.

- Wang Z, Shen Y, Haapasalo M, 2014. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Journal of endodontics*, 40, 4, 505-8.
- Whitworth J, 2005. Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics*, 12, 1, 2-24.
- Witte W, 2003. The Enterococci: Pathogenesis, Molecular Biology, and Antimicrobial Resistance. *International Journal of Medical Microbiology*, 292, 7/8, 462.
- Wu M-K, Fan B, Wesselink PR, 2000. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *Journal of Endodontics*, 26, 4, 210-6.
- Wu M-K, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR, 2000. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 89, 6, 739-43.
- Wu M-K, van der Sluis LW, Wesselink PR, 2006. A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 101, 5, 662-7.
- Wu M, Sluis L, Wesselink P, 2003. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *International endodontic journal*, 36, 3, 218-24.
- Wu M, Van Der Sluis L, Wesselink P, 2002. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 35, 6, 527-35.
- Wu MK, Barkis D, Roris A, Wesselink P, 2002. Does the first file to bind correspond to the diameter of the canal in the apical region? *International Endodontic Journal*, 35, 3, 264-7.
- Wu MK, Kaš'áková A, Wesselink P, 2001. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *International Endodontic Journal*, 34, 6, 485-91.
- Wu MK, Van Der Sluis L, Ardila C, Wesselink P, 2003. Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *International Endodontic Journal*, 36, 8, 533-40.
- Wu MK, Wesselink P, 2001. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*, 34, 2, 137-41.
- Yadav P, Chaudhary S, Saxena RK, Talwar S, Yadav S, 2017. Evaluation of Antimicrobial and Antifungal efficacy of Chitosan as endodontic irrigant against *Enterococcus Faecalis* and *Candida Albicans* Biofilm formed on tooth substrate. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9, 3, e361.
- Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS, 1983. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of endodontics*, 9, 4, 137-42.
- Yamashita J, Tanomaru Filho M, Leonardo M, Rossi M, Silva L, 2003. Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *International Endodontic Journal*, 36, 6, 391-4.
- Yang S-E, Cha J-H, Kim E-S, Kum K-Y, Lee C-Y, Jung I-Y, 2006. Effect of smear layer and chlorhexidine treatment on the adhesion of *Enterococcus faecalis* to bovine dentin. *Journal of endodontics*, 32, 7, 663-7.
- Yared GM, Dagher FEB, 1994. Influence of apical enlargement on bacterial infection during treatment of apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 20, 11, 535-7.
- Younis O, 1977. The effects of sterilization techniques on the properties of intracanal instruments. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 43, 1, 130-4.
- Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M, 2009. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*, 35, 7, 1051-5.
- Zhou H-m, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y-f, Haapasalo M, 2013. Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39, 10, 1281-6.

- Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG, 2008. An evaluation of Guttaflow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. *Journal of endodontics*, 34, 3, 295-8.
- Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M, 2010. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *Journal of endodontics*, 36, 5, 793-6.



## 7. ÖZGEÇMİŞ

19 Mart 1989 tarihinde Tokat'ta doğdu. İlköğrenimini Tokat Cumhuriyet İlköğretim Okulu ve Tokat Plevne İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini ise Tokat Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. 2007 yılında başladığı Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden 2013 yılında mezun oldu. 2014 yılında Diş hekimliği Uzmanlık Sınavı ile girmeye hak kazandığı Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimine başladı. Halen Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda uzmanlık eğitimine devam etmektedir.

