

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI SİSTEMLERLE AKTİVE EDİLEN  
FİNAL İRRİGASYON SOLÜSYONU QMİX'İN  
APİKAL DEBRİS VE SMEAR TABAKA ÇIKARMA  
ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Dt. Didem Seda GÜLTEKİN**

**UZMANLIK TEZİ**  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**Danışman**  
**Prof. Dr. Funda KONT ÇOBANKARA**

**KONYA-2018**

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI SİSTEMLERLE AKTİVE EDİLEN  
FİNAL İRRİGASYON SOLÜSYONU QMİX'İN  
APİKAL DEBRİS VE SMEAR TABAKA ÇIKARMA  
ETKİNLİĞİNİN İNCELENMESİ**

**Dt. Didem Seda GÜLTEKİN**

**UZMANLIK TEZİ**

**ENDODONTİ ANA BİLİM DALI**

**Danışman**

**Prof. Dr. Funda KONT ÇOBANKARA**

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 18102028 proje numarasıyla desteklenmiştir.

**KONYA-2018**

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ DEKANLIĞI'NA

Didem Seda Gültekin tarafından savunulan bu çalışma, jürimiz tarafından Endodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri BaŐkanı : Prof. Dr. Hale Arı Aydınbelge  
Selçuk Üniversitesi



Danışman : Prof. Dr. Funda Kont obankara  
Selçuk Üniversitesi



Üye : Doç. Dr. Melek Akman  
Necmettin Erbakan Üniversitesi



## ÖN SÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen, desteğini her zaman hissettiğim tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Funda KONT ÇOBANKARA'ya,

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. Ayçe ÜNVERDİ ELDENİZ'e,

Bu tez çalışmasında istatistiksel analizlerdeki yardımlarından dolayı Fen Fakültesi İstatistik bölümünden Dr. Öğr. Üyesi Yunus AKDOĞAN'a,

Diş hekimliği eğitimime başladığım ve mezunu olmaktan her zaman gurur duyduğum İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ndeki tüm hocalarıma ve asistanlarıma,

Endodonti Anabilim Dalı'nda beraber görev aldığım, uzmanlık eğitimim süresince her anımda yanımda olan çok değerli dostlarım Dr. Dt. Şerefur MUTLU'ya, Uzm. Dt. Semanur KARAGÖLLÜ AKTAŞ'a, Uzm. Dt. Mine ÖZÇELİK YILMAZ'a, Dt. Gamze HAYIRCI'ya, Dt. Nazife Tuğba AZMAZ'a

Tüm hayatım boyunca sevgi ve destekleri ile her zaman yanımda olan canım aileme, annem Hülya SEVİMLİ'ye, babam Cemil SEVİMLİ'ye, uzmanlık eğitimimin mimarları olan eşimin annesi Dürdane GÜLTEKİN'e ve babası Fahrettin GÜLTEKİN'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca en büyük destekçim, yardımcım olan hayat arkadaşım Dt. Halim GÜLTEKİN'e, sabrı için minik oğlum Ömer Efe GÜLTEKİN'e

Sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

## İÇİNDEKİLER

ONAY.....	i
ÖN SÖZ.....	ii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	v
ÖZET .....	viii
SUMMARY.....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyonun Önemi.....	2
1.1.1 Sodyum hipoklorit .....	5
1.1.2 Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA).....	9
1.1.3 Klorheksidin (CHX).....	13
1.1.4 QMix .....	16
1.2 Smear Tabakası .....	18
1.2.1 Kök kanal tedavisinde smear tabakasının önemi.....	19
1.2.2 Smear tabakasını uzaklaştırmada irrigasyonun önemi.....	21
1.3 İrrigasyon İşleminin Etkinliğinin Artırılması.....	22
1.3.1 Manuel aktivasyon teknikleri .....	24
1.3.2 Mekanik aktivasyon teknikleri .....	26
<b>2. GEREÇ VE YÖNTEM .....</b>	<b>40</b>
2.1 Araştırmada Kullanılacak Örneklerin Seçimi.....	40
2.2 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi .....	41
2.3 Grupların Oluşturulması ve Örneklerin Hazırlanması .....	41
2.4 Debris temizleme etkinliğinin inceleneceği örnekler için uygulanan protokol.....	44
2.5 Smear tabaka temizleme etkinliğinin inceleneceği örnekler için uygulanan protokol .....	48
2.6 İrrigasyon Aktivasyon Prosedürleri .....	50

2.7 Örneklerin Stereomikroskop ile İncelenmesi ve Debris Skorlaması .....	54
2.8 Örneklerin SEM ile İncelenmesi ve Smear Tabakasının Skorlaması .....	55
2.9 Verilerin İstatistiksel Analizi .....	57
<b>3. BULGULAR.....</b>	<b>58</b>
3.1 Debris Temizleme Etkinliğinin İncelendiği Örneklerle Ait Bulgular .....	58
3.2. Smear Tabakası Temizleme Etkinliğinin İncelendiği Örneklerle Ait Bulgular .....	64
<b>4. TARTIŞMA.....</b>	<b>74</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>89</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>91</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>109</b>
<b>8. EKLER .....</b>	<b>110</b>

## **SİMGELER ve KISALTMALAR**

<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	: Kalsiyum hidroksit
<b>CHX</b>	: Klorheksidin
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>dk</b>	: Dakika
<b>EA</b>	: EndoActivator
<b>EDTA</b>	: Etilen diamin tetra asetik asit
<b>Er:YAG</b>	: Erbium katkılı itriyum, alüminyum ve garnet
<b>G</b>	: Gauge
<b>Ga-As</b>	: Gallium-arsenit
<b>GaAlAs</b>	: Gallium-alüminyum-arsenit
<b>GİA</b>	: Geleneksel endodontik irrigasyon iğnesi kullanılarak el ile yapılan aktivasyon
<b>GPA</b>	: Güta-perka kon kullanılarak el ile yapılan dinamik aktivasyon
<b>HEBP</b>	: Hidroksietiliden bifosfonat
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	: Hidrojen peroksit
<b>HOCl</b>	: Hipokloröz asit
<b>Hz</b>	: Hertz
<b>IKI</b>	: İyodin potasyum iyodit
<b>kHz</b>	: Kilohertz
<b>LAİ</b>	: Lazerle aktive edilen aktivasyon
<b>mm</b>	: Milimetre

<b>mJ</b>	: Milijoule
<b>NA</b>	: Sodyum
<b>NaOCI</b>	: Sodyum hipoklorit
<b>Nd:YAG</b>	: Neodymium katkılı itriyum, alüminyum ve garnet
<b>N/cm</b>	: Newton/santimetre (newton/centimeter)
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>OCL</b>	: Klorit
<b>PCA</b>	: Parokloroanilin
<b>pH</b>	: Power of Hydrogen (hidrojenin gücü)
<b>PIPS</b>	: Photon Induced Photoacoustic Streaming (foton indüklü fotoakustik dalgalanma)
<b>PUA</b>	: Pasif ultrasonik aktivasyon
<b>rpm</b>	: Revolutions per minute (dakikadaki devir sayısı)
<b>SEM</b>	: Scanning electronic microscope (taramalı elektron mikroskobu)
<b>sn</b>	: Saniye
<b>UA</b>	: Ultrasonik aktivasyon
<b>XP</b>	: XP-EndoFinisher
<b>µCT</b>	: Micro computed tomography (mikro bilgisayarlı tomografi)
<b>µm</b>	: Mikrometre



## ÖZET

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

# Farklı Sistemlerle Aktive Edilen Final İrrigasyon Solüsyonu QMix'in Apikal Debris ve Smear Tabaka Çıkarma Etkinliğinin İncelenmesi

Didem Seda GÜLTEKİN, Uzmanlık Tezi

Selçuk Üniversitesi, Konya-2018

Bu çalışmanın amacı farklı aktivasyon sistemleri ile aktive edilen final irrigasyon solüsyonu QMix'in apikal debris ve smear tabaka çıkarma etkinliklerini incelemektir.

Bu amaçla, 180 adet tek köklü insan premolar dişleri kullanıldı, dişlerin kuronları uzaklaştırıldı ve kökler ProTaper-Next döner alet eğe sistemi kullanılarak X4'e kadar şekillendirildi. Daha sonra öncelikle kökler kullanılacak farklı aktivasyon sistemlerine göre 6 ana gruba ayrıldı (n=30): 30G geleneksel endodontik irrigasyon iğnesi ile yapılan elle aktivasyon (GİA), güta-perka kon ile yapılan dinamik aktivasyon (GPA), pasif ultrasonik aktivasyon (PUA), EndoActivator (EA), XP-Endo Finisher (XP) ve PIPS tekniği ile aktivasyon. Daha sonra her bir ana grup kullanılan final irrigasyon solüsyonuna göre (distile su, %17'lik EDTA ve QMix) 3 alt gruba ayrıldı (n=10). Her bir alt gruptaki 10 kökün rastgele seçilen 5 tanesinde debris, diğer 5 tanesinde ise smear tabakası incelendi.

Debris çıkarılma etkinliği incelenecek köklerin bukkal ve lingual yüzeylerinde önceden açılan çentiklere yerleştirilen bir spatül yardımı ile kökler longitudinal olarak ikiye ayrıldı ve rastgele seçilen bir segmentinin apikal kısmında standart yapay oluk açıldı. Açılan oluğa yapay debris yerleştirildi ve kökler diğer yarısıyla tekrar birleştirilerek, belirlenen irrigasyon ve aktivasyon protokollerine tâbi tutuldu. Daha sonra kökler tekrar ayrıldı ve oluklara yerleştirilen debris miktarındaki değişim x25 büyütme altında stereomikroskop ile incelendi ve ardından kalan debris miktarı 4'lü skor sistemine skorlandı.

Smear tabakası incelenecek kökler belirlenen irrigasyon ve aktivasyon işlemlerine tâbi tutuldu ve daha sonra longitudinal olarak ikiye ayrıldı. İkiye ayrılan köklerden rastgele bir parçaya SEM analizi yapıldı. x1000 büyütme ile alınan SEM görüntüleri üzerinde 5'li skor sistemi ile skorlama yapıldı.

Skorlama sonuçları istatistiksel olarak analiz edildi.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre; kök kanal sisteminin apikalinde *debris* temizlemede QMix solüsyonu için XP ve PIPS aktivasyon yöntemlerinin diğerlerine göre daha etkili olduğu (p>0.05); EDTA için ise aktivasyon yöntemleri arasında önemli bir fark olmadığı belirlendi (p>0.05).

EDTA'nın kök kanalının apikal üçlüsünde *smear tabaka* temizleme yönünden araştırmada kullanılan tüm aktivasyon yöntemlerinde eşit şekilde etkili olduğu (p>0.05); QMix'in ise GİA, PUA, EA ve XP aktivasyon yöntemleriyle kullanımda GPA ve PIPS'le kullanımına göre daha etkili olduğu belirlendi (p<0.05).

Sonuç olarak, apikalden *debris* temizleme açısından tüm aktivasyon sistemleriyle kullanımda solüsyon olarak EDTA tavsiye edilebilirken, QMix'in özellikle XP ve PIPS aktivasyon yöntemleriyle kullanımı tavsiye edilebilir. Apikal üçlüde etkili *smear tabaka* temizliği amacıyla herhangi bir aktivasyon yöntemiyle kullanım için EDTA tavsiye edilebilecek bir solüsyon iken, QMix'in GPA ve PIPS'le aktivasyonda kullanım için doğru bir seçim olmayacağı söylenebilir.

**Anahtar sözcükler:** Debris, smear tabaka, EDTA, QMix, irrigasyon, aktivasyon

## SUMMARY

REPUBLIC OF TURKEY  
SELÇUK UNIVERSITY  
FACULTY OF DENTISTRY

### **Investigation of Apical Debris and Smear Layer Removal Ability of Final Irrigation Solution QMix Activated with Different Systems**

**Didem Seda GÜLTEKİN, Specialty Thesis**

**Selçuk University, Konya-2018**

The aim of this study was to investigate the efficiency on apical debris and smear layer removal of the final irrigation solution QMix activated by different activation systems.

For this purpose, 180 single-rooted human premolar teeth were used, the crowns of the teeth were removed and the roots were shaped up to size X4 using the ProTaper-Next rotary instrument file system. Firstly, the roots were randomly divided into 6 main groups according to be used different activation protocols (n=30): Manuel activation with 30G NaviTip needle (GIA), manual dynamic activation with gutta-percha cone (GPA), passive ultrasonic activation (PUA), EndoActivator (EA), XP-Endo Finisher (XP) and Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS). Each main group was then divided into 3 subgroups according to be used the final irrigation solution (distilled water, 17% EDTA and QMix) (n=10). While debris was examined in the randomly selected five of the 10 roots in each subgroup, the smear layer was examined in the other five roots.

The roots to be examined the debris removal activity were divided into longitudinal sections by means of a spatula placed on pre-opened notches at buccal and lingual surfaces and a standardized groove was prepared in the apical part of each segment. Then, artificial dentin debris was placed into the groove and the root halves were reassembled. Each specimen was irrigated with according to the identified activation protocol. After irrigation the roots were split again and the remaining amount of the debris in the grooves was examined by stereomicroscope under the x25 magnification and scored according to 4-grade scoring system.

In order to examine the smear layer removal activity, the roots were irrigated with the defined activation protocols and then separated into the longitudinally. SEM analysis was performed on a randomly selected a part of the root half. SEM images were taken with x1000 magnification at the apical thirds of the root canals and scoring was performed with 5-grade scoring system.

Scoring results were analyzed statistically.

According to the results of statistical analysis, it was found that in the *apical debris removal*, XP and PIPS activation techniques were more effective than other techniques for QMix ( $p<0.05$ ). For EDTA, there was no statistically significant difference between activation techniques ( $p>0.05$ ). In the *apical smear layer removal*, EDTA was equally effective in use with all activation techniques ( $p>0.05$ ). QMix was found to be more effective when used with GIA, PUA, EA and XP activation methods than GPA and PIPS ( $p<0.05$ ).

As results; EDTA may be recommended as a solution for use with all activation systems for apical debris removal, while it is advisable to use QMix with XP and PIPS activation methods. In addition, while EDTA can be recommended for use with any activation techniques for cleaning the smear layer in the apical third of root, it could be said that QMix will not be the right choice for use in activation with GPA and PIPS.

**Key words:** Debris, smear layer, EDTA, QMix, irrigation, activation

## 1. GİRİŞ

Endodonti; çürük, travma ve/veya iatrojenik nedenlerle pulpası açığa çıkmış veya enfekte olmuş dişlerin tedavisini amaçlayan diş hekimliği dalıdır. Endodontik tedavi (kök kanal tedavisi), kök kanal sisteminden vital ya da enfekte pulpa dokusunun çıkarılması, kök kanallarının mekanik olarak şekillendirilmesi, uygun irrigasyon solüsyonları ile yıkanması ve ardından kök kanal sisteminin yeniden enfekte olmasını engelleyecek şekilde stabil, nontoksik materyallerle üç boyutlu olarak doldurulması işlemidir.

Kök kanal tedavisi, her geçen gün gelişen teknoloji sayesinde uygulama sayısı artan ve uygulaması kolaylaşan bir tedavidir (Mortman 2011, Ricucci ve ark 2011). Yapılan tedavinin başarısı birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte tedavi aşamalarının yeterli ve dikkatli bir şekilde uygulanmasına doğrudan bağlıdır.

Pulpa ve periapikal doku hastalıklarında en önemli etkenin bakteriler olduğu bilinmektedir (Sundqvist ve ark 1989, Bayırlı 1999). Kök kanal tedavisi ile bu hastalıklara neden olan biyofilmin, bakteri ürünlerinin, canlı ve nekrotik doku artıklarının mekanik ve kimyasal yöntemlerle kök kanal sisteminden etkin şekilde uzaklaştırılması amaçlanır.

Kök kanal tedavisi sırasında döner alet sistemleri ya da el eğesi kullanılarak yapılan şekillendirmenin ana amacı, kök kanal sisteminin mekanik temizliğini sağlamak ve antimikrobiyal maddelerin uygulanabilmesi için bir alan oluşturmaktır (Zehnder 2006). Ancak çoğu kök kanalının, şekillendirme sırasında kolaylık sağlayan yuvarlak bir formu yoktur. Bu yüzden mekanik şekillendirme ile temizliği sağlamak oldukça güçtür. Yapılan micro-CT çalışmaları ile mekanik şekillendirme ile kök kanal sistemi içerisinde hiç dokunulmamış alanların varlığı gösterilmiştir (Lopes ve ark 2017). Yine oval kanallarda döner aletler kullanarak genişletme yapılan bir çalışmada eğelerin kök kanal duvarlarının yalnızca %40'ına temas ettiği gösterilmiştir (Wu ve ark 2003). Ayrıca doğal dişlerin kompleks kök kanal yapısında var olan yan kanallar, kanallardaki dallanmalar, isthmuslar, apikal deltalar, yapısal anomalilerin varlığı ve kök kanalının kendi düzensiz formu da mekanik şekillendirmeden sonra kök kanal sistemi içerisinde hiç dokunulmamış bu bölgelerin

kalmasına neden olmaktadır. Kök kanal sisteminde hiç dokunulmamış bu alanlar nedeniyle pulpa dokusunun, enfekte dentinin ve mikroorganizmaların tamamen uzaklaştırılmadığı da bildirilmiştir (Gambill ve ark 1996). Dolayısı ile kök kanal tedavisinin başarısında en temel aşamalardan biri olarak kabul edilen irrigasyon işlemi, mekanik yöntemlerle temizlenemeyen bu alanların temizliği için de mutlak gereklilik taşımaktadır (Erdemir ve Türkyılmaz 2017).

### **1.1 Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyonun Önemi**

İrrigasyon, bir vücut boşluğunu ya da kavitesini uygun solüsyon, araç ve yöntemle yıkama işlemidir. Endodontide irrigasyon ise basit şekliyle kök kanallarının çeşitli sıvıların yardımı ile ıslatılması veya yıkanması olarak tarif edilebilir (Özkan 2009). Endodontik irrigasyon, kök kanal duvarlarında mekanik şekillendirme ile temizlenemeyen alanları temizlemenin tek yoludur (Haapasalo ve ark 2010). Yapılan araştırmalarla sadece mekanik şekillendirme ile kök kanallarının tamamen temizlenemediği gösterilmiş ve irrigasyon işleminin son derece önemli olduğu belirtilmiştir (Abou Rass ve Piccinino 1982, Mohammadi ve Abbott 2009). Başarılı bir irrigasyonla pulpa ve dentin kaynaklı debrisler, mikroorganizmalar ve ürünleri, mikroorganizmalara besin kaynağı olabilecek enfekte ya da enfekte olmayan doku atıkları ve smear tabakası kök kanal sisteminden uzaklaştırılmaya çalışılır (Zehnder 2006).

Kök kanal sistemine üç boyutlu sızdırmaz bir dolun yapmak için şekil verilmesi, mikroorganizmaların kök kanal sisteminden uzaklaştırılarak ya da tahrip edilerek dezenfekte edilmesi ve bakterilerin üremesine yardım edecek ve dokuların bozulmasına neden olacak organik ya da inorganik hiçbir maddenin kanal içinde kalmasına müsaade etmeyecek şekilde temizlenmesi işlemlerinin hepsine birden kemomekanik debridman adı verilir (Buchanan 1994). Kemomekanik debridman kök kanal tedavisi sırasında mekanik şekillendirme ve irrigasyon işlemlerinin birlikte yapılması ile sağlanır.

Kök kanal tedavisi sırasında mekanik şekillendirme yapılırken bir irrigasyon solüsyonu kullanmanın çeşitli amaç ve faydaları vardır (Çalışkan 2006, Haapasalo ve ark 2010, Alaçam 2012, Hargreaves ve Berman 2015). Bunlar;

1. Kök kanal sisteminin yıkanması ve sıvı akışı ile birlikte enfekte dokuların, pulpal ve dentinal debrisin uzaklaştırılması
2. Mikroorganizmaların sayılarının azaltılması
3. Organik dokuların çözülmesi
4. Dentin tübüllerinin açılması yoluyla smear tabakasının kaldırılması
5. Mekanik şekillendirme yoluyla temizlenemeyen alanların temizlenmesi
6. Mekanik şekillendirme sırasında lubrikasyon etkisi ile eğerlerin sürtünmesini azaltıp hareketini kolaylaştırmasıdır.

Mekanik hazırlığın şekillendirme ve kök kanal sistemindeki doku artıklarını boşaltmak dışında irrigasyon solüsyonlarının apikale ve kök kanal ayrıntılarına iletilmesi açısından çift yönlü bir etkisi vardır (Alaçam 2012). Özellikle koronal bölümlerde yapılan genişletmeler solüsyonların apikale doğru iletilmesini kolaylaştırır. Ancak kök kanal sisteminin korondan apikal kısma doğru daralan doğal yapısı yüzünden kullanılan irrigasyon solüsyonları özellikle apikal 1/3' lük kısma tam olarak iletilememektedir. Dolayısı ile kemomekanik debridman bu alanlarda tam olarak gerçekleştirilemez. Ancak başarılı bir kök kanal tedavisi yapabilmek için, mekanik şekillendirme sırasında oluşan, özellikle apikal 1/3'lük kısımda ve eğerlerin ulaşamadığı alanlarda biriken, debris, smear tabakası ve diğer artıkların kök kanal sisteminden temizlenmesi şarttır.

Yapılan irrigasyon işleminin etkinliği, uygulanan irrigasyon solüsyonun kök kanal duvarlarının bütün ayrıntılarına teması ile ilişkilidir (Ciucchi ve ark 1989). Irrigasyon solüsyonun temasının ve dolayısı ile etkinliğinin tam olarak sağlanamaması kök kanal sisteminin yeterince temizlenmesine engel olmaktadır. Kök kanal duvarlarından temizlenemeyen smear tabakası ve debris, kök kanal tedavisi sırasında ve sonrasında istenmeyen iki sonuç yaratmaktadır.

1. Smear tabakası dentin tübüllerinin ağızlarını tıkadığı için kullanılan irrigasyon solüsyonları kök dentinine penetre olamamaktadır. Özellikle enfekte dişlere uygulanan kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ve diğer kanal içi medikamentler bu tabakaların olduğu alanlara ulaşamamaktadır. Dolayısı ile dezenfeksiyon işleminin etkinliğini azalmaktadır (Siqueira ve Lopes 1999).
2. Kök kanallarının doldurulması sırasında kök kanal patları ve güta perka ile debrislerin olduğu alanlar tam olarak doldurulamamaktadır. Ayrıca yine kök

kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu engellenmektedir. Bu durum kök kanal dolumu sonrası mikrosızıntılara neden olmaktadır (Wu ve Wesselink 2001).

Endodontik tedavi sırasında istenilen, yararlı tüm özelliklere sahipken olumsuz ve zararlı özellikleri olmayan optimal bir irrigasyon solüsyonu henüz bulunamamıştır (Hargreaves ve Berman 2015). Ancak seçilen irrigasyon solüsyonlarının kombinasyonu ile kök kanal sistemi içerisinde istenilen sonuç elde edilebilir. İdeal bir endodontik irrigasyon solüsyonundan beklenen özellikler şunlardır (Grossman ve Meiman 1982, Torabinejad ve ark 2002, Çalışkan 2006, Alaçam 2012, Haapasalo ve ark 2014, Hargreaves ve Berman 2015).

1. Organik ve inorganik doku çözücü etkisi ile doku artıklarını temizleyebilmeli ve smear tabakasının kaldırabilmelidir.
2. Düşük yüzey gerilimi göstermelidir.
3. Kayganlaştırıcı (lubrikant) özellik göstererek aletin kök kanal sistemi içerisindeki hareketini kolaylaştırmalıdır.
4. Antibakteriyel etki göstermeli, germisid ve fungusid olmalı ve endotoksinleri etkisizleştirebilmelidir.
5. Düşük toksisite göstermeli periapikal dokular için irritan olmamalıdır.
6. Kök kanal dentinin fiziksel özelliklerinde herhangi bir değişiklik yapmamalıdır.
7. Kök kanal dolum materyalleri ve post endodontik restorasyon materyalleri üzerinde olumsuz etkileri olmamalıdır.
8. Kök kanal sisteminde kolay nötralize olarak etkinliğini kaybetmemelidir.
9. Periradiküler dokular için antijenik ve karsinojenik olmamalıdır.
10. Tadı ve kokusu kabul edilebilir olmalıdır.
11. Kullanıcıya zarar vermemelidir.
12. Raf ömrü uzun olmalıdır.
13. Saklama kolaylığı olmalıdır.
14. Düşük maliyetli olmalıdır.

Günümüze kadar kök kanal sistemindeki tüm artıkları uzaklaştırmak, etkili ve yeterli dezenfeksiyon sağlamak için çeşitli irrigasyon yöntemleri ve kimyasal solüsyonların kullanımı önerilmiştir. Bugüne kadar kullanılan solüsyonlar şu şekilde sınıflandırılabilir (Rhodes 2005, Alaçam 2012).

1. Alkalın solüsyonlar: Sodyum hipoklorit (NaOCl) ve kalsiyum hidroksit (Ca(OH)<sub>2</sub>)
2. Katyonik biguanid: Klorheksidin (CHX)
3. Asitler ve şelasyon ajanları: Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) ve modifikasyonları, sitrik asit, hidroksietiliden bifosfonat (HEBP), QMix
4. Tetrasiklin içerikli solüsyonlar: MTAD ve Tetraclean
5. Oksitleyici solüsyonlar: Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), karbamid peroksit, iyodin potasyum iyodit (IKI)
6. Elektrokimyasal olarak aktive edilmiş sular: Oksidatif potansiyel su
7. Endogram: Ruddle solüsyonu
8. Distile su

Endodonti kliniklerinde pratik uygulamalarda en çok kullanılan solüsyonlar, sodyum hipoklorit (NaOCl), etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), klorheksidin (CHX)'dir.

### **1.1.1 Sodyum hipoklorit**

Klor, yeryüzünde en yaygın olarak bulunan elementlerden biridir. Ancak doğada serbest bir halde bulunmaz, sodyum, potasyum, kalsiyum ya da magnezyuma bağlı olarak bulunur (Block 2001, Dychdala 2001). Potasyum hipoklorit, Berthollet (1748-1822) tarafından Fransa'da icat edilen, kimyasal olarak üretilen ilk klor çözeltisidir (Zehnder 2006). Hipoklorit çözeltileri, ilk olarak ağartma maddeleri olarak kullanılmıştır. Koch ve Pasteur'ün kontrollü laboratuvar çalışmaları sonucu hipoklorit 19. yüzyılın sonunda dezenfektan ajan olarak geniş kabul görmüştür. NaOCl'in "Dakin solüsyonu" olarak bilinen tamponlanmış %0.5'lik konsantrasyonu ilk kez etkin olarak I. Dünya Savaşı sırasında kimyager Henry Drysdale Dakin ve cerrah Alexis Carrel tarafından kontamine olmuş yaraların temizlenmesi amacıyla kullanılmıştır (Dakin 1915).

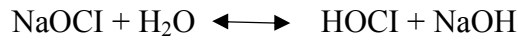
Sodyum hipokloritin endodontik irrigasyon solüsyonu olarak kullanımı 1920'li yılların başında Coolidge tarafından önerilmiş, kemomekanik debridman için kullanımını ise Crane tarif etmiştir. O günden bu yana NaOCl, kemomekanik hazırlık sırasında organik artıklara karşı çözücü etki göstermesi, antimikrobiyal özelliğinin olması, düşük yüzey gerilimi ile kök dentin tübüllerine kolayca diffüze olabilmesi,

kolay elde edilebilmesi ve ucuz olması nedenleriyle en yaygın kullanılan endodontik irrigasyon solüsyonudur (Mohammadi 2008, Wesselink ve ark 2010, Alaçam 2012).

Endodontik tedavi sırasında sağladığı avantajlar nedeniyle en çok tercih edilen irrigasyon solüsyonu olan NaOCI'nin dezavantajları da mevcuttur. Bunlar; konsantrasyonuna bağlı olarak apikal dokulara taşıdığı zaman sitotoksik etki göstermesi, tadı ve kokusunun kötü olması, lateral kanallarda yıkama etkinliğinin az olması, smear tabakasını tamamen uzaklaştırabilmesi, enfekte kök kanallarında bulunan bakterileri tamamen yok edememesi, organik dokularla temasına bağlı olarak etkinliğinin azalması olarak sayılabilir (Gordon ve ark 1981, Sjögren ve ark 1997, Haapasalo ve ark 2000, Alaçam 2012).

NaOCI, bakteriler, virüsler ve mantarlar üzerine bakterisit etkisi olan oldukça geniş spektrumlu antimikrobiyal özelliğe sahip bir solüsyondur (Zehnder 2006). NaOCI'nin antimikrobiyal özelliğini açıklayan iki temel görüş vardır (Çalışkan 2006).

İlk görüşe göre solüsyonun dezenfektan etkinliği tepkimeye girmemiş hipokloröz asit (HOCl) miktarına bağlıdır (Çalışkan 2006). Sodyum hipoklorit tuzu, suyla reaksiyona girdiğinde sodyum ( $\text{Na}^+$ ) ve hipoklorit ( $\text{OCl}^-$ ) iyonlarına ayrılır ve hipokloröz asit (HOCl) ile bir denge kurar (Haapasalo ve ark 2014).



Hipokloröz asit, oksitleyici bir ajan olarak hareket eden zayıf bir asittir (Hargreaves ve Berman 2015). Hipokloröz asit güçlü antimikrobiyal etkiye sahipken,  $\text{OCl}^-$  iyonunun bu etkisi daha azdır (Bloomfield ve Miles 1979). Hipokloröz asit antimikrobiyal etkinliğini mikroorganizmaların sülfidril enzimleri üzerinde oksidatif etki yaratarak ve amino asitleri hidrolize ederek gösterir (Heling ve Chandler 1998, Siqueira Jr ve ark 2000, Gomes ve ark 2001, Çalışkan 2006, Hargreaves ve Berman 2015). Dolayısı ile hipokloröz asit hücrenin hayati fonksiyonlarına doğrudan etki eder ve hızla hücre ölümüne yol açar (McKenna ve Davies 1988, Barrette Jr ve ark 1989).

İkinci görüşe göre ise NaOCI solüsyonun antimikrobiyal etkinliği hücre proteinlerini hidrolize ve okside etme yeteneğinin yanı sıra hipertonic yapısı



nedeniyle bir miktar hücre içi sıvının osmotik olarak hücre dışına çıkmasına bağlıdır (Özkan 2009). Yüksek pH' ya sahip olan NaOCI doku proteinleri ile temasa geçince çok kısa sürede oluşan nitrojen, formaldehit ve asetaldehit, peptit bağlarını yıkarak proteinlerin bozulmasına neden olur (Çalışkan 2006). Proteinlerin bozulması ile ortaya çıkan amino grubunun hidrojeni (NH<sup>-</sup>), klorin (NCl<sup>-</sup>) ile yer değiştirerek kloramin oluşturur. Oluşan kloramin bakterilerin esansiyel enzimlerini okside ederek antimikrobiyal etki gösterir (Estrela ve ark 2002, Basrani ve Haapasalo 2012).

Kök kanal sistemi içerisindeki pulpa artıkları, hem bakteriler için besin kaynağı oluşturmakta hem de kanal içine uygulanan yıkama solüsyonlarının ve medikamentlerin etkinliğini azaltmaktadır (Mohammadi ve Abbott 2009). Bu nedenle kök kanal tedavisinde kullanılacak olan irrigasyon solüsyonlarının organik dokuyu çözücü özelliğe sahip olması istenmektedir (Şen 2015). NaOCI, nekrotik doku ve smear tabakasının organik komponentini çözebilme yeteneği ile irrigasyon solüsyonları arasında çok önemli bir yere sahiptir (Naenni ve ark 2004). NaOCI'in bu özelliği saponifikasyon reaksiyonu ile açıklanır. Bu reaksiyonda NaOCI, lipidleri ve aminoasitleri, yağ asiti tuzları (sabun) ve gliserole (alkol) dönüştüren, kalan çözeltinin yüzey gerilimini azaltan organik ve yağ çözücü olarak davranır (Estrela ve ark 2002, Hargreaves ve Berman 2015).

Sodyum hipokloritin etkinliği; solüsyonun konsantrasyonuna, pH'sına, dokuların solüsyona maruz kalma süresine, ısısına ve saklama koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Mutluay ve Mutluay 2015).

NaOCI, endodonti pratiğinde %0.5-%6 arasındaki konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Jeanson ve White 1994, Gomes ve ark 2001, Clegg ve ark 2006, Zehnder 2006, Hargreaves ve Berman 2015). Kök kanal tedavisi sırasında kullanılması önerilen sodyum hipoklorit konsantrasyonları konusunda ortak bir görüş bulunmamaktadır (Sundqvist ve ark 1998). Bazı *in-vitro* çalışmalar, yüksek konsantrasyonlardaki NaOCI'in *E. faecalis* ve *C. albicans'a* karşı daha etkili olduğunu göstermiştir (Waltimo ve ark 1999, Gomes ve ark 2001, Radcliffe ve ark 2004). Aksine, bazı klinik çalışmalar ise hem düşük hem de yüksek konsantrasyonların, kök kanal sistemindeki bakterileri azaltmada eşit derecede etkili olduğunu göstermiştir (Cvek ve ark 1976, Byström ve Sundqvist 1985). NaOCI'nin konsantrasyonun artmasına bağlı olarak antibakteriyel etkinliği, doku çözme özelliği ve penetrasyon

derinliği artmaktadır (Spangberg ve ark 1973, Wong ve Cheung 2014). Ancak konsantrasyonun artması periapikal dokulardaki toksisiteyi de arttırmaktadır (Gernhardt ve ark 2004). Bazı araştırıcılar, yaptıkları çalışmaların sonucuna bağlı olarak, kanaldaki solüsyonun sık tazelenmesinin, düşük konsantrasyonlu NaOCI solüsyonlarının kimyasal etkinliklerini koruyabileceğini iddia etmişlerdir (Moorer ve Wesselink 1982, Zehnder 2006, Macedo ve ark 2014). Düşük konsantrasyonlu solüsyonların kullanımı gerekli ise solüsyonun etkinliğinin farklı yöntemlerle artırılması hasta güvenliği açısından önemli kabul edilmektedir. (Şen 2015).

Vücut sıcaklığında sulu çözeltili içindeki reaktif klor, hipoklorit (OCI) veya hipokloröz asit (HOCl) olmak üzere esas olarak iki form alabilir (Dychdala 2001). Endodontik tedavide kullanılan saf hipoklorit solüsyonlarının pH'sı 12'dir (Frais ve ark 2001) ve böylece tüm mevcut klor, OCI formundadır. Ancak solüsyonun aktif antimikrobiyal maddesi olan hipokloröz asit yüksek pH'da daha az aktif form olan hipoklorit ve hipoklorit iyon tuzlarına ayrışır, bu yüzden de antimikrobiyal etkisi azalır (Hauman ve Love 2003). Dolayısı ile hipoklorit çözeltilerinin etkinliğini arttırmanın bir yolu pH'larını düşürmek olabilir. pH 6 iken HOCl konsantrasyonun maksimum ve ayrışmasının minimum olduğu bildirilmiştir (alışkan 2006). Ancak bikarbonat ile tamponlanarak pH' nın düşürülmesi solüsyonun stabilitesini azaltır ve bozunma hızını arttırır. Stabilite için önerilen pH 9'dur. Ama bu durum zaten sitotoksik olan NaOCI'nin hipokloröz asit konsantrasyon miktarının artmasına paralel olarak sitotoksitesini arttıracığından önerilen pH 11-12'dir (Pişkin ve Türkün 1995, Alaçam 2012).

Kök kanal sisteminde kullanılacak solüsyonların konsantrasyonunun yanında uygulama süresi de oldukça önemlidir (Mutluay ve Mutluay 2015). NaOCI'nin *E.faecalis* üzerine etkinliğini gösteren çalışmalar, düşük konsantrasyonlardaki solüsyonun bakteri üzerinde etki göstermesi için daha uzun süreye ihtiyaç duyulduğunu, konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak ise bu sürenin kısaldığını göstermiştir (Gomes ve ark 2001, Radcliffe ve ark 2004). Ayrıca bir başka çalışmada sodyum hipokloritin kök kanal sisteminde sınırlı bir süre kaldığı, bu süre içerisinde de doku temasına bağlı olarak etkinliğin azaldığı bu nedenle yeterli doku çözücü ve antimikrobiyal etkisinin sağlanabilmesi için, solüsyonun konsantrasyonunun

minimum %2.5 olması ve solüsyonun sık sık tazelenmesi gerektiği belirtilmiştir (Siqueira Jr ve ark 2000).

Isı artışı ve yüzey aktif maddelerin eklenmesi ile NaOCI'in yüzey geriliminin düşürülmesi, solüsyonun kök kanal sisteminin ayrıntılarına daha iyi penetre olabilmesi dolayısı ile doku çözücü ve antimikrobiyal özelliklerinin artırılması düşünülmüştür (Yang ve ark 1996, Giardino ve ark 2006, Zehnder 2006). Isıtılmış NaOCI solüsyonun doku çözme özelliğinin arttığı, organik doku ve dentin debrisini daha iyi temizlediği çalışmalarla gösterilmiştir (Thé 1979, Cunningham ve Balekjian 1980, Abou Rass ve Oglesby 1981). Ancak antimikrobiyal özellikleri üzerindeki etkisi hala tartışmalıdır. Yeterince bilimsel veri olmamasına rağmen penetrasyonun artırılmasının dentin tübülerinin daha derinlerine penetre olan mikroorganizmalarla temasa geçerek daha yüksek antimikrobiyal aktivite göstereceği iddia edilmiştir (Yang ve ark 1996, Giardino ve ark 2006).

NaOCI solüsyonlarının kimyasal stabiliteyi, ısı, ışık, konsantrasyon, pH, metal iyonları ve CO<sub>2</sub>'den etkilenmektedir (Hargreaves ve Berman 2015). Solüsyonun aktif bir şekilde kullanılabilmesi için hazırlanma ve saklanma koşullarına mutlaka uyulmalıdır (Briseño ve ark 1992). Görünür ışık, solüsyonun aktif klor içeriğinde kayba neden olmaktadır. Bu nedenle solüsyonlar opak cam, beyaz plastik, yüksek yoğunluklu polietilen veya fiberglastan yapılmış kaplar içinde saklanmalıdır (Mutluay ve Mutluay 2015).

### **1.1.2 Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA)**

EDTA, ilk olarak 1935'te Ferdinand Munz tarafından tarif edilen, etilen diamin tetra asetik asitin disodyum tuzu olan bir şelasyon ajanıdır (Alaçam 2012, Hargreaves ve Berman 2015). Şelat terimi, yengeç kısıkağı anlamı olan, Yunanca "chele" kelimesinden gelmektedir (Çalışkan 2006). Şelatlar, organik maddelerle metal iyonlarının halka şeklinde bağlanması sonucu oluşan stabil maddelerdir (Hülsmann ve ark 2003). Endodontide EDTA'nın kullanımı ilk olarak 1957'de Nygaard- Ostby tarafından önerilmiştir (Ostby 1957).

EDTA, endodontik tedavide kemomekanik işlemlerin etkinliğini arttırmak, smear tabakasını uzaklaştırmak, kök kanal sisteminde dezenfeksiyonu ve temizliği sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Niu ve ark 2002, Alaçam 2012).

Dentinin inorganik komponentinin ana bileşenleri olan fosfat ve kalsiyumun suda çözünebildiği ve dentin yüzeyine EDTA uygulandığı zaman kalsiyum iyonlarının ayrıştığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Hahn ve Reygadas 1951, Ostby 1957). Çözünmüş halde bulunan kalsiyum EDTA'ya bağlanarak çözümlenip uzaklaşmakta ve dentinden yeni kalsiyum iyonlarının çözünmesine neden olmaktadır. Bu reaksiyon dentinin demineralizasyonu ile sonuçlanmaktadır (Hülsmann ve ark 2003). Ancak EDTA, kalsiyum iyonları ile stabil kompleksler oluşturduğundan ortamda reaksiyona girebileceği uygun kalsiyum iyonu olmayınca dentin dokusunda daha fazla çözünme meydana gelmez. Dolayısı ile EDTA kendi etkisini sınırlar (self-limiting özelliği). Etkinliği sınırlayan bu durumun dentin demineralizasyonu sonucu ortaya çıkan hidrojen iyonlarının pH' yı düşürmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Seidberg ve Schilder 1974).

Kök kanal tedavisinde, mekanik şekillendirme sırasında oluşan hem organik hem de inorganik komponenti olan smear tabakasının temizlenmesi için NaOCI ve EDTA solüsyonlarının kombine kullanılması gerekmektedir (Yamada ve ark 1983, Şen ve ark 1995). NaOCI endodontide en çok kullanılan solüsyon olmasına rağmen inorganik dentin parçalarını çözemediği için kök kanalının şekillendirilmesi sırasında oluşan smear tabakasını tek başına ortadan kaldıramamaktadır (Lester 1977). EDTA'nın smear tabakasını kaldırma etkinliğini değerlendiren birçok araştırma yapılmıştır. EDTA, MTAD, NaOCI, sitrik asit ve SmearClear'ın smear tabakasını kaldırma etkisinin kıyaslandığı çalışmalarda, bu tabakaya en etkili solüsyonun EDTA olduğu gösterilmiştir (Mancini ve ark 2009, Spanó ve ark 2009, Wu ve ark 2012, Cehreli ve ark 2013).

Saf haldeki EDTA çözünmez, kokusuz, kristal yapıda beyaz bir tozdur. EDTA'nın disodyum tuzu ve distile su, sodyum hidroksitle tamponlanıp uygun konsantrasyonda kullanılmaktadır. EDTA %5-17 arasındaki konsantrasyonlarda kullanılabilir, fakat günümüzde EDTA'nın nötral pH'daki %17'lik disodyum tuzu endodontik tedavide sıklıkla tercih edilir (Serper ve Çalt 2002). Ancak bu irrigasyonun sadece smear tabakayı kaldırmayıp altındaki dentin dokusunda demineralizasyon yapıp dentinin sertliğini azalttığı bildirilmiştir (Alaçam 2012). Bu yüzden çeşitli konsantrasyon ve farklı uygulama süreleri boyunca EDTA'nın smear tabakasını kaldırma etkinliğinin değerlendirildiği araştırmalar da yapılmıştır.

Şen ve ark (2009)'nın farklı konsantrasyonlarda (%1, %5, %10, %15) EDTA solüsyonu kullanarak yaptıkları çalışmada, smear tabakasını kaldırma etkinliği açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sonuçlardan farklı olarak %8 ve %15'lik EDTA solüsyonlarının 1 ve 3 dakikalık uygulamalarının smear tabakasını kaldırma etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada, 3 dk. uygulanan %8'lik EDTA'nın smear ve debris kaldırma etkinliği daha başarılı bulunmuştur (Perez ve Rouqueyrol-Pourcel 2005). %17'lik EDTA'nın smear tabakasını 3 dk.'da etkin bir şekilde temizlediğini gösteren çalışmalar yanısıra, 7 dk.'da temizlediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Mello ve ark 2010, Poudyal ve ark 2014). EDTA kullanım süresi ile ilgili ortak bir görüş birliği mevcut değildir.

Kök kanal sisteminin NaOCl solüsyonu kullanımının ardından %17'lik EDTA solüsyonu ile irrigasyonu sonucunda, kök kanal duvarlarının daha iyi temizlendiği, smear tabakasının uzaklaştırıldığı ve dentin tübüllerinin daha net olacak şekilde görüldüğü bildirilmiştir (McComb ve ark 1976, O'Connell ve ark 2000, Serper ve Çalt 2002). Birçok araştırmacı NaOCl ve EDTA solüsyonların kombine kullanımının smear tabakasını temizlemede daha etkili olduğu konusunda fikir birliğine varmıştır (Yamada ve ark 1983, Cengiz ve ark 1990). Bu iki solüsyonun kombine kullanımı önerilse de aynı anda kullanıldıklarında aralarında birtakım kimyasal etkileşimler meydana gelmektedir. EDTA'nın, NaOCl solüsyonundaki klorini azalttığı ve bu durumun NaOCl'in nekrotik dokular ve bakteriler üzerindeki etkisini sınırlandırdığı, EDTA'nın etkinliğini ise değiştirmedeği görülmüştür ve bu yüzden de EDTA'nın hiçbir zaman NaOCl ile karıştırılmaması gerektiği ileri sürülmüştür (Niu ve ark 2002, Grawehr ve ark 2003, Hülsmann ve ark 2003, Zehnder ve ark 2005).

EDTA'nın sınırlı miktarda antimikrobiyal etkisi vardır (Patterson 1963, Sen ve ark 2000). Bu etkinin solüsyonun bakteriye uzun süreli teması sonucu bakteri dış membranındaki katyonlarla şelasyon yapmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Haapasalo ve ark 2005). Ortamda bulunan tüm şelatörlerin metal iyonları ile bağlanması tamamlandığında antimikrobiyal etkinin bittiği bildirilmiştir (Kuah ve ark 2009) . EDTA'nın antimikrobiyal etkinliği yoğunluğu ve pH'sı ile ilişkilidir (Kotula ve Bordácová 1969, Gürel ve Kıvanç 2015). EDTA'nın yoğunluğu azaldığında bakteriyel büyümenin engellendiği dar bir inhibisyon alanı oluşmaktadır (Russell 2003). Yoshida ve ark (1995)'nin yaptıkları klinik çalışmada herhangi bir

kanal içi medikament kullanmaksızın ara seansta EDTA solüsyonun ultrasonik aktivasyonun birçok bakteri türünü elimine ettiği gösterilmiştir. EDTA'nın *E.faecalis*'e karşı antimikrobiyal etkinliğinin maleik asitle kıyaslandığı bir çalışmada etkinlik benzer bulunmuştur (Ballal ve ark 2011). Şen ve ark (2000) yaptıkları çalışmada EDTA'nın *C.albicans*'a karşı etkili olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmalar, EDTA ve NaOCI solüsyonlarının tek başına kullanımları yerine, kombine kullanımlarının antimikrobiyal ve temizleme etkinliklerini oldukça arttırdığı yönünde sonuçlar bildirmektedir. (Byström ve Sunvqvist 1985, Baumgartner ve Mader 1987, Grawehr ve ark 2003).

EDTA'nın kök kanalında hidroksiapatit kristalindeki kalsiyum iyonuna bağlanması ile gerçekleşen şelasyon reaksiyonu dentin yapısındaki kalsiyum fosfor oranını değiştirmektedir (De□Deus ve ark 2006). Dentinin inorganik yapısındaki bu değişim, organik inorganik yapı oranını değiştireceğinden dentin dokusunun mikrosertliği azalırken, çözünürlülüğü ve geçirgenliği artmaktadır (Cruz-Filho ve ark 2011). Ancak şelatların etkisinin kanal genişliğine bağlı olduğu ve bu nedenle solüsyon miktarının ve değişiminin yetersiz olduğu dar kök kanalları ve bu kanalların eğri bölümlerinde bu değişikliklerin az olduğu görülmüştür (Alaçam 2012).

Kök kanal sisteminde sızdırmaz bir dolgu yapabilmek için kök kanal dolgu patlarının, güta perka konlarıyla ve kök kanal dentini ile tam bir bütün oluşturması gerekmektedir. Kök kanal dolgusunun kalitesi, kök kanal dentininin ıslanabilirliğinden, yüzey geriliminden, kullanılan irrigasyon solüsyonundan, kök kanal dolgu patının özelliklerinden ve smear tabakasından etkilenebilir (Gürel ve Kıvanç 2015). Yapılan taramalı elektron mikroskobu (SEM) çalışmaları kemomekanik hazırlık sırasında EDTA solüsyonu kullanımının dentin tübüllerinin ağzının açılmasını sağladığı yönündedir (Goldman ve ark 1982, Hülsmann ve ark 2003). EDTA kullanımı ile hem smear tabakasının kaldırılması hem de peritübüler dentinin uzaklaştırılmasından sonra dentin dokusunun geçirgenliği artmakta ve kanal dentini ile kök kanal dolgusu arasındaki sızıntıda azalma oluşmaktadır (Alaçam 2012).

### 1.1.3 Klorheksidin (CHX)

Klorheksidin, 1940'lı yılların sonlarına doğru İngiltere'de yapılan laboratuvar araştırmaları sonucunda üretilmiş, antibakteriyel etkinliği olan katyonik biguaniddir (Zehnder 2006, Alaçam 2012, Hargreaves ve Berman 2015). İlk olarak antiviral etkinlik için üretilen bu ürünün antiviral etkisinin zayıf olduğu görülmüş, antibakteriyel etkisi ise daha sonraları keşfedilmiştir. Bazik bir yapısı olan CHX, test edilen biguanidler içerisinde stabil yapısı ile en güçlü olan formdur. Ancak bu formun yapısında suda az çözünen klorheksidin asetat ve hidroklorit tuzları bulunduğu için bu maddeler klorheksidin diglukonat olarak değişim göstermiştir (Zehnder 2006, Gu ve ark 2009). Klorheksidin diglukonatın yapısında, CHX tuzu ve glukonik asit vardır (Jung ve ark 1999).

İnsan ve hayvanlarda cilt, göz ve boğaz enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılan klorheksidin ayrıca topikal antiseptik kremlerde, ürolojide kateter sterilizasyonunda ve mesane irrigasyonunda, medikal yara bandajlarında, tozlarında, sprelerinde ve kremlerinde de kullanım alanları bulunmaktadır (Aktaş ve Giray 2010, Hargreaves ve Berman 2015).

Dış hekimliğinde kullanım alanları ise, dental plak oluşumunun engellenmesi, periodontal hastalıkların tedavisi ve iyileştirilmesi, çürük profilaksisi ve kavite dezenfeksiyonu, cerrahi operasyon sonrası gelişebilecek enfeksiyonlar ve genel oral enfeksiyonlar olarak sayılabilir. Ayrıca klorheksidin son yıllarda kanal içi irrigasyon solüsyonu ve medikament olarak endodontik tedavide de kullanılmaktadır (Paquette 2000, Malkhassian 2007, Mohammadi ve Abbott 2009).

CHX molekülü, aerop ve anaeroplarda da dahil olmak üzere gram(+), gram(-) bakterilere, bakteriyel sporlara, lipofilik virüslere, maya ve dermatofitlere karşı antimikrobiyal etkilidir ve bu etkisini en çok 5.5- 7.0 pH'larda gösterir (Russell ve ark 1986, Denton 1991, Çalışkan 2006, Alaçam 2012). CHX solüsyonunun antibakteriyel etkinliğinde birçok mekanizma rol oynamaktadır. Katyonik yapıda olan CHX, gram(+) bakterilerin teikoik asit yapısının fosfat gruplarına ve gram(-) bakterilerin lipopolisakkarit yapılarına elektrostatik olarak bağlanmaktadır. Bu bağlanma, sitoplazmik membranın yapısını değiştirir ve osmotik denge bozulur. Bunun sonucunda da hücre içi komponentler hücre dışına sızar ve üreme, hücre

bölünmesi, anaerobik durum ve membran ATPaz'ı inhibe olur (Leonardo ve ark 1999, Çalışkan 2006, Alaçam 2012). Konsantrasyonuna bağlı olarak düşük yoğunlukta bakteriyostatik, yüksek yoğunlukta ise bakteriyosidal etki göstermektedir (Hargreaves ve Berman 2015).

Kök kanal sisteminde yıkama solüsyonu olarak kullanılmak üzere CHX' nin likit ve jel formları önerilmiştir. Basrani ve ark (2003) yaptıkları *in-vitro* bir çalışmada %2'lik CHX'in %0.12'lik CHX'den daha iyi bir antibakteriyel etkinliğe sahip olduğunu göstermiş ve bu nedenle antibakteriyel etki ile konsantrasyon arasında bir bağlantı olduğunu bildirmiştir. Ancak Siqueira ve ark (1998) %2 ve %0.2'lik CHX'in antimikrobiyal etkileri arasında anlamlı bir fark bulamamıştır. Ohara ve ark (1993) ise yaptıkları *in-vitro* bir çalışmada %5.25'lik NaOCl, %3'lük hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), REDTA, Ca(OH)<sub>2</sub>, %0.9'luk salin ve %0.2'lik CHX'in anaerobik mikroorganizmalara antibakteriyel etkilerini kıyaslamış ve %0.2'lik CHX' in en etkili irrigasyon solüsyonu olduğunu bildirmişlerdir.

CHX'in antimikrobiyal özellikleri birçok çalışmada incelenmiş ve en çok NaOCl solüsyonu ile karşılaştırılmıştır. Jeansonne and White (1994), yaptıkları *in-vitro* çalışmada %2' lik CHX ve %5.25'lik NaOCl solüsyonlarını antimikrobiyal etkinlik yönünden karşılaştırmışlar ve eşdeğer antimikrobiyal etkinlik gösterdiklerini belirtmişlerdir (Sen ve Turk 2009, Alaçam 2012). Bir başka *in-vitro* çalışmada, CHX %2'lik jel ile yıkanan kanallar, CHX %2'lik solüsyon ve %5.25'lik NaOCl solüsyonu ile yıkanan kanallardan daha temiz bulunmuş ve jel formun mekanik şekillendirmenin etkinliğini arttırdığı ileri sürülmüştür (Basrani ve Haapasalo 2012). Yamashita ve ark (2003) tarafından yapılan bir *in-vitro* çalışmada ise kanalların temizlenmesi için %2'lik CHX solüsyonun %2.5'lük NaOCl' den daha daha az etkin olduğu belirtilmiştir. %2 ve %0.2'lik CHX'in antimikrobiyal etkinliğinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada, farklı yoğunluktaki CHX'in *E.faecalis*'i inhibe ettiği, bu konsantrasyonların %0.5'lik NaOCl'den daha fazla ve %2.5'lik NaOCl'den ise daha az antimikrobiyal etki gösterdiği ileri sürülmüştür (Siqueira ve ark 1998).

Kanal içi medikament olarak da kullanılabilen CHX'in *in-vitro* çalışmalarla antibakteriyel etkinliğinin kalsiyum hidroksit kadar ve hatta daha iyi olduğu gösterilmiştir (Siqueira ve De Uzeda 1997). Bir hafta süreyle enfekte kök kanallarına uygulandığında kalsiyum hidroksit kadar bakterileri eliminasyonu sağlamaktadır.



(Barbosa ve ark 1997). Kalsiyum hidroksitten farklı olarak dentin üzerindeki antibakteriyel etkinliği daha uzun süre devam ettiğinden kök kanal duvarlarındaki bakteri kolonizasyonunu önlemektedir (Komorowski ve ark 2000, Basrani ve ark 2002, Basrani ve ark 2003, Basrani ve ark 2004).

Klorheksidin molekülünün katyonik yapısı, oral mukoza gibi anyonik substratlar tarafından absorbe edilebilmesini sağlar (Basrani ve Haapasalo 2012). Bu durum CHX'ne, serum veya tükürükte bulunan albümine, diş yüzeyinde bulunan pelikula, tükürük glikoproteinlerine ve mukoza yüzeyindeki proteinlere bağlanma kabiliyeti kazandırır.(Rölla ve ark 1970, Turesky ve ark 1977). Ayrıca hidroksiapatit kristalleri ve dişler tarafında da adsorbe edilebilir. CHX, bağlandığı tüm bu dokuların elektriksel alanlarını bakteri tutunmasını önleyecek şekilde değişime uğratmaktadır (Heling ve Chandler 1998).

Yapılan çalışmalar sonucunda CHX molekülü ve hidroksiapatit kristali arasında gerçekleşen reaksiyonun, tersinir olduğu tespit edilmiştir (Mohammadi ve ark 2008). CHX'in tersinir reaksiyonu, esas olarak antimikrobiyal aktiviteye yol açar ve bu, substantivite olarak adlandırılır (Hargreaves ve Berman 2015). Bu etkinin konsantrasyona ve uygulama süresine bağlı olarak değişeceği düşünülmüştür. Mohammadi ve Abbott (2009) farklı CHX konsantrasyonlarının (%4, %2, %0.2) 5 dakikalık uygulamadan sonra antimikrobiyal etkinliğini incelemiş ve sonuçların konsantrasyonla doğrudan bir ilişkisi olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada CHX'in dentin tarafından adsorbe edilecek kök kanalında 1 saatten fazla bırakılması gerektiği ve doyma noktasına ulaşıldıktan sonra, CHX'in antimikrobiyal etkisinin zamanla arttığı belirtilmiştir (Lin ve ark 2003). Mohammadi ve Abbott (2009) tarafından yapılan çalışmada CHX'in antimikrobiyal aktivitesinin 12 haftaya kadar kök kanal sisteminde kaldığı gösterilmiştir.

Düşük toksisite, geniş spektrum, güçlü antibakteriyel etkinlik ve artmış kalıcı aktivite gibi özellikleri nedeniyle son yıllarda endodontik irrigasyon solüsyonu olarak kullanımı artan CHX'in olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. CHX'in aktivitesi organik madde varlığında azalmaktadır (Portenier ve ark 2006). Kök kanal sistemindeki dentin komponentleri (hidroksiapatit ve kollajenler) mikrobiyal biyokütle ve inflamatuvar eksuda, CHX'in pH'sını değiştirerek etkinliğini azaltabilir ve önleyebilir (Adıgüzel 2015). Ayrıca CHX'in nekrotik doku çözücü özelliği

bulunmamaktadır. Bu eksikliği nedeni ile klorheksidin, kök kanal tedavisi sırasında hem organik doku çözücü hem de antimikrobiyal etkinliği olan NaOCI solüsyonu yerine tercih edilememektedir.

Kök kanal tedavisi sırasında önerilen irrigasyon protokolü organik yapıları çözmek için NaOCI, smear tabakasının uzaklaştırmak için EDTA ve antimikrobiyal aktiviteyi azaltmak için ise klorheksidin kullanımı şeklindedir (Zehnder 2006). Ancak bu solüsyonların peşpeşe kullanımı sonucu bazı istenmeyen etkileşimler olmaktadır. CHX'in NaOCI irrigasyonundan hemen sonra kullanılması parakloranilin (PCA) olarak adlandırılan, kahverengi, toksik ve kanserojen olduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konulan, bir çökelti oluşur. EDTA irrigasyonu sonrasında CHX kullanımı sonucu ise beyaz bir çökelti oluşmaktadır. Bu çökeltinin yapısı incelendiğinde %90 oranında EDTA ve klorheksidin tuzu bulunurken PCA görülmemiştir (Rasimick ve ark 2008). Bu yüzden NaOCI ve EDTA'dan sonra CHX'in kullanılması gereken durumlarda kök kanalları distile su veya alkol ile yıkanmalı ve kurutma kağıtları ile iyi bir şekilde kurutulduktan sonra klorheksidin kullanılmalıdır (Bui ve ark 2008).

#### **1.1.4 QMix**

Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonlarının hiçbiri ideal irrigasyon solüsyonundan beklenen özelliklerin tümünü karşılamamaktadır. Dolayısı ile tedavi sırasında çeşitli irrigasyon solüsyonların kombinasyonu kullanılmaktadır. Bu durum istenilen sonucu daha pratik ve etkili bir şekilde elde etmek için yeni solüsyonların geliştirilmesini sağlamıştır.

2011 yılında tanılan bir ürün olan QMix (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD), kök kanal irrigasyonu için üretilen yeni kombinasyonlardan biridir (Stojicic ve ark 2012). Alınan patente göre kullanıma hazır halde gelen QMix, bir klorheksidin analogu, bir dekalsifiye edici ajan olarak EDTA, triklosan (N-setil-N,N,N-trimetilamoniyum bromür) ve su içermektedir (Hargreaves ve Berman 2015).

QMix, klorheksidinin antimikrobiyal ve substantivite özelliklerinden, EDTA'nın da smear tabaka kaldırma yeteneğinden faydalanmak için üretilmiştir (Baldasso ve ark 2017).

Grossman ve Meiman'a göre (1982), ideal bir irrigasyon solüsyonunun düşük yüzey gerilimi olmalıdır. Düşük yüzey gerilimi, irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine ve kök kanal sisteminin mekanik şekillendirme ile ulaşılamayan alanlarına daha iyi nüfuz etmesine yardımcı olabilir (Taşman ve ark 2000). İrrigasyon solüsyonunun daha iyi nüfuz etmesi dentin yüzeyi ile teması arttıracığından debrislerin ve smear tabakasının temizlenmesini kolaylaştırır (Giardino ve ark 2006). Antiseptik ve dezenfektan olarak kullanılan, klorlu fenoksifenol türevi bir fenolik bileşik olan triklosan, bu yeni kombinasyona yüzey gerilimini düşürmek amacı ile eklenmiştir.

QMix'in endodontik tedavi sırasında final irrigasyon solüsyonu olarak kullanılması önerilmektedir. Benzersiz kimyasal tasarımı sayesinde EDTA ve CHX birbirine karıştığında QMix'te herhangi bir çökelti oluşumu gözlenmez (Stojicic ve ark 2012). QMix kullanmadan önce kök kanal sisteminde var olan NaOCI 'in PCA oluşumunun engellenmesi için serum fizyolojik solüsyonu ile yıkanması önerilmesine rağmen bu iki solüsyonun karıştırılması ile herhangi bir çökelti oluşumu da tanımlanmamıştır (Basrani ve Haapasalo 2012, Stojicic ve ark 2012, Hargreaves ve Berman 2015).

Stojic ve ark (2012) QMix'in *E.faecalis*, planktonik fazdaki karışık plak bakterileri ve biyofilmlere karşı etkinliğini bir laboratuvar modelinde incelemişlerdir (Hargreaves ve Berman 2015). QMix ve %1'lik NaOCI'in, 5 saniyede tüm planktonik *E.faecalis*'leri ve plak bakterilerini öldürdüğünü, QMix ve %2'lik NaOCI'in, %1'lik NaOCI ve %2'lik CHX'e göre biyofilmi 12 kata kadar daha fazla ortadan kaldırdığını göstermişlerdir. Aynı araştırmacılar QMix'in bakteri biofilmine karşı BioPure MTAD'dan da daha etkili olduğunu da bildirmişlerdir (Stojicic ve ark 2012).

Genç ve olgun *E.faecalis* biyofilmleri üzerine %2'lik NaOCI, %6'lık NaOCI, %2'lik CHX ve QMix'in antimikrobiyal etkinliğinin araştırıldığı başka bir çalışmada, genç biyofilme karşı %6'lık NaOCI ve QMix'in en etkili solüsyon olduğu, 3 haftalık olgun biyofilme karşı ise %6'lık NaOCI'in, QMix'ten daha etkin olduğu gösterilmiştir (Wang ve ark 2012).

Stojic ve ark (2012) QMix'in smear tabakasını kaldırma etkinliğini taramalı elektron mikroskobu kullanarak incelemişler ve %17'lik EDTA solüsyonu kadar etkin olduğu sonucunu bulmuşlardır. Ayrıca QMix kullanıldığı zaman smear tabakasının kaldırılmasından sonra daha fazla açık dentin tübülü bulunduğu da vurgulanmıştır (Stojicic ve ark 2012). Dai ve ark (2011) smear tabakası ve dentin debris üzerine QMix I (pH = 8), QMix II (pH = 7.5), distile su, %17'lik EDTA ve BioPure MTAD'ın etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında %5.25'lik NaOCl kullanımından sonra iki pH seviyesinde de QMix solüsyonun %17'lik EDTA kadar smear tabakası kaldırdığı gösterilmiştir.

## 1.2 Smear Tabakası

Dentin üzerinde çalışan el aletleri ve döner aletler mineralize dentin dokusunu parçalamakta ve düzensiz bir tabaka oluşturmaktadır. Bu tabaka ilk olarak Eick ve ark (1970) tarafından taramalı elektron mikroskobu kullanılarak tanımlanmış, smear tabakası olarak adlandırılmış ve 0.5–15 µm kalınlığındaki partiküllerden oluştuğu rapor edilmiştir.

Herhangi bir restorasyon için hazırlanan koronal kavitede oluşan smear tabakası ile kök kanallarının mekanik şekillendirmesi sırasında oluşan smear tabakası doğrudan kıyaslanamayabilir. Bu durum sadece her iki işlem için kullanılan enstrümanların farklı olmasından kaynaklanmaz aynı zamanda üzerinde çalışılan dokuların yapısal içeriğinin farklı olmasından da kaynaklanır. Dişlerin kök kanal dentinindeki tübül sayısının ve çapının kuron dentininedekine oranla fazla olması kök kanal dentini üzerindeki smear tabakasının daha çok yumuşak doku içermesine neden olabilir (Violich ve Chandler 2010).

Mekanik hazırlık yapılmış kök kanal dentini üzerindeki smear tabakasını tanımlayan ilk araştırmacılar McComb ve Smith (1975)'tir. Aynı araştırmacılar, kök kanal dentini üzerindeki smear tabakasının koronal smear tabakasından farklı olarak sadece dentin talaşı ve odontoblast uzantısı değil aynı zamanda, canlı ve nekrotik pulpa dokusu artıkları, kan hücreleri, bakteri ve biofilm dokusu ithiva ettiklerini de bulmuşlardır (McComb ve ark 1976). Bu yüzden Lester ve Boyde (1977), endodontide smear tabakasını "translokasyona uğramış inorganik dentin içerisinde tutulan organik madde" olarak tanımlamıştır.

Smear tabakasının kalınlığı ile ilgili çeşitli araştırmacıların bulduğu farklı sonuçlar mevcuttur. Goldman ve ark (1981) smear tabakasının 1 µm kalınlığında ve mekanik hazırlık yapılan kök kanal yüzeyinde genellikle inorganik doku ağırlıklı olduğunu savunmuşlardır. Mader ve ark (1984) ise smear tabakası kalınlığının genellikle 1-2 µm olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan araştırmalar sonucunda smear tabakasının yüzeyel ve dentin tübüllerine gömülü olmak üzere iki tabakadan oluştuğu bildirilmiştir. Yüzeyel smear tabakası, dentin tübüllerinin ağızları ile intertübüler dentini kaplayarak dentine gevşekçe tutunmaktadır ve 1-2 µm kalınlığındadır. Dentin tübüllerine gömülü olan smear tabakası ise 6-40 µm'e kadar uzanabilmektedir (Cameron 1983, Mader ve ark 1984). Smear tabakasının dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin kullanılan frez ve enstrümanlara bağlı olarak değişebileceği ve dentin tübülleri ve smear tabakası arasında oluşan kapiller kuvvetlere bağlı olarak da 110 µm'ye kadar ulaşabildiği rapor edilmiştir (Aktener ve ark 1989, Cehrelı ve ark 2013).

Smear tabakasının kalınlığı ve içeriği, kök kanallarının şekillendirilmesi ve temizlenmesi sırasında kullanılan aletlerin şekli, yapısı ve keskinliğine, kök kanallarının şekli ve genişliğine, şekillendirme sırasında dentin yüzeyinin ıslak ya da kuru olmasına, şekillendirme sırasında uygulanan kuvvete, kullanılan irrigasyon solüsyonun yapısı, miktarı ve uygulama yöntemine göre değişmektedir (Gilboe ve ark 1980, Mader ve ark 1984, Pashley 1984).

Mekanik şekillendirmenin ilk aşamalarında kök kanal dentin yüzeyinde oluşan smear tabakasının organik içeriği vital ya da nekrotik pulpa dokusu nedeniyle fazla olabilir (Cameron 1988). Kullanılan enstrümanın hareketine ve dentin duvarına yakınlığına bağlı olarak artan merkezkaç kuvvetleri, şelasyon ajanları ile uzaklaştırmaya daha dirençli olan kalın bir smear tabakası oluşturmaktadır (Jodaikin ve Austin 1981). Gates glidden veya post yuvası açan frezlerle el aletlerine göre hacim olarak daha fazla ve dirençli bir smear tabakası oluşturulmaktadır (Alaçam 2012).

### **1.2.1 Kök kanal tedavisinde smear tabakasının önemi**

Smear tabakasının kök kanal sisteminde bırakılması ya da bu sistemden uzaklaştırılması ile ilgili birbirinden farklı görüşler mevcuttur (Williams ve Goldman

1985, Shahravan ve ark 2007). Bazı araştışıcılara göre smear tabakası dentin tübüllerinin üzerini kapladığından, bakteri ve bakteri metabolitlerine karşı mekanik bir bariyer oluşturmaktadır. Pasif hareketi smear tabakası ile durdurulan mikroorganizmaların dentin tübüllerine invazyonunu engellemektedir (Michelich ve ark 1980, Drake ve ark 1994, Alaçam 2012).

Ancak smear tabakasının geçirgen olduğu, bazı bakterilerin ve ürünlerinin smear tabakayı parçalayıp sindirdiği gösterilmiştir (Meryon ve Brook 1990). Bu yüzden smear tabakasının bakteriler için kesin bir engel olmadığı ve bakterilerin sızmasına, bakteri ürünlerinin dentin tübüllerine ve periapikal dokulara geçmesine neden olabileceği de bildirilmiştir (Alaçam 2012).

Görüş ayrılıklarına rağmen smear tabakasının kök kanal dentininden uzaklaştırılması yönündeki fikir birliği oldukça gcldr (Ekim ve Erdemir 2015). Araştışmacıların smear tabakasının kaldırılması ile ilgili gerekçeleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Smear tabakasının yapısı ve içeriği çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebileceğinden ve büyük bir kısmı sudan oluştuğundan, kalınlığı ve hacmi tahmin edilemez. Stabilitenin ve yoğunluğunun düşük olması ve homojen olmaması sızıntıya neden olmaktadır (Cergneux ve ark 1987).
2. Smear tabakası bakteri, bakteri ürünleri ve nekrotik doku içermektedir. Bu bakteriler canlılıklarını sürdürebildikleri gibi çoğalıp mikrobiyal rezervuar oluşturabilecek şekilde dentin tübülleri içerisine de penetre olabilmektedir (Bra ve Nyborg 1973, McComb ve Smith 1975, Akpata ve Blechman 1982, Yamada ve ark 1983, Pashley 1984, Williams ve Goldman 1985, Meryon ve Brook 1990).
3. Smear tabakası bakteriler için substrat görevi grdğunden dentin tübüllerinde bakterilerin daha da derine nüfuz etmelerine neden olabilir (George ve ark 2005) .
4. Smear tabakasının varlığı kullanılan irrigasyon solüsyonları ve kanal içi medikamentlerin dentin tübüllerine penetrasyon derinliğini sınırlandırmakta ve durdurmaktadır (McComb ve Smith 1975, Wayman ve ark 1979, Yamada ve ark 1983). Bakterilerin dentin tübüllerinin derinlerinde bulanabileceği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir.(Byström ve

Sundqvist 1981, Byström ve Sundqvist 1983, Byström ve Sundqvist 1985). Kök kanal dentini üzerinden smear tabakasının çıkarılmasının ardından, dentin tübülündeki bakterilerin kolaylıkla yok edilebileceğini belirtmiştir (Brännström 1984).

5. Smear tabakası kök kanal dolgu malzemesi ve kök kanal duvarı arasında bariyer görevi gördüğünden kök kanal dolumunun yeterli şekilde tıkama yapmasına engel olur (Lester 1977, Cergneux ve ark 1987, Czonstkowsky ve ark 1990). Taramalı elektron mikroskop kullanılarak yapılan bir çalışmada, smear tabakasının dentin tübülleri içine kök kanal dolgu materyallerinin penetrasyonunu önlediği gösterilmiş ve kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarı arasında sızıntıya sebep olacağından kök kanalları doldurulmadan önce uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir (Ørstavik ve Haapasalo 1990).
6. Smear tabakasının dentin duvarlarına bağlantısının zayıf olması da kök kanal duvarlarından temizlenmemesi durumunda, hem kök kanal dolgusunun zayıf olmasına hem de dolum sonrası mikrobiyal sızıntıya neden olabilir (McComb ve Smith 1975, Goldman ve ark 1981, Mader ve ark 1984, Cameron 1987, Meryon ve Brook 1990).

### **1.2.2 Smear tabakasını uzaklaştırmada irrigasyonun önemi**

Kök kanal tedavisi, kemomekanik yöntemlerle bakteriler ve enfekte kanal dentinin temizlenmesinden sonra kök kanal sisteminin sızdırmaz şekilde doldurulması işlemidir. Yapılan tedavinin prognozunu etkileyen faktörler arasında en önemli olanlardan birisi kök kanal dolgusunun kanal duvarlarına olan sıkı adaptasyonudur (Violich ve Chandler 2010). Smear tabakasının apikal ve koronalde kök kanal dolumu üzerindeki etkisini anlamak için birçok çalışma yapılmıştır (Karagöz Küçükay ve Bayirli 1994, Goya ve ark 2000, Clark-Holke ve ark 2003, Çobankara ve ark 2004). Bu çalışmalarla smear tabakasının kök kanal sisteminden mutlaka temizlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Günümüze kadar smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla birçok materyal ve uygulama tekniğinden yararlanılmıştır. Smear tabakasının uzaklaştırılması, kök kanal dolumunun kalitesini etkilemesi yanında irrigasyon solüsyonlarının, kanal içi medikamentlerin ve post yapıştırma simanlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun

sağlanması açısından da önem taşımaktadır. Bu yüzden kök kanal sisteminin mekanik şekillendirme sırasında ve sonrasında debris kalıntıları ve smear tabakayı kaldırmaya yönelik olarak organik ve inorganik doku çözücü ve aynı zamanda antimikrobiyal özellikli irrigasyon solüsyonları ile yıkanması gerekmektedir (Goldman ve ark 1981, Goldman ve ark 1982).

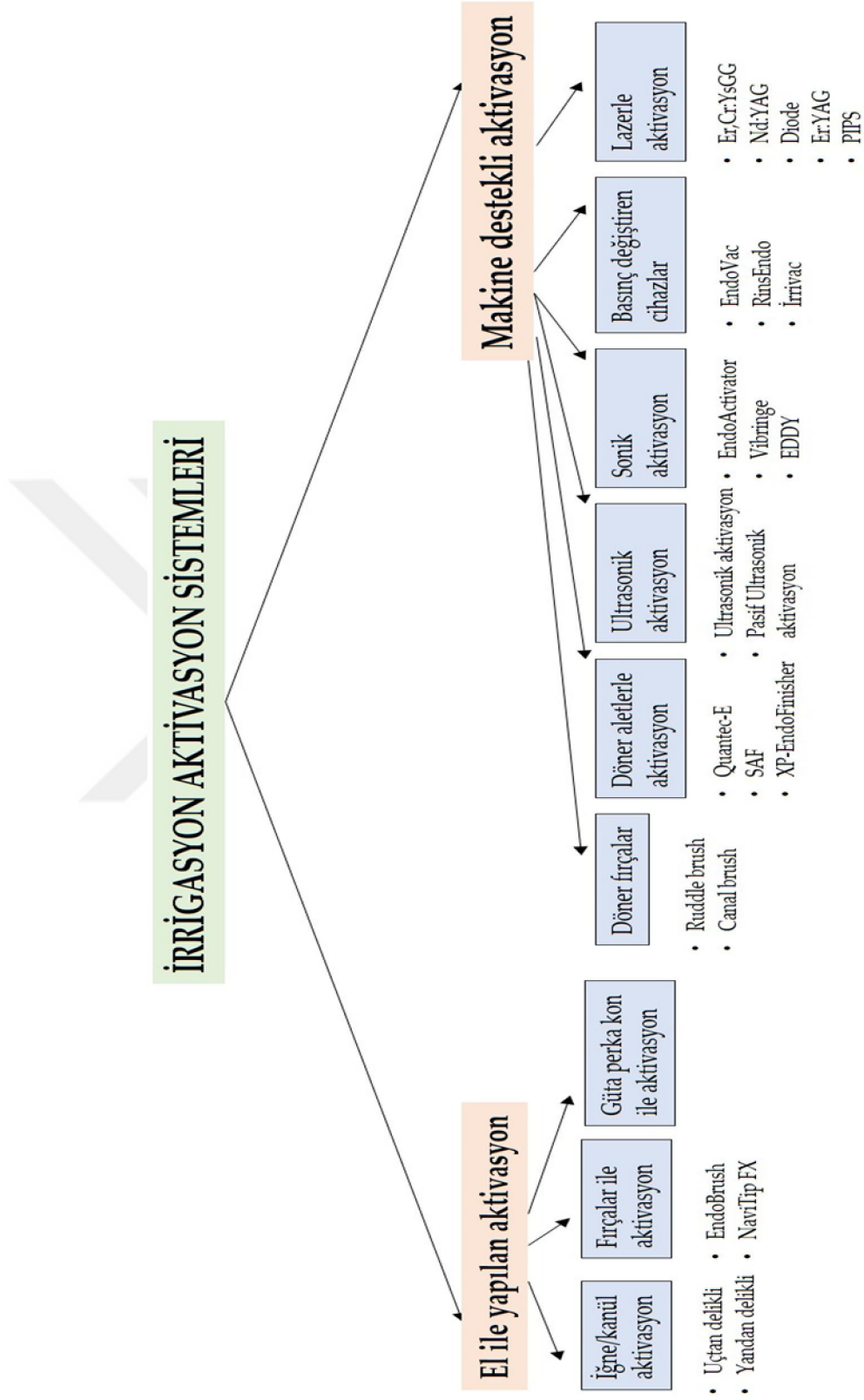
### **1.3 İrrigasyon İşleminin Etkinliğinin Artırılması**

Endodontik tedavi sırasında kök kanal sisteminden vital ve nekrotik pulpa dokusu, mikroorganizma ve toksinler, dentin talaşları ve smear tabakasının temizlenmesi kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için gerekli en önemli aşamalardandır (Siqueira Jr ve Rôças 2008, Ekim ve Erdemir 2015). Ancak kök kanal sisteminin kompleks yapısı, isthmuslar, apikal deltalar, oval çıkıntılar, lateral kanallar gibi bölgelere sadece mekanik şekillendirme yöntemleri ile ulaşılamamakta, smear tabakası ve debris için sığınak görevi gören bu alanlara ulaşmak için irrigasyondan faydalanılmaktadır.

Bilinen irrigasyon solüsyonlarının tek başlarına ve sadece kimyasal özellikleriyle bu alanları tamamen temizlemedeki yetersizlikleri, onların kombine kullanım ve/veya mekanik aktivasyon işlemlerine tabi tutulmalarını gerektirmektedir (Wu ve Wesselink 2001, Arslan ve ark 2014a). Zira son yıllarda yapılan çalışmalarda kullanılan irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi ile kök kanal sisteminde mekanik şekillendirme ile ulaşılamayan alanların, dentin debrisinin ve smear tabakasının daha etkin bir şekilde temizlenebileceği gösterilmiştir (De Moor ve ark 2010, Peters ve ark 2011). Güncel irrigasyon akitvasyon sistemleri Tablo 1.3.1'de gösterilmektedir.



Tablo 1.3.1. Güncel irrigrasyon aktivasyon sistemleri



### 1.3.1 Manuel aktivasyon sistemleri

#### 1.3.1.1 İğne ya da kanül kullanılarak elle yapılan irrigasyon

Diş hekimleri ve endodonti uzmanları tarafından yaygın olarak kullanılan bu yöntemde çeşitli çaplardaki iğne ya da kanüller pasif olarak ya da aktivasyon yapılarak uygulanır. Şırınga ile yapılan pasif irrigasyonda solüsyonun değişimi iğne ucunun 1-1.5 mm'si ile sınırlıdır (Zehnder 2006). Aktivasyon, iğne ucunun kök kanalında aşağı yukarı hareketi ile sağlanır. Kök kanal sistemindeki temizleme etkinliği, sıvı akışının hacmi ve hızı ile orantılıdır (Boutsoukis ve ark 2009). Bu yüzden hem iğnenin çapı hem de ucunun konumlandırıldığı yer kemomekanik debridmanın miktarını da belirler. Kök kanalının apikal kısmında solüsyon değişimini sağlamak için çalışma uzunluğuna yakın yerleştirmek gereklidir, ancak apikal dokulara ekstrüzyondan kaçınmak için de dikkatli olunmalıdır (Hargreaves ve Berman 2015).

Solüsyonun apikal dokulara ekstrüzyonunun engellenebilmesi için ilk defa Goldman ve ark (1976) tanıtılan yandan delikli endodontik irrigasyon iğneleri geliştirilmiştir (Hauser ve ark 2007). Ucu kapalı olan bu iğneler, hidrodinamik etkileri ile geleneksel iğnelere oranla daha fazla solüsyonun dağılmasını sağlamaktadır (Goldman ve ark 1979).

Farklı çaplarda ve tiplerde irrigasyon iğneleri bulunmaktadır (Chow 1983). İrrigasyon iğnesinin çapı, kök kanalının çapına ve taperına göre uygun olarak seçilmelidir (Nguy ve Sedgley 2006, Mickel ve ark 2007). Falk ve Sedgley (2005) apikal genişliğin #40'dan küçük olduğu durumlarda şırınga irrigasyonunun etkinliğinin yeterli olmadığını göstermişlerdir. Kök kanal sisteminin etkili bir şekilde temizlenmesi ve apikal kısımda debris ya da smear tabakasının birikmesini önlemek için küçük çaplı bir iğne ile kanal içeriği aralıklı olarak yıkanmalıdır (Mayer ve ark 2002, Van der Sluis ve ark 2005a). Kök kanal tedavisi sırasında genellikle 27 ya da 28 gauge'luk iğneler tercih edilmektedir.

İrrigasyon yapılırken, iğne ucunun kök kanalında sıkışmaması ve serbest hareket etmesi önemlidir. Bu durum irrigasyon solüsyonunun kök kanalından koronale doğru geri akmasını ve böylece debrisin de dışarı doğru hareketini sağlar. Ayrıca

iğnenin yerleştirileceği derinlik rahatça belirlenebilir ve kullanılan irrigasyon solüsyonu miktarı ölçülebilir (Van der Sluis ve ark 2006).

### **1.3.1.2 Fırçalar**

Fırça ile kaplı irrigasyon iğneleri solüsyonun kök kanalına gönderilmesinden çok kök kanalında bulunan vital ve nekrotik artıkların, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında ve irrigasyon solüsyonunun aktive edilmesinde kullanılmaktadır (Çapar ve Aydınbelge 2015, Ekim ve Erdemir 2015). Bu amaç için kullanılmak üzere EndoBrush (C&S Microinstruments Ltd., Markham, Ontario, Kanada) ve NaviTip-FX (Ultradent Products Inc., Güney Ürdün, UT) geliştirilmiştir.

EndoBrush, kök kanal sistemindeki debrisleri temizlemek için tasarlanmış, sap kısmı bulunan, bükülmüş bir tel üzerinde yerleştirilmiş naylon kıllardan oluşan spiral şekilli endodontik fırçadır. Yapılan bir çalışmada EndoBrush'ın aktif fırçalama ve rotasyon hareketinin kök kanal debridmanını sağlamada etkin bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Ancak EndoBrush, çapının büyük olması nedeniyle tam olarak çalışma boyunda kullanılamaz, bu durum fırça kullanımından sonra apikal bölümde dentin debris birikmesine neden olabilir (Keir ve ark 1990).

NaviTip-FX, ise 30 gauge'luk irrigasyon iğnesinin fırça ile kaplanması sonucu üretilmiştir. Irrigasyon sırasında aşağı ve yukarı doğru hareketi, fırçanın daha etkin temizlik yapmasını sağlamaktadır. NaviTip-FX'in, fırça ile kaplı olmayan aynı çaptaki irrigasyon iğnesi ile etkinliklerinin kıyaslandığı bir çalışmada kök kanal sisteminin koronal kısmında bulunan debrislerin uzaklaştırılmasında NaviTip-FX'in daha etkin olduğu bulunmuştur (Al-Hadlaq ve ark 2006).

Bu fırçaların olumsuz yönü ise kök kanal sistemi içerisinde herhangi bir nedenle fırça kıllarının kopması durumunda radyolüsent karakterleri nedeniyle klinisyenler tarafından kolay teşhis edilememesidir (Gu ve ark 2009).

### **1.3.1.3 Güta-perka kon ile yapılan dinamik aktivasyon (GPA)**

Mekanik şekillendirme ile genişletilmesi tamamlanmış kök kanalında en son kullanılan apikal eğenin çapına uygun güta perka konun kök kanalında ileri geri (2-3 mm'lik) hareketiyle oluşan hidrodinamik etkiye bağlı irrigasyon yöntemidir (Gu ve ark 2009, Ekim ve Erdemir 2015). Bu yöntemde de amaç diğer yöntemlerde olduğu

gibi kullanılan irrigasyon solüsyonunun kök kanal sistemine temasını arttırmaktır. Ancak kök kanalının ucu kapalı olduğu için apikale doğru gönderilen solüsyon sıkışan hava (vapor-lock etkisi) nedeni ile bu alana iletilemez (Tay ve ark 2010). GPA ile solüsyon aktive edildiğinde kök kanalı içindeki basınç değişir, solüsyonun hareketi ve temas ettiği alan artar (Caron 2007). Basitliği ve düşük maliyeti nedeniyle klinik uygulamalarda tercih edilen bir irrigasyon aktivasyon yöntemi olabilir.

McGill ve ark (2008) ile Huang ve ark (2008), GPA'nın, *ex-vivo* moleküler biyofilm modeli üzerine konvansiyonel irrigasyon ve otomatik dinamik irrigasyon sisteminden (RinseEndo, Dürr Dental Co., Bietigheim-Bissingen, Almanya) daha etkin olduğunu belirtmişlerdir.

Bu yöntemin etkili olma nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Kök kanalına uyumlu bir güta-perka konu itme çekme hareketi sırasında kanal içi basıncı artırır ve basıncın etkisi ile mekanik şekillendirme sırasında dokunulmamış alanlara solüsyonun dağılması sağlanabilir.

-30 saniyede 100 vuruşun oluşturduğu türbülans (3.3 Hz), RinseEndo'ya (1.6 Hz) göre daha fazladır.

-Ayrıca taze reaksiyona girmemiş solüsyonun, reaksiyona girmiş solüsyon ile daha iyi karışmasını sağlar (Wiggins ve Ottino 2004).

### **1.3.2 Mekanik aktivasyon teknikleri**

#### **1.3.2.1 Döner aletler ile kullanılan fırçalar**

Ruddle, smear tabakası ve dentin debrisini temizlemek için mikro fırçaların kullanımını tanımlayan ilk araştırmacıdır. Tanımlanan bu mikro fırça 300 rpm hızla çalışan, bir shaft ve sapın uzak ucundan uzanan konik bir fırça bölümü içerir. Fırça bölümü ise merkezi bir tel tabanından radyal olarak uzanan çok sayıda kıl içerir (Ruddle 2001). Fırçanın hareketi sayesinde apikal kısımdaki dentin debrisi koronal kısma doğru taşınır.

Bu amaçla üretilen diğer bir mikro fırça ise CanalBrush'tır (CB, Roeko CanalBrush, Coltene/Whaledent, Langenau, Almanya). Son derece fleksibil yapıda olan fırça polipropilen kıllardan oluşur. Hem elle hem de döner alete takılarak kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak döner aletle 600 rpm hızda çalıştığında daha etkili olduğu bulunmuştur (Garip ve ark 2010). Weise ve ark (2007) CanalBrush 'ın simüle edilmiş kanal düzensizliklerinden debrisini etkili bir şekilde uzaklaştırdığını göstermişlerdir. CanalBrush, pasif ultrasonik aktivasyon (PUA) ve geleneksel irrigasyonun debris ve smear tabakası temizleme etkinliğinin kıyaslandığı bir çalışmada ise CanalBrush ile PUA 'un etkinlikleri arasında fark olmadığı, her iki yöntemin de geleneksel irrigasyon yönteminden daha etkin olduğunu bildirmiştir.

### **1.3.2.2 Döner sistemlerle eğelemede kullanılan sürekli irrigasyon**

Quantec-E irrigasyon sistemi (SybronEndo, Orange, CA), sahip olduğu iki sıvı haznesi yardımıyla döner aletle eğeleme sırasında devamlı irrigasyon sağlar. İdeal olarak, bu şekilde devamlı yapılan irrigasyondan, kullanılan solüsyon miktarının ve dolayısıyla da solüsyonun kök kanalına temas süresinin artmasına bağlı olarak penetrasyon derinliğinin artması beklenir (Gu ve ark 2009).

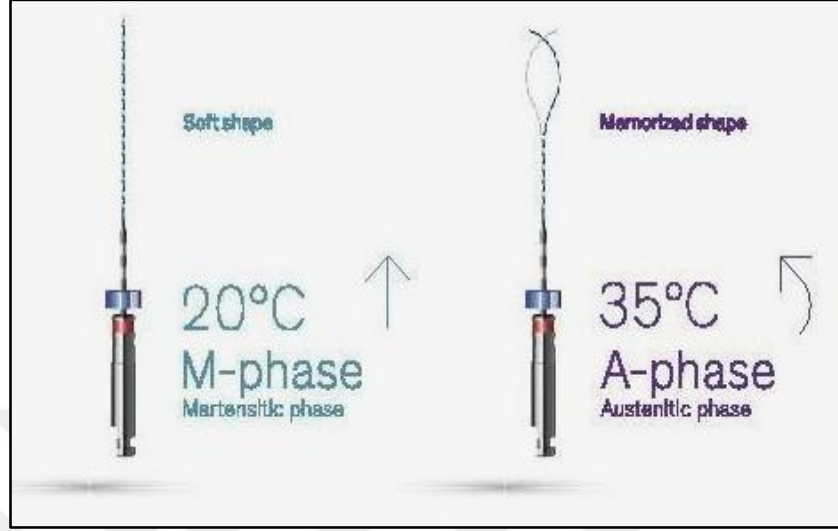
İğne irrigasyonu ile kıyaslandığında, Quantec-E irrigasyon sistemi kök kanallarının koronal üçlüsünde daha temiz kanal duvarları oluşturmuş ve daha fazla debris ve smear tabakası temizlemiştir. Ancak aynı avantajları orta ve apikal üçlüde göstermemiştir (Setlock ve ark 2003). Walters ve ark (2002)'nin da benzer şekilde yaptıkları araştırma bu sonucu desteklemektedir.

### **XP-EndoFinisher**

XP-EndoFinisher (XP) (FKG Dentaire; La Chaux-de-Fonds, İsviçre), kök kanal sisteminin dezenfeksiyon protokolünde son adımda kullanılmak üzere geliştirilmiş yeni bir endodontik eğe sistemidir. Kök kanal sisteminin mekanik hazırlığından sonra kullanılmak üzere irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini artırmak için yardımcı bir yaklaşım olarak tanıtılmıştır (SA 2016).

Bu eğe sistemi NiTi MaxWire teknolojisi (Martensit-ostenit) ile üretilmiş özel alaşımdan yapılmıştır. MaxWire teknolojisi ile üretilen eğeler, oda sıcaklığında iken M-fazında ve düzdür. Kök kanalı içine yerleştirildiğinde, vücut sıcaklığına maruz

kaldıklarında, moleküler hafızasındaki A-fazına bağlı olarak şekil değiştirirler. Aldıkları kıvrımlı form irrigasyon solüsyonları ile birlikte standart enstrümanlarla ulaşılması ve temizlenmesi imkansız olan alanları temizleyebilmektedir (SA 2016).



Şekil 1.3.2.2.1. XP EndoFinisher

Kesme özelliği olmayan eğenin uzunluğu 21mm, apikal çapı #25 ve taperı 00'dır. Apikali #25'den büyük olan kök kanalında kullanılmalıdır. Özgün kök kanal anatomisine saygı gösteren ve artan esnekliği ile kök kanalına üç boyutlu olarak adapte olabilen özelliği sayesinde düzensiz bölgeleri etkili bir şekilde temizleyebilmektedir (Endo 2016). Üretici firmanın önerisi ile ege tork kontrollü endodontik motor ile 800 rpm hız ve 1 Ncm tork ile çalıştırılır. Çalışma boyuna yerleştirilen ege 7-8 mm'lik dikey hareketler yapılarak kullanılır (Leoni ve ark 2017). A-fazına bağlı olarak şekli değişen eğenin rotasyon hareketi sırasında yarı çapı 1,5 mm olan, 3mm'lik bir ekspansiyon alanı oluşmaktadır. Bu durum eğenin kök kanal duvarına temasını arttırmaktadır (Hamdan ve ark 2017).

Yapak oluklardan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  temizleme etkinliğinin değerlendirildiği bir çalışmada; XP-Endo Finisher, pasif ultrasonik aktivasyon (PUA) ve konvansiyonel şırınga irrigasyonu kıyaslanmış ve XP-Endo Finisher ve PUA'un konvansiyonel yöntemden daha etkin olduğu gösterilmiştir (Wigler ve ark 2017). Smear tabakası ve debris temizleme etkinliğinin EndoActivator ile kıyaslandığı başka bir çalışmada ise iki grup arasında herhangi bir fark bulunamamıştır (Elnaghy ve ark 2017). XP-Endo Finisher ege sistemi yeni geliştirilmiş bir sistem olduğundan etkinliği ile ilgili fikir birliği için çok fazla araştırma mevcut değildir.

### 1.3.2.3 Sonik sistemler

Sonik sistemlerin endodonti pratiğinde kullanımı 1985 yılında Tronstad ve ark tarafından başlatılmıştır. Ultrasonik sistemlerden daha düşük frekans hızı (1-6 Khz) olan sonik sistemlerin daha az makaslama stresi oluşturduğu da bilinmektedir (Ahmad ve ark 1987). Sonik sistemlerle yapılan irrigasyonda, solüsyona kök kanalında bir eğe (Rispi Sonic, Shaper Sonic, Heli Sonic gibi eğeler) yardımıyla, eğenin yatay yönünde enerji verilir (Waplinton ve ark 1995). Bu enerji ile eğenin uç noktasında bir uç-nokta, sap noktasında da bir karşı nokta oluşur (Ruddle 2015). Bu iki nokta arasında biriken enerji sayesinde solüsyon aktive edilmiş olur. Aktivasyon sırasında solüsyonda kavitasyonlar ve akustik bir akış oluşur. Ege etrafında oluşan akustik akış sayesinde solüsyonun duvarlara teması artar ve apikalde sıkışan hava yer değiştirip yüzeye çıkmaya çalışır. Kavitasyonlar ise kullanılan solüsyon içerisindeki hava kabarcıklarının enerji üreterek patlaması sonucu ile oluşur (Van der Sluis ve ark 2006).

Geleneksel olarak sonik irrigasyon, mekanik şekillendirme tamamlandıktan sonra MM 1500 sonik angldrüyaya (Medidenta International Inc., Woodside, ABD) takılan Rispisonic isimli ege ile yapılmaktaydı. Ancak bu eğenin üniform olmayan konikliği ve ege yüzeyinin pürüzlü olması kök kanal duvarına zarar verebilmekteydi (Gu ve ark 2009). Bu olumsuz durumları ortadan kaldırmak amacı ile son yıllarda EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD), Vibringe (Vibringe B.V. Corp., Amsterdam, Hollanda) ve EDDY (VDW, Münih, Almanya) sonik irrigasyon aktivasyon sistemleri geliştirilmiştir.

EndoActivator, taşınabilir bir mikromotor ve polimer yapıda, tek kullanımlık ve farklı 3 boyutta uçtan oluşan bir sistemdir. Sağlam ve esnek yapısı nedeniyle kolaylıkla kırılmayan uçlar, yumuşak yapısı sayesinde dentinde kesme işlemi yapmaz (Gu ve ark 2009). Sistemin 0.2, #15, 0.4, #25 ve 0.4, #35 taper ve çapta, uzunlukları 22 mm olan 3 adet ucu bulunmaktadır.

Sonik enerji ve ucun ileri geri hareketi sonucu oluşan enerjinin birleşmesi sinerjik olarak güçlü bir hidrodinamik fenomen üretir. Bu fenomen EndoActivator'ün çalışma mekanizmasını açıklar (Ruddle 2002). Mekanik şekillendirilmesi tamamlanmış kök kanalında çalışma boyundan 2 mm kısa olacak

şekilde gevşek bir biçimde duran bir uç seçilmelidir. Cihazın hız seçenekleri dakikada 2.000, 6.000, ve 10.000 devir (rpm) şeklindedir. Genel olarak dakikada 10.000 devirin debris, smear tabakası ve biyofilm temizlemede etkin olduğu gösterilmiştir. Solüsyon aktivasyonu için kullanılan bu uçların radyolüsent karakterde olmaları dezavantajlarıdır, ancak bu durum polimere bir radyoaktif madde katılarak düzeltilebilir (Gu ve ark 2009). EndoActivator sisteminin lateral kanallarda biriken debrisin temizlenmesinde, smear tabakasının uzaklaştırılmasında ve molar dişlerin eğimli kök kanallarındaki simüle edilmiş bakteriyel biyofilm tabakasının eliminasyonunda etkili olduğu rapor edilmiştir (Caron 2007).

Vibringe, piyasada nispeten yeni sayılabilecek bir başka sonik aktivasyon sistemidir. Bu sistem, özel olarak tasarlanmış tek kullanımlık bir şırıngaya uyan kablosuz bir el aletidir. Standart, 10 ml hazneli pistonu olan ve ucuna istenilen çap ve türde irrigasyon iğnesi takılabilen cihaz, kök kanal sistemine sürekli olarak atımlı irrigasyon sağlar. Akustik akış ile birlikte sonik akış teknolojisini kullanır (Bolles ve ark 2013). Rödig ve ark (2010)'nın şırınga irrigasyonu, Vibringe ve pasif ultrasonik aktivasyonun (PUA), simüle edilen kök kanal düzensizliklerinden debris uzaklaştırma etkinliklerini inceledikleri bir çalışmada PUA, Vibringe ve şırınga irrigasyonundan daha etkili bulunmuşken, Vibringe'in şırınga irrigasyonundan daha etkili olduğu gösterilmiştir. Dar kanalların ve istmusların debridmanın kıyaslandığı başka bir araştırmada da yandan delikli irrigasyon iğnesi ve Vibringe sistemi kıyaslanmış ve iki grup arasında kanal içinde kalan debris miktarı bakımından fark olmadığı bildirilirken istmusların temizliğinde Vibringe sisteminin daha etkin olduğu vurgulanmıştır (Johnson ve ark 2012).

Piyasaya sürülen bir diğer yeni sonik aktivasyon sistemi ise EDDY'dir (VDW, Münih, Almanya). #25, 0.4 çap ve taperda esnek poliamidden ucu bulunmaktadır. Steril ve tek kullanımlık olan uçların dentin üzerinde herhangi bir kesiciliği mevcut değildir. Üretici firmanın iddiasında göre, ultrasonik aktivasyon cihazlarında görülen sınırlamalar olmaksızın karmaşık kök kanal sistemlerinin etkin bir şekilde temizlenmesini sağlamaktadır. EDDY, dental ünit cihazına takılan bir el aleti (Air Scaler) ile 5-6 kHz frekansında çalışmaktadır. EDDY'nin, kullanılan solüsyonda yarattığı kavitasyonlar ve akustik akış, solüsyonun 3 boyutlu hareketini ve aktivasyonunu sağlamaktadır. Şırınga irrigasyonu, EndoActivator ve PUA'un smear



tabakası üzerinde etkinliklerinin taramalı elektron mikroskobu ile incelendiği bir çalışmada EDDY'nin PUA kadar etkin olduğu gösterilmiştir (Urban ve ark 2017). Bununla birlikte, sonik aktivasyon sistemi EDDY'nin etkinliğine ilişkin yapılmış çok fazla araştırma bulunmamaktadır.

#### 1.3.2.4 Ultrasonik sistemler

Ultrasonik cihazların, endodontik tedavide kullanımı ilk olarak Richman tarafından 1957'de gerçekleştirilmiştir (Richman 1957). Günümüzde ultrasonik cihazların endodontide çok geniş bir kullanım alanı mevcuttur. Kalsifiye kanalların bulunmasında, kanal içindeki post ve kırık aletin çıkarılmasında, endodontik cerrahide kavite hazırlanmasında, gütta-perka kondensasyonunda, mineral trioksit agregat (MTA) yerleştirilmesinde, kök kanalının şekillendirilmesinde ve irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunda kullanılabilirlerdir.

Sonik enerjiyle kıyaslandığında ultrasonik enerji, daha yüksek frekanslar (25-40 kHz) üretir, ancak düşük genliklere sahiptir (Çapar ve Aydınbelge 2015). Ultrasonik sistemlerin çalışması sırasında kullanılan eğeye iletilen enerji, eğe boyunca enine vibrasyonlara neden olmaktadır. Bu vibrasyonlar, kullanılan solüsyonlarda akustik bir enerji ve aktivasyon oluşturmaktadır. Literatürde solüsyonların ultrasonik yöntemlerle aktivasyonu ile ilgili tanımlanmış iki yöntem mevcuttur (Gu ve ark 2009).

Bu yöntemlerden birinde aktivasyon sırasında kök kanal sisteminde yerleştirilen uç aynı zamanda mekanik olarak şekillendirme de yapar ve bu yüzden ultrasonik aktivasyon (UA) olarak adlandırılır. Diğer yöntemde ise aktivasyon sırasında ultrasonik ucun yaptığı herhangi bir şekillendirme mevcut değildir ve pasif ultrasonik aktivasyon (PUA) olarak adlandırılır. PUA, şırınga ile uygulanan aralıklı ultrasonik aktivasyon ya da ultrasonik uçla devamlı ultrasonik aktivasyon olmak üzere iki farklı yöntemle uygulanabilir (Van der Sluis ve ark 2007).

Aralıklı ultrasonik irrigasyonda kullanılan solüsyon, kök kanal sistemine şırınga yardımı ile gönderilir ve ardından kök kanalındaki solüsyon aktive edilir. Her aktivasyondan sonra kök kanal sistemine tekrar solüsyon gönderilir. Kullanılan şırınganın yerleştirildiği derinlik ve kök kanal sistemine gönderilen solüsyon miktarı bilindiğinden apikal dokular için güvenilir bir yöntem olarak kabul edilir. Devamlı

ultrasonik irrigasyonda ise cihaz kullanılırken aynı anda kök kanal sistemine irrigasyon solüsyonun gönderilir (Gu ve ark 2009). Van der Sluis ve ark (2006) yaptıkları bir çalışma yeterli süre kullanıldığında her iki yöntemde *ex-vivo* örneklerde etkin şekilde temizlik sağladığını göstermişlerdir.

Endosonik sistemlerle ilgili yapılan çalışmaların bir kısmı UA 'un kök kanal sisteminin debridmanında konvansiyonel yöntemden daha etkin olduğunu gösterirken (Archer ve ark 1992, Lee ve ark 2004a, Van der Sluis ve ark 2005a) bir kısmı da primer temizlik ve şekillendirme tekniği olarak kullanıldığında başarısız olduğunu göstermektedir (Weller ve ark 1980, Walker ve Carlos 1991). Ayrıca UA sırasında cihazın dentin kesme etkinliği kontrol edilemediğinden düzensiz kök kanal duvarları ve strip perforasyonlar oluşabilmektedir. Ultrasonik uçların ise çalışma sırasında etkin olabilmesi için kök kanal duvarlarına temas etmemesi ve serbestçe hareket etmesi gerekmektedir (Lumley ve ark 1992). Bu yüzden yapılan çalışmalarla PUA'un debris, smear tabakası ve pulpa dokusunu temizlemede UA'dan daha etkin olduğu gösterilmiştir (Lee ve ark 2004a, Van der Sluis ve ark 2005a).

Kök kanal sistemin mekanik şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra küçük numaralı bir eğe veya düz bir uç kök kanalının merkezine yerleştirilir ve apekse yaklaştırılacak (çalışma boyundan 1mm kısa olacak şekilde) kadar ilerletilir. Kök kanal sistemi irrigasyon solüsyonu ile doldurulur ve solüsyon aktive edilir. PUA yapılırken kullanılan eğenin apikal çapının #15 ya da #20 olması önerilir. Böylece kullanılan eğeler kök kanalında rahatça salınım yapar ve solüsyon kök kanalının apikaline kadar iletilebilir. Apikal çapı #25 olan eğenin kök kanalında yeterince salınım yapamadığı gösterilmiştir (Ahmad ve ark 1987).

### **1.3.2.5 Ardışık düzenli basınç oluşturan cihazlar**

Etkili debris debridmanı ve smear tabakası uzaklaştırma için irrigasyon solüsyonunun kök kanal sisteminin bütününe teması sağlanmalıdır. Bu amaçla şırınganın penetrasyon derinliği olabildiğince attırılır ancak bunu yaparken solüsyonun apikal dokulara iatrojenik olarak ekstrüze olmaması için dikkatli olunmalıdır. Irrigasyon ve aspirasyonun aynı anda yapılabilmesi için geliştirilen sistemler bu sorunu çözmeyi amaçlamaktadır (Gu ve ark 2009). RinsEndo (Dürr-

Dental, Bittigheim-Bissingen, Almanya) ve EndoVac (Discus Dental, Culver City, Kanada) bu yöntemle çalışması için geliştirilmiş iki sistemdir.

RinsEndo, basınç-aspirasyon yöntemi ile çalışan bir irrigasyon cihazıdır. Bu cihaza bağlı bir şırıngadan 1.6 Hz'lik bir frekansta 65 ml'lik irrigasyon solüsyonu kök kanal sistemine gönderilir ve aynı zamanda uyarlanmış bir kanül yardımıyla bu solüsyon geri çekilir. Bu döngü dakikada 100 kez tekrarlanmaktadır. Üretici firma, kanülün ucunun yapısı nedeniyle apikale ulaşımı sınırlı olsa da solüsyonun titreşen doğal akışı nedeniyle apikal bölümün etkin bir şekilde temizlenebileceğini iddia etmektedir (Gu ve ark 2009). McGill ve ark (2008) RinsEndo'nun kök kanal duvarlarındaki temizleme etkinliğinin incelenmesi için kollajenden yapılmış suni bir biofilm tabakası kullanmışlar ve bu sistemin şırınga ile yapılan konvansiyonel irrigasyon yöntemine göre daha etkili GPA yöntemine göre ise daha etkisiz olduğunu göstermişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise RinsEndo ile konvansiyonel irrigasyon yöntemi arasında debris temizleme etkinliği açısından herhangi fark bulunamamıştır (Vivan ve ark 2010).

EndoVac, dental ünit cihazının yüksek hızlı aspiratörüne bağlanan şırınga ve bu şırıngaya bağlı olan mikrokanül/makrokanülü olan negatif basınçlı bir sistemdir (Schoeffel 2008). Bu sistem, kök kanal sistemindeki irrigasyon solüsyonun apikalden taşmasını önlemek ve bu bölgede biriken debris ve smear tabakasının etkin şekilde temizlenmesini sağlamak amacı ile üretilmiştir (Nielsen ve Baumgartner 2007). Plastik makrokanülün ucu açıktır, taperı 0.2, apikal çapı ise #55'tir. Kök kanal sisteminin koronal kısmının temizlenmesi için kullanılmaktadır. Mikrokanül ise paslanmaz çelik yapıda olup apikal çapı #32'dir ve ancak kök kanalının apikalinde #35'den daha büyük şekillendirme yapıldığında kullanılabilir. Mikrokanülün ucunda genişliği 0.7 mm olan mikro delikler bulunmaktadır. Bu delikler sayesinde apikaldeki artıkların temizlenmesi sağlanır (Çapar ve Aydınbelge 2015). Mikrokanül bir yandan irrigasyon solüsyonunu kök kanalına gönderirken aynı zamanda negatif basınçla aspirasyon yapar. Irrigasyon negatif basınç ile yapıldığı için kök kanal sistemine sürekli taze solüsyon gönderilmektedir (Gu ve ark 2009). Yapılan bir çalışma EndoVac sistemi tarafından verilen solüsyon miktarının, aynı sürede şırınga ile yapılan konvansiyonel irrigasyondan ile verilen solüsyon miktarından önemli ölçüde daha fazla olduğunu göstermiştir. Aynı çalışmada EndoVac sisteminin

çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kullanımın konvansiyonel irrigasyondan daha etkin şekilde debris temizlediği de bulunmuştur (Nielsen ve Baumgartner 2007). EndoVac sisteminin smear tabakası ve debris temizleme etkinliğin farklı irrigasyon sistemleri ile kıyaslandığı başka çalışmalarda da bu sistemin etkin olduğu gösterilmiştir (Shin ve ark 2010, Howard ve ark 2011).

### 1.3.2.6 Lazerler

Lazer kelimesi, “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinin bir araya getirilmesi ile oluşur ve anlamı “uyarılmış ışınım ile ışığın yükseltilmesi” dir (Kayataş 2015). Lazer sistemleri, bir güç kaynağı, bir optik kavite ve ışığın dalga boyunu belirleyen ve cihazın isimlendirilmesini sağlayan aktif lazer ortamından oluşmaktadır (Pick ve Powell 1993). Bu aktif lazer ortamındaki maddeye bağlı olarak lazer ışınları istenilen dalga boyunda üretilebilmektedir. Üretilen lazer enerjisi dokuya devamlı (continuous wave) ya da atımlı (pulsatif) akımlar şeklinde iletilebilmektedir (Midda ve Renton-Harper 1991). Lazer enerjisinin nasıl iletileceğine hedef alanın yumuşak ya da sert doku olmasına göre karar verilmektedir.

Lazer enerjisi bir doku ile temas ettiği zaman dokunun optik özelliklerine bağlı olarak meydana gelen olaylar, lazer ışınının dokudan yansması, ışının doku içine saçılması, ışının altındaki dokuya iletilmesi ve ışının uygulanan doku tarafından absorbe edilmesi şeklindedir (Zakariasen ve Dederich 1991). Lazer enerjisinin dokudaki etkisi doku tarafından absorbe edilip, enerjinin ısıya dönüşmesi ile oluşmaktadır. Isıya dönüşen enerji, fototermal (fotokoagülasyon, fotovaporizasyon), fotokimyasal ve fotomekanik etkilerle dokuda reaksiyon oluşturmaktadır (Dederich 1991, Dederich 1993, Gonzalez 1996). Lazer ışınının hangi oranda absorbe edileceği uygulanan dokunun kan dolaşımına, mineralizasyon derecesine, yoğunluğuna, pigmentasyonuna ve ışınlanacak bölgenin boyutları veya kalınlığına, ışının dalga boyuna ve uygulanma sıklığına (frekans) bağlı olarak değişebilmektedir (Dederich 1993, Winn 2nd 2003, White ve Swift Jr 2005).

Doku üzerindeki etkilerinden faydalanmak amacı ile lazer cihazı ilk kez 1965 yılında diş üzerine uygulanmış olup ve günümüz diş hekimliğinde çok geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Arslan ve ark 2015b). Kullanım alanı geniş olsa da henüz

rutin olarak klinik kullanıma girememiştir (Winn 2nd 2003). Endodonti, oral cerrahi, periodontoloji, protetik diş tedavisi, pedodonti, ortodonti, restoratif diş tedavisi gibi diş hekimliğinin hemen hemen tüm bölümlerinde kullanılabilir. Endodonti alanında ise ilk kez 1971 yılında Weichman ve Johnson, CO<sub>2</sub> lazeri kök kanallarının girişini bulmak için kullandıklarını rapor etmişlerdir (Weichman ve Johnson 1971).

Endodontide lazer sistemleri; pulpa canlılık tespitinde, beyazlatma tedavilerinde, pulpa kuafajında ve pulpotomide, dentin hassasiyeti tedavisinde, kök kanallarına girişin sağlanmasında, kök kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulmasında, irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu ile solüsyonların etkinliklerinin artırılması ve debris ve smear tabakalarının uzaklaştırılmasında ve ayrıca endodontik cerrahide kullanılmaktadır.

İrrigasyon solüsyonlarını lazer sistemleri kullanarak aktive etmenin iki yöntemi vardır. İlk yöntemde optik fiberler, kök kanal sistemi irrigasyon solüsyonu ile doldurulduktan sonra kök kanalına yerleştirilir ve sistem çalıştırılır. Bu sırada optik fiber uç kök kanalından yavaşça çekilir ya da kısa bir mesafede sabit bir şekilde tutulur. Bu teknik lazerle aktive edilen irrigasyon (Al-Hadlaq ve ark) olarak adlandırılır. İkinci yöntemde ise optik uç kanal girişinde, pulpa odasında tutulur ve solüsyon aktive edilir. (De Moor ve Meire 2014a, De Moor ve Meire 2014b). İkinci teknik PIPS (foton-indüklü foto akustik streaming) tekniği olarak tanımlanır (DiVito ve ark 2012, 2011).

Endodonti alanında yaygın olarak kullanılan lazerler şu şekilde sıralanabilir.

### **Nd:YAG Lazer**

Diş hekimliğinde ilk denenen lazerdir (Myers ve McDaniel 1991). Aktif ortamı neodimyum (Nd) katkılı itriyum, alüminyum ve garnet (YAG) katı kristalidir. Elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi bölümünde yer alan 1064 nm dalga boyunda bir lazerdir. Lazer cihazından çıkan enerji içi boş olan bir el aletinden geçirilen çapları 200-300-400 µm olabilen optik fiberler sayesinde istenilen alana iletebilir (Olivi ve ark 2016).

Nd:YAG lazerler su ve hidroksiapatit kristalleri tarafından iyi absorbe edilemediklerinden diş sert dokuları tarafından da absorbe edilemezler (Harashima

ve ark 1997). Bu yüzden günümüzde yumuşak dokuların (dişeti, mukoza ve pulpa) insizyonu, buharlaşması ve pıhtılaştırılması için kullanılan bir lazer sistemidir. Periodontal ceplerin küretajı ve kök kanallarının termal dekontaminasyonu için önerilen en iyi sistemdir (Olivi ve ark 2016).

Kök kanal sisteminin sterilizasyonu için 200 µm'lik optik fiberler kullanılabilir. Lazer enerjisi pigmente bakterilerin DNA yapılarını bozarak bakterisit etki gösterir ve aynı zamanda da enerjinin yarattığı ısı sayesinde mikroorganizmalar buharlaşarak yok olur (Gerek ve ark 2010, Olivi ve ark 2016). Dalga boyunun yarattığı saçılma ve penetrasyon, enerjinin dentin içerisinden derin tabakalara (yaklaşık 1 mm) doğru indirekt olarak yayılmasına neden olmaktadır. Bu durum dentin tübülleri içerisinde de bakterisidal etkinin devamını sağlamaktadır (Moritz ve ark 2003, Schoop ve ark 2004, Franzen ve ark 2011).

Klinik uygulamalar için kullanılan güç ve enerjinin neden olduğu yüksek fototermal etki, dentin üzerinde hiçbir zaman ablatif etki yaratmaz. Bu yüzden yakın kızılötesi lazerler, endodontik tedavide sadece dekontaminasyon amacıyla kullanılmaktadır (Olivi ve ark 2016).

### **Diyot Lazerler**

Diyot lazerin aktif materyali, galyum, arsenik, indiyum ve alüminyum gibi elementlerle kombine edilmiş yarı iletken katı kristaldir. Ga-As (gallium-arsenit) ve GaAlAs (gallium alüminyum arsenit) olmak üzere iki tipi mevcuttur. Endodontide 1980'lerin sonunda, ilk olarak dentin hipersensitivitesinin tedavisi için tanıtılmıştır (Furuoka ve ark 1988, Yamaguchi ve ark 1990). Daha sonraları vital pulpa tedavisi yaparken pulpa kuafajında ve pulpektomi işlemlerinde enflamatuar yanıtı biomodüle etmek için kullanılmıştır (Kurumada 1990).

Diyot lazer günümüzde periodontal ceplerin tedavisi ve kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için Nd:YAG lazere bir alternatif olarak önerilmektedir (Olivi ve ark 2016). Diyot lazer, dağıtım sistemi Nd: YAG lazerinkine benzer, içinden optik fiberin (çap 200–300-400 µm) geçtiği ve terminal bir eğrisi olan el aleti ile kullanılır. Sürekli ya da atımlı modda kullanılabilir ancak sürekli modda çalışırken oluşan ısı dokuya zarar verebileceğinden, hava ve su ile çalışılan bölgenin soğutulması gerekmektedir (Olivi ve ark 2016).

Diyot lazer pigmente dokular tarafından yüksek miktarda absorbe edilebilir ancak diş dokusu tarafından absorbe edilemediğinden yumuşak dokuda kullanımı daha uygundur. Yumuşak dokuda kesme, koagülasyon ve biostimülasyon amacı ile kullanılırken endodontik tedavide antibakteriyel etki yaratmak amacı ile kullanılmaktadır.

Endodontik tedavi için uzun, ince, esnek ve 200 µm'lık tek kullanımlık uç kullanılabilir. Kök kanal sistemine uygulandığında ana kanaldan 500-750 µm mesafeye kadar dekontaminasyona izin vermektedir (Schoop ve ark 2004). Penetrasyon derinliğı Nd:YAG lazerden daha düşük olduğundan ısısız yan etkilerinin daha düşük olabileceğı ileri sürülmektedir (Judy ve ark 1993).

### **Er:YAG Lazerler**

Er:YAG lazerler 1980'li yılların sonuna doğru mine ve dentin çürüklerinin temizlenmesi ve kavite preparasyonu amacı ile kullanılmıştır (Hibst ve Keller 1989). Endodontik tedavide ise ilk kez ince bir uç ile kök kanallarının girişine ulaşabilmek amacı ile kullanılmaya başlanmıştır (Takeda ve ark 1998).

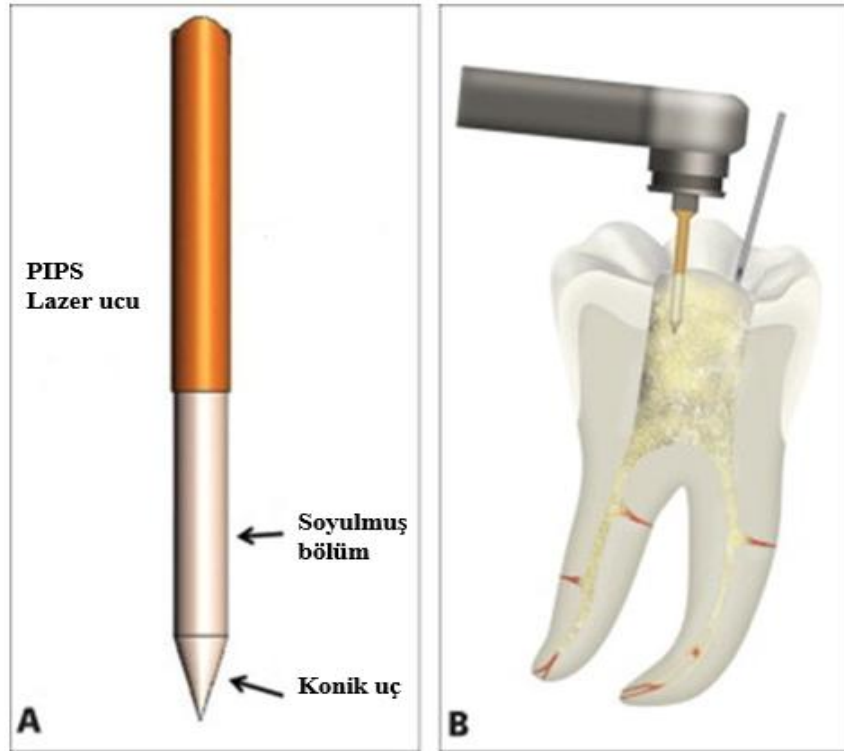
Er:YAG lazer 2940 nm dalga boyunda olup aktif ortamı erbium atomlarına eklenen itriyum, alüminyum ve garnet katı kristalidir. Lazer enerjisi optik fiberler ile terminal el parçasına iletilir. Erbiyum lazerleri, iyi bir görünürlük ve doku ile etkileşimin kontrolünü sağlamak için kırmızı veya yeşil görünür bir ışın demetini kullanmaktadır (Olivi ve ark 2016).

Er:YAG lazerleri su tarafından en iyi absorbe edilen bir lazer çeşididir (van As 2004). Suya olan ilgisi, irrigasyon solüsyonun aktivasyonu, ajitasyonunu ve endodontik sistemden üç boyutlu akışını açıklamaktadır. Irrigasyon solüsyonu üzerindeki etkileri bakteriyel dekontaminasyonu, debris ve smear tabakasının temizlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca Er:YAG lazerin hidroksiapatit kristallerine karşı da affinitesi oldukça yüksektir. Hem su hem de hidroksiapatit kristalleri tarafından fazla absorbe edilmesi, organik dokular, mikroorganizmalar ve smear tabakası üzerindeki fototermal etkisinin kök kanalında sınırlı kalmasına (250–300 µm derinliğe kadar) ve bu yüzden belirli bir derecede ablasyon ve dekontaminasyon sağlanmasına neden olmaktadır (Bader ve Krejci 2006, Olivi ve ark 2016).

### Foton indüklü fotoakustik dalgalanma (PIPS)

PIPS (Photon Induced Photoacoustic Streaming), Enrico DiVito (2006) tarafından ilk kez tanımlanan bir kısaltma olup “foton ile indüklenmiş foto akustik akış” anlamına gelmektedir. Er:YAG lazer sistemlerinde şerit ve radyal şekilde yeni tasarlanmış bir uçla ve yeni bir teknikle kullanılmaktadır (DiVito ve ark 2012, Peters ve ark 2011). PIPS, hem kullanılan ucun tasarımını hem de uygulama protokollerini kapsayan patentli ve ticari bir terimdir (Olivi ve ark 2016).

PIPS’in eşsiz konik ve sıyrılmış uç tasarımı, fotoakustik ve fotomekanik olaylar yoluyla, irrigasyon solüsyonlarında oluşan şok dalgasının lateral kanallara dağılımına ve yayılmasına olanak verir. PIPS’in, diğer LAİ tekniklerinden farklılık gösterdiği yapılan çalışmalar ile onaylanmıştır (DiVito ve ark 2010, DiVito ve ark 2011). PIPS tekniğinde subablatif veya minimal ablatif enerji kullanılmaktadır. Lazer ışını çok kısa bir atım süresinde gönderilmektedir ve böylece çok yüksek güç üretilir. Lazer ucunun kök kanalının içinde değil yalnızca pulpa odasında kolay bir şekilde konumlandırılmasını gerektirir. Kök kanal sisteminde ve apikal bölgede minimal düzeyde preparasyonu savunur (Olivi ve ark 2016).



Şekil 1.3.2.6.1. PIPS tekniğinde kullanılan lazer ucu



Tüm bu farklı özellikler kök kanal sisteminde irrigasyon solüsyonun aktivasyonu ve değişimi için güvenli ve etkili bir ortam sağlamaktadır. Dentin yapısının korunmasını optimize ederken, üstün temizlik ve dekontaminasyon oluştururken lazer sistemleri ile oluşan termal hasar olasılığını azaltmaktadır. Ayrıca modern endodontik tedavinin önerdiği şekilde enfekte dentinin çıkartılması ve irrigasyon solüsyonunun apikale doğru daha rahat gönderilmesi için kök kanal sisteminde fazladan şekillendirme yapma gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır. (Ruddle 2002, Olivi ve ark 2016).

PIPS uçları, 9 mm uzunluğunda, 600 µm çapında ve 12 mm uzunluğunda, 400 µm, 14 mm uzunluğunda ve 300 µm çapındadır. Kanal çapına göre seçilen uç kuron pulpa odasına, kök kanalının ağzına yerleştirilir (Olivi ve ark 2016). Yapılan ön araştırmalardan ve daha uygun lazer dalga boyu ve ayarları test edildikten sonra, kök kanal temizliği hakkındaki ilk PIPS çalışmasına göre smear tabakasının temizlenmesi için EDTA solüsyonunu aktive etmek üzere 20 mJ ve 15 Hz'de Er:YAG lazer kullanılmıştır (DiVito ve ark 2012). Daha sonra Peters ve ark (2011), kök kanal dezenfeksiyonu üzerine yapılan ilk PIPS çalışmasını yayınlamışlardır. Bu çalışmada, 50 mJ, 10 Hz'de Er:YAG lazeri kullanılarak kök kanal sistemindeki NaOCl solüsyonu aktive edilmiştir.

PIPS tekniği endodontide irrigasyon solüsyonlarının kök kanal sisteminde de dentin tübüllerindeki etkinliğini artırarak bakteriyel dekontaminasyonda, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılmasının yanı sıra başka birçok amaçla da kullanılmaktadır. Bunlar; kanal içi medikament olarak kullanılan  $Ca(OH)_2$  ve üçlü antibiyotik patlarının uzaklaştırılması, kök kanal patlarının ve self adeziv simanların dentin tabakasına bağlantısının artırılması, kök kanal tedavisi yenilenmesinde kök kanalındaki güta perka ve dolgu malzemesinin uzaklaştırılmasıdır (Arslan ve ark 2015b).

Mevcut bilgiler ışığında, bu *in-vitro* tez çalışmasının amacı, kök kanal sisteminde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının yıkama etkinliklerini arttırmak amacı ile geliştirilen 6 farklı aktivasyon sistemi ile aktive edilmiş distile su, %17'lik EDTA ve QMix solüsyonlarının kök kanalının apikalinde biriken debris ve smear tabaka temizleme etkinliklerini incelemek ve karşılaştırmaktır.

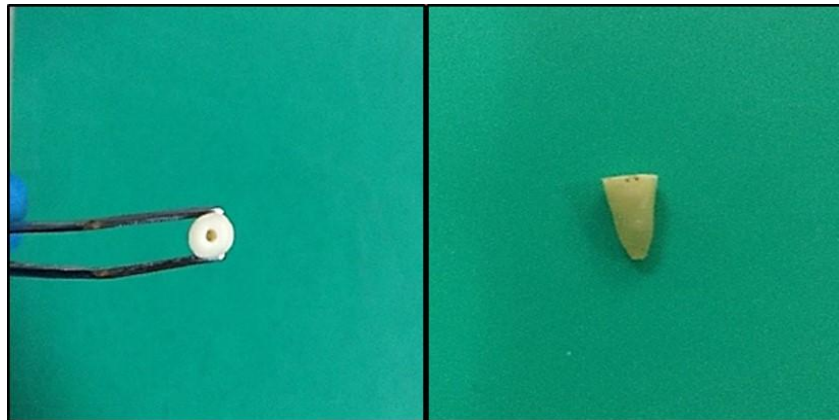
## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

Farklı sistemlerle aktive edilen final irrigasyon solüsyonu QMix'in apikal debris ve smear tabaka çıkarma etkinliğinin incelendiği mevcut araştırmanın etik kurul onayı Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'nun 12/04/2018 tarih ve 2018/04 sayılı komisyon kararı ile alındı (Ek-1). Araştırmada, örneklerin hazırlanması ve stereomikroskop incelemeleri Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Merkezi'nde, SEM incelemeleri Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde gerçekleştirildi.

### 2.1 Araştırmada Kullanılacak Örneklerin Seçimi

Araştırmada ortodontik veya periodontal nedenlerle çekilmiş toplam 180 adet insan premolar dişi kullanıldı. Dişlerin çürüksüz, kök ucu kapanmış, tek köklü, tek ve yuvarlak kanallı, kûrvatürsüz olmasına ve ayrıca kırık ve çatlak olmamasına özellikle dikkat edildi (Şekil 2.1.1). Dişlerin kök yüzeyindeki birikintiler kretuar yardımı ile uzaklaştırıldı. Seçilen dişler araştırma için kullanılacakları zamana kadar oda sıcaklığında distile su içinde muhafaza edildi.

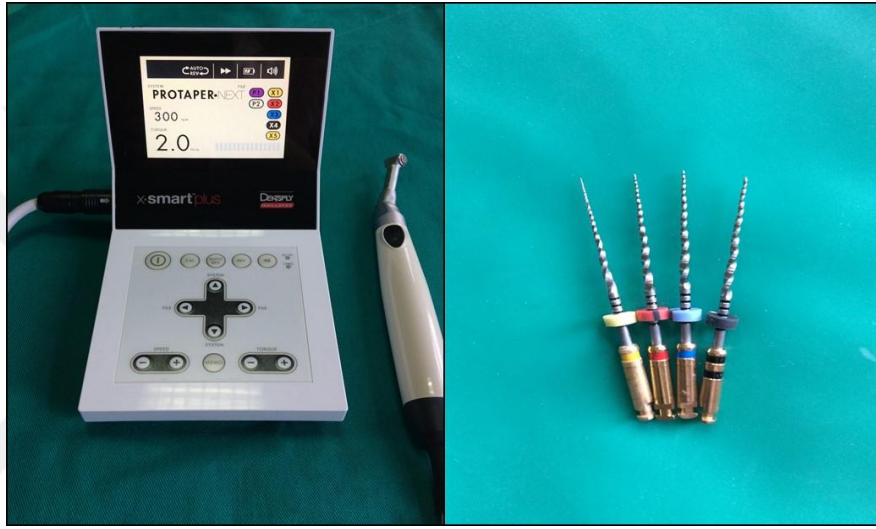
Dişler, su soğutması altında ve ince grenli elmas separe (Horico Dental, Berlin, Almanya) kullanılarak kök boyu  $12\pm 0.5$  mm olacak şekilde koronalde mine-sement sınırının altından kesildi. Düz ya da oval şekilli kök kanalı olan dişler, geniş kök kanalına sahip olan dişler, birden fazla kök kanalı olan dişler, kök kanalları kalsifiye olan dişler, apikal çapı #15'den büyük olan dişler araştırmaya dahil edilmedi.



Şekil 2.1.1. Araştırmada kullanılan köklerden bir örneğin farklı açılardan görünümü

## 2.2 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Köklerin çalışma boyu, 10 numaralı K-tipi eĒe (VDW, Mönih, Almanya) kök kanalı boyunca apikal foramenden görölünceye kadar ilerletilip, bu boydan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Daha sonra X-Smart Plus (Dentsply, Ballaigues, İsviçre) tork kontrollü endodontik motor ve ProTaper-Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner alet sistemi üretici firma talimatlarına uygun olarak kullanılarak her bir örneĒin apikal çapı X4 olacak şekilde kök kanallarının şekillendirilmeleri tamamlandı (Şekil 2.2.1).



Şekil 2.2.1. Araştırmada kullanılan X-Smart Plus endodontik motor ve ProTaper-Next eĒe sistemi

Şekillendirme işlemi boyunca her eĒe arasında 2 ml %2.5'luk NaOCl'le (İmident, Konya, Türkiye) irrigasyon yapıldı. İrrigasyon için ucu kapalı ve yandan delikli 30 gauge NaviTip endodontik irrigasyon iĒneleri kullanıldı (KerrHawe, Bioggio, İsviçre). Mekanik şekillendirme bittikten sonra kök kanal sistemi 5 ml %2.5'luk NaOCl solüsyonu ile yıkandı. Final irrigasyonu yapılmadan önce kök kanal sisteminde kalan NaOCl 10 ml distile su ile uzaklaştırıldı.

## 2.3 Grupların Oluşturulması ve Örneklerin Hazırlanması

Mevcut araştırmada kullanılacak aktivasyon sistemlerine göre oluşturulan 6 ana grup şunlardır (n=30) (Tablo 2.3.1):

**1. Grup (GIA):** Geleneksel endodontik irrigasyon iĒnesi kullanılarak elle yapılan aktivasyon (NaviTip, KerrHawe, Bioggio, İsviçre)

2. **Grup (GPA):** Güta-perka kon (ProTaper-Next X4, Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak elle yapılan dinamik aktivasyon

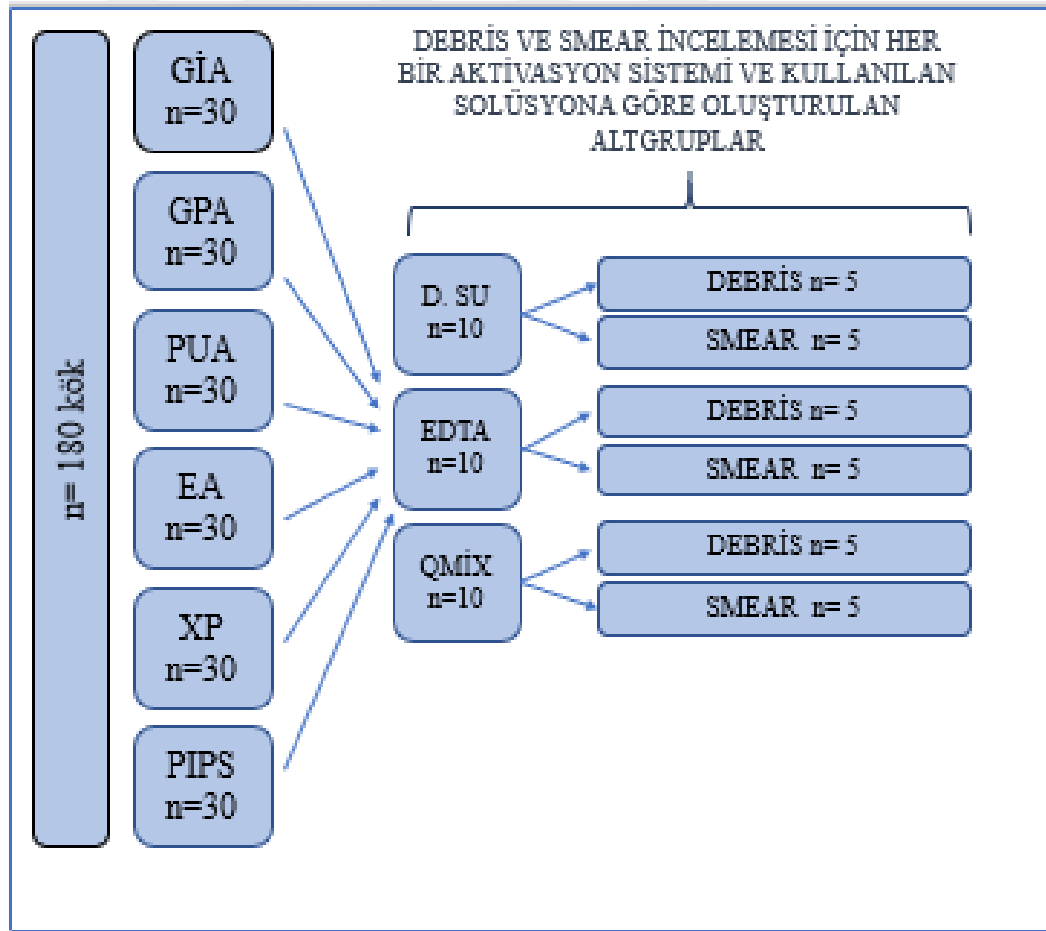
3. **Grup (PUA):** Ultrasonik uç kullanılarak yapılan pasif ultrasonik aktivasyon

4. **Grup (EA):** EndoActivator cihazı (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) kullanılarak yapılan sonik aktivasyon

5. **Grup (XP):** XP-Endo Finisher eğesi (FKG Dentaire; La Chaux-de-Fonds, İsviçre) kullanılarak yapılan aktivasyon

6. **Grup (PIPS):** Er:YAG lazer kullanılarak Foton İndüklü Fotoakustik Dalgalanma (Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS)) tekniği ile yapılan aktivasyon

**Tablo 2.3.1.** Araştırma gruplarının oluşturulması



Araştırmada; distile su, %17'lik EDTA ve QMix (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) (şekil 2.3.1) olmak üzere 3 farklı irrigasyon solüsyonu kullanıldı. Bu aktivasyon yöntemlerinin her biri bu solüsyonlarının her biriyle ayrı ayrı kullanılarak kök kanallarının apikal uçlüsündeki yapay oluklardan debris temizleme ve yine apikal uçlüde smear tabaka temizleme etkinlikleri yönünden karşılaştırılacağı için; 6 farklı aktivasyon grubu öncelikle, kullanılacak final irrigasyon solüsyonuna göre üç alt gruba (n=10); daha sonra da apikal uçlüdeki suni oluklardan debris temizleme ve yine apikal uçlüde smear tabaka temizleme etkinliğini değerlendirme yönünden ayrıca 2'şer alt gruba daha ayrıldı (n=5) (Tablo 2.3.1).

Araştırmada kullanılacak %17'lik EDTA (pH=7.3) solüsyonunu hazırlamak için, 17 gr. disodyum EDTA tozu (Merk, Darmsdadt, Almanya) 100 ml distile su ile karıştırıldı. Solüsyonun pH ayarlaması 9.25 ml 5N sodyum hidroksit solüsyonu kullanılarak yapıldı.

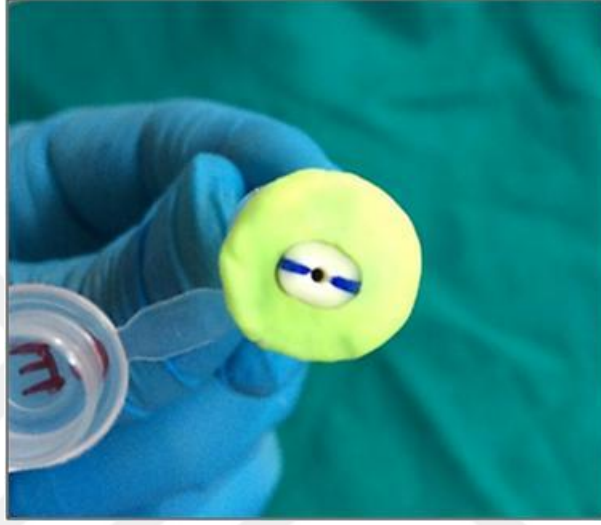


şekil 2.3.1. Araştırmada kullanılan QMix solüsyonu (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD)

Bu aşamada; oluşturulan alt gruplarda (n=10) kullanılacak irrigasyon solüsyonu ve aktivasyon yöntemlerinin her birisinde örnekler hem debris (n=5) ve hem de smear tabakası (n=5) temizleme etkinliğini değerlendirmek üzere ayrıntıları aşağıda açıklanan iki farklı protokole tâbi tutuldu.

## 2.4 Debris temizleme etkinliğinin inceleneceği örnekler için uygulanan protokol

6 farklı aktivasyon sistemi kullanılarak aktive edilen 3 farklı solüsyonun kök kanallarının apikal üçlüsündeki düzensizlikleri taklit etmek üzere hazırlanan standart yapay oluklardaki debris temizleme etkinliklerinin karşılaştırılması amacıyla, öncelikle yukarıda belirtilen her bir alt gruptaki 10 kökün yarısı rastgele seçildi (n=5) ve silikon ölçü maddesiyle (Exaplast, Detax Dental GmbH, Almanya) eppendorf tüplerinin içine sabitlendi (Şekil 2.4.1).



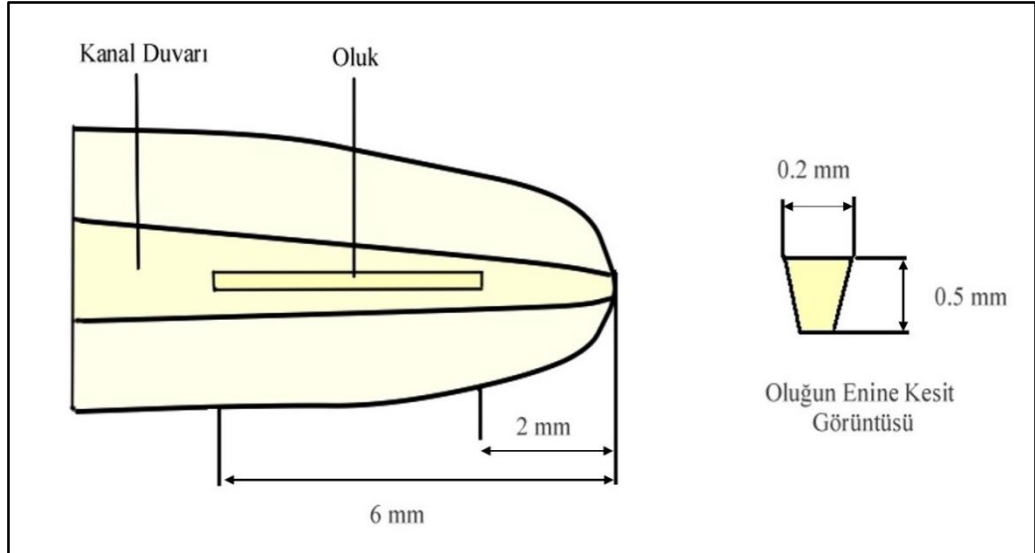
**Şekil 2.4.1.** Farklı aktivasyon yöntemlerinin farklı solüsyonlarla kullanımının kökün apikal üçlüsünde hazırlanan standart yapay oluklardan debris temizleme etkinliklerinin karşılaştırılması amacıyla eppendorf tüpü içerisine silikon ölçü maddesi ile sabitlenmiş örnek

Ölçü maddesi üzerinde bukkal ve lingual yüzeyleri işaretlenen kökler daha sonra yerinden çıkarıldı. Köklerin işaretlenen bukkal ve lingual yüzeyleri üzerinde kök kanalına dokunmadan elmas separe ile su soğutması altında ince girintiler oluşturuldu ve her bir kök bu girintilere yerleştirilen bir spatül yardımı ile bukkolingual yönde kökün uzun aksına paralel olarak uzunlamasına iki eşit parçaya ayrıldı (Şekil 2.4.2).



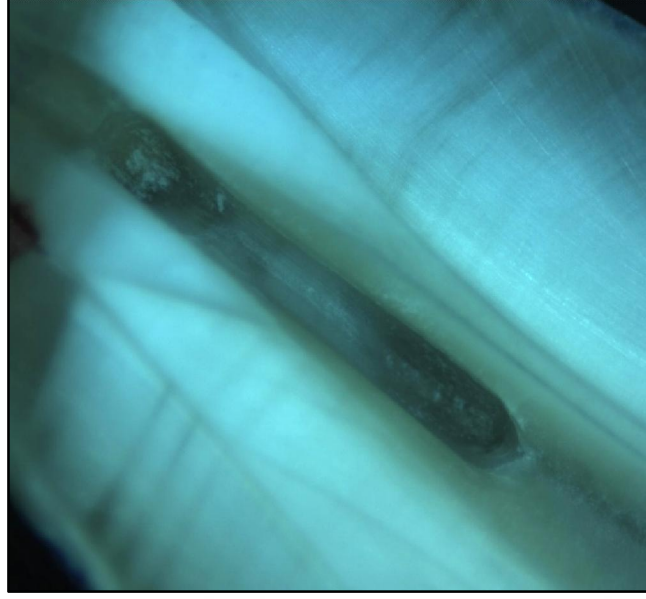
Şekil 2.4.2. Bukkolingual yönde uzun aksına paralel olarak ikiye ayrılmış kök örneği

İkiye ayrılan her bir kökün rastgele seçilen bir parçasında kök kanallarının apikal üçlüsündeki düzensizlikleri taklit etmek üzere apikalden 2 mm uzaklıkta olmak üzere, 4 mm uzunluğunda ve 0.5 mm derinliğinde standart yapay oluklar açıldı (Şekil 2.4.3 ve Şekil 2.4.4). Olukları açmak için Satalec P5 Newtron XS ultrasonik sisteme takılan ve endodontik cerrahide retrograt kavite açmak için kullanılan ultrasonik uç (Satelec, Acteon Group, Merignac, Fransa) (Şekil 2.4.5) orta hız ayarında kullanıldı.

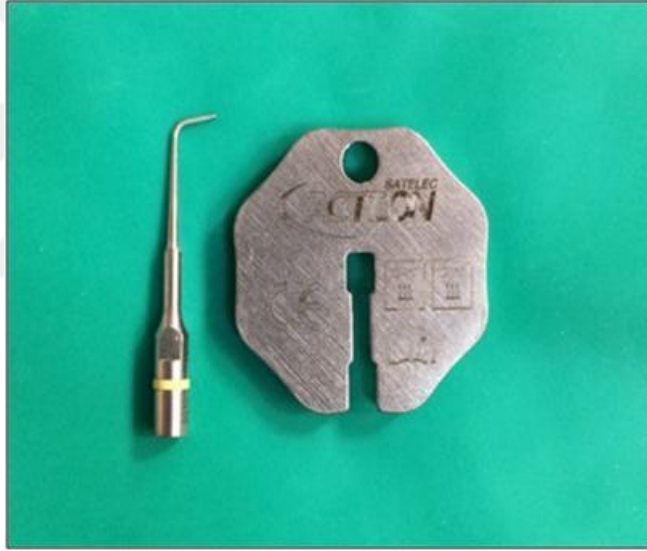


Şekil 2.4.3. Kök kanallarının apikal üçlüsündeki düzensizlikleri taklit etmek üzere hazırlanan standart yapay olukların şematize hali





Şekil 2.4.4. Kök kanalı içerisinde açılmış örnek bir standardize yapay oluğun stereomikroskop görüntüsü



Şekil 2.4.5. Standart oluk açmak için kullanılan ultrasonik uç

Oluklar hazırlandıktan sonra kök kanal sistemi yumuşak uçlu bir fırça yardımı ile temizlendi.

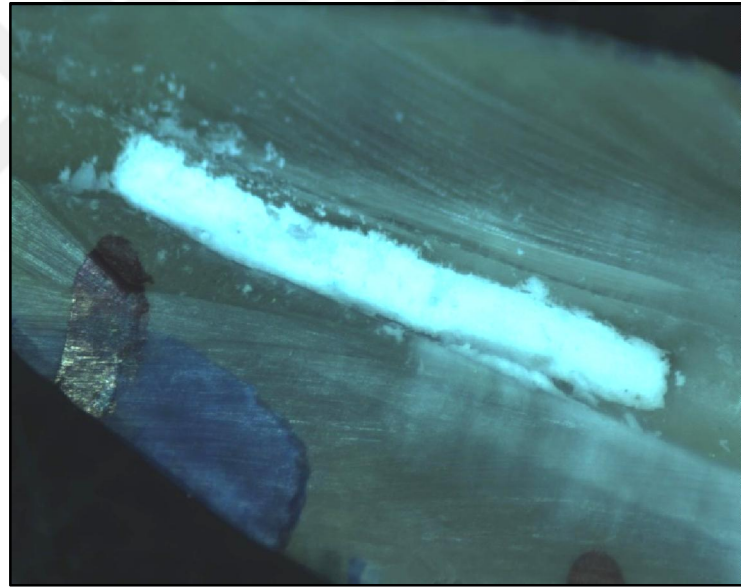
Oluklara yerleştirilecek yapay dentin debris elde etmek için araştırmada kullanılmak üzere dişlerin köklerinden ayrılan kuronları kullanıldı. Bunun için, mikromotora takılan bir çelik rond frez yardımı ile kuronların pulpa odasından elde edilen dentin talaşı cam bir godede toplandı, %2.5'lük NaOCI ile karıştırılarak ıslak kum benzeri bir karışım elde edildi ve 5 dk. bekletildi (Lee ve ark 2004b, Arslan ve ark 2014a).



Bu debris karışımı, hazırlanan standart oluklara #1 Schilder plugger'ı ile taşındı ve çok fazla sıkıştırmamaya özen gösterilerek ProTaper-Next X4 güta-perka kon (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile nazıkçe kondanse edildi (Şekil 2.4.6).



Şekil 2.4.6. Schilder pluggeri ve ProTaper-Next X4 güta perka kon



Şekil 2.4.7. Standardize oluk içerisinde yerleştirilmiş yapay dentin debris

Oluklara debris yerleştirildikten sonra ikiye ayrılan kök parçaları akışkan kompozit ile tekrar bir araya getirilerek eppendorf tüp içerisinde çıkarıldığı yerine yeniden yerleştirildi (Şekil 2.4.8). Bu aşamada akışkan kompozitin kök kanal sistemi içerisine kaçışını önlemek için kök kanalına ProTaper-Next X4 güta-perka kon yerleştirildi.



**Şekil 2.4.8.** Akışkan kompozit ile tekrar bir araya getirilip silikon içerisindeki yerine yeniden yerleştirilmiş kök örneği

Bu işlemden sonra kökler, belirlenen solüsyon ve aktivasyon sistemi ile final irrigasyon işlemine tabii tutuldu. İrrigasyon sonrasında her bir kök eşit sayıda (3 adet) kullanılan X4 paper pointler (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kurutuldu. Daha sonra silikon içerisinden çıkarılan kökler önceden ayrılan yerlerden spatül yardımı ile tekrar ikiye ayırdı ve yapay oluklardaki debris varlığı x25 büyütme altında alınan stereomikroskop (SZ-PT Olympus, Tokyo, Japonya) (Şekil 2.7.1) görüntüleri ile skorlamaya tabii tutuldu.

## **2.5 Smear tabaka temizleme etkinliğinin inceleneceği örnekler için uygulanan protokol**

Her bir alt gruptaki 10 kökün 5 tanesi yukarıda anlatılan protokole göre apikal üçlüde debris incelenmesi için hazırlanırken diğer 5 tanesi ise apikal üçlüde smear tabakası incelenmesi için hazırlandı.

Bunun için her bir grupta belirlenen solüsyon ve aktivasyon protokolleri uygulandıktan sonra öncelikle köklerin bukkal ve lingual yüzeyleri üzerinde kök kanalına dokunulmadan elmas separe ile su soğutması altında ince girintiler oluşturuldu. Daha sonra klinik durumu yansıtmak amacıyla kapalı sistem oluşturmak için köklerin apeksleri 6. grupta (PIPS ile aktivasyon grubu) sirkolant (Glaswachs, Mo-dellier, Almanya) diğerlerinde mumla (Cavex Set Up Regular, Cavex, Hollanda) kapatıldı (Şekil 2.5.1 ve 2.5.2). Bu işlemlerden önce kullanılan mum ve sirkolantın

kök kanalına kaçmaması için kanal içerisine son genişletilen eğe boyutundaki X4 gütaperka kon (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yerleştirildi. İrrigasyon solüsyonunun PIPS ile aktive edildiği 6.grupta ise aktivasyon sırasında bir yandan da devamlı irrigasyon yapılacağından örneklerin elle tutulması yerine bir petri kabına sabitlenmesi gerekti ve bunun için mum yerine sirkolant kullanıldı. (Şekil 2.5.2)



Şekil 2.5.1. Smear tabakası incelenecek köklerin hazırlanması (PIPS grubu (Grup 6) hariç olmak üzere)



Şekil 2.5.2. Grup 6 örneklerinin (PIPS tekniği ile aktivasyon) final irrigasyon ve aktivasyon öncesinde sirkolantla petri kabına sabitlenmesi

Diş kökleri bu şekilde hazırlandıktan sonra her bir grup için belirlenen solüsyonlarla aktivasyonlar yapıldı.

İşlemlerden sonra her bir kökte kök kanalında kalan solüsyonlar 2 ml distile su ile uzaklaştırıldı. Ardından dişler eşit sayıda (3 adet) kullanılan X4 paper pointler (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kurutuldu.

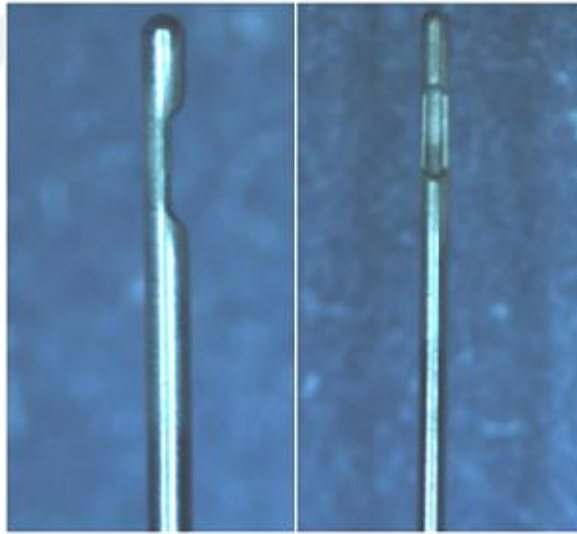
Daha sonra kökler üzerinde önceden hazırlanan ince girintilere yerleştirilen bir spatül yardımı ile kökler iki eşit parçaya ayrıldı. İkiye ayrılan kök parçalarının rastgele seçilen bir parçasında kanalın apikal üçlüsü SEM cihazında (debrisin de incelendiği apikalden 2 mm uzaklıkta 4 mm uzunluğundaki alanda olmak üzere) smear tabaka görüntülenmesi amacıyla incelendi.

## 2.6 İrrigasyon Aktivasyon Prosedürleri

Araştırmada distile su, EDTA ve QMix solüsyonları aşağıda ayrıntılı şekilde açıklanan 6 farklı aktivasyon prosedürüyle aktive edilmek suretiyle hem debris hem de smear tabaka temizleme etkinlikleri açısından ayrı ayrı karşılaştırıldı. Smear tabakası ve debris temizlenme açısından incelenecek köklerde yukarıda ayrıntılı olarak açıklanan; örneklerin final irrigasyona hazırlanması aşamaları tamamlandıktan sonra aktivasyon işlemleri için benzer protokoller uygulandı.

Aktivasyon aşamasında her bir solüsyon her kök için, toplamda 3 ml hacimde ve 1 dk. süreyle aktive edilerek kullanıldı.

**Grup 1 (GIA):** Geleneksel irrigasyon grubunda, ucu kapalı ve yandan delikli NaviTip endodontik irrigasyon iğnesi (NaviTip, KerrHawe, Bioggio, İsviçre) (Şekil 2.6.1) kök kanalına çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirildi. Daha sonra 3 ml solüsyon, kökün apikal üçlüsünde 1 dakika boyunca iğne ucu 2-3 mm ileri-geri hareket ettirilmek suretiyle aktive edildi.



Şekil 2.6.1. 30 gauge NaviTip endodontik irrigasyon iğnesinin farklı açılardan alınan stereomikroskop görüntüleri (x15)

**Grup 2 (GPA):** Güta-perka kon kullanılarak el ile yapılan dinamik aktivasyon grubunda kök kanalları 1 ml solüsyon ile 20 sn. süreyle iğne ileri-geri hareket ettirilmeden pasif olarak yıkandıktan sonra kanal içi solüsyonla doluyken şekillendirmede kullanılan ProTaper-Next X4 numaralı son eğe ile uyumlu X4 no'lu güta-perka kon (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) çalışma boyuna kadar

ilerletildi ve kanalın apikal üçlüsünde el ile 20 sn. de 33 kez olacak şekilde 2-3 mm'lik ileri-geri hareketlerle solüsyonun aktivasyonu sağlandı. Bu işlem 2 kez daha tekrarlanarak 3 ml irrigasyon solüsyonu kök kanalında 1 dk.'da yaklaşık 100 vuruş yapılmak suretiyle aktive edilmiş oldu.

**Grup 3 (PUA):** Pasif ultrasonik aktivasyon grubunda, Satalec P5 Newtron XS ultrasonik sisteme (Şekil 2.6.2) #15 no'lu ultrasonik uç (Acteon Group, Merignac, Fransa) takılıp düşük güç ayarında kullanılarak pasif ultrasonik aktivasyon yapıldı. Bunun için kök kanalı 1 ml irrigasyon solüsyonu ile yıkandı ve ardından ultrasonik uç çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kök kanalına yerleştirildi ve 20 sn. boyunca ultrasonik aktivasyon yapıldı. Bu işlem 2 kez daha tekrarlanarak kök kanalında toplam 3 ml irrigasyon solüsyonun 1 dakika boyunca aktive edilmesi sağlandı. Aktivasyon sırasında ultrasonik ucun kök kanal duvarlarına temas etmemesine özen gösterildi.



Şekil 2.6.2. Satalec P5 Newtron XS ultrasonik sistem ve PUA yapılırken kullanılan ultrasonik uç

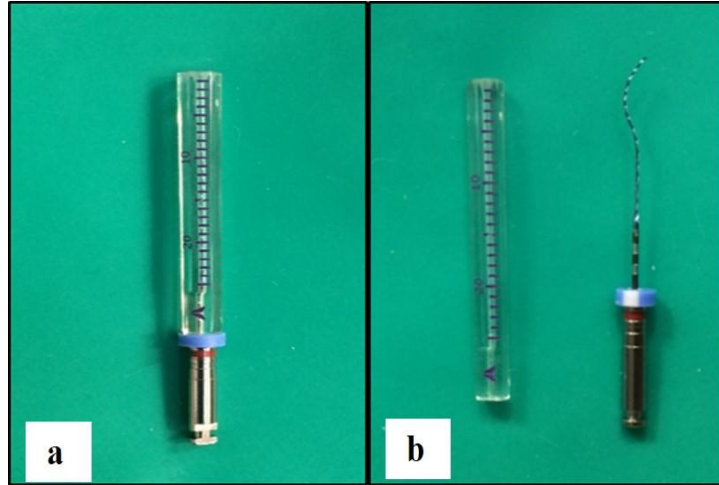
**Grup 4 (EA):** EndoActivator ile uygulanan sonik aktivasyon grubunda, kök kanalı 1 ml irrigasyon solüsyonu ile 20 saniye yıkandı ve ardından sistemin #25/04 no'lu kırmızı ucu (Şekil 2.6.3) kök kanalına çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde yerleştirilerek, 10 kHz hız ayarında ve 2-3 mm'lik ileri-geri hareketlerle 20 saniye boyunca aktive edildi. Bu işlem 2 kez daha tekrarlanarak kök kanalında toplam 3 ml irrigasyon solüsyonu 1 dakika aktive edilmiş oldu.





Şekil 2.6.3. Sonik aktivasyon yapmak için kullanılan EndoActivator cihazı ve #25/04 ucu

**Grup 5 (XP):** XP-EndoFinisher eğesi ile yapılan aktivasyon grubunda kök kanalı 1 ml irrigasyon solüsyonu ile 20 saniye süreyle irrigate edildi. Ardından tork kontrollü endodontik motor 800 rpm hız, 1 Ncm tork ile çalıştırılacak şekilde eğe kök kanalına çalışma boyunda yerleştirildi ve 7-8 mm'lik vertikal hareketler yapılarak irrigasyon solüsyonu 20 saniye boyunca aktive edildi. Bu işlem 2 kez daha tekrarlanarak toplam 3 ml irrigasyon solüsyonu ile 1 dakikada kök kanalının final irrigasyonu yapıldı.



Şekil 2.6.4. XP EndoFinisher eğesi a) XP Endo Finisher eğesinin kullanım öncesinde tüp içerisindeki M-faz hali b) Tüpten çıkarılarak kullanılmış eğenin kullanımdan hemen sonraki A-faz hali

**Grup 6 (PIPS):** PIPS tekniğinde lazer ucu dental lazer cihazında (Fotona, Ljubljana, Slovenya) (Şekil 2.6.5) Er:YAG lazerin nonkontakt ucuna takıldı. Daha sonra 3 ml irrigasyon solüsyonu kök kanalına gönderilirken aynı anda, kök kanal ağzının 1 mm aşağısına yerleştirilen 2940 nm dalga boylu 300 µm fiber PIPS ucu

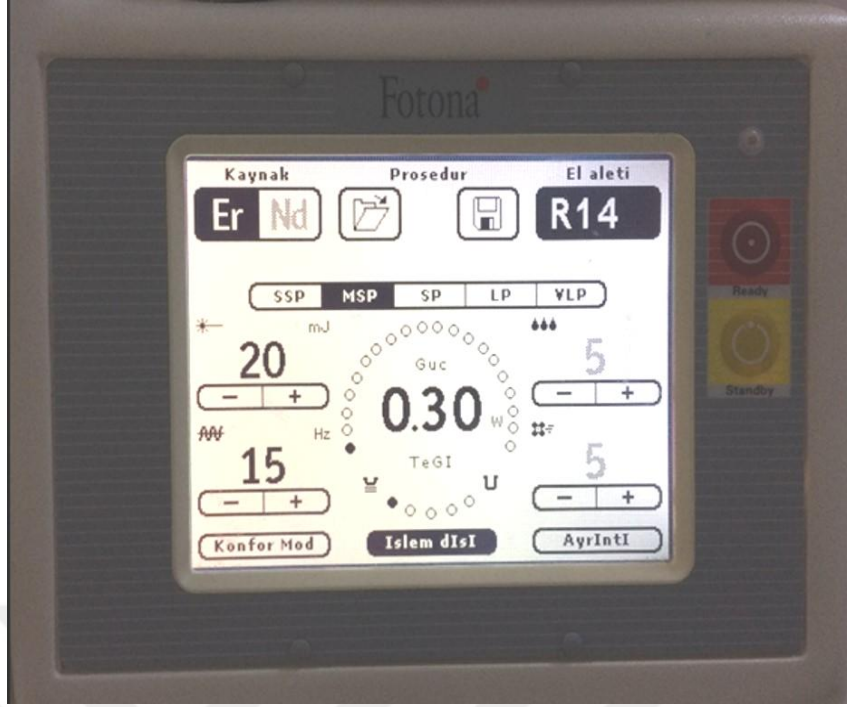
(Şekil 2.6.6) ile 20 mJ enerji ve 15 Hz tekrarlama hızında 1 dakika boyunca aktive edildi (Şekil 2.6.7).



Şekil 2.6.5. Araştırmada kullanılan dental lazer cihazı (Fotona, Ljubljana, Slovenia)



Şekil 2.6.6. PIPS tekniğinde kullanılan 300 µm fiber uç



Şekil 2.6.7. PIPS tekniği için uygulanan güç ayarları

## 2.7 Örneklerin Stereomikroskop ile İncelenmesi ve Debris Skorlaması

İrrigasyon aktivasyon işlemlerinden sonra debris skorlaması yapılacak örnekler stereomikroskop (SZ-PT Olympus, Tokyo, Japonya) (Şekil 2.7.1) ile x25 büyütme altında incelendi. İncelenen görüntüler mikroskoba bağlı bir kamera yardımı ile fotoğraflandı ve bilgisayar programı ile kaydedildi. Elde edilen görüntüler daha sonra farklı deneyeime sahip birbirinden bağımsız kör iki gözlemci tarafından skorlandı.



Şekil 2.7.1. Stereomikroskop cihazı (SZ- PT Olympus, Tokyo, Japonya)



Aktivasyon sonrası yapay oluklarda kalan debris skorlaması için daha önce Van der Sluis ve ark (2005b) tarafından tanımlanan aşağıdaki skorlama sistemi kullanıldı;

**Skor 0:** Oluk boş

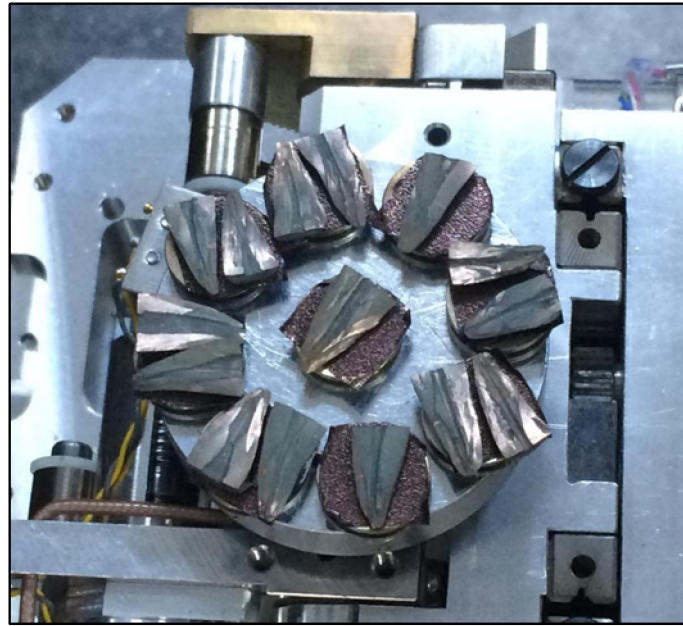
**Skor 1:** Oluğun yarısından daha azı debris ile dolu

**Skor 2:** Oluğun yarısından fazlası debris ile dolu

**Skor 3:** Oluk tamamen debris ile dolu

## 2.8 Örneklerin SEM ile İncelenmesi ve Smear Tabakasının Skorlaması

SEM incelenmesi için örnekler 50 °de 48 saat etüv cihazında (Nüve Incubator EN 120, Ankara, Türkiye) kurumaya bırakıldı. Ardından kaplama cihazı (Cressington sputter coater 108 auto, Cressington MTM-20, Elektronen-Optik-Service, Dortmund, Almanya) (Şekil 2.8.1) ile 90 Angström (Å) kalınlığında altın-palladyum ile kaplandı. Kaplama işleminden sonra örneklerin dentin debris için oluk açılan kısmına karşılık gelen apikal kısımları SEM cihazı ile (Evo LS10, Carl Zeiss, Oberkochen, Almanya) (Şekil 2.8.2) incelendi. Smear tabaka görüntülenmesi için her bir örnekten x1000 ve x5000 büyütmelede görüntüler alındı. Elde edilen görüntüler yine farklı deneyime sahip birbirinden bağımsız kör iki gözlemci tarafından skorlandı.



Şekil 2.8.1. 90 angström (Å) kalınlığında altın-palladyum ile kaplanmış örnekler



Şekil 2.8.2. SEM cihazı (Evo LS10, Carl Zeiss, Oberkochen, Almanya)

Smear skorlaması için Çapar ve Arı Aydınbelge (2012) tarafından kullanılan skorlama örnek alındı. Bu skorlamaya göre;

**Skor 1:** Smear tabakası yok ya da çok az miktarda ( $< \%5$ ) ve dentin tübüllerinin tamamına yakın açık

**Skor 2:** Az miktarda smear tabakası ( $\%5 < - < \%35$ ) mevcut ve dentin tübüllerinin bir kısmı açık

**Skor 3:** Bir miktar smear tabakası mevcut ( $\%35 < - < \%65$ ) ve dentin tübüllerinin bir kısmı açık

**Skor 4:** Kök kanal duvarlarının çoğunu kapsayan smear tabakası mevcut ( $\%65 < - < \%95$ ) ve dentin tübülleri nadir olarak açık

**Skor 5:** Kök kanal duvarlarının tamamını ya da tamamına yakınını kapsayan smear tabakası mevcut ( $\%95 < - < \%100$ ) ve dentin tübülleri tıkalı

## 2.9 Verilerin İstatistiksel Analizi

Debris ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerinin farklı deney modellerinde değerlendirildiği mevcut araştırmada her iki skorlamada gözlemciler arasındaki uyum *Kappa uyum analizi* ile test edildi. Parametrik testler varsayımları karşılamadığı için nonparametrik testler tercih edildi. Farklı aktivasyon teknikleri ve farklı solüsyonların etkinliğini kıyaslamak için *Kruskal-Wallis* testi uygulandı.

Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  kabul edildi. İstatistiksel analizler, SPSS 20.0 yazılımı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak gerçekleştirildi.

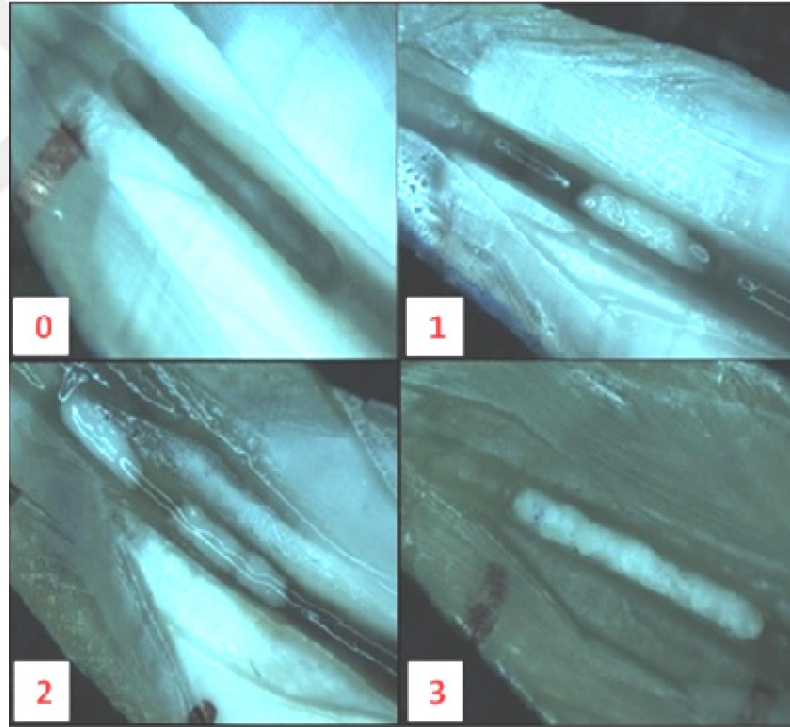


### 3. BULGULAR

#### 3.1 Debris Temizleme Etkinliğinin İncelendiği Örneklerle Ait Bulgular

Kök kanalının apikal üçlüsündeki standart yapay oluklara yerleştirilen debrisin temizlenmesi için 3 farklı solüsyonun 6 farklı irrigasyon aktivasyon tekniği ile kullanıldığı örneklerden elde edilen stereomikroskop görüntüleri x25 büyütme altında incelenerek kaydedildi ve iki farklı gözlemci tarafından skorlanarak değerlendirildi.

Değerlendirmede kullanılan skorum sistemi; **skor 0**'da oluğun tamamen boş, **skor 1**'de oluğun yarısından daha azının debrisi ile dolu, **skor 2**'de oluğun yarısından fazlasının debrisi ile dolu ve **skor 3**'de oluğun tamamen debrisi ile dolu olduğu kabul edildi. Şekil 3.1.1'de her bir skorumaya ait örnekler görülmektedir.



Şekil 3.1.1. Van der Sluis (2005a) tarafından tanımlanan 4 dereceli skorum sistemi

Farklı mesleki deneyime sahip iki gözlemci arasında skorumadaki uyum *Kappa Uyum Analizi* ile değerlendirildi ve iki gözlemci arasındaki uyumun %96.2 düzeyinde olduğu tespit edildi ( $p=0.027 < 0.050$ ) (Çizelge 3.1.1).

**Çizelge 3.1.1.** Debris uzaklaştırma etkinliği skorlamasında gözlemciler arası uyum analizine ait istatistiksel veriler

		2.GÖZLEMÇİ				
		0,00	1,00	2,00	3,00	TOTAL
1.GÖZLEMÇİ	0,00	54	1	0	0	55
	1,00	0	15	0	0	15
	2,00	0	1	9	0	10
	3,00	0	0	0	10	10
<b>TOTAL</b>		54	17	9	10	90

Uyum katsayısı %96.2

Aynı aktivasyon tekniği içerisinde, 3 farklı solüsyonun debris uzaklaştırma etkinliği analizi için yapılan *Kruskal-Wallis* test sonucu ile her bir gruba ait ortalama ve standart sapma ( $Ort \pm SS$ ) değerleri Çizelge 3.1.2’de gösterilmektedir. Her bir aktivasyon grubu içerisinde, kullanılan farklı irrigasyon solüsyonları arasında debris uzaklaştırma etkinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ( $p > 0.05$ ). İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte tüm aktivasyon tekniklerinde en düşük skor değerlerinin EDTA solüsyonunda olduğu tespit edildi.

**Çizelge 3.1.2.** Aynı aktivasyon tekniği içerisinde, 3 farklı solüsyonun debris uzaklaştırma etkinliği için yapılan istatistiksel analiz sonucu

		n	Ort.±SS	p değeri
GİA	Distile su	5	1,200±0,374 <sup>a</sup>	0,340
	EDTA	5	0,600±0,244 <sup>a</sup>	
	QMix	5	1,600±0,600 <sup>a</sup>	
GPA	Distile su	5	1,600±0,400 <sup>a</sup>	0,419
	EDTA	5	1,000±0,632 <sup>a</sup>	
	QMix	5	2,000±0,547 <sup>a</sup>	
PUA	Distile su	5	1,200±0,583 <sup>a</sup>	0,115
	EDTA	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	
	QMix	5	1,200±0,583 <sup>a</sup>	
EA	Distile su	5	1,200±0,583 <sup>a</sup>	0,177
	EDTA	5	0,200±0,200 <sup>a</sup>	
	QMix	5	1,200±0,489 <sup>a</sup>	
XP	Distile su	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	1,000
	EDTA	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	
	QMix	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	
PIPS	Distile su	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	1,000
	EDTA	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	
	QMix	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	

Debris uzaklaştırma etkinliği açısından üç farklı irrigasyon solüsyonunun farklı aktivasyon teknikleri ile kullanılmasıyla elde edilen skorlarla yapılan *Kruskal-Wallis* testine ait ortalama ve standart sapma (Ort±SS) değerleri Çizelge 3.1.3'te gösterilmektedir.

Distile su ve QMix solüsyonları için debris temizleme etkinliği açısından farklı aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edilirken ( $p<0.05$ ), EDTA solüsyonunda farklı aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ( $p>0.05$ ).

Distile su ve QMix solüsyonları için debris temizleme etkinliği açısından; GİA, GPA, PUA ve EA aktivasyon grupları arasında ( $p>0.05$ ) ve XP ve PIPS grupları arasında ( $p>0.05$ ) istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı ve ayrıca GİA, MDA, PUA ve EA gruplarının, XP ve PIPS gruplarından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek debris skoru gösterdikleri belirlendi ( $p<0.05$ ). Bir başka deyişle, distile su ve QMix solüsyonları debris çıkarma etkinliği açısından; GİA, GPA, PUA ve EA gruplarında benzer, XP ve PIPS gruplarında benzer etki gösterdi. Ayrıca her iki solüsyon için debris çıkarma etkinliği açısından XP ve PIPS aktivasyonları, diğer aktivasyon gruplarına göre daha etkili bulundu. Debris çıkarma etkinliği açısından EDTA solüsyonunun ise tüm aktivasyon gruplarında istatistiksel olarak anlamlı derecede benzer etkinliğe sahip olduğu belirlendi ( $p>0.05$ ).

**Çizelge 3.1.3.** Debris uzaklaştırma etkinliği açısından üç farklı irrigasyon solüsyonunun farklı aktivasyon teknikleri ile kullanılmasıyla elde edilen skorlara ait istatistiksel analiz sonucu

		n	Ort±SS	p değeri
Distile su	GİA	5	1,200±0,374 <sup>a</sup>	0,018*
	GPA	5	1,600±0,400 <sup>a</sup>	
	PUİ	5	1,200±0,583 <sup>a</sup>	
	EA	5	1,200±0,583 <sup>a</sup>	
	XP	5	0,000±0,000 <sup>b</sup>	
	PIPS	5	0,000±0,000 <sup>b</sup>	
EDTA	GİA	5	0,600±0,244 <sup>a</sup>	0,095
	GPA	5	1,000±0,632 <sup>a</sup>	
	PUİ	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	
	EA	5	0,200±0,200 <sup>a</sup>	
	XP	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	
	PIPS	5	0,000±0,000 <sup>a</sup>	
QMix	GİA	5	1,600±0,600 <sup>a</sup>	0,018*
	GPA	5	2,000±0,547 <sup>a</sup>	
	PUİ	5	1,200±0,583 <sup>a</sup>	
	EA	5	1,200±0,489 <sup>a</sup>	
	XP	5	0,000±0,000 <sup>b</sup>	
	PIPS	5	0,000±0,000 <sup>b</sup>	

\*  $p<0.05$

Aktivasyon tekniklerinin etkinliği önemsenmeden sadece irrigasyon solüsyonlarının debris çıkarma etkinliği ile ilgili yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına ait ortalama ve standart sapma (Ort±SS) değerleri Çizelge 3.1.4'te gösterilmektedir. Yapılan *Kruskal-Wallis* test sonucuna göre solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlendi ( $p<0.05$ ). Distile su ve QMix için skorlar aynı bulunurken ( $p>0.05$ ), EDTA için skorlar bu iki solüsyona göre daha düşük değerlere sahipti ( $p<0.05$ ). Bir başka deyişle, EDTA solüsyonunun debris çıkarma etkinliği distile su ve QMix'e göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 3.1.4.** Kullanılan aktivasyon tekniğinin etkinliğini önemsenmeksizin üç farklı solüsyonun debris uzaklaştırma etkinliği açısından istatistiksel olarak karşılaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar

	n	Ort±SS	p değeri
Distile su	30	0,866±0,190 <sup>a</sup>	
EDTA	30	0,300±0,128 <sup>b</sup>	0,018*
QMix	30	1,000±0,219 <sup>a</sup>	

\*  $p<0.05$

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği önemsenmeksizin sadece kullanılan aktivasyon tekniklerinin debris çıkarma etkinliğinin karşılaştırılması amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına ait ortalama ve standart sapma (Ort±SS) değerleri ise Çizelge 3.1.5'te gösterilmektedir. Yapılan *Kruskal-Wallis* test sonucuna göre aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlendi ( $p<0.05$ ). GİA ve GPA aynı ve en yüksek skor değerlerine ( $p>0.05$ ), PUA ve EA aynı ve orta skor değerlerine ( $p>0.05$ ), XP ve PIPS aynı ve en düşük skorlara sahiptir ( $p>0.05$ ). Bir başka deyişle, yapay oluklardan debris temizleme etkinliği açısından XP ve PIPS en etkili aktivasyon tekniği olarak bulunmuş ve bu iki teknik arasında bir fark tespit edilememiştir ( $p>0.05$ ). Yapay oluklardan debris temizleme etkinliği açısından en etkisiz bulunan yöntemler ise GİA ve GPA'dır. Bu iki teknik arasında da herhangi bir fark tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ).

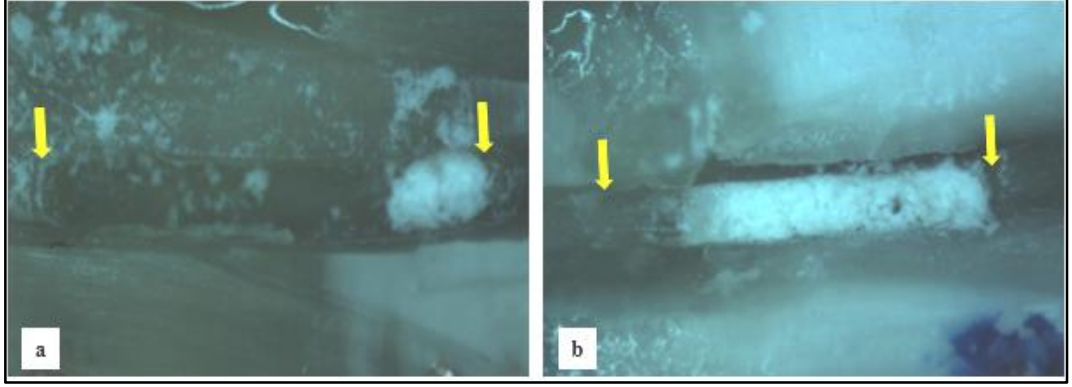


**Çizelge 3.1.5.** İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği önemsiz olmak üzere sadece kullanılan aktivasyon tekniklerinin debris çıkarma etkinliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçları

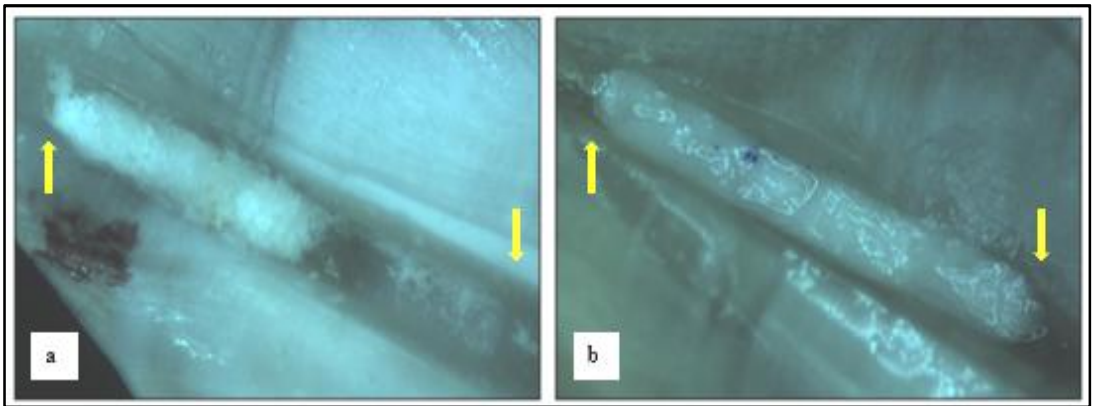
	n	Ort±SS	p değeri
GİA	15	1,133±0,255 <sup>a</sup>	0,000*
GPA	15	1,533±0,306 <sup>a</sup>	
PUA	15	0,800±0,296 <sup>b</sup>	
EA	15	0,867±0,273 <sup>b</sup>	
XP	15	0,000±0,000 <sup>c</sup>	
PIPS	15	0,000±0,000 <sup>c</sup>	

\* p<0.05

Aşağıda bazı araştırma grupları için, en fazla görülen skor değerleri dikkate alınarak yapılan debris skorlamalarına ait stereomikroskop görüntüleri bulunmaktadır.

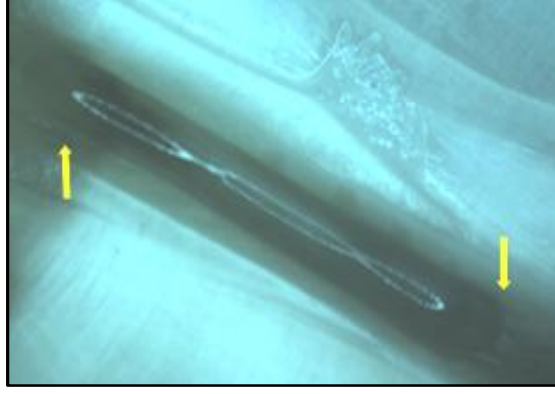


**Şekil 3.1.2.** Geleneksel endodontik irigasyon iğnesi ile aktivasyon grubunun distile su alt grubuna ait **skor-1 (a)** ve **skor-2 (b)** stereomikroskop görüntüleri

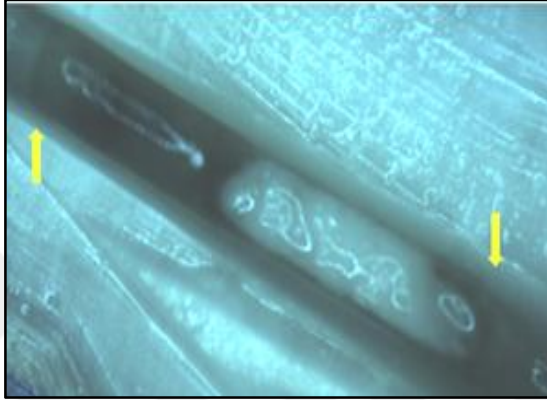


**Şekil 3.1.3.** Güta-perka kon ile yapılan dinamik aktivasyonda EDTA alt grubuna ait **skor-2 (a)** ve **skor-3 (b)** stereomikroskop görüntüleri

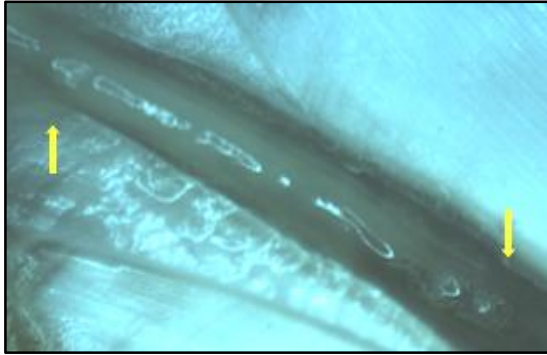




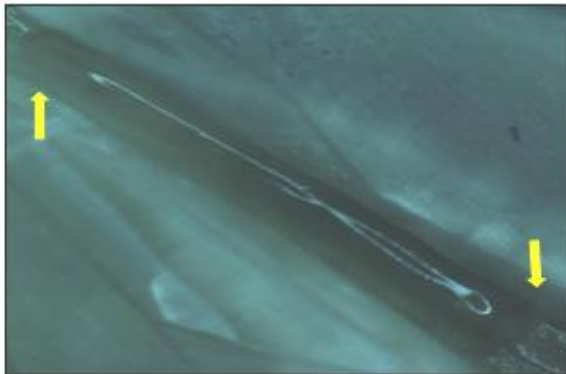
Şekil 3.1.4. Pasif ultrasonik aktivasyonda QMix alt grubuna ait **skor-0** stereomikroskop görüntüsü



Şekil 3.1.5. EndoActivator ile aktivasyonda QMix alt grubuna ait **skor-2** stereomikroskop görüntüsü



Şekil 3.1.6. XP-EndoFinisher ile aktivasyonda QMix alt grubuna ait **skor-0** stereomikroskop görüntüsü

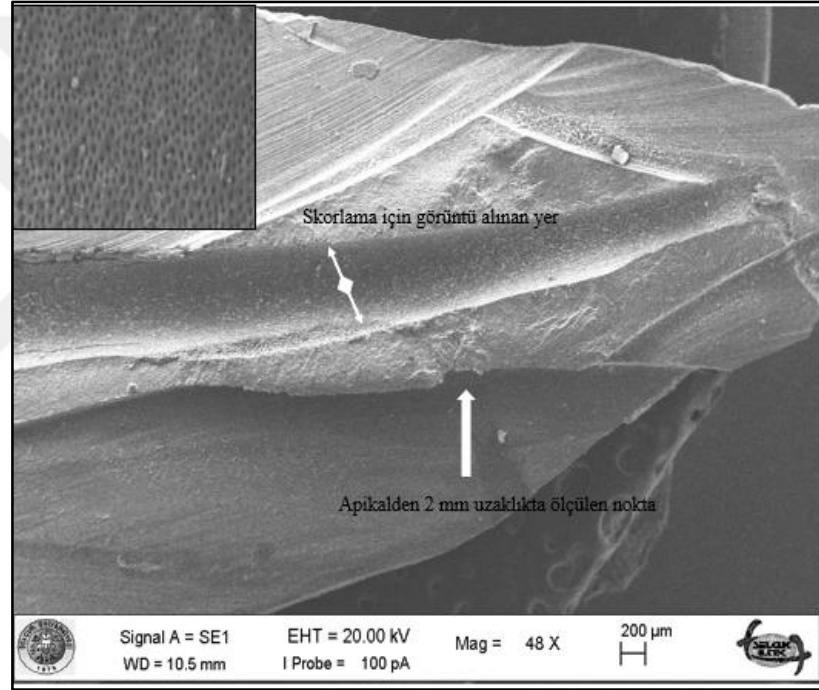


Şekil 3.1.7. PIPS tekniği ile aktivasyonda QMix alt grubuna ait **skor-0** stereomikroskop görüntüsü

### 3.2. Smear Tabakası Temizleme Etkinliğinin İncelendiği Örneklerle Ait Bulgular

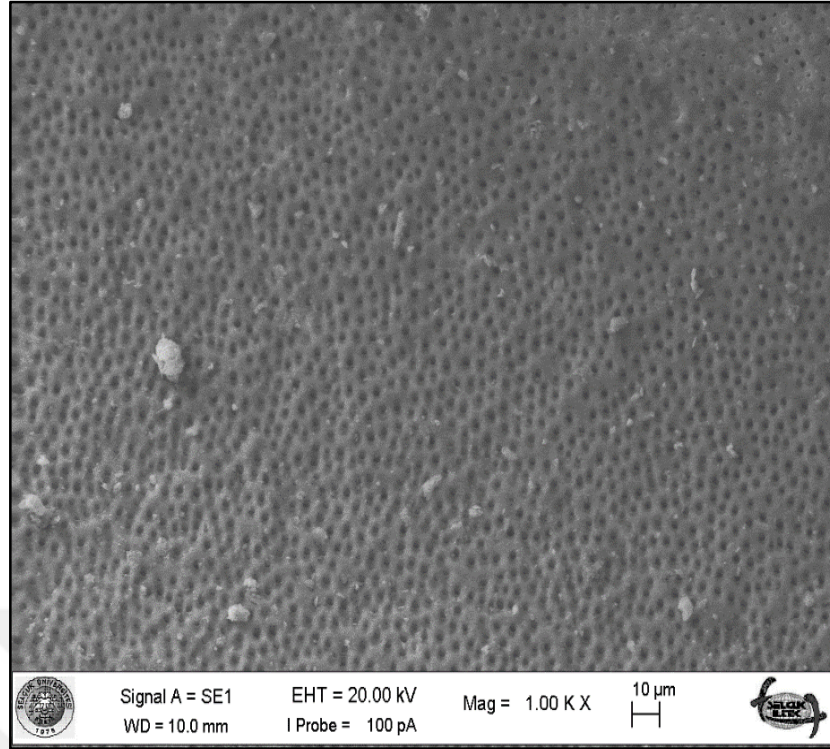
Kök kanal sisteminde yapılan kemomekanik hazırlıktan sonra, 3 farklı solüsyonun 6 farklı irrigasyon aktivasyon tekniği ile kullanıldığı ve kökün apikal üçlüsünde smear tabaka temizleme etkinliklerinin karşılaştırıldığı bu bölümde örneklerden alınan SEM görüntüleri üzerinde skorlama yapıldı.

Skorlama görüntülerini almadan önce, skorlama yapılacak alan görüntüsünün nereden alındığını göstermek için yaklaşık x50 büyütme bir görüntü elde edildi (Şekil 3.2.1). Daha sonra aynı bölgeden alınan x1000 büyütmedeki görüntüler, incelenerek kaydedildi ve iki farklı gözlemci tarafından skorlanarak değerlendirildi.

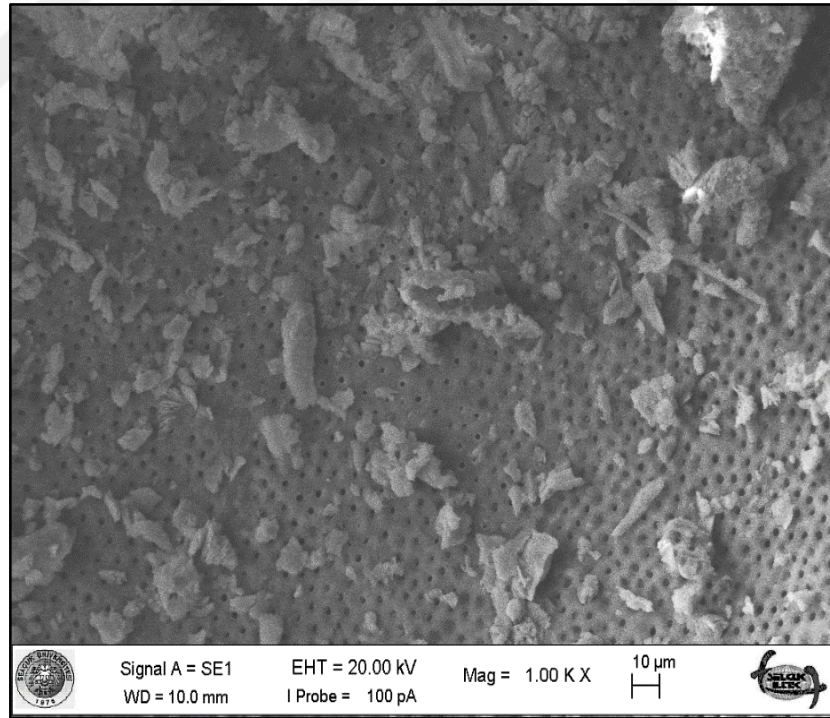


Şekil 3.2.1. Smear skorlaması için görüntü alınan lokasyonu göstermek için alınan SEM görüntüsü (x48)

Değerlendirmede kullanılan skorla sistemine göre; **skor 1**'de smear tabakası yok ya da çok az miktarda (< %5) ve dentin tübülleri tamamına yakın açık (şekil 3.2.2), **skor 2**'de az miktarda smear tabakası (%5 < - < %35) mevcut ve dentin tübüllerinin bir kısmı açık (Şekil 3.2.3), **skor 3**'de bir miktar smear tabakası mevcut (%35 < - < %65) ve dentin tübüllerinin bir kısmı açık (Şekil 3.2.4), **skor 4**'te kök kanal duvarlarının çoğunu kapsayan smear tabakası mevcut (%65 < - < %95) ve dentin tübülleri nadir olarak açık (Şekil 3.2.5), **skor 5**'te kök kanal duvarlarının tamamını ya da tamamına yakını kapsayan smear tabakası mevcut (%95 < - < %100) ve dentin tübülleri tıkalı (Şekil 3.2.6) kabul edildi.

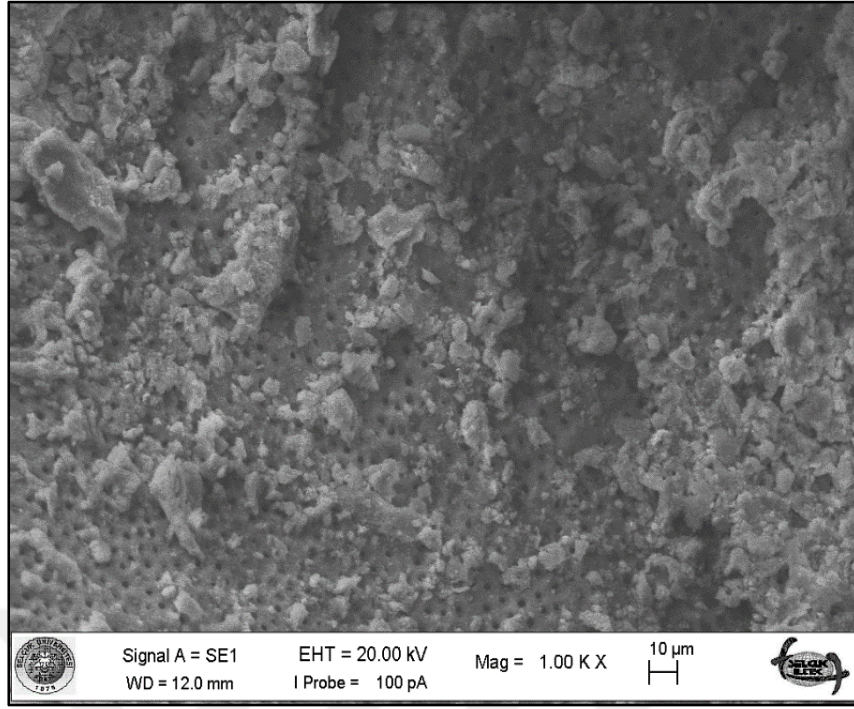


Şekil 3.2.2. Skor 1'e ait bir örnek: Smear tabakası yok ya da çok az miktarda (< %5) ve dentin tübüllerinin tamamına yakını açık (x1000)

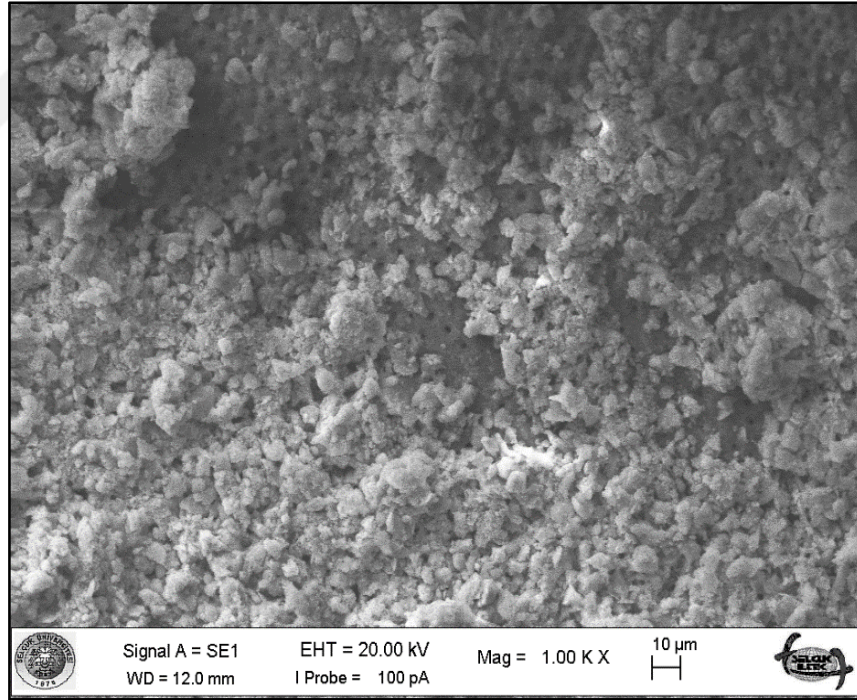


Şekil 3.2.3. Skor 2'ye ait bir örnek: Az miktarda smear tabakası (%5 < - < %35) mevcut ve dentin tübüllerinin bir kısmı açık (x1000)

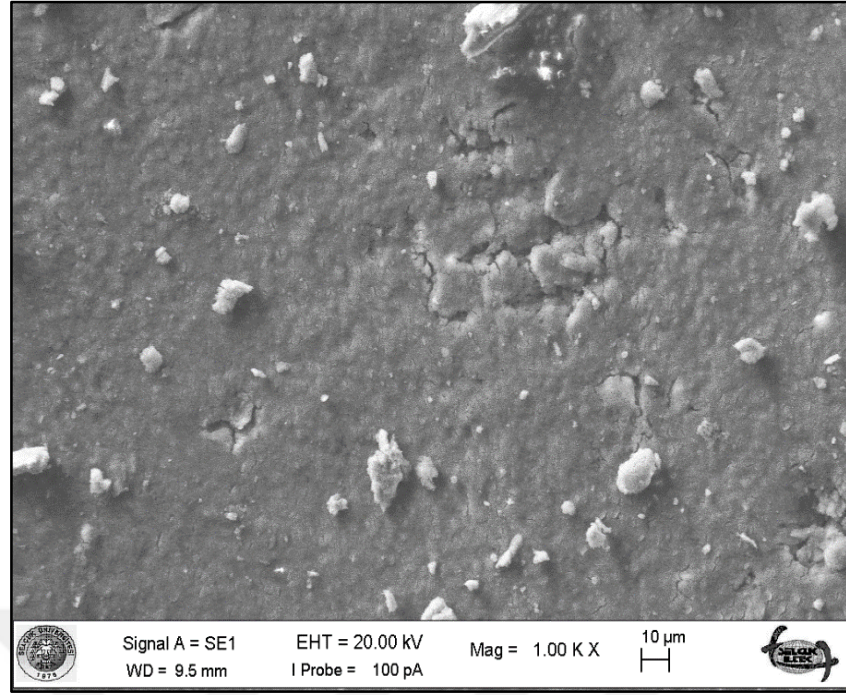




**Şekil 3.2.4.** Skor 3'e ait bir örnek: Bir miktar smear tabakası mevcut (%35 < - < %65) ve dentin tübüllerinin bir kısmı açık (x1000)



**Şekil 3.2.5.** Skor 4'e ait bir örnek: Kök kanal duvarlarının çoğunu kapsayan smear tabakası mevcut (%65 < - < %95) ve dentin tübülleri nadir olarak açık (x1000)



**Şekil 3.2.6** Skor 5'e ait bir örnek: Kök kanal duvarlarının tamamını ya da tamamına yakınını kapsayan smear tabakası mevcut (%95 < - < %100) ve dentin tübülleri tıkalı (x1000)

Farklı mesleki deneyime sahip iki gözlemci arasında skorlamadaki uyum *Kappa Uyum Analizi* ile değerlendirildi ve iki gözlemci arasındaki uyumun %97.1 düzeyinde olduğu tespit edildi ( $p$  değeri=0,000<0,050) (Çizelge 3.2.1).

**Çizelge 3.2.1.** Smear tabakası uzaklaştırma etkinliği skorlamasında skorlamasında gözlemciler arası uyum analizine ait istatistiksel veriler

		2. GÖZLEMCİ					
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	TOTAL
1.GÖZLEMCİ	1,00	12	0	0	0	0	12
	2,00	1	15	0	0	0	16
	3,00	0	0	20	0	0	20
	4,00	0	0	1	11	0	12
	5,00	0	0	0	0	30	30
<b>TOTAL</b>		13	15	21	11	30	90

Uyum katsayısı %97.1

Aynı aktivasyon tekniği içerisinde, 3 farklı solüsyonun smear tabakası uzaklaştırma etkinliği analizi için yapılan *Kruskal-Wallis* test sonucu ile her bir gruba ait ortalama ve standart sapma ( $Ort \pm SS$ ) değerleri Çizelge 3.2.2'de gösterilmektedir. Her bir aktivasyon grubu içerisinde kullanılan farklı irrigasyon solüsyonları arasında smear tabakası uzaklaştırma etkinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı fark

olduğu bulundu ( $p<0.05$ ). GİA grubunda EDTA ve QMix aynı ve distile suya göre düşük skor değerlerine, GPA grubunda distile su ve QMix aynı ve EDTA'ya göre yüksek skor değerlerine, PUA grubunda EDTA ve QMix aynı ve distile suya göre düşük skor değerlerine, EA grubunda EDTA en düşük, QMix 2. en düşük, distile su en yüksek skor değerlerine, XP grubunda EDTA ve QMix aynı ve distile suya göre düşük skor değerlerine, PIPS grubunda QMix en düşük, EDTA 2. en düşük, distile su en yüksek skor değerlerine sahipti. Sonuç itibariyle; smear tabakası temizleme etkinliği açısından GPA, EA ve PIPS gruplarında EDTA en etkili solüsyon iken; GİA, PUA ve XP gruplarında EDTA ve QMix benzer oranda ve distile sudan daha etkili bulundu.

**Çizelge 3.2.2.** Farklı aktivasyon teknikleriyle kullanılan final irrigasyon solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinlikleri açısından karşılaştırması amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçları

		n	Ort±SS	p değeri
GİA	Distile su	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	0,006*
	EDTA	5	2,000±0,441 <sup>b</sup>	
	QMix	5	2,200±0,377 <sup>b</sup>	
GPA	Distile su	5	4,800±0,200 <sup>a</sup>	0,007*
	EDTA	5	2,000±0,471 <sup>b</sup>	
	QMix	5	3,800±0,480 <sup>a</sup>	
PUA	Distile su	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	0,006*
	EDTA	5	2,400±0,600 <sup>b</sup>	
	QMix	5	2,000±0,632 <sup>b</sup>	
EA	Distile su	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	0,003*
	EDTA	5	2,000±0,316 <sup>c</sup>	
	QMix	5	3,200±0,374 <sup>b</sup>	
XP	Distile su	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	0,004*
	EDTA	5	2,000±0,316 <sup>b</sup>	
	QMix	5	2,600±0,244 <sup>b</sup>	
PIPS	Distile su	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	0,004*
	EDTA	5	2,800±0,374 <sup>c</sup>	
	QMix	5	3,600±0,244 <sup>b</sup>	

\*  $p<0.05$

Smear tabakası uzaklaştırma etkinliği açısından üç farklı irrigasyon solüsyonunun farklı aktivasyon teknikleri ile kullanılmasıyla elde edilen skorlarla yapılan *Kruskal-Wallis* testine ait ortalama ve standart sapma (Ort±SS) değerleri Çizelge 3.2.3'te gösterilmektedir.

Distile su ve EDTA solüsyonları için smear tabakası temizleme etkinliği açısından, kullanılan aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark

bulunmazken ( $p>0.05$ ), QMix solüsyonu için aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu tespit edildi ( $p<0.05$ ).

QMix solüsyonu; GPA, EA, XP ve PIPS gruplarında benzer ( $p>0.05$ ); GİA, PUA, EA ve XP gruplarında da benzer skor değerlerine sahipti ( $p>0.05$ ). GPA ve PIPS’de görülen skor değerleri GİA ve PUA’da oluşan skor değerlerinden daha yüksek bulundu ( $p<0.05$ ). Bir başka deyişle, QMix solüsyonun her bir aktivasyon tekniği içerisinde smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin farklı olduğu ve en etkili olduğu grupların da GİA ve PUA olduğu sonucu elde edildi. Distile su ve EDTA solüsyonları ise her bir aktivasyon tekniği içerisinde benzer smear tabakası temizleme etkinliği gösterdi. İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte EDTA’nın diğer solüsyonlardan daha düşük skor değerlerine sahip olduğu görüldü.

**Çizelge 3.2.3.** Üç farklı irrigasyon solüsyonunun farklı aktivasyon teknikleri ile kullanılmasıyla elde edilen smear tabakası skorlarına ait istatistiksel analiz sonuçları

		n	Ort±SS	p değeri
Distile su	GİA	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	0,416
	GPA	5	4,800±0,200 <sup>a</sup>	
	PUİ	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	
	EA	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	
	XP	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	
	PIPS	5	5,000±0,000 <sup>a</sup>	
EDTA	GİA	5	2,000±0,447 <sup>a</sup>	0,711
	GPA	5	2,000±0,447 <sup>a</sup>	
	PUİ	5	2,400±0,600 <sup>a</sup>	
	EA	5	2,000±0,316 <sup>a</sup>	
	XP	5	2,000±0,316 <sup>a</sup>	
	PIPS	5	2,800±0,374 <sup>a</sup>	
QMix	GİA	5	2,200±0,374 <sup>b</sup>	0,042*
	GPA	5	3,800±0,489 <sup>a</sup>	
	PUİ	5	2,000±0,632 <sup>b</sup>	
	EA	5	3,200±0,374 <sup>ab</sup>	
	XP	5	2,600±0,244 <sup>ab</sup>	
	PIPS	5	3,600±0,244 <sup>a</sup>	

\*  $p<0.05$

Aktivasyon tekniklerinin etkinliği önemsenmeksizin sadece irrigasyon solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinliği ile ilgili yapılan istatistiksel analiz sonuçları ve gruplara ait Ort±SS değerleri Çizelge 3.2.4’te gösterilmektedir. Yapılan *Kruskal-Wallis* test sonucuna göre solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlendi ( $p<0.05$ ). Distile suyun en yüksek skor değerlerine, QMix’in ikinci en yüksek skor değerlerine, EDTA’nın ise en düşük skor değerlerine

sahip olduğu belirlendi ( $p<0.05$ ). Bir başka deyişle, EDTA solüsyonunun smear tabakası uzaklaştırma etkinliği distile su ve QMix'e göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulundu ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 3.2.4.** Kullanılan aktivasyon yöntemi önemsenmeksizin üç farklı solüsyonun smear tabakası uzaklaştırma etkinliği açısından istatistiksel olarak karşılaştırılması

	n	Ort±SS	p değeri
Distile su	30	4,966±0,033 <sup>a</sup>	
EDTA	30	2,200±0,168 <sup>c</sup>	0,000*
QMix	30	2,900±0,199 <sup>b</sup>	

\*  $p<0.05$

Kullanılan irrigasyon solüsyonunun etkinliği önemsenmeden, sadece aktivasyon tekniklerinin smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçları ile her bir gruba ait Ort±SS değerleri Çizelge 3.2.5'te gösterilmektedir. Yapılan *Kruskal-Wallis* test sonucuna göre aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilemedi ( $p>0.05$ ). Bir başka deyişle, kök kanallarının apikalinde smear tabakası uzaklaştırma etkinliği açısından kullanılan aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü ( $p>0.05$ ).

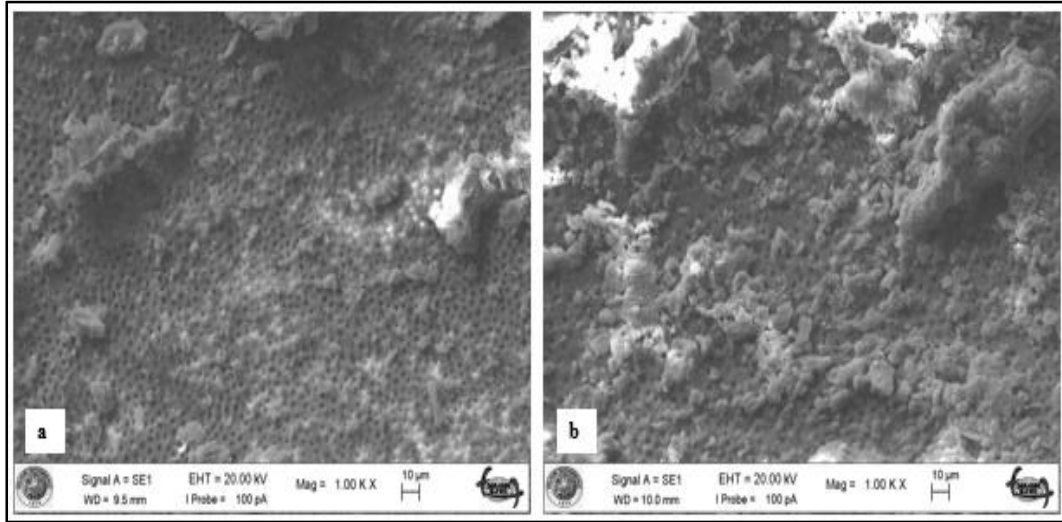
**Çizelge 3.2.5.** Kullanılan irrigasyon solüsyonunun etkinliği önemsenmeden, sadece aktivasyon tekniklerinin smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan istatistiksel analiz sonuçları

	n	Ort±SS	p değeri
GİA	15	3,066±0,407 <sup>a</sup>	
GPA	15	3,533±0,376 <sup>a</sup>	
PUA	15	3,133±0,445 <sup>a</sup>	0,799*
EA	15	3,400±0,362 <sup>a</sup>	
XP	15	3,200±0,367 <sup>a</sup>	
PIPS	15	3,800±0,279 <sup>a</sup>	

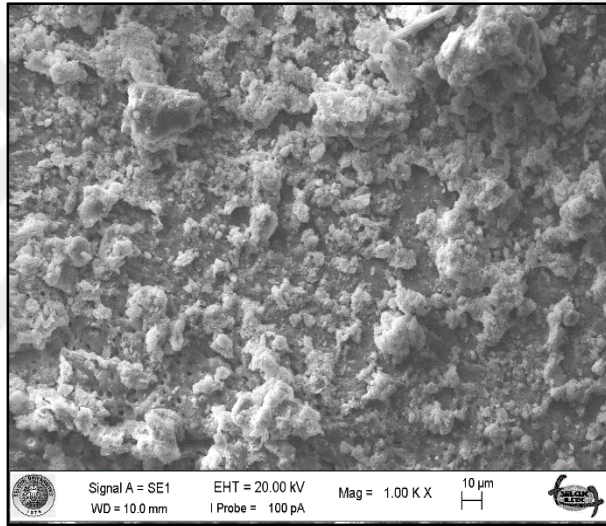
\*  $p>0.05$

Aşağıda bazı araştırma grupları için, en fazla görülen skor değerleri dikkate alınarak verilen bazı örnek SEM görüntüleri bulunmaktadır.

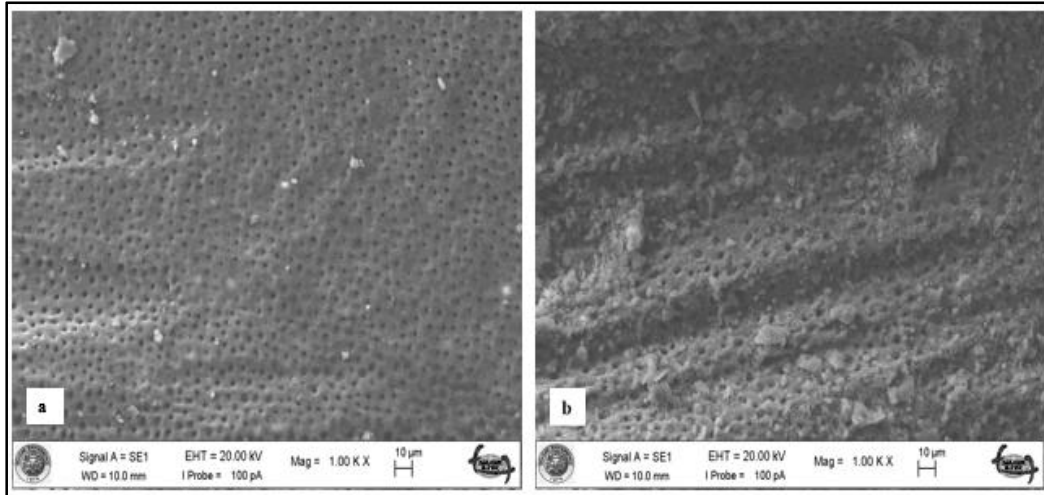




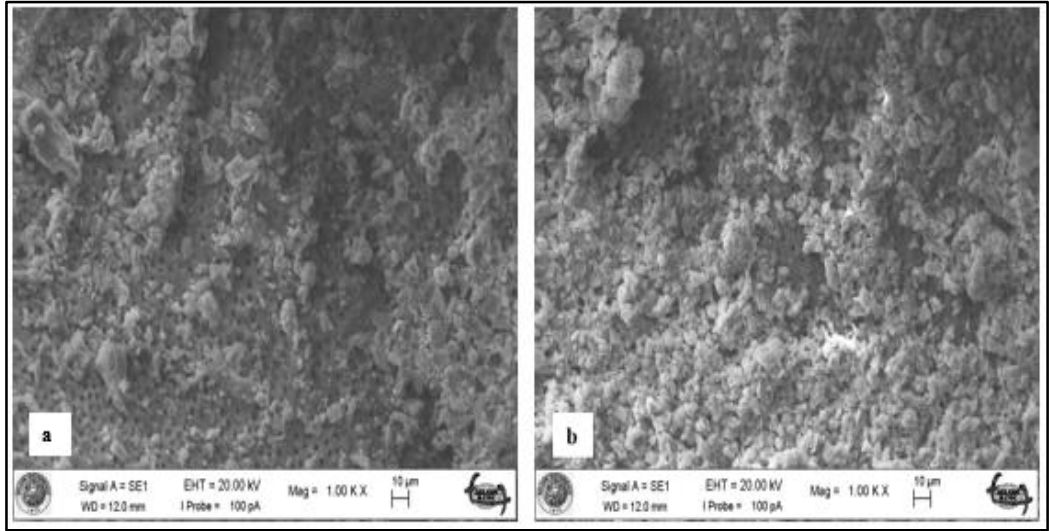
Şekil 3.2.7. Geleneksel endodontik irrigasyon iğnesi ile yapılan aktivasyonda EDTA alt grubuna ait skor-2 (a) ve skor-3 (b)'e ait SEM görüntüleri



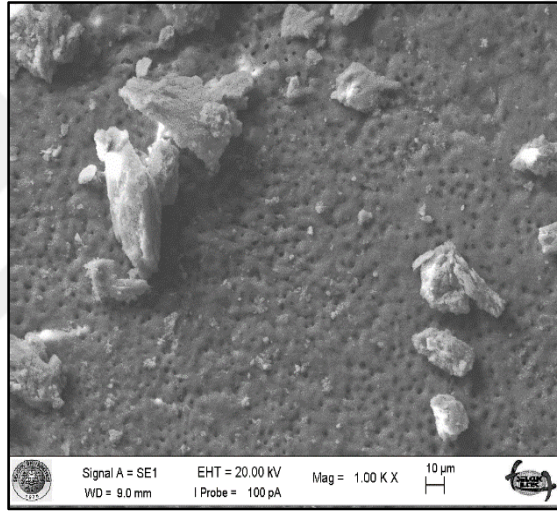
Şekil 3.2.8. Gütaperka kon ile yapılan dinamik aktivasyonda QMix alt grubuna ait skor-4'e ait SEM görüntüsü



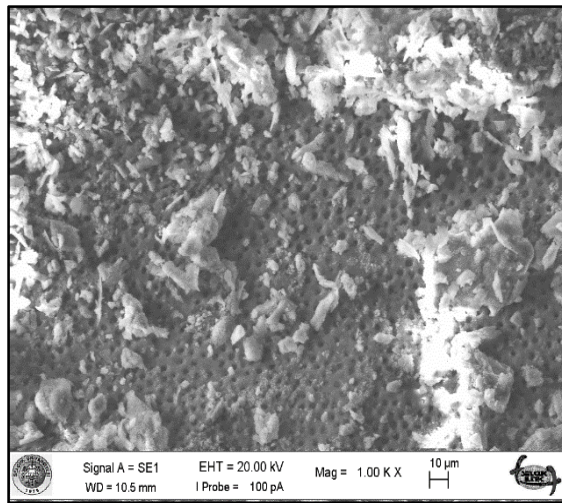
Şekil 3.2.9. Pasif ultrasonik aktivasyonda EDTA alt grubuna ait skor-1 (a) ve skor-2 (b)'e ait SEM görüntüleri



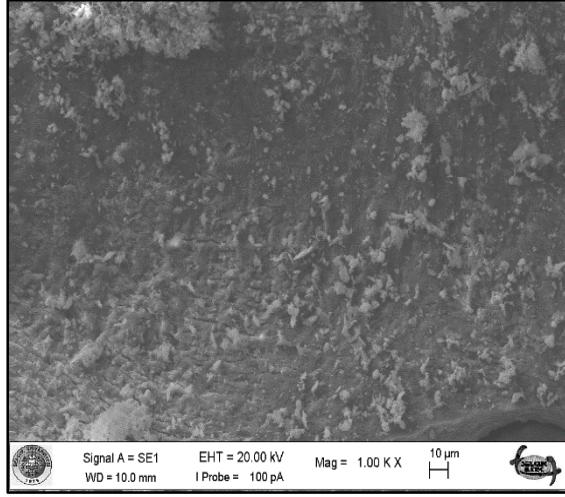
Şekil 3.2.10. EndoActivator ile aktivasyonda QMix alt grubuna ait skor-3 (a) ve skor-4 (b)'e ait SEM görüntüleri



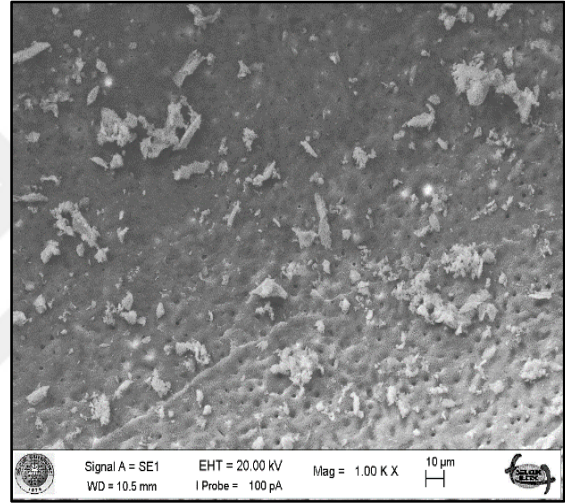
Şekil 3.2.11. XP EndoFinisher ile aktivasyonda EDTA alt grubuna ait skor-2'ye ait SEM görüntüsü



Şekil 3.2.12. XP EndoFinisher ile aktivasyonda QMix alt grubuna ait skor-3'e ait SEM görüntüsü



Şekil 3.2.13. PIPS tekniği ile aktivasyonda distile su alt grubuna ait **skor-5**'e ait SEM görüntüsü



Şekil 3.2.14. PIPS tekniği ile aktivasyonda QMix alt grubuna ait **skor-4**'e ait SEM görüntüsü

#### 4. TARTIŞMA

Endodontik tedavi; giriş kavitesinin açılması, kök kanal sisteminin mekanik olarak şekillendirilmesi, uygun irrigasyon solüsyonları ve medikamentlerle dezenfeksiyonun ardından sistemin yeniden enfeksiyonunu engelleyecek şekilde kök kanal dolumunun ve final restorasyonun yapılması aşamalarını içermektedir. Bu aşamaların herhangi birinin doğru teknik ile eksiksiz olarak yerine getirilememesi sonraki basamaklarda problemin giderek büyümesine ve tedavi prognozunun olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır.

Kök kanal sisteminin anatomisi son derece kompleks olduğundan her zaman etkili bir temizleme ve dezenfeksiyon sağlanamayabilir. Endodontik tedavinin temel aşamalarından olan irrigasyon prosedürünün, amacına uygun olacak şekilde tam olarak yerine getirilmesi başarılı bir kök kanal tedavisi için oldukça önemlidir. Zira kök kanallarının şekillendirilmesi öncesi ve sonrasında elde edilen mikro-CT görüntülerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada kök kanal yüzeylerinin (istmuslar da dahil olmak üzere) preparasyon tekniği önemsenmeksizin %35 veya daha fazlasının dokunulmadan kaldığı belirtilmiş ve kök kanallarının irrigasyonunun ve tam dezenfeksiyonunun önemi çarpıcı şekilde vurgulanmıştır (Peters ve ark 2001).

Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının doku çözme ve mekanik olarak yıkama etkisi kök kanal sisteminin temizlenmesine katkı sağlamakta olup solüsyonların aynı zamanda smear tabakayı da çıkarması istenen önemli özelliklerindedir. Bir irrigasyon solüsyonunun sahip olması gereken özelliklerin tümüne birden sahip tek bir solüsyon olmadığı için etkili ve güvenli bir irrigasyon, ancak iki veya daha fazla solüsyonun kombine edilerek kullanılmasını ve/veya son zamanlarda popüler olan bir takım aktivasyon yöntemlerinin kullanılmasını gerektirir.

Mevcut araştırmanın amacı, farklı aktivasyon sistemlerinin nispeten yeni bir final irrigasyon solüsyonu olan QMix'in apikal debris ve smear tabakasını temizleme etkinliğini değerlendirmektir. Araştırmada QMix solüsyonunun etkisi EDTA solüsyonu ile kıyaslanmış ve her iki solüsyonun kontrolü distile su ile sağlanmıştır. Bu amaçla tek köklü ve yuvarlak kanallı, apikal açıklığı #15'ten büyük olmayan insan premolar dişleri seçilmiştir. Doğal dişlerde çalışılarak, dentin tübüllerinin varlığı nedeniyle daha gerçekçi sonuçlar elde etmek amaçlanmıştır. Boyutsal farklılıkların çalışma



sonuçlarını etkilememesi açısından görsel olarak birbirine benzer kök ve kanal formu olan dişler seçilmiştir. Yuvarlak kanallı diş seçilmesi döner alet eğesi ile şekillendirme sırasında kullanılan eğenin ve GPA grubunda aktivasyon sırasında kullanılan güta-perka konların tüm kök kanal duvarlarına aynı oranda temasını sağlamıştır. Tüm deney gruplarında kullanılan solüsyonların olabildiğince aynı oranda dentin yüzeyine temasını sağlamak amacı ile dişlerin kuronları kök boyları eşit olacak şekilde elmas bir separe ile uzaklaştırılmıştır.

Araştırmada; örnek hazırlama, kökleri longitudinal olarak ikiye ayırma, yapay oluk oluşturma işlemleri sırasında standardizasyon sağlamada zorluk olacağı için ve ayrıca kök kanal morfolojisi dahil tüm potansiyel değişkenleri standartlaştırmak adına tek köklü dişler seçilmiştir. Ancak literatürde, mandibular molar dişlerin mezial kökleri kullanılarak debris ve smear tabakası temizleme etkinliğinin incelendiği araştırmalar da mevcuttur (Elnaghy ve ark 2017, Leoni ve ark 2017).

İrrigasyon solüsyonlarının etkinlik yönünden incelendiği *in-vitro* çalışmalarda, mümkün olduğunca klinik durum yansıtılmaya çalışılmakta olup, bunun için köklerin apeksleri mum, sirkolant, silikon ölçü maddesi veya yapıştırıcı gibi materyallerle kapatılmaktadır. *Kapalı irrigasyon sistemi* olarak adlandırılan bu deney modeli ile yapılmış birçok araştırma mevcuttur (Kho ve Baumgartner 2006, De Gregorio ve ark 2010, Leoni ve ark 2017). Açık irrigasyon sisteminde ise incelenecek dişler apeksleri açık kalacak şekilde deney düzeneğine sabitlenmektedir. Apikalde sıkışan havanın (vapor lock etkisi), kök kanal temizliği üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada açık ve kapalı irrigasyon sistemleri karşılaştırılmış ve açık irrigasyon sisteminde temizliğin daha iyi olduğu gözlenmiştir (Tay ve ark 2010). Aynı sonucu destekleyen kapalı ve açık irrigasyon sistemlerinin kıyaslandığı başka çalışmalar da mevcuttur (Parente ve ark 2010, Susin ve ark 2010, Adcock ve ark 2011). Mevcut araştırmada köklerin apeksleri kemomekanik hazırlık sırasında irrigasyon solüsyonlarının sızıntısını önleyecek şekilde; debris incelenecek gruplarda kökler silikon ölçü maddesi içerisine gömülerek, smear tabakası incelenecek gruplarda ise mum ve sirkolantla kapatılarak kapalı irrigasyon sistemi oluşturulmuş ve böylece klinik durum taklit edilerek sonuçların mümkün olduğuca kliniği yansıtmasına çalışılmıştır.

Yeterli oranda kemomekanik debridman sağlanabilmesi için kök kanal sisteminin mekanik olarak şekillendirilmesi gerekmektedir. Kök kanallarının apikal çapı tüm dişlerde büyük oranda farklı olduğundan apikal genişleme için standart boyut önerilmemektedir. Önerilen bir yaklaşım, kök kanalının apikalini çalışma boyunda sıkışan ilk eğenin üç boy büyüğüne kadar genişletmektir. Bu sayede kök kanal sisteminde enfekte dentinin elimine edilebileceği düşünülmektedir (Walton ve Torabinejad 1996, Weine 1996). Wu ve ark (2002) tarafından yapılan bir çalışmada vital pulpalı dişlere tedavi yapılırken kök dentinin daha az kaldırılması ve daha az genişletme yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ancak, nekrotik pulpalı ve apikal periodontitisi olan dişlerde görüş farklılıkları bulunmaktadır. Apikalde yapılan genişletmenin mikrobiyal florayı azaltacağını öne süren araştırmacılar (Ørstavik ve ark 1991, Shuping ve ark 2000, McGurkin-Smith ve ark 2005) yanısıra apikal genişletme miktarının bakteri yükündeki azalmada anlamlı derecede etkin olmadığını ileri süren araştırmacılar da mevcuttur (Yared ve Dagher 1994, Nair ve ark 2005).

Kök kanalının apikal üçlü bölgesi; irrigasyon solüsyonu değişiminin koronal ve orta üçlüye göre daha düşük olduğu ve aynı zamanda kompleks anatomik yapısı nedeniyle de debris ve smear tabaka uzaklaştırmanın en zor olduğu bölgedir. Salzgeber ve Brilliant (1977), irrigasyon solüsyonun kök kanal sisteminin apikaline ulaşabilmesi için apikalın en az 0.35 mm'e kadar genişletilmesini, Ram (1977) ise apikalde biriken debrisin irrigasyon solüsyonları sayesinde dışarı atılabilmesi için apikal genişliğin en az 0.40 mm olması gerektiğini bildirmişlerdir. Kök kanalı konikliğinin ve apikal çapının büyük olması irrigasyon solüsyonlarının apikale daha iyi iletilmesini ve bu bölgede solüsyon değişiminin daha iyi olmasını sağlamaktadır (Huang ve ark 2008). Bu nedenle araştırma için seçilen dişlerin kök kanalı ve apikal çapları eşit oranda genişletilerek (0.40 mm, 0.06 taper) bu konuda standardizasyon sağlanmaya çalışılmıştır.

Daha öncede belirtildiği üzere, kök kanallarının mekanik olarak şekillendirilmesi sırasında oluşan organik ve inorganik içeriği bulunan smear tabakası ve debrisin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması başarılı bir endodontik tedavi için şarttır. Günümüzde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının hiçbiri tek başına smear tabakasının organik ve inorganik içeriğini temizleyememektedir. Bu amaçla NaOCI ve EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımı önerilmektedir (Yamada

ve ark 1983, Cengiz ve ark 1990). Yapılan bir çalışmada %2.5'lük NaOCI ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımı ile %2'lik CHX ve %2.5'lik NaOCI'in birlikte kullanımının smear tabakası üzerine etkisi incelenmiş ve %2.5'lik NaOCI ve %17'lik EDTA'nın daha etkili olduğu bulunmuştur (Yamashita ve ark 2003). Goel ve Tewari'nin (2009) yaptıkları çalışmada da smear tabakasının %2.5'lik NaOCI ve %17'lik EDTA solüsyonun 1 dk. kullanılmasıyla temizlenebileceği gösterilmiştir. Uygun irrigasyon rejiminin her bir ege arasında 2 ml NaOCI ve şekillendirme bittikten sonra da 5-10 ml final irrigasyonu şeklinde olmasının etkili olacağı bildirilmiştir (Santos ve ark 1999, Walters ve ark 2002). Mevcut araştırmada şekillendirme sırasında her ege arasında 2 ml, şekillendirme tamamlandıktan sonra da 5 ml %2.5'lük NaOCI solüsyonuyla irrigasyon yapılmıştır. Smear tabaka ve debris temizlenmesi için yapılan final irrigasyonu ile farklı aktivasyon gruplarında; distile su, %17'lik EDTA ve QMix, her bir kök için 3 ml olacak şekilde kullanılarak etkinlikleri karşılaştırılmıştır.

Kullanılan irrigasyon solüsyonunun çeşidine bakılmaksızın, irrigasyon işleminin kök kanalında bulunan mikroorganizma ve ürünlerini, şekillendirme sırasında oluşan debris mekanik olarak uzaklaştırma etkisi vardır (Berber ve ark 2006). Kök kanal irrigasyonunun etkinliği; kanal içine yerleştirilen iğnenin penetrasyon derinliğine, kanalın hazırlanan son apikal çapına, kök kanalının kurvatürüne ve kullanılan solüsyonun hacim ve özellikleri gibi pek çok faktöre bağlıdır (Usman ve ark 2004, Sedgley ve ark 2005, Nguy ve Sedgley 2006). Kullanılacak solüsyonun kök kanal sistemi içerisinde tüm yüzeylere ulaşarak temas etmesi ve aynı zamanda apikalden dışarı taşmaması gerekir. Endodontik irrigasyonda kullanılmak üzere çeşitli irrigasyon iğneleri tasarlanmıştır. Guerreiro-Tanomaru ve ark (2013) tarafından yapılan bir çalışmada yandan delikli 23G, apikal açıklı 22G, yandan delikli 30G ve apikal açıklı 30G endodontik irrigasyon iğneleri farklı çap ve tasarımları ile kök kanalının apikalini temizleme etkinliği açısından kıyaslanmış ve tasarıma bakılmaksızın küçük çaplı iğnelerin daha etkin olduğu bulunmuştur. Psimma ve ark (2013) tarafından yapılan in-vitro bir çalışmada ise 30G ve 21G çaplı iğnelerin yandan delikli ve apikal açıklı olan tasarımlarının periapikal dokulara solüsyon ekstrüzyonuna etkisi incelenmiş ve apikal açıklı, büyük çaplı ve çalışma boyuna yakın konumlandırmanın ekstrüzyona neden olduğu belirtilmiştir. Bu

araştırmada mekanik şekillendirme esnasındaki tüm irrigasyon protokolleri için 30G yandan delikli ve ucu kapalı endodontik irrigasyon iğneleri kullanılmıştır.

Abou-Rass ve Piccinino (1982) yaptıkları çalışmada irrigasyonun mekanik yıkama etkisinden faydalanabilmek için, iğnenin apikalden uzaklaştırılması istenen doku artıklarına olabildiğince yakın konumlandırılması gerektiğii sonucuna ulaşmışlardır. Yapılan bir başka çalışmada ise irrigasyon iğnesi çalışma boyundan 1 mm ve 5 mm kısa olacak şekilde yerleştirilerek irrigasyonun mekanik yıkama etkinliği kıyaslanmış ve iğne çalışma boyundan 1 mm kısa yerleştirildiğinde sonuçlar daha iyi bulunmuştur (Chow 1983). Apikal genişliği #60 olan, enfekte dişlerin kullanıldığı *in-vitro* bir çalışmada, endodontik irrigasyon iğnesinin çalışma boyundan 1 mm ve 5 mm kısa konumlandırılmasının kanal içi bakteri miktarını azaltmaya etkisi incelenmiş ve aynı şekilde iğnenin daha derine yerleştirildiği dişlerde daha çok bakteri elimine edildiği gösterilmiştir (Sedgley ve ark 2005). Ancak yapılan çalışmalar, endodontik irrigasyon sırasında iğnenin yerleştirildiği derinliğin, apikal dokulara solüsyon ekstrüzyonu ile ilişkisi olabileceğini de göstermiştir (Fukumoto ve ark 2006, George ve Walsh 2008). Konvansiyonel iğne irrigasyonu sırasında solüsyon değişiminin iğne ucunun maksimum 1-1.5 mm ilerisine sağlanabildiği de bilinmektedir (Zehnder 2006). Bu yüzden özellikle solüsyon değişiminin sınırlı olduğu apikal üçlüde, periapikal dokulara zarar vermeden istenen düzeyde temizlik sağlanabilmesi için yandan perfore endodontik irrigasyon iğneleri ile basınçsız bir şekilde irrigasyon yapılmalıdır. Mevcut araştırmada apikal debris ve smear tabakası temizleme etkinliği incelendiğinden tüm irrigasyon protokollerinde 30G yandan perfore endodontik irrigasyon iğnesi çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirilerek kullanılmıştır.

Endodontik literatürde, irrigasyon işleminin mikroorganizmalar, dentin, smear tabakası, doku artıkları, debrisler ve biofilm üzerine etkinliğini gösteren çok fazla çalışma mevcuttur (Türkyılmaz ve Erdemir 2017). İrrigasyon etkinliği değerlendirilirken histolojik, mikrobiyolojik, mikroskopik ve debris uzaklaştırma yöntemleri kullanılmaktadır.

Mevcut araştırmada debris uzaklaştırma etkinliğinin belirlenmesi için kullanılan deney modeli Lee ve ark (2004a)'nın yaptıkları çalışmadan örnek alınmıştır. Aynı alışma modeli ile Ca(OH)<sub>2</sub> ve antibiyotik patları gibi kanal içi



medikamentlerin, retreatment vakalarını taklit etmek için güta-perka ve kanal patlarının temizlenme yöntemleri ile ilgili çalışmalar da yapılmıştır (Van der Sluis ve ark 2007, Arslan ve ark 2014a, Arslan ve ark 2014b, Garcia ve ark 2017). Bu deney modelinin avantajları, açılan olukların her bir örnek için standart olması ve olukta var olan debrisin irrigasyon öncesinde ve sonrasında kıyaslanabiliyor oluşudur. Daha önce yapılan çalışmalarda, önceki debris miktarı bilinmediğinden farklı aktivasyon sistemleri ile irrigasyon yapıldıktan sonra ortaya çıkan sonuçların çok güvenilir olmaması dezavantajı söz konusudur (Abbott ve ark 1991, Lumley ve ark 1993, Wu ve Wesselink 1995). Örneğin, Abbot ve ark (1991) tarafından yapılan bir çalışmada Savlon solüsyonu, EDTAC/NaOCI/EDTAC ve NaOCL/EDTAC/NaOCI'in PUA ile debris ve smear tabakası temizleme etkinliği incelenmiştir. Her bir grupta mekanik preparasyon ve final irrigasyonu tamamlandıktan sonra dişler longitudinal olarak ikiye ayrılmış ve kök kanalındaki debris ve smear tabakası SEM görüntüleri üzerinden skorlanmıştır. Ancak bu çalışmada kök kanal sistemine final irrigasyonu öncesinde yerleştirilen bir materyal söz konusu olmadığı için final irrigasyonu sonrasında değişimi gösterebilecek herhangi bir karşılaştırma yapabilmek mümkün değildir. Mevcut araştırmada kullanılan yöntemle olukların standart olarak açılması ve açılan her oluğun uzunluk, genişlik ve derinliğinin stereomikroskop ile kontrol edilmesi, yerleştirilen debris miktarının standardizasyonunu sağlamıştır. Ancak olukların kök kanal düzensizliklerinin kompleks yapısını tam olarak yansıtamaması bu modelin dezavantajıdır.

Yapay oluğa yerleştirilen çeşitli materyallerle irrigasyon solüsyonun aktivasyonu sonrası oluşan değişimi görmek için yapılan birçok çalışma mevcuttur. Daha önce de bahsedildiği üzere, olukların standart oluşu bu deney modeli için bir avantajdır. Ancak çalışmalarda oluk açmak için kullanılan aletler çeşitlilik göstermektedir. Lee ve ark (2004a, 2004b) yaptıkları çalışmalarda oluk açmak için bir el spreaderının keskinleştirilmiş ucunu kullanırken, Justo ve ark (2014) elmas separe, Garcia ve ark (2017) 0.03 numaralı elmas rond frez kullanmışlardır. Oluk açma yöntemini açıklamayan çalışmalar da mevcuttur (Arslan ve ark 2014a, Aldeen ve ark 2018). Araştırmamızda standart oluk açılabilmesi amacı ile ultrasonik retro uçlar orta hız ayarında kullanılmış ve bu sayede açılan olukların istenilen boy, genişlik ve derinlikte kontrollü ve standart olarak açılması sağlanmıştır.

Mevcut araştırmada, kök kanal dentin yüzeyi ve detayları rahat bir Şekilde görüntülenebildiği için stereomikroskop seçilmiŐ, yapay oluklara yerleştirilen debristeki aktivasyon sonrası değişim stereomikroskop ile x25 büyütme altında incelenerek karşılaştırılmıştır. Stereomikroskop, örneklerin maksimum x40 büyütme altında incelenmesine olanak sağlamaktadır. Ancak görüntünün büyümesi incelenen yüzey alanını azaltmaktadır. Bu araştırmada x25 büyütme ile görüntü alınarak oluğun kök kanalı içerisindeki konumu ve oluğun tamamının aynı görüntü içerisinde incelenebilmesi sağlanmıştır. Literatürde x40 (Lee ve ark 2004a, Lee ve ark 2004b, Van der Sluis ve ark 2007), x30 (Ekici ve ark 2017) ve x20 (Jiang ve ark 2010b) büyütmelerle çalışılan araştırmalar da mevcuttur.

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği ile ilgili yapılan çalışmalarda sonuçları değerlendirmek amacı ile çeşitli elektronik yöntemlerden faydalanılmıŐtır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM), mikro bilgisayarlı tomografi ( $\mu$ CT), konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM), atomik absorbsiyon spektroskopisi (AAS), x ışını difraktometresi (XRD), fourier dönüŐümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) gibi mikroskoplar ile irrigasyon solüsyonlarının çeşitli etkileri değerlendirilebilmektedir. SEM, numune yüzeyini tarayarak görüntü elde eden bir elektron mikroskobu türüdür. SEM ile iki boyutlu görüntü elde edilmekle birlikte yüzey topografisi hakkında çok net bilgiler elde edilebilmektedir.

Kök kanal sisteminde mekanik Şekillendirme ve irrigasyon sonrası debris ve smear tabakalarını uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesi amacı ile SEM cihazının kullanılmasının güvenilir bir yöntem olduğu çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Ram 1980, Baumgartner ve Mader 1987, Ekim ve Erdemir 2015). Bu yöntem sayesinde, debris ve smear tabakası miktarı, dentin tübülleri, peritübüler dentin, istenilen büyütmelerde net bir Şekilde incelenebilir. Stereomikroskop, ışık mikroskobu ve optik mikroskop da irrigasyon çalışmalarında kullanılabilecek diğer mikroskop türleridir.

Araştırmada SEM ile smear tabakasının incelendiği köklerde ise kök kanal duvarında görüntünün alındığı yeri göstermek için yaklaşık x50, smear tabakası, debris ve dentin tübüllerini göstermek için ise x1000 ve x5000 büyütmelerde görüntüler alınmıŐtır. Düşük büyütme oranları nispeten daha geniş bir yüzey alanı incelenmesi sağlayıp yüzeyin ayrıntılarını net bir Şekilde gsteremezken daha yüksek

büyütme oranları da nispeten daha dar yüzey alanı incelenmesi sağlayıp yüzey ayrıntıları hakkında daha fazla bilgi verir (Cameron 1995, Wu ve Wesselink 1995). Benzer çalışmalarda kullanılan büyütme oranları genel olarak x1000 ve x2000'dir (Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, Arslan ve ark 2016, Aksel ve Serper 2017). Çalışmamızda debris skorlama için x1000 büyütmedeki SEM görüntüleri kullanılmıştır. Ancak ek olarak her bir örnekte ayrıca x5000 büyütme görüntüleri de alınarak ayrıntılı yüzey incelemeleri de yapılmıştır.

Mevcut araştırmada yapay oluklardaki debris miktarı skorlaması Van der Sluis ve ark (2005b) tarafından tanımlanan dörtlü skor sistemiyle değerlendirilmiştir. Bu skorlama sistemi, benzer deney modeliyle yapılan çalışmalarda genelde kullanılan sistem olduğu için tercih edilmiştir (Lee ve ark 2004a, Jiang ve ark 2010b, Arslan ve ark 2014a). Skorlama 0 ila 3 arasında değişen 4 kategoride değerlendirme yapılmasına olanak sağlayan bir sistemdir. Skorlama yapılırken, her bir örnek için debris yerleştirildikten sonra ve aktivasyon yapıldıktan sonra alınan iki fotoğraf karşılaştırılmak suretiyle objektiflik sağlanmaya çalışılmıştır.

Literatürde smear tabakası incelemesi için yapılan çalışmalarda debris skorlamasından farklı olarak 3'lü (Torabinejad ve ark 2003), 4'lü (Takeda ve ark 1999), 5'li (Goel ve Tewari 2009, Parente ve ark 2010) olmak üzere birbirinden farklı ve çok sayıda skorlama sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Mevcut araştırmada Çapar ve Arı Aydınbelge (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, daha hassas değerlendirme için Parente ve ark'nın kullandığı 5'li skorlama sisteminin modifiye edilerek kullanıldığı ve smear tabakası miktarlarının belirli yüzdelere ifade edildiği skorlama sistemi kullanılmıştır.

Araştırmada hem debris hem de smear tabaka skorlama değerlendirmeleri farklı sürelerde mesleki deneyime sahip, birbirinden bağımsız iki kör gözlemci tarafından yapılmış ve sonrasında gözlemciler arası uyum analizlerine de bakılmıştır. Yapılan analizler sonucunda gözlemciler arası uyumun debris skorlandırmasında %96.2 smear tabaka skorlamasında %97.1 olduğu belirlenmiştir. Uyum analizleri sonucunda elde edilen bu değerlere bağlı olarak mevcut araştırma sonuçlarının güvenilirlik derecesininin de yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmada debrisin temizlenme etkinliği değerlendirmesi Lee ve ark (2004a) tarafından kullanılan modele göre yapılmıştır. Literatürde benzer deney modeli kullanılarak yapılan pek çok araştırma bulunmakta olup, bu araştırmalarda oluklara yerleştirilen materyaller yapay dentin debrisi, Ca(OH)<sub>2</sub>, antibiyotik patları, güta-perka ve kanal dolgu patları olmak üzere çok fazla çeşitlilik göstermektedir (Lee ve ark 2004a, De Moor ve ark 2010, Jiang ve ark 2010b, Arslan ve ark 2014a, Ekici ve ark 2017, Aldeen ve ark 2018). Bu model; açılan olukların standart oluşu, yerleştirilen debris miktarının final aktivasyon işlemi yapılmadan önce bilinmesi ve aktivasyon sonrası debris miktarında oluşan değişimin kıyaslanabilmesi açısından güvenilirliği sağlamış bir yöntem olarak kabul edilebilir (Van der Sluis ve ark 2007).

Mevcut araştırmada kullanılan irrigasyon solüsyonları dikkate alınmadan aktivasyon tekniklerinin yapay oluklardan debris temizleme etkinliği karşılaştırıldığında XP ve PIPS gruplarının en etkili yöntemler olduğu (p<0.05) ve bu teknikler arasında herhangi bir fark olmadığı (p>0.05) belirlenmiştir. PUA ve EA grupları da debris temizleme etkinliği açısından benzer (p>0.05) ancak XP ve PIPS gruplarından daha az etkinlik göstermiştir. Yapay oluklardan debris temizleme etkinliği açısından en zayıf aktivasyon teknikleri, aralarında herhangi bir fark olmaksızın GİA ve GPA teknikleridir (p>0.05).

Aynı çalışma modeli kullanılarak PIPS aktivasyonunun etkinliğinin araştırıldığı birçok çalışma mevcuttur. Arslan ve ark (2014a) konvansiyonel irrigasyon, EA, PUA ve PIPS tekniği ile aktive edilen NaOCI solüsyonun debris temizleme etkinliğini incelemiş ve en etkin aktivasyon tekniğinin PIPS tekniği olduğunu, EA ve PUA sistemin benzer etkinlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar yaptıkları iki ayrı çalışmanın birisinde yapay oluğa antibiyotik patı, diğerinde ise Ca(OH)<sub>2</sub> yerleştirmiş ve her iki çalışmada da konvansiyonel irrigasyon, EA ve PIPS tekniği ile aktive edilmiş NaOCI'in bu materyalleri temizleme etkinliğini araştırmışlardır. İki çalışmada da sonuçlar PIPS tekniği ile aktivasyonun en etkili yöntem olduğu, EA'ün de konvansiyonel irrigasyon yönteminden daha etkili olduğu yönündedir (Arslan ve ark 2014c, Arslan ve ark 2015a). Yukarıda belirtildiği üzere, mevcut araştırmada da PIPS tekniğinin debris temizlemede XP ile birlikte en etkin yöntemlerden biri olduğu belirlenmiştir. Ancak benzer çalışmalarda yapay oluğa yerleştirilen materyallerin

farklı olması ve bu çalışmalarda aktivasyonu yapılan irrigasyon solüsyonunun NaOCI olması tam olarak bir karşılaştırma yapılmasına engel olmaktadır.

PIPS tekniğinde kullanılan özel fiber uç, yoğun güçler oluşturmak için kısa mikrosaniye atışlarında düşük enerji seviyelerinde kullanılmaktadır. Bu enerjinin irrigasyon solüsyonunda oluşturduğu fotoakustik şok, solüsyonun 3 boyutlu hareketini ve mekanik yıkama etkisini arttırmaktadır (Arslan ve ark 2014a). Bu durum mevcut araştırmada elde edilen ve tüm solüsyonların PIPS aktivasyonu ile kullanılmasıyla yapay oluklardaki debrisin tamamen temizlenmesi sonucunu açıklayabilir.

Mevcut araştırmada yapay oluktan debris temizlemede en etkili aktivasyon yöntemlerinden bir diğeri olan XP ile yapılmış çalışmalarda da Uygun ve ark (2017) yapay oluklara  $Ca(OH)_2$ , Bao ve ark (2017) ise biofilm yerleştirmişlerdir. Her iki çalışmada da XP, PUA ve konvansiyonel irrigasyonla karşılaştırılmış ve yapay oluklara yerleştirilen materyali irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu sonrası en iyi temizleyen sistemin XP olduğu bildirilmiştir. Üretici firmanın da (FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, İsviçre) iddia ettiği şekilde; XP eğesinin kök kanal sisteminde çalışırken M-fazından A-fazına dönüşmesi ile aldığı kıvrımlı şeklin irrigasyon solüsyonlarının yıkama etkisini arttırmasının bu sonucu yarattığı söylenebilir. Ancak PIPS tekniğinde olduğu gibi XP ile yapılan çalışmalarda da yapay oluklara yerleştirilen materyeller ve kullanılan irrigasyon solüsyonları mevcut araştırmadan farklı olduğundan çalışma sonuçları arasında tam bir karşılaştırma yapmak mümkün değildir.

Yapay oluktan debris uzaklaştırma araştırmalarında en çok kullanılan aktivasyon yöntemlerinden biri olan PUA'nun uygulama yöntem (aralıklı ve devamlı) ve sürelerinin etkinlik açısından önemli olabileceğini ileri süren çalışmalar da mevcuttur (Jiang ve ark 2010a, Vivan ve ark 2016). Vivan ve ark (2016) NaOCI'yi 3 farklı pasif ultrasonik aktivasyon yöntemi ile aktive etmişler ve yapay oluktan debris uzaklaştırma etkinliğini incelemişlerdir. İlk yöntemde çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kök kanalına yerleştirilen ultrasonik uç ile 3x20 sn. olmak üzere aralıklı PUA yapılmış, ikinci yöntemde ultrasonik uç 20 sn.'lik periyotlarda apikal, orta ve koronal üçlüde kullanılmış, üçüncü yöntemde ise ultrasonik uç 20 sn. boyunca sadece apikalde çalıştırılmış ve sonuçta en etkili yöntemin aralıklı PUA

yöntemi olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle mevcut araştırmada da 3x20 sn. olmak üzere aralıklı PUA yöntemi kullanılmış ve sonuç itibarıyla, PUA'nun yapay oluktan debris temizlemede GİA ve GPA'dan daha etkili ancak XP ve PIPS'ten daha düşük etkili olduğu belirlenmiştir.

EA ile PUA, mevcut araştırmada yapay oluktan debris uzaklaştırmada benzer etkinlik göstermişlerdir ( $p>0.05$ ). Yapay oluktaki debrisin NaOCI solüsyonunun aktivasyonu ile,  $Ca(OH)_2$ 'in ise NaOCI ve EDTA solüsyonlarının aktivasyonu ile temizlenme etkinliklerinin araştırıldığı aynı deney modeli kullanılarak yapılan başka çalışmalarda da EA ile PUA'nın benzer etkinlik gösterdiği görülmüştür (Arslan ve ark 2014a, Arslan ve ark 2015a).

Kullanılan aktivasyon sistemlerinden bağımsız olarak her bir solüsyon genel olarak debris temizleme etkinliği açısından karşılaştırıldığında, en etkin solüsyonun EDTA olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 3.1.4). Bununla birlikte her bir aktivasyon tekniği kendi içerisinde değerlendirildiğinde distile su, EDTA ve QMix solüsyonları arasında debris temizleme etkinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamış ( $p>0.05$ ) ancak her bir grupta EDTA skorlarının matematiksel olarak diğer iki solüsyona göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum Justo ve ark (2014)'nin yaptıkları çalışma sonucunda elde ettikleri “debris temizlenmesi, kullanılan solüsyonun çeşidinden çok kullanılan aktivasyon tekniğine bağlıdır” iddiasını desteklemektedir.

QMix nispeten yeni bir endodontik final irrigasyon solüsyonu olup literatürde yapay oluklardan debris temizleme etkinliği ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısı ile bu araştırmada QMix için elde edilen sonuçların karşılaştırmalı değerlendirmesi için bu konuda yapılacak daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Smear tabakası kök kanal sisteminde mekanik şekillendirme sırasında iatrojenik olarak oluşan ve kök kanalı boyunca değişik kalınlıklarda yayılabilen sıvışık ve mikroskopik bir tabakadır. Kök kanal dolgusu öncesinde kaldırılıp kaldırılmaması konusunda uzun yıllar devam eden tartışmalar sonrasında pek çok nedenle kaldırılması gerektiği görüşü ağırlık kazanmıştır (Brännström 1984, Garberoglio ve Becce 1994). Bu tabakanın nasıl kaldırılacağı konusunda yapılan çalışmalarda ise pek çok solüsyon ve teknik denenmiştir. Bununla birlikte özellikle

kök kanalının apikal üçlü bölgesinde tamamen çıkarmanın zor olduğu görülmüş olup (Mancini ve ark 2013, Arslan ve ark 2016, Elnaghy ve ark 2017) henüz daha bu konuda önerilecek solüsyon ve uygulanacak prosedür konusunda tam bir fikir birliği sağlanamamıştır. Calt ve Serper (2002)'e göre smear tabakasının özellikle kök kanalının apikal üçlüsünde zor temizlenmesinin nedeni kök kanallarının koronal ve orta üçlüsündeki çapın apikale oranla daha geniş olması nedeniyle solüsyon akışının ve dolayısı ile temasının bu bölgelerde fazla olmasıdır. EDTA+NaOCl kombinasyonlarının ve QMix solüsyonunun çeşitli aktivasyon sistemleri ile smear tabaka temizleme etkinliğinin araştırıldığı birçok çalışmada koronal ve orta üçlünün temizlenebildiği ancak apikal üçlüdeki smear tabakasının kaldırılamadığı görülmüştür (Rödig ve ark 2010, Saber ve Hashem 2011, Mancini ve ark 2013, Andrabi ve ark 2014, Akyuz Ekim ve Erdemir 2015, Arslan ve ark 2016, Elnaghy ve ark 2017). Bu nedenle mevcut çalışmada QMix ve EDTA solüsyonları farklı aktivasyon sistemleriyle aktive edildikten sonra smear tabaka ve debris temizleme etkinlikleri yönünden sadece kökün apikal üçlüsünde yapılan değerlendirmelerle karşılaştırılmıştır.

Smear tabakasının temizlenebilmesi, NaOCl veya ClO<sub>2</sub> gibi organik doku çözücü özellikteki bir solüsyon kullanımını takiben bir asit veya şelasyon ajanı (EDTA, sitrik asit) kullanımıyla inorganik kısmın da uzaklaştırılmasını gerektirir. Bu amaçla en sıklıkla kullanılan kombinasyon %2.5 NaOCl+%17 EDTA'dır (Yamashita ve ark 2003, Goel ve Tewari 2009).

Literatürde kök kanal preparasyonu tamamlanmasını takiben smear tabaka temizlenmesi için kullanılacak EDTA solüsyonu hacmi konusunda oldukça farklı öneriler vardır. Araştırmalarda bu amaçla kullanılacak EDTA'nın 3-20 ml gibi oldukça geniş bir hacim aralığında kullanımının önerildiği görülmektedir (Montero-Miralles ve ark 2018). Mello ve ark (Mello ve ark 2008) 5 ml %17'lik EDTA solüsyonu ile smear tabakasının temizlenebileceğini ve EDTA solüsyonu hacminin 10 ml ya da 15 ml'e çıkarılmasının sonuçları değiştirmeyeceğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlardan farklı olarak Calt ve Serper (2002) ise 1 dk. süre ile 10 ml %17'lik EDTA solüsyonu kullanımının kök kanal sisteminin tüm seviyelerinde smear tabakasını tamamen temizlediği sonucuna ulaşmışlardır. Bununla birlikte 5 ml ve 10 ml %17'lik EDTA'nın aktive edilmeden kullanıldığında smear tabaka üzerindeki

etkisi birçok çalışma ile (Yamaguchi ve ark 1990, Dai ve ark 2011) gösterildiğinden mevcut araştırmada daha az hacimde ancak aktive edilerek kullanımdaki etkisini değerlendirmek üzere her bir aktivasyon tekniğinde ve her bir kanal için toplam 3 ml EDTA solüsyonu kullanılmıştır. Ayrıca EDTA solüsyonu aynı hacimde kullanılan ve smear tabakası üzerinde %17'lik EDTA solüsyonu kadar, hatta ondan daha etkili olduğu iddia edilen QMix solüsyonu ile karşılaştırılmıştır (Dai ve ark 2011, Eliot ve ark 2014, Chaudhry ve ark 2017)

Araştırmada; kullanılan üç farklı irrigasyon solüsyonu farklı aktivasyon sistemleri ile aktive edildiklerinde distile su ve EDTA solüsyonları için smear tabakası temizleme etkinliği açısından, kullanılan aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ( $p>0.05$ ). Ancak distile su tüm aktivasyon yöntemlerinde en yüksek, EDTA ise en düşük skora sahip olarak bulundu. Distile su grubunda skorların çok yüksek bulunması diğer solüsyonların doku çözücü etkisine bağlı olarak smear tabakayı temizlemesi ile açıklanabilir. QMix solüsyonunun farklı aktivasyon sistemleriyle kullanılmasında apikal smear tabaka temizleme etkinliği açısından sistemler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu ( $p<0.05$ ); ve GİA, PUA, EA ve XP aktivasyon yöntemleriyle kullanımda GPA ve PIPS'le kullanımına göre daha etkili olduğu görüldü.

EDTA ve QMix solüsyonlarının smear tabaka çıkarma etkinliklerinin incelendiği birçok araştırmada koronal ve orta üçlüde smear tabakanın temizlenebildiği, iki solüsyonun etkilerinin çalışmalara göre farklılık gösterdiği ancak hem EDTA hem de QMix solüsyonunun apikal üçlüde smear tabakasını tamamen temizleyemediği görülmüştür (Dai ve ark 2011, Eliot ve ark 2014, Aksel ve Serper 2017, Montero-Miralles ve ark 2018). Benzer şekilde mevcut araştırmada da farklı aktivasyon sistemleriyle kullanılan EDTA ve QMix'in apikal üçlüde smear tabakayı tamamen temizleyemediği görülmüştür. Bununla birlikte, aktivasyon tekniklerinin etkinliği önemsenmeksizin sadece final irrigasyon solüsyonlarının apikal üçlüden smear tabakası temizleme etkinlikleri karşılaştırıldığında EDTA'nın QMix'e göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni araştırmada eşit hacimde kullanılan EDTA ve QMix'teki EDTA miktarlarının farklı olması olabilir. Sonuç itibariyle EDTA, CHX ve surfaktan karışımından oluşan QMix, direkt EDTA ile karşılaştırılmıştır.



Mevcut araştırmada irrigasyon solüsyonlarının etkinliği göz önüne alınmaksızın sadece aktivasyon sistemlerinin etkinlikleri karşılaştırıldığında, kök kanallarının apikal üçlüsünde smear tabaka temizlenmesi açısından farklı aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Smear tabakanın kaldırılmadığı distile su kullanılan gruplar dışındaki tüm gruplarda apikalde smear tabakasının bir kısmının kaldırıldığı ancak tamamen uzaklaştırılmadığı görülmüştür. Sonuç itibariyle bu durum Dai ve ark (2011)'nin "smear tabakasının kök kanal sisteminden tamamen temizlenmesi mümkün değildir" sonucunu desteklemektedir.

Al-Jadaa ve ark (2009) yaptıkları çalışma sonucunda sonik sistemlerin dalga boyunun solüsyonun yeterli akışını indüklemek için çok uzun, enerjisinin ise solüsyonu aktive etmek için çok düşük olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu durum EA grubunda kök kanalının apikalinde smear tabakası temizlenmesinde görülen yetersizliği açıklayabilir.

XP-EndoFinisher aktivasyonunda eğe, üretici talimatı ile çalışma boyunda yerleştirilir ve 7-8 mm'lik ileri-geri hareketlerle kullanılır. Eğenin rotasyon hareketi sırasında A-fazına bağlı eğe ucunda oluşan ekspansiyon, eğenin kök kanal duvarlarına temasını artırır ve bu sayede kök kanalında etkili bir temizlik sağlanması beklenmektedir. Mevcut araştırmanın *in-vitro* koşulları düşünüldüğünde, A-fazına geçişin yeterli olmaması yapay oluklardan debris temizleme etkinliği sonuçlarından farklı olarak, smear tabakası temizleme etkinliğinin yetersiz olmasının nedeni olabilir.

PIPS tekniği, solüsyonun kök kanalı içerisinde güçlü bir şekilde dalgalanmasını sağlamaktadır. Ancak bu dalgalanmanın kök kanalının apikaline doğru iletilmesi yapay oluklardan debris temizlemede yeterli olurken, kök kanalının apikalinde biriken smear tabakasının temizlenmesinde yeterli olamayabilir.

XP ve PIPS grupları, kök kanalının apikalinde açılan standart yapay oluklara yerleştirilen debris tüm irrigasyon solüsyonları ile tamamen temizleyebilmiştir. Ancak bu aktivasyon teknikleri kök kanalının apikal üçlüsünde biriken smear tabakası üzerinde aynı etkiyi gösterememiştir. Bu durum yapay debris ve smear tabakasının yapılarının farklı olmasından kaynaklanabilir. Yapay dentin debris sadece

dentin talaşları ve NaOCI karışımından oluşmaktadır. Smear tabakası ise kalınlığı ve içeriği, kök kanallarının şekillendirilmesi ve temizlenmesi sırasında kullanılan aletlerin şekli, yapısı ve keskinliğine, kök kanallarının şekli ve genişliğine, şekillendirme sırasında dentin yüzeyinin ıslak ya da kuru olmasına, şekillendirme sırasında uygulanan kuvvete, kullanılan irrigasyon solüsyonun yapısı, miktarı ve uygulama yöntemine göre değişebilen ve dentin tübüleri içerisine penetre olabilen bir tabakadır. Dolayısı ile her kök için çeşitli sistemlerle aktive edilen 3 ml final irrigasyon solüsyonu miktarı XP ve PIPS gruplarında debrisleri temizlemede yeterli olurken, kök kanal duvarında sıvışık olan smear tabakasının temizlenmesinde yeterli olmayabilir.

Bu araştırmada kök kanalının apikalinde smear tabakasının tam temizlenememesinde kullanılan kapalı irrigasyon sisteminin de etkisi olabilir. Kapalı irrigasyon sistemi kullanılan birçok çalışmada mevcut çalışmaya benzer şekilde apikal uçluda smear tabakası temizlenememiştir (Andrabi ve ark 2014, Elnaghy ve ark 2017, Montero-Miralles ve ark 2018). İrrigasyon solüsyonlarının kök kanal sisteminde oluşturduğu etkiden çok içerisindeki solüsyonun yıkayıcı ve doku çözücü etkisinin değerlendirildiği açık irrigasyon sisteminin kullanıldığı çalışmalarda bile apikal uçluda smear tabakasının tam olarak elimine edilemediği de gösterilmiştir (Torabinejad ve ark 2003a, Torabinejad ve ark 2003b, Dai ve ark 2011).

Smear tabaka temizleme etkinlikleri açısından farklı aktivasyon tekniklerinin her birisi için, kullanılan final irrigasyon solüsyonlarının etkinlikleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde; solüsyonların etkinliklerinin farklılıklar gösterdiği ancak genel olarak tüm gruplarda (GPA grubu hariç olmak üzere) EDTA ve QMix'in kontrol olarak kullanılan distile suya göre anlamlı derecede daha etkili olduğu bulunmuştur. Sadece GPA'da EDTA, distile su ve QMix'ten daha etkin bulunmuştur. GİA, PUA ve XP ile kullanımda EDTA ve QMix arasında anlamlı fark yok iken, EA ve PIPS ile aktivasyonda EDTA kullanımı daha etkili bulunmuştur. Buradan elde edilen sonuçlara dayanarak smear tabaka temizlenmesi için GİA, PUA ve XP aktivasyon yöntemlerinde QMix veya EDTA'dan herhangi birisi tercih edilebilirken, EA veya PIPS aktivasyonlarından birisi kullanılacaksa final irrigasyon solüsyonu olarak QMix yerine EDTA seçilmesinin daha uygun olacağı söylenebilir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut araştırma koşulları gözönüne alınarak;

1- Kök kanal sisteminin apikalinde *debris* uzaklaştırma etkinliği açısından aktivasyon yöntemi olarak XP ve PIPS'in diğer aktivasyon yöntemlerine göre çok daha etkili olduğu, GİA ve GPA'nun ise en az etkili yöntemler olduğu belirlendi. Ayrıca bu amaçla kullanım için EDTA'nın QMix'ten daha etkili bir solüsyon olduğu da tespit edildi. Dolayısıyla klinik kullanımda apikal üçlüde *debris* temizliği amacıyla XP ve PIPS aktivasyon yöntemi olarak, EDTA'da solüsyon olarak tavsiye edilebilir.

2- Kök kanal sisteminin apikalinde *debris* temizlemede QMix solüsyonu için XP ve PIPS aktivasyon yöntemlerinin diğerlerine göre daha etkili olduğu; EDTA için ise aktivasyon yöntemleri arasında önemli bir fark olmadığı belirlendi. Dolayısıyla apikalden *debris* temizleme açısından tüm aktivasyon sistemleriyle kullanımda solüsyon olarak EDTA tavsiye edilebilirken, QMix'in özellikle XP ve PIPS aktivasyon yöntemleriyle kullanımı tavsiye edilebilir.

3- Kök kanalının apikal üçlüsünde *smear tabaka* temizleme yönünden aktivasyon sistemleri arasında herhangi bir fark olmadığı, ancak solüsyon olarak EDTA'nın QMix'ten daha etkili olduğu tespit edildi. Dolayısıyla klinik kullanımda apikal üçlüde *smear tabakası* temizliği amacıyla herhangi bir aktivasyon sistemi tercih edilebilir ancak solüsyon olarak QMix yerine EDTA kullanımı tavsiye edilebilir.

4- EDTA'nın kök kanalının apikal üçlüsünde *smear tabaka* temizleme yönünden araştırmada kullanılan tüm aktivasyon yöntemlerinde eşit şekilde etkili olduğu; QMix'in ise GİA, PUA, EA ve XP aktivasyon yöntemleriyle kullanımda GPA ve PIPS'le kullanımına göre daha etkili olduğu belirlendi. Sonuç itibarıyla, apikal üçlüde etkili *smear tabaka* temizliği amacıyla herhangi bir aktivasyon yöntemiyle kullanım için EDTA tavsiye edilebilecek bir solüsyon iken, QMix'in GPA ve PIPS'le aktivasyonda kullanım için doğru bir seçim olmayacağı söylenebilir.

5- Araştırma sonucunda kullanılan solüsyon ve aktivasyon kombinasyonlarının hiçbirinde kök kanal sisteminin apikal üçlüsünde *smear tabakasının* tamamen

temizlenemediği görüldü. Smear tabakasının endodontik tedavi prognozu üzerine etkisi gözönüne alındığında *in-vitro* olarak elde edilen bu sonucun klinik şartlar için oldukça önemli olduğu ve buna bağlı olarak maalesef hala daha apikal üçlü de smear tabaka temizlenmesi için farklı solüsyon ve aktivasyon yöntemi kombinasyonlarının geliştirilmesine ihtiyaç olduğu söylenebilir.



## 6. KAYNAKLAR

- Abbott P, Heijkoop P, Cardaci S, Hume W, Heithersay G, 1991. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *International Endodontic Journal*, 24, 6, 308-16.
- Abou Rass M, Oglesby SW, 1981. The effects of temperature, concentration, and tissue type on the solvent ability of sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*, 7, 8, 376-7.
- Abou Rass M, Piccinino MV, 1982. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 54, 3, 323-8.
- Adcock JM, Sidow SJ, Looney SW, Liu Y, McNally K, Lindsey K, Tay FR, 2011. Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. *Journal of Endodontics*, 37, 4, 544-8.
- Adıgüzel Ö, 2015. Klorheksidin. *Türkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı*, 1, 2, 15-9.
- Ahmad M, Ford TRP, Crum LA, 1987. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*, 13, 3, 93-101.
- Akpata E, Blechman H, 1982. Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *Journal of Dental Research*, 61, 2, 435-8.
- Aksel H, Serper A, 2017. Concentration and time-dependent effect of initial sodium hypochlorite on the ability of QMix and ethylenediaminetetraacetic acid to remove smear layer. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 20, 3, 185.
- Aktaş A, Giray B, 2010. Diş Hekimliğinde Klorheksidin: Özellikleri ve güncel kullanım alanları. *Türkiye Klinikleri*, 16, 1, 51-8.
- Aktener BO, Cengiz T, Pişkin B, 1989. The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: A scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, 15, 12, 588-90.
- Akyuz Ekim SN, Erdemir A, 2015. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. *Microscopy Research and Technique*, 78, 3, 230-9.
- Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY, 2006. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, 32, 12, 1181-4.
- Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M, 2009. Acoustic hypochlorite activation in simulated curved canals. *Journal of Endodontics*, 35, 10, 1408-11.
- Alaçam T, 2012. *Endodonti*, Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksek Okulu Basımevi, 529- 588.
- Aldeen RZ, Aljabban O, Milly H, Allouch A, Hamadah O, 2018. Effect of Er: YAG laser-activated irrigation on dentine debris removal from different parts of the root canal system: An in vitro study. *Dental and Medical Problems*, 55, 2, 133-8.
- Andrabi Smun, Kumar A, Zia A, Iftekhar H, Alam S, Siddiqui S, 2014. Effect of passive ultrasonic irrigation and manual dynamic irrigation on smear layer removal from root canals in a closed apex in vitro model. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 5, 3, 188-93.
- Arslan D, Guneser MB, Dincer AN, Kustarci A, Er K, Siso SH, 2016. Comparison of smear layer removal ability of QMix with different activation techniques. *Journal of Endodontics*, 42, 8, 1279-85.

- Arslan H, Akcay M, Capar I, Saygili G, Gok T, Ertas H, 2015a. An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. *International Endodontic Journal*, 48, 3, 246-51.
- Arslan H, Akcay M, Capar ID, Ertas H, Ok E, Uysal B, 2014c. Efficacy of needle irrigation, EndoActivator, and photon-initiated photoacoustic streaming technique on removal of double and triple antibiotic pastes. *Journal of Endodontics*, 40, 9, 1439-42.
- Arslan H, Akçay M, Topçu KMÇ, 2015b. Endodontide Foton-İndüklü Fotoakustik Dalgalanma Tekniği. *Turkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı*, 1, 1, 44-9.
- Arslan H, Capar I, Saygili G, Gok T, Akcay M, 2014a. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *International Endodontic Journal*, 47, 11, 1072-7.
- Arslan H, Capar I, Saygili G, Uysal B, Gok T, Ertas H, Topcuoglu H, 2014b. Efficacy of various irrigation protocols on the removal of triple antibiotic paste. *International Endodontic Journal*, 47, 6, 594-9.
- Bader C, Krejci I, 2006. Indications and limitations of Er: YAG laser applications in dentistry. *American Journal of Dentistry*, 19, 3, 178-86.
- Baldasso FER, Cardoso LR, Silva VDD, Morgental RD, Kopper PMP, 2017. Evaluation of the effect of four final irrigation protocols on root canal dentin components by polarized light microscopy and scanning electron microscopy. *Microscopy Research and Technique*, 80, 12, 1337-43.
- Ballal NV, Yegneswaran PP, Mala K, Bhat KS, 2011. In vitro antimicrobial activity of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on endodontic pathogens. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 112, 5, 696-700.
- Bao P, Shen Y, Lin J, Haapasalo M, 2017. In vitro efficacy of XP-endo Finisher with 2 different protocols on biofilm removal from apical root canals. *Journal of Endodontics*, 43, 2, 321-5.
- Barbosa CA, Gonçalves RB, Siqueira JF, De Uzeda M, 1997. Evaluation of the antibacterial activities of calcium hydroxide, chlorhexidine, and camphorated paramonochlorophenol as intracanal medicament. A clinical and laboratory study. *Journal of Endodontics*, 23, 5, 297-300.
- Barrette Jr WC, Hannum DM, Wheeler WD, Hurst JK, 1989. General mechanism for the bacterial toxicity of hypochlorous acid: abolition of ATP production. *Biochemistry*, 28, 23, 9172-8.
- Basrani B, Ghanem A, Tjäderhane L, 2004. Physical and chemical properties of chlorhexidine and calcium hydroxide-containing medications. *Journal of Endodontics*, 30, 6, 413-7.
- Basrani B, Haapasalo M, 2012. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, 27, 1, 74-102.
- Basrani B, Santos JM, Tjäderhane L, Grad H, Gorduysus O, Huang J, Lawrence HP, Friedman S, 2002. Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 94, 2, 240-5.
- Basrani B, Tjäderhane L, Santos JM, Pascon E, Grad H, Lawrence HP, Friedman S, 2003. Efficacy of chlorhexidine-and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 96, 5, 618-24.
- Baumgartner JC, Mader CL, 1987. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*, 13, 4, 147-57.
- Bayırlı G, 1998. *Endodontik Tedavi I*. İstanbul, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 261-283.

- 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.
- Block SS, 2001. *Disinfection, sterilization, and preservation*, Lippincott Williams & Wilkins.
- Bloomfield SF, Miles GA, 1979. The antibacterial properties of sodium dichloroisocyanurate and sodium hypochlorite formulations. *Journal of Applied Bacteriology*, 46, 1, 65-73.
- Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN, 2013. Comparison of Vibriinge, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *Journal of Endodontics*, 39, 5, 708-11.
- Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, 2009. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *International Endodontic Journal*, 42, 2, 144-55.
- Bra M, Nyborg H, 1973. Cavity treatment with a microbicidal fluoride solution: growth of bacteria and effect on the pulp. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 30, 3, 303-10.
- Brännström M, 1984. Communication between the oral cavity and the dental pulp associated with restorative treatment. *Operative Dentistry*, 9, 2, 57-68.
- Brännström M, 1984. Smear layer: pathological and treatment considerations. *Operative Dentistry Supplement*, 3, 35.
- Briseño B, Wirth R, Hamm G, Standhartfinger W, 1992. Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal. *Dental Traumatology*, 8, 1, 6-11.
- Buchanan L, 1994. Cleaning and shaping the root canal system: negotiating canals to the termini. *Dentistry Today*, 13, 4, 76, 8-81.
- Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC, 2008. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. *Journal of Endodontics*, 34, 2, 181-5.
- 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, Sundqvist G, 1983. Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 55, 3, 307-12.
- Byström A, Sundqvist G, 1985. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*, 18, 1, 35-40.
- Calt S, Serper A, 2002. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics*, 28, 1, 17-9.
- Cameron J, 1983. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*, 9, 7, 289-92.
- Cameron JA, 1987. The use of 4 per cent sodium hypochlorite, with or without ultrasound, in cleansing of uninstrumented immature root canals; SEM study. *Australian Dental Journal*, 32, 3, 204-13.
- Cameron JA, 1988. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Australian Dental Journal*, 33, 3, 193-200.

- Cameron JA, 1995. The choice of irrigant during hand instrumentation and ultrasonic irrigation of the root canal: a scanning electron microscope study. *Australian Dental Journal*, 40, 2, 85-90.
- Caron G, 2007. Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. Paris: Paris VII University.
- Cehreli ZC, Uyanik MO, Nagas E, Tuncel B, Er N, Comert FD, 2013. A comparison of residual smear layer and erosion following different endodontic irrigation protocols tested under clinical and laboratory conditions. *Acta Odontológica Scandinávica*, 71, 5, 1261-6.
- Cengiz T, Aktener B, Piskin B, 1990. The effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 23, 3, 163-71.
- Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi J, Holz J, 1987. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International Endodontic Journal*, 20, 5, 228-32.
- Chaudhry S, Yadav S, Talwar S, Verma M, 2017. Effect of EndoActivator and Er, Cr: YSGG laser activation of Qmix, as final endodontic irrigant, on sealer penetration: A Confocal microscopic study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9, 2, e218.
- Chow T, 1983. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, 9, 11, 475-9.
- Ciucchi B, Khettabi M, Holz J, 1989. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 22, 1, 21-8.
- Clark-Holke D, Drake D, Walton R, Rivera E, Guthmiller JM, 2003. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *Journal of Dentistry*, 31, 4, 275-81.
- Clegg M, Vertucci F, Walker C, Belanger M, Britto L, 2006. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of Endodontics*, 32, 5, 434-7.
- Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vansan LP, Pécora JD, 2011. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *Journal of Endodontics*, 37, 3, 358-62.
- Cunningham WT, Balekjian AY, 1980. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 49, 2, 175-7.
- Cvek M, Nord C-E, Hollender L, 1976. Antimicrobial effect of root canal débridement in teeth with immature root. A clinical and microbiologic study. *Odontologisk Revy*, 27, 1, 1-10.
- Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein F, 1990. The smear layer in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 34, 1, 13-25.
- Çalışkan MK, 2006. Endodontide tanı ve tedaviler, Nobel Tıp Kitabevleri, 315-350.
- Çapar İD, Arı Aydınbelge H, 2012. Farklı İrrigasyon Protokollerinin ve Yeni Geliştirilmiş Bir Ege Sisteminin Smear tabakası ve Debris Uzaklaştırma Etkinliğinin İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Çapar İD, Aydınbelge HA, 2015. Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Cihazları. *Türkiye Klinikleri Endodonti Özel Sayısı*, 1, 2, 20-30.
- Çobankara FK, Adanır N, Belli S, 2004. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *Journal of Endodontics*, 30, 6, 406-9.



- Dai L, Khechen K, Khan S, Gillen B, Loushine BA, Wimmer CE, Gutmann JL, Pashley D, Tay FR, 2011. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *Journal of Endodontics*, 37, 1, 80-4.
- Dakin HD, 1915. On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *British Medical Journal*, 2, 2852, 318.
- De□Deus G, Paciornik S, Mauricio M, 2006. *International Endodontic Journal*, 39, 5, 401-7.
- De Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N, 2010. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 36, 7, 1216-21.
- De Moor R, Meire M, 2014a. High-power lasers in endodontics—fiber placement for laser enhanced endodontics: in the canal or at the orifice. *Journal of the Laser and Health Academy*, 2014, 20-8.
- De Moor R, Meire M, 2014b. Laser activated irrigation. Part 2: does the position of the fiber matters. *Laser*, 3, 12-4.
- De Moor RJ, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J, 2010. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *Journal of Endodontics*, 36, 9, 1580-3.
- Dederich D, 1991. Laser/tissue interaction. *The Alpha Omegan*, 84, 4, 33-6.
- Dederich DN, 1993. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *The Journal of the American Dental Association*, 124, 2, 57-61.
- Denton GW, 1991. Dis-infection, sterilization and preservative. Chlorhexidine.
- DiVito E, Peters OA, Olivi G, 2010. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers in Medical Science*, 27, 2, 273-80.
- DiVito EE, Colonna MP, Olivi G, 2011. The photoacoustic efficacy of an Er: YAG laser with radial and stripped tips on root canal dentin walls: an SEM evaluation. *Journal of Laser Dentistry*, 19, 1, 156-61.
- Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE, 1994. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *Journal of Endodontics*, 20, 2, 78-82.
- Dychdala GR, 2001. Disinfection, sterilization, and preservation. *Chlorine and Chlorine Compounds*, 135-7.
- Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE, 1970. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *Journal of Dental Research*, 49, 6, 1359-68.
- Ekici MA, Kıvanç BH, Ekici A, Uzun Ö, 2017. Farklı endodontik irrigasyon aktivasyon teknikleri kullanılarak yapay oluklardan debris uzaklaştırılması: ex vivo. *Acta Odontologica Turcica*, 34, 1, 14-8.
- Ekim ŞNA, Erdemir A, 2015. Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri. *Atatürk Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25.
- Ekim ŞNA, Erdemir A, 2015. Endodontide Smear Tabakası ve Kaldırılması Teknikleri. *Türkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı*, 1, 2, 31-40.

- Eliot C, Hatton JF, Stewart GP, Hildebolt CF, Gillespie MJ, Gutmann JL, 2014. The effect of the irrigant QMix on removal of canal wall smear layer: an ex vivo study. *Odontology*, 102, 2, 232-40.
- Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE, 2017. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology*, 105, 2, 178-83.
- Endo FS, 2016. XP-endo Finisher: 3d generation.
- Erdemir A, Türkyılmaz A, 2017. Endodontide İrrigasyonu Değerlendiren Yöntemler. *Türkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı*, 3, 1, 42-52.
- 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.
- Falk KW, Sedgley CM, 2005. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *Journal of Endodontics*, 31, 10, 742-5.
- Frais S, Ng YL, Gulabivala K, 2001. Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, 34, 3, 206-15.
- Franzen R, Gutknecht N, Falken S, Heussen N, Meister J, 2011. Bactericidal effect of a Nd: YAG laser on *Enterococcus faecalis* at pulse durations of 15 and 25 ms in dentine depths of 500 and 1,000  $\mu\text{m}$ . *Lasers in Medical Science*, 26, 1, 95-101.
- Fukumoto Y, Kikuchi I, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H, 2006. An ex vivo evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. *International Endodontic Journal*, 39, 2, 93-9.
- Furuoka M, Yokoi T, Fukuda S, Usuki M, Matsuo S, Taniguchi K, Kitamura K, 1988. Effects of GaAlAs laser diode in treatment of hypersensitive dentine. *Fukuoka Shika Daigaku Gakkai Zasshi*, 15, 1, 42-8.
- 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.
- Garberoglio R, Becce C, 1994. Smear layer removal by root canal irrigants: a comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 78, 3, 359-67.
- Garcia A, Fernandez R, Arias A, De Gregorio C, 2017. Efficacy of Different Irrigation Protocols for Removing Gutta-Percha and Sealer Remnants in Artificial Un-instrumented Areas. *European Endodontic Journal*, 2, 1, 9.
- Garip Y, Sazak H, Gunday M, Hatipoglu S, 2010. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: an SEM study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 110, 2, e62-e6.
- George R, Walsh LJ, 2008. Apical extrusion of root canal irrigants when using Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *Journal of Endodontics*, 34, 6, 706-8.
- 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.
- Gerek M, Asci S, Yaylali D, 2010. Ex vivo evaluation of antibacterial effects of Nd: YAG and diode lasers in root canals. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24, 3, 2031-4.
- Gernhardt C, Eppendorf K, Kozłowski A, Brandt M, 2004. Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant. *International Endodontic Journal*, 37, 4, 272-80.

- Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M, 2006. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *Journal of Endodontics*, 32, 11, 1091-3.
- Gilboe DB, Svare CW, Thayer KE, Drennon DG, 1980. Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 44, 3, 310-6.
- 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.
- Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS, 1979. Scanning electron microscope study of a new irrigation method in endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 48, 1, 79-83.
- 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.
- Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J, 1976. New method of irrigation during endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 2, 9, 257-60.
- Gomes B, Ferraz C, Vianna M, 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.
- Gonzalez C, 1996. Potential Preventive and Therapeutic Hard-Tissue Applications of CO<sub>2</sub>, Nd: YAG, and Argon Lasers in Dentistry: A Review. *Journal of Dentistry for Children*, 63, 196-207.
- Gordon TM, Damato D, Christner P, 1981. Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *Journal of Endodontics*, 7, 10, 466-9.
- Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K, 2000. Effects of pulsed Nd: YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. *International Endodontic Journal*, 33, 3, 266-71.
- 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, Meiman BW, 1982. Solution of pulp tissue by chemical agents. *Journal of Endodontics*, 28, 2, 223-225.
- Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR, 2009. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*, 35, 6, 791-804.
- Guerreiro-Tanomaru JM, Loiola LE, Morgental RD, Leonardo RdT, Tanomaru-Filho M, 2013. Efficacy of four irrigation needles in cleaning the apical third of root canals. *Brazilian Dental Journal*, 24, 1, 21-4.
- Gürel M, Kıvanç BH, 2015. Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA). *Türkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı*, 1, 2, 8-14.
- Haapasalo H, Sirén E, Waltimo T, Orstavik D, Haapasalo M, 2000. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *International Endodontic Journal*, 33, 2, 126-31.

- Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM, 2005. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*, 10, 1, 77-102.
- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y, 2010. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54, 2, 291-312.
- Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y, 2014. Irrigation in endodontics. *Brazilian Dental Journal*, 216, 6, 299-303.
- Hahn F, Reygadas F, 1951. Demineralization of hard tissues. *Science*, 114, 2966, 462-3.
- Hamdan R, Michetti J, Pinchon D, Diemer F, Georgelin-Gurgel M, 2017. The XP-Endo Finisher for the removal of calcium hydroxide paste from root canals and from the apical third. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9, 7, e855.
- Harashima T, Takeda FH, Kimura Y, Matsumoto K, 1997. Effect of Nd: YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 15, 3, 131-5.
- Hargreaves KM, Berman LH, 2015. *Cohen's pathways of the pulp*, Elsevier Health Sciences, 209-280.
- Hauman C, Love R, 2003. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *International Endodontic Journal*, 36, 2, 75-85.
- Hauser V, Braun A, Frentzen M, 2007. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *International Endodontic Journal*, 40, 8, 644-52.
- Heling I, Chandler N, 1998. Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International Endodontic Journal*, 31, 1, 8-14.
- Hibst R, Keller U, 1989. Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers in Surgery and Medicine*, 9, 4, 338-44.
- Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM, 2011. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *Journal of Endodontics*, 37, 9, 1301-5.
- Huang TY, Gulabivala K, Ng YL, 2008. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *International Endodontic Journal*, 41, 1, 60-71.
- 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.
- Jeansonne MJ, White RR, 1994. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *Journal of Endodontics*, 20, 6, 276-8.
- Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW, 2010a. Influence of the oscillation direction of an ultrasonic file on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *Journal of Endodontics*, 36, 8, 1372-6.
- Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW, 2010b. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of Endodontics*, 36, 1, 143-6.
- Jodaikin A, Austin J, 1981. Smear layer removal with chelating agents after cavity preparation. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 46, 2, 171-4.
- Johnson M, Sidow SJ, Looney SW, Lindsey K, Niu L-n, Tay FR, 2012. Canal and isthmus debridement efficacy using a sonic irrigation technique in a closed-canal system. *Journal of Endodontics*, 38, 9, 1265-8.

- Judy MM, Matthews JL, Aronoff BL, Hults DF, 1993. Soft tissue studies with 805 nm diode laser radiation: thermal effects with contact tips and comparison with effects of 1064 nm Nd: YAG laser radiation. *Lasers in surgery and Medicine*, 13, 5, 528-36.
- Jung S, Safavi K, Spangberg L, 1999. OR 26 The effectiveness of chlorhexidine in the prevention of root canal reinfection. *Journal of Endodontics*, 25, 4, 288.
- Justo AM, da Rosa RA, Santini MF, Ferreira MBC, Pereira JR, Duarte MAH, Só MVR, 2014. Effectiveness of final irrigant protocols for debris removal from simulated canal irregularities. *Journal of Endodontics*, 40, 12, 2009-14.
- Karagöz Küçükay I, Bayirli G, 1994. An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer. *International Endodontic Journal*, 27, 2, 87-93.
- Kayataş M, 2015. Lazer Hakkında Genel Bilgiler ve Lazerin Diş Hekimliğindeki Yeri. *Türkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı*, 1, 1, 1-5.
- Keir DM, Senia ES, Montgomery S, 1990. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *Journal of Endodontics*, 16, 7, 323-7.
- Kho P, Baumgartner JC, 2006. A comparison of the antimicrobial efficacy of NaOCl/Biopure MTAD versus NaOCl/EDTA against *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 32, 7, 652-5.
- Komorowski R, Grad H, Wu XY, Friedman S, 2000. Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *Journal of Endodontics*, 26, 6, 315-7.
- Kotula R, Bordácová J, 1969. The effect of ethylenediaminetetraacetic acid on the oral microflora. *Deutsche Stomatologie*, 19, 8, 575.
- Kuah H-G, Lui J-N, Tseng PS, Chen N-N, 2009. The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*, 35, 3, 393-6.
- Kurumada F, 1990. A study on the application of Ga-As semiconductor laser to endodontics. The effects of laser irradiation on the activation of inflammatory cells and the vital pulpotomy. *Ou Daigaku Shigakushi*, 17, 3, 233-44.
- Lee S, Wu M, Wesselink P, 2004a. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*, 37, 10, 672-8.
- Lee SJ, Wu MK, Wesselink P, 2004b. 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.
- Leonardo M, Tanomaru Filho M, Nelson Filho P, Bonifácio K, Ito I, 1999. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *Journal of Endodontics*, 25, 3, 167-71.
- Leoni G, Versiani M, Silva Sousa Y, Bruniera J, Pécora J, Sousa Neto M, 2017. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *International Endodontic Journal*, 50, 4, 398-406.
- Lester K, 1977. Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Brazilian Dental Journal*, 143, 359-67.
- Lin S, Zuckerman O, Weiss EI, Mazor Y, Fuss Z, 2003. Antibacterial efficacy of a new chlorhexidine slow release device to disinfect dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 29, 6, 416-8.

- 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*, 44, 3, 260-66.
- Lumley P, Walmsley A, Walton R, Rippin J, 1992. Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. *Journal of Endodontics*, 18, 12, 616-9.
- Lumley P, Walmsley A, Walton R, Rippin J, 1993. Cleaning of oval canals using ultrasonic or sonic instrumentation. *Journal of Endodontics*, 19, 9, 453-7.
- Macedo R, Verhaagen B, Wesselink P, Versluis M, van der Sluis L, 2014. Influence of refreshment/activation cycles and temperature rise on the reaction rate of sodium hypochlorite with bovine dentine during ultrasonic activated irrigation. *International Endodontic Journal*, 47, 2, 147-54.
- Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD, 1984. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, 10, 10, 477-83.
- Malkhassian G, 2007. Antibacterial effectiveness of a final rinse with MTAD and intracanal medication with 2% chlorhexidine gel in teeth with apical periodontitis, Toronto Üniversitesi, Doktora Tezi.
- Mancini M, Armellin E, Casaglia A, Cerroni L, Cianconi L, 2009. A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions: a scanning electron microscopy evaluation. *Journal of Endodontics*, 35, 6, 900-3.
- Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellin E, Conte G, Cianconi L, 2013. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 39, 11, 1456-60.
- Mayer B, Peters OA, Barbakow F, 2002. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 35, 7, 582-9.
- McComb D, Smith D, Beagrie G, 1976. The results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation-a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 9, 1, 11-8.
- McComb D, Smith DC, 1975. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, 1, 7, 238-42.
- McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL, 2008. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio□molecular film' from an ex vivo model. *International Endodontic Journal*, 41, 7, 602-8.
- 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) <sub>2</sub>. *Journal of Endodontics*, 31, 5, 359-63.
- McKenna SM, Davies K, 1988. The inhibition of bacterial growth by hypochlorous acid. Possible role in the bactericidal activity of phagocytes. *Biochemical Journal*, 254, 3, 685-92.
- Mello I, Kammerer BA, Yoshimoto D, Macedo MCS, Antoniazzi JH, 2010. Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer. *Journal of Endodontics*, 36, 3, 512-4.
- Mello I, Robazza CRC, Antoniazzi JH, Coil J, 2008. Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 106, 5, e40-e3.

- Meryon S, Brook A, 1990. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *International Endodontic Journal*, 23, 4, 196-202.
- Micheliç V, Schuster G, Pashley DH, 1980. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *Journal of Dental Research*, 59, 8, 1398-403.
- Mickel AK, Chogle S, Liddle J, Huffaker K, Jones JJ, 2007. The role of apical size determination and enlargement in the reduction of intracanal bacteria. *Journal of Endodontics*, 33, 1, 21-3.
- Midda M, Renton-Harper P, 1991. Lasers in dentistry. *British Dental Journal*, 170, 9, 343.
- Mohammadi Z, 2008. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International Dental Journal*, 58, 6, 329-41.
- Mohammadi Z, Abbott PV, 2009. Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Australian Endodontic Journal*, 35, 3, 131-9.
- Mohammadi Z, Abbott PV, 2009. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal*, 42, 4, 288-302.
- Mohammadi Z, Khademi A, Davari A, 2008. Evaluation of the antibacterial substantivity of three concentrations of chlorhexidine in bovine root dentine. *Iran Endodontic Journal*, 2, 113-25.
- Montero-Miralles P, Estévez-Luaña R, DeGregorio-González C, Valencia-dePablo O, Jaramillo DE, Cisneros-Cabello R, 2018. Effectiveness of Nd: YAG Laser on the elimination of debris and Smear Layer. A comparative study with two different irrigation solution: EDTA and QMix® in addition to NaOCl. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 10, 1, e70.
- Moorer W, Wesselink P, 1982. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, 15, 4, 187-96.
- Moritz A, Schoop U, Jiru E, Goharkhay K, Wernisch J, Sperr W, 2003. Morphological Changes of *E. coli* and *E. faecalis* after Er: YAG and Nd: YAG Laser Irradiation through Different Layers of Dentin. 2nd Congress of the European Society for Oral Laser Application, Florence.
- Mortman RE, 2011. Technologic advances in endodontics. *Dental Clinics*, 55, 3, 461-80.
- Mutluay AT, Mutluay M, 2015. Sodyum hipoklorit: Endodontide kullanım alanları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25, 2.
- Myers T, McDaniel J, 1991. The pulsed Nd: YAG dental laser: review of clinical applications. *Journal of the California Dental Association*, 19, 11, 25-30.
- Naenni N, Thoma K, Zehnder M, 2004. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *Journal of Endodontics*, 30, 11, 785-7.
- 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.
- Nguy D, Sedgley C, 2006. The influence of canal curvature on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro using real-time imaging of bioluminescent bacteria. *Journal of Endodontics*, 32, 11, 1077-80.
- Nielsen BA, Baumgartner JC, 2007. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics*, 33, 5, 611-5.
- Niu , Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H, 2002. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions, Toronto Üniversitesi, doktora tezi.

- O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC, 2000. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of Endodontics*, 26, 12, 739-43.
- Ohara P, Torabinejad M, Kettering J, 1993. Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. *Dental Traumatology*, 9, 3, 95-100.
- Olivi G, De Moor R, DiVito E, 2016. *Lasers in endodontics: scientific background and clinical applications*, Springer, 90-105.
- 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.
- Ostby N, 1957. Chelating in root canal therapy. Ethylene-diamine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol Tidskr*, 65, 3-11.
- Özkan HB, 2009. Farklı endodontik irrigasyon materyallerinin tek ve kombine kullanımlarında *E. faecalis*'e karşı etkinliklerinin in vitro olarak incelenmesi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, doktora tezi.
- Paquette L, 2000. The effectiveness of chlorhexidine gluconate as an intracanal medication in endodontics: An in vivo microbiological study, Toronto Üniversitesi
- Parente J, Loushine R, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller R, Pashley DH, Tay F, 2010. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *International Endodontic Journal*, 43, 11, 1001-12.
- Pashley DH, 1984. Smear layer: physiological considerations. *Operative Dentistry Supplement*, 3, 13-29.
- Patterson SS, 1963. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 16, 1, 83-103.
- Perez F, Rouqueyrol-Pourcel N, 2005. Effect of a low-concentration EDTA solution on root canal walls: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 99, 3, 383-7.
- Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, DiVito E, 2011. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal of Endodontics*, 37, 7, 1008-12.
- Pick R, Powell G, 1993. Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dental Clinics of North America*, 37, 2, 281-96.
- Pişkin B, Türkün M, 1995. Stability of various sodium hypochlorite solutions. *Journal of Endodontics*, 21, 5, 253-5.
- Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M, 2006. Killing of *Enterococcus faecalis* by MTAD and chlorhexidine digluconate with or without cetrimide in the presence or absence of dentine powder or BSA. *Journal of Endodontics*, 32, 2, 138-41.
- Poudyal S, Pan W-h, Zhan L, 2014. Efficacy of solution form of ethylenediaminetetraacetic acid on removing smear layer of root canal at different exposure time in vitro. *Journal of Huazhong University of Science and Technology [Medical Sciences]*, 34, 3, 420-4.
- Psimma Z, Boutsoukis C, Kastrinakis E, Vasiliadis L, 2013. Effect of needle insertion depth and root canal curvature on irrigant extrusion ex vivo. *Journal of Endodontics*, 39, 4, 521-4.



- Radcliffe C, Potouridou L, Qureshi R, Hababeh N, Qualtrough A, Worthington H, Drucker D, 2004. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 37, 7, 438-46.
- Ram Z, 1977. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 44, 2, 306-12.
- Ram Z, 1980. Chelation in root canal therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 49, 1, 64-74.
- Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS, 2008. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. *Journal of Endodontics*, 34, 12, 1521-3.
- Rhodes JS, 2005. *Advanced endodontics: clinical retreatment and surgery*, CRC Press, p.
- Richman MJ, 1957. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Journal of Dentistry Med*, 12, 12-8.
- Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Bureson JA, Spångberg LS, 2011. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 112, 6, 825-42.
- Rödig T, Bozkurt M, Konietschke F, Hülsmann M, 2010. Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *Journal of Endodontics*, 36, 8, 1410-3.
- Rödig T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M, 2010. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *Journal of Endodontics*, 36, 12, 1983-7.
- Rölla G, Løe H, Rindom Schiött C, 1970. The affinity of chlorhexidine for hydroxyapatite and salivary mucins. *Journal of Periodontal Research*, 5, 2, 90-5.
- Ruddle CJ, (2001). Microbrush for endodontic use, Google Patents.
- Ruddle CJ, 2002. Cleaning and shaping the root canal system. *Pathways of the Pulp*, 209-280.
- Ruddle CJ, 2015. Endodontic disinfection: Tsunami irrigation. *Saudi Endodontic Journal*, 5, 1, 1.
- Russell A, Hammond S, Morgan J, 1986. Bacterial resistance to antiseptics and disinfectants. *Journal of Hospital Infection*, 7, 3, 213-25.
- Russell S, 2003. The effect of electrolyzed oxidative water applied using electrostatic spraying on pathogenic and indicator bacteria on the surface of eggs. *Poultry Science*, 82, 1, 158-62.
- SA FD, 2016. *The XP Endo Finisher File Brochure*. La Chaux-de-Fonds. Switzerland.
- Saber SE-D, Hashem AAR, 2011. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *Journal of Endodontics*, 37, 9, 1272-5.
- Salzgeber RM, Brilliant JD, 1977. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *Journal of Endodontics*, 3, 10, 394-8.
- Santos MD, Walker WA, Carnes DL, 1999. Evaluation of apical seal in straight canals after obturation using the Lightspeed sectional method. *Journal of Endodontics*, 25, 9, 609-12.
- Schoeffel GJ, 2008. The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2-efficacy. *Dentistry Today*, 27, 1, 82, 4, 6-7.

- Schoop U, Kluger W, Moritz A, Nedjelik N, Georgopoulos A, Sperr W, 2004. Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*, 35, 2, 111-6.
- Sedgley C, Nagel A, Hall D, Applegate B, 2005. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *International Endodontic Journal*, 38, 2, 97-104.
- Seidberg BH, Schilder H, 1974. An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 37, 4, 609-20.
- Sen BH, Akdeniz BG, Denizci AA, 2000. The effect of ethylenediamine-tetraacetic acid on *Candida albicans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 90, 5, 651-5.
- Sen BH, Turk BT, 2009. An update on chlorhexidine in endodontics. *Endodontic Practice Today*, 3, 2.
- Serper A, Çalt S, 2002. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of Endodontics*, 28, 7, 501-2.
- Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M, 2003. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 96, 5, 614-7.
- Shahrvan 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.
- Shin S-J, Kim H-K, Jung I-Y, Lee C-Y, Lee S-J, Kim E, 2010. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 109, 3, 479-84.
- 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.
- 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, 1997. Intracanal medicaments: evaluation of the antibacterial effects of chlorhexidine, metronidazole, and calcium hydroxide associated with three vehicles. *Journal of Endodontics*, 23, 3, 167-9.
- Siqueira JF, Jr., Lopes HP, 1999. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International Endodontic Journal*, 32, 5, 361-9.
- Siqueira Jr JF, Rôças IN, 2008. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of Endodontics*, 34, 11, 1291-301. e3.
- Siqueira Jr 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.
- Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G, 1997. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 30, 5, 297-306.

- Spangberg L, Engström B, Langeland K, 1973. Biologic effects of dental materials: 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 36, 6, 856-71.
- Spanó JCE, Silva RG, Guedes DFC, Sousa-Neto MD, Estrela C, Pécora JD, 2009. Atomic absorption spectrometry and scanning electron microscopy evaluation of concentration of calcium ions and smear layer removal with root canal chelators. *Journal of Endodontics*, 35, 5, 727-30.
- Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M, 2012. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International Endodontic Journal*, 45, 4, 363-71.
- 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.
- Sundqvist G, Johansson E, Sjögren U, 1989. Prevalence of black-pigmented bacteroides species in root canal infections. *Journal of Endodontics*, 15, 1, 13-9.
- Susin L, Liu Y, Yoon J, Parente J, Loushine R, Ricucci D, Bryan T, Weller R, Pashley DH, Tay F, 2010. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *International Endodontic Journal*, 43, 12, 1077-90.
- Şen B, Wesselink P, Türkün M, 1995. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, 28, 3, 141-8.
- Şen BH, Ertürk Ö, Pişkin B, 2009. The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 108, 4, 622-7.
- Şen ÖG, 2015. Endodontide Sodyum Hipoklorit İrrigasyonu. *Türkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı*, 1, 2, 1-7.
- Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K, 1998. Efficacy of Er: YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, 24, 8, 548-51.
- Taşman F, Çehreli ZC, Oğan C, Etikan İ, 2000. Surface tension of root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 26, 10, 586-7.
- Tay FR, Gu L-s, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, Arun SN, Kim J, Looney SW, Pashley DH, 2010. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of Endodontics*, 36, 4, 745-50.
- Thé S, 1979. The solvent action of sodium hypochlorite on fixed and unfixed necrotic tissue. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*, 47, 6, 558.
- Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S, 2003a. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *Journal of Endodontics*, 29, 4, 233-9.
- Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK, 2002. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 94, 6, 658-66.
- Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, Kim J, Shabahang S, 2003b. A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*, 29, 3, 170-5.
- Turesky S, Warner V, Lin PS, Soloway B, 1977. Prolongation of antibacterial activity of chlorhexidine adsorbed to teeth: effect of sulfates. *Journal of Periodontology*, 48, 10, 646-9.

- Türkyılmaz A, Erdemir A, 2017. Endodontide İrrigasyonu Değerlendiren Yöntemler. Türkiye Klinikleri, Endodonti Özel Sayısı, 3, 1, 42-52.
- Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S, 2017. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigations*, 21, 9, 2681-7.
- Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG, 2004. Influence of instrument size on root canal debridement. *Journal of Endodontics*, 30, 2, 110-2.
- Uygun AD, Gündoğdu EC, Arslan H, Ersoy İ, 2017. Efficacy of XPendo finisher and TRUS hape 3D conforming file compared to conventional and ultrasonic irrigation in removing calcium hydroxide. *Australian Endodontic Journal*, 43, 2, 89-93.
- Van As G, 2004. Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics*, 48, 4, 1017-59.
- Van der Sluis L, Gambarini G, Wu M, Wesselink P, 2006. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 39, 6, 472-6.
- Van der Sluis L, Versluis M, Wu M, Wesselink P, 2007. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, 40, 6, 415-26.
- Van der Sluis L, Wu M, Wesselink P, 2007. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *International Endodontic Journal*, 40, 1, 52-7.
- Van der Sluis L, Wu MK, Wesselink P, 2005a. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *International Endodontic Journal*, 38, 10, 764-8.
- Van Der Sluis L, Wu MK, Wesselink P, 2005b. A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 38, 9, 593-6.
- Violich D, Chandler N, 2010. The smear layer in endodontics—a review. *International Endodontic Journal*, 43, 1, 2-15.
- Vivan RR, Bortolo MV, Duarte MAH, Moraes IGd, Tanomaru-Filho M, Bramante CM, 2010. Scanning electron microscopy analysis of RinsEndo system and conventional irrigation for debris removal. *Brazilian Dental Journal*, 21, 4, 305-9.
- Vivan RR, Duque JA, Alcalde MP, Só MVR, Bramante CM, Duarte MAH, 2016. Evaluation of different passive ultrasonic irrigation protocols on the removal of dentinal debris from artificial grooves. *Brazilian Dental Journal*, 27, 5, 568-72.
- Walker TL, Carlos E, 1991. Histological evaluation of ultrasonic debridement comparing sodium hypochlorite and water. *Journal of Endodontics*, 17, 2, 66-71.
- Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG, 2002. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*, 28, 12, 837-9.
- Waltimo T, Ørstavik D, Siren E, Haapasalo M, 1999. In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *International Endodontic Journal*, 32, 6, 421-9.
- Walton RE, Torabinejad M, 1996. Principles and practice of endodontics, Saunders, 258-286.
- 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.

- Waplington M, Lumley P, Walmsley A, 1995. Sonic instruments in root canal therapy. *Dental Update*, 22, 8, 339-42.
- Wayman BE, Kopp WM, Pinerio GJ, Lazzari E, 1979. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *Journal of Endodontics*, 5, 9, 258-65.
- Weichman JA, Johnson FM, 1971. Laser use in endodontics: a preliminary investigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 31, 3, 416-20.
- Weine F, 1996. *Endodontic therapy*, 5th edn. St. Louis, MO: Mosby-Year Book, Inc.
- Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R, 2007. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals a Sem evaluation: R2. 39. *International Endodontic Journal*, 40, 12, 991-2.
- Weller RN, Brady JM, Bernier WE, 1980. Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of Endodontics*, 6, 9, 740-3.
- Wesselink P, Bergenholtz G, Hørsted-Bindslev P, Reit C, 2010. Treatment of the necrotic pulp. *Textbook of Endodontology* 2nd edition, 140-59.
- White JM, Swift Jr EJ, 2005. Lasers for use in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 17, 1, 60-.
- Wiggins S, Ottino JM, 2004. Foundations of chaotic mixing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 362, 1818, 937-70.
- Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A, 2017. Efficacy of XPendo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *International Endodontic Journal*, 50, 7, 700-5.
- Williams S, Goldman M, 1985. Penetrability of the smeared layer by a strain of *Proteus vulgaris*. *Journal of Endodontics*, 11, 9, 385-8.
- Winn 2nd D, 2003. Lasers in dentistry: soft tissue capabilities. *Practical procedures & aesthetic dentistry: PPAD*, 15, 10, 803.
- Wong DT, Cheung GS, 2014. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 40, 6, 825-9.
- Wu L, Mu Y, Deng X, Zhang S, Zhou D, 2012. Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60 C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *Journal of Endodontics*, 38, 3, 381-4.
- Wu M-K, Wesselink PR, 1995. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 79, 4, 492-6.
- Wu M, 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 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 MK, Wesselink PR, 2001. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*, 34, 2, 137-41.
- 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.

- Yamaguchi M, Ito M, Miwata T, Horiba N, Matsumoto T, Nakamura H, Fukaya M, 1990. Clinical study on the treatment of hypersensitive dentin by GaAlAs laser diode using the double blind test. *Aichi Gakuin Daigaku Shigakkai Shi*, 28, 2, 703-7.
- Yamashita J, Tanomaru Filho M, Leonardo M, Rossi M, 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-F, Rivera EM, Walton RE, Baumgardner KR, 1996. Canal debridement: effectiveness of sodium hypochlorite and calcium hydroxide as medicaments. *Journal of Endodontics*, 22, 10, 521-5.
- Yared GM, Dagher FEB, 1994. Influence of apical enlargement on bacterial infection during treatment of apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, 20, 11, 535-7.
- Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I, 1995. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*, 21, 12, 592-3.
- Zakariasen K, Dederich D, 1991. Dental lasers and science. *Journal of Canadian Dental Association*, 57, 7, 570-3.
- Zehnder M, 2006. Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*, 32, 5, 389-98.
- Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T, 2005. Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics*, 31, 11, 817-20.

## 7. ÖZGEÇMİŞ

28 Haziran 1987 tarihinde Eskişehir’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Burdur Gazi İlkokulu ve Şanlıurfa Cengiz Topel İlköğretim okulunda, lise öğrenimini ise Hatay Osman Ötken Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 2005 yılında başladığı İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden 2010 yılında mezun oldu. 2016 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. Evli ve bir çocuk annesidir.



## 8. EKLER

### EK 1

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurul kararı



### GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR DEĞERLENDİRME KOMİSYONU

Toplantı Sayısı : 4	Toplantı Tarihi : 12.04.2018
---------------------	------------------------------

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalından Prof.Dr.Funda KONT ÇOBANKARA aynı anabilim dalından Dt.Didem Seda GÜLTEKİN tarafından sunulan **“Farklı sistemlerle aktive edilen final irrigasyon solüsyonu QMix’in apikal debris ve smear tabaka çıkarma etkinliğinin incelenmesi”** araştırma projesi 12 üyenin katılımı ile değerlendirildi.

Değerlendirme sonucunda, Projenin, Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Değerlendirme Yönergesi İlkelerine uygun olduğundan **“kabulüne”** oybirliği ile karar verildi.

Prof.Dr.Nimet ÜNLÜ  
Başkan

Prof.Dr.İsa YÖNDEMİZ  
Üye

Doç.Dr.Nevin ÇOBANOĞLU  
Üye

Prof.Dr.Doğan DOLANMAZ  
İzinli

Prof.Dr.Sema S.HAKKI  
Üye

Prof.Dr.Duygu FİNDİK  
Üye

Prof.Dr.Ender ERDOĞAN  
Üye

Prof.Dr.Hale ARI AYDINBELGE  
Üye

Doç.Dr.Füsun YAŞAR  
Üye

Prof.Dr.Sibel YILDIRIM  
Üye

Doç.Dr.Mehmet AKIN  
Üye

Doç.Dr.Hüsamettin VATANSEV  
Üye

Prof.Dr.K.Hakan DOĞAN  
Üye