



T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



**ULTRASONİK AKTİVASYON SİSTEMİ İLE  
FARKLI İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ  
SMEAR TABAKASI UZAKLAŞTIRMA  
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Ferhat ÇOBANCI

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Sadullah KAYA

DİYARBAKIR

2022





T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
ENDODONTİ ANABİLİM DALI



**ULTRASONİK AKTİVASYON SİSTEMİ İLE  
FARKLI İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ  
SMEAR TABAKASI UZAKLAŞTIRMA  
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Ferhat ÇOBANCI

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Sadullah KAYA

DİYARBAKIR

2022

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri

Koordinatörlüğünce desteklenmiştir.

Proje No: SBE.21.012



## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine eklediğimi, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve tezimi Dicle Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu standartlarına uygun bir şekilde hazırladığımı beyan ederim.

**29.04.2022**

**Ferhat ÇOBANCI**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle bana destek olan, tez çalışmamı titizlikle yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Sadullah KAYA' ya,

Eğitim süresince emeği geçen ve her zaman engin fikirlerine ihtiyaç duyduğum hocam Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL' e,

Gerek uzmanlık eğitimi sürecinde gerekse akademik kariyer hayatında, yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Merve YENİÇERİ ÖZATA' ya,

Uzmanlık eğitim sürecinde yol göstericiliği, öğreticiliği, her türlü desteğini benden esirgemeyen kıymetli Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL'a

Yardımlarını ve dostluğunu asla esirgemeyen, tez çalışmamda da emekleri olan asistan arkadaşım Ömer Ferişt OKUMUŞ'a

Hayatım boyunca bana olan ilgi ve sevgilerini eksik etmeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan aileme

Teşekkürlerimi sunuyorum...

# İÇİNDEKİLER

|                                                                              |      |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| BEYAN.....                                                                   | I    |
| TEŞEKKÜR .....                                                               | II   |
| KISALTMALAR VE SİMGELER .....                                                | V    |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                        | VII  |
| RESİMLER DİZİNİ .....                                                        | VIII |
| TABLolar DİZİNİ .....                                                        | X    |
| ÖZET.....                                                                    | 1    |
| ABSTRACT .....                                                               | 4    |
| 1.GİRİŞ VE AMAÇ .....                                                        | 6    |
| 2. GENEL BİLGİLER.....                                                       | 10   |
| 2.1. Smear Tabakası .....                                                    | 10   |
| 2.2.Smear Tabakasının Uzaklaştırılması.....                                  | 11   |
| 2.3. Smear Tabakasını Uzaklaştırma Yöntemleri .....                          | 11   |
| 2.3.1. Kimyasal yöntemler .....                                              | 11   |
| 2.3.1.1. Kök kanallarının irrigasyonu .....                                  | 11   |
| 2.3.1.2. Endodontide kullanılan irrigasyon solüsyonları.....                 | 13   |
| 2.3.1.2.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl).....                                    | 13   |
| 2.3.1.2.2. Asit ve şelasyon ajanları .....                                   | 14   |
| 2.3.1.2.3. Klorheksidin glukonat (CHX).....                                  | 17   |
| 2.3.1.2.4. QMIX .....                                                        | 17   |
| 2.3.1.2.5. Mixture of Tetracycline isomer, Acid and Detergent (MTAD) .....   | 18   |
| 2.3.2. Mekanik yöntemler .....                                               | 19   |
| 2.3.2.1. Manuel aktivasyon teknikleri.....                                   | 20   |
| 2.3.2.1.1. İğne veya kanül kullanılarak yapılan şırınga ile irrigasyon ..... | 20   |
| 2.3.2.1.2. Fırçalar .....                                                    | 22   |
| 2.3.2.1.3. Manuel dinamik aktivasyon .....                                   | 22   |
| 2.3.2.2. Mekanik aktivasyon teknikleri.....                                  | 23   |
| 2.3.2.2.1. Rotary fırçalar .....                                             | 23   |

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.2.2.2. Preparasyon sırasında devamlı irrigasyon.....                                        | 23        |
| 2.3.2.2.3. Sonik sistemler .....                                                                | 24        |
| 2.3.2.2.4. Ultrasonik sistemler.....                                                            | 24        |
| 2.3.2.2.5. Ardışık düzenli basınç oluşturan cihazlar .....                                      | 25        |
| 2.3.3. Lazerler.....                                                                            | 27        |
| <b>3.MATERYAL-METOD .....</b>                                                                   | <b>29</b> |
| 3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması .....                                                 | 29        |
| 3.2. Çalışma Boyunun Belirlenmesi.....                                                          | 30        |
| 3.3. Kök Kanallarının Preparasyonu .....                                                        | 31        |
| 3.6.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Örneklerin İncelenmesi ve<br>Değerlendirilmesi ..... | 38        |
| 3.7. İstatistiksel Analiz .....                                                                 | 39        |
| <b>4. BULGULAR .....</b>                                                                        | <b>40</b> |
| 4.1. SEM Görüntüleri-Açık Dentin Tübülü Sayısının Değerlendirilmesi.....                        | 40        |
| 4.2. Görüntülerin İstatistiksel Olarak Değerlendirmesi .....                                    | 48        |
| <b>5. TARTIŞMA .....</b>                                                                        | <b>50</b> |
| <b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>                                                                | <b>59</b> |
| <b>7. KAYNAKLAR.....</b>                                                                        | <b>60</b> |
| <b>8. EKLER.....</b>                                                                            | <b>73</b> |
| Ek-1. Etik Kurul Belgesi .....                                                                  | 73        |
| <b>9. ORJİNALLİK RAPORU .....</b>                                                               | <b>74</b> |
| <b>10. ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                                                       | <b>75</b> |

## KISALTMALAR VE SİMGELER

**AHA:** alfa hidroksi asit

**ark.:** Arkadaşları

**CHX:** Klorheksidin

**dk:** Dakika

**EA:** Etidronik Asit

**EDTA:** Etilen Diamin Tetraasetik Asit

**GA:** Glikolik Asit

**Hz:** Hertz

**kHz:** Kilohertz

**mm:** Milimetre

**ml:** Mililitre

**MTAD:** Mixture of Tetracycline İsomer, Acid and Detergent

**NaOCl:** Sodyum Hipoklorit

**NiTi:** Nikel- Titanyum

**p:** İstatistiksel Anlamlılık

**pH:** Power of Hydrogen (Hidrojenin gücü)

**pKa:** Asit Ayrışma Sabitinin (-) Logaritması

**PLGA:** Polilaktik-ko-glikolik

**PUI:** Pasif Ultrasonik İrrigasyon Yöntemi

**rpm:** Revolutions Per Minute (dakikada devir sayısı)

**SEM:** Taramalı Elektron Mikroskobu

**sn:** Saniye

%: Yüzde

>: büyüktür

<: küçüktür

$\mu\text{m}$ : Mikrometre



## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil 1.** Endodontide kullanılan irrigasyon aktivasyon teknik ve cihazları (5). ..... 20

**Şekil 2.** Gruplara uygulanan irrigasyon sonuçlarının skora göre dağılımları ..... 49



## RESİMLER DİZİNİ

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Resim 1.</b> Çalışmada kullanılan mandibular premolar diş örneği.....                       | 30 |
| <b>Resim 2.</b> Standart kök boyu elde edilmesi.....                                           | 30 |
| <b>Resim 3.</b> Kök kanallarının şekillendirilmesi.....                                        | 31 |
| <b>Resim 4.</b> Çalışmada kullanılan Reciproc R25 döner eğe sistemi.....                       | 32 |
| <b>Resim 5.</b> Çalışmada kullanılan endodontik motor E-Connect S.....                         | 32 |
| <b>Resim 6.</b> Silikon içerisine gömülmüş ve şekillendirilmiş diş örneği.....                 | 33 |
| <b>Resim 7.</b> Çalışmada kullanılan pasif ultrasonik irrigasyon cihazı Eighteeth Ultra X..... | 33 |
| <b>Resim 8.</b> Çalışmada kullanılan gold tip ultrasonik uç.....                               | 34 |
| <b>Resim 9.</b> Çalışmada kullanılan %17'lik EDTA solüsyonu.....                               | 35 |
| <b>Resim 10.</b> Çalışmada kullanılan %10'luk GA solüsyonu.....                                | 35 |
| <b>Resim 11.</b> Çalışmada kullanılan EA solüsyonu.....                                        | 36 |
| <b>Resim 12.</b> Çalışmada kullanılan NaOCl solüsyonu.....                                     | 36 |
| <b>Resim 13.</b> SEM incelemesi için hazırlanan köklerin bir yarısı.....                       | 37 |
| <b>Resim 14.</b> Çalışmada kullanılan SEM cihazı.....                                          | 39 |
| <b>Resim 15.</b> Grup 1 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 1).....                               | 40 |
| <b>Resim 16.</b> Grup 1 orta üçlü SEM görüntüsü (skor 2) .....                                 | 41 |
| <b>Resim 17.</b> Grup 1 apikal üçlü SEM görüntüsü (skor 3).....                                | 41 |
| <b>Resim 18.</b> Grup 2 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 1).....                               | 42 |
| <b>Resim 19.</b> Grup 2 orta üçlü SEM görüntüsü (skor 2).....                                  | 43 |
| <b>Resim 20.</b> Grup 2 apikal üçlü SEM görüntüsü (skor 3).....                                | 43 |
| <b>Resim 21.</b> Grup 3 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 2).....                               | 44 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Resim 22.</b> Grup 3 orta üçlü SEM görüntüsü (skor 2).....    | 45 |
| <b>Resim 23.</b> Grup 3 apikal üçlü SEM görüntüsü (skor 3).....  | 45 |
| <b>Resim 24.</b> Grup 4 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 4)..... | 46 |
| <b>Resim 25.</b> Grup 4 orta üçlü SEM görüntüsü (skor 4).....    | 47 |
| <b>Resim 26.</b> Grup 4 apikal üçlü SEM görüntüsü (skor 5).....  | 47 |



## TABLÖLAR DİZİNİ

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Grupların bölgelere göre skorlarının Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi testi ile değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar..... | 48 |
| <b>Tablo 2.</b> Grupların Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi testi ile elde edilen verileri .....                                                | 49 |



# **Ultrasonik aktivasyon sistemi ile farklı irrigasyon solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırılması**

**Ferhat ÇOBANCI**

**Danışman: Prof. Dr. Sadullah KAYA**

**Endodonti Anabilim Dalı**

## **ÖZET**

### **Amaç**

Kök kanal sisteminin tam olarak dezenfeksiyonunun sağlanması endodontik tedavinin esas amaçlarından biridir. Kök kanal sisteminin şekillendirilmesi sırasında amorf, düzensiz yapıda, organik ve inorganik içerikli smear tabakası olarak isimlendirilen bir katman meydana gelmektedir. Smear tabakası obtürasyon materyallerinin kök dentinine bağlanmasını azaltmakla beraber mikroorganizmalar için bir besi ortamı sağlamakta, mikrosızıntıyı artırmakta ve irrigasyon solüsyonlarının dentine etkisini azaltmaktadır.

Bu çalışma, son yıkama solüsyonu olarak kullanılan ve ultrasonik ile aktive edilen %17 Etilen Diamin Tetra Asetik Asit (EDTA), %10 Glikolik asit (GA) ve %18 Etidronik asitin (EA) smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) altında karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

### **Gereç ve Yöntem**

Bu çalışmada ortodontik/periodontal nedenlerle çekilmiş 80 adet insan mandibular premolar diş kullanıldı. Dişler çalışmanın yapılacağı zamana kadar distile su içerisinde oda sıcaklığında bekletildi. Her bir dişin endodontik giriş kavitesi açıldı ve standart kök boyu elde edebilmek amacıyla kronlar mine-sement sınırından itibaren kök boyu 15 mm olacak şekilde elmas frezlerle kesildi. Kalan köklerin çalışma boyu, apikal foramenden #15 no'lu K tipi eğenin ucu görüldükten sonra 1 mm kısa olacak biçimde belirlendi. Dişlerin çalışma boyları belirlendikten sonra,

endodontik motor yardımıyla resiprokasyon hareketine uygun Reciproc R25 döner alet eğesiyle kanal genişletme işlemleri yapıldı. Örnekler biri kontrol grubu olmak üzere rastgele 4 gruba ayrıldı (n=20). Her grupta pasif ultrasonik aktivasyon (PUI) sistemi ile farklı final irrigasyon solüsyonları kullanıldı.

Grup 1: %2,5 NaOCl +%17 EDTA+ PUI,

Grup 2: %2,5 NaOCl+%10 GA+ PUI,

Grup 3: %2,5 NaOCl+%18 EA+ PUI

Grup 4: %2,5 NaOCl+ distile su+ PUI (kontrol grubu)

Tüm bu işlemlerden sonra dişler bukkolingual yönde alev uçlu elmas frezlerle ikiye ayrıldı. İşlem esnasında kök kanal boşluğuna temas edilmemesine özen gösterildi. Örneklerden; koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerinin merkezi kısımda olacak şekilde x2000 büyütme altında SEM görüntüleri alındı ve smear tabakasının varlığı iki farklı gözlemci tarafından gözlemsel olarak skorlandı.

## **Bulgular**

Normal dağılıma uygunluk Kolmogorov Smirnov testi ile incelendi. Üç ve üzeri gruplara göre normal dağılmayan verilerin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis H testi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Dunn testi ile incelendi. Önem düzeyi  $p<0,05$  alındı. Gözlemciler arası uyum, Cohen'in kappa istatistikleri kullanılarak hesaplandı.

Kappa testi sonuçları, değerlendirmeyi yapan gözlemciler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterdi (kappa değeri=0.866). EDTA, GA ve EA grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ( $p>0.05$ ). Her grubun kendi içerisinde yapılan değerlendirmede EDTA ve GA gruplarında kök kanalının koronal ve orta üçlü bölgelerinde anlamlı bir fark bulunmazken ( $p>0.05$ ), apikal bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ( $p<0.05$ ). EA grubunda ise sadece koronal üçlü ile apikal üçlü arasında anlamlı bir fark bulundu ( $p<0.05$ ).

## **Sonuç**

EDTA, GA ve EA irrigasyon solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinlikleri arasında anlamlı bir fark yoktu. Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının hiçbirisi kök kanallarından smear tabakasını tamamen uzaklaştıramadı.

**Anahtar Kelimeler:** EDTA, Glikolik Asit, Etidronik Asit, Pasif Ultrasonik Aktivasyon, Smear Tabakası, İrrigasyon Solüsyonu



# **Comparison Of The Smear Layer Removal Efficacy Of Various Irrigation Solutions With An Ultrasonic Activation System**

**Ferhat ÇOBANCI**

**Adviser of Thesis: Prof. Dr. Sadullah KAYA**

**Department of Endodontics**

## **ABSTRACT**

### **Aim**

Ensuring complete disinfection of the root canal system is one of the main goals of endodontic treatment. During the shaping of the root canal system, an amorphous, irregular, organic and inorganic-containing layer is formed, which is called smear layer. In addition to reducing the bonding of obturation materials to root dentin, the smear layer provides a nutrient medium for microorganisms, increases microleakage and reduces the effect of irrigation solutions on dentin.

By using Scanning Electron Microscopy (SEM), this study aims to be compared the smear layer removal activity of 17% Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid (EDTA), 10% Glycolic acid (GA) and 18% Etidronic acid (EA), which are used as a final wash solution and activated by ultrasonics.

### **Material and Method**

In this study, 80 human mandibular premolar teeth extracted for orthodontic/periodontal reasons were used. The teeth were kept in distilled water at room temperature until the time of the study. The endodontic entrance cavity of each tooth was opened and in order to obtain a standard root length, the crowns were cut with diamond burs with a root length of 15 mm from the enamel-cement margin. The working length of the remaining roots was determined to be 1 mm shorter after the tip of the number 15 K-file appeared from the apical foramen. After the working lengths of the teeth were determined, canal widening operations were performed with the Reciproc R25 rotary tool file suitable for reciprocating motion with the help of an

endodontic motor. The samples were randomly divided into 4 groups, one of which was the control group (n=20). In each group, different final irrigation solutions were used with the passive ultrasonic activation (PUI) system.

Group 1: %2,5 NaOCl +%17 EDTA+PUI

Group 2: %2,5 NaOCl +%10 GA+PUI

Group 3: %2,5 NaOCl +%18 EA+PUI

Group 4: %2,5 NaOCl+distilled water +PUI (control group)

After all these procedures, the teeth were divided into two with flame-tipped diamond burs in the buccolingual direction. During the procedure, care was taken not to touch the root canal cavity. From the samples; SEM images were taken under x2000 magnification with the central part of the coronal, middle and apical tripartite regions, and the presence of the smear layer was scored observationally by the two different observers.

## **Result**

Compliance with normal distribution was evaluated with the Kolmogorov Smirnov test. The Kruskal Wallis H test was used to compare the data that were not normally distributed according to groups of three or more, and multiple comparisons were examined with the Dunn test. Significance level was taken as  $p < 0.05$ . Interobserver agreement was calculated using Cohen's kappa statistics.

Kappa test results showed that there was no statistically significant difference between the assessors (kappa value = 0.866). No statistically meaningful difference was observed between the EDTA, GA and EA groups ( $p > 0.05$ ). In the evaluation made within each group, there was no meaningful difference in the coronal and middle third regions of the root canal in the EDTA and GA groups ( $p > 0.05$ ), but a statistically significant difference was found in the apical region ( $p < 0.05$ ). In the EA group, there was a meaningful difference between only the coronal and apical triples ( $p < 0.05$ ).

## Conclusions

There is no significant difference between the smear layer removal efficiency of EDTA, GA and EA irrigation solutions. None of the irrigation solutions used could completely remove the smear layer from the root canals.

**Keywords:** EDTA, Glycolic Acid, Etidronic Acid, Passive Ultrasonic Activation, Smear Layer, Irrigation Solution



## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Başarılı bir endodontik tedavi için kök kanal sisteminden vital ve nekrotik pulpa dokusu kalıntılarının, mikroorganizmaların ve mikrobiyal toksinlerin uzaklaştırılması esastır. Şekillendirilme işlemi, irrigasyon ve kanal içi medikamentler bu ürünlerin uzaklaştırılmasında rol oynar (1).

Endodontik tedavi sırasında eğeler ile ulaşılamayan isthmuslar, lateral ve aksesuar kanallar gibi karmaşık yapılar temizlenememektedir. Bu bölgelerin temizlenmesinde; kullanılan irrigasyon solüsyonlarının özellikleri ve aktivasyon yöntemleri büyük önem kazanmaktadır (2).

Kök kanal preparasyonu sırasında organik ve inorganik bir yapı olan smear tabakası oluşur (3). Smear tabakası, American Association of Endodontists'e (2000) göre, döner aletler veya endodontik eğeler ile preparasyondan sonra dentin veya diğer yüzeylerde tutunan film tabakası olarak tanımlanır. Amorf bir yapıya sahip olan smear tabakası; kök kanalında, irrigantların ve kanal içi ilaçların etkisini sınırlandırır ve kök kanal obtürasyon materyalleri ile dentin tübülleri arasında bariyer oluşturarak mikrosızıntıya yol açar. Bu nedenlerden dolayı, smear tabakasının uzaklaştırılması gerekir (4).

Smear tabakasını uzaklaştırmak için kimyasal, mekanik ve lazer sistemleri gibi birçok yöntem günümüzde kullanılmaktadır. Ancak yöntemlerin hiçbiri tek başına kullanıldığında kanallardan smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramaz. Bunların kombine kullanımı daha fazla smear tabakasının uzaklaştırılmasına yardımcı olur (4).

Endodontik tedavinin başarısında irrigasyon ajanları önemli yere sahiptir. Genellikle smear tabakasının uzaklaştırılmasında tek bir ajan yetersiz olduğundan final irrigasyonu olarak ikili irrigasyon solüsyonları tercih edilir. En çok önerilen EDTA-Sodyum Hipoklorit (NaOCl) kombinasyonudur (5).

Sodyum hipoklorit, güçlü antimikrobiyal özellikleri nedeniyle kök kanal tedavisinde sıklıkla tercih edilen solüsyondur. Sadece organik artıkları çözer. Kök kanal sistemindeki debrislerin uzaklaştırılmasında etkilidir. Kullanılan tüm konsantrasyonlarda dentinin aşınmasına ve mikrosertliğinde azalmaya yol açması

dezavantajdır. Ayrıca periapikal hücreler için sitotoksiktir ve bu nedenle dikkatli kullanılmalıdır (6, 7).

Nygaard-Ostby, endodontide şelatlayıcı ajanları ilk tanıtan kişidir. Şelasyon ajanları, dışın kalsiyum iyonlarıyla birleşerek dentini dekalsifiye eder. Düşük konsantrasyonlarda bile smear tabakasını etkili bir şekilde çıkarırlar. Şelasyon ajanları ile ilgili olarak, dekalsifikasyonun etkileri büyük ölçüde kullanılan irriganın tipine, konsantrasyonuna, pH'ına ve uygulama süresine bağlıdır. Dezenfeksiyonun en önemli yönü, özellikle kök kanallarının apikal bölgelerine etki etmesi için irrigasyonun tüm kök kanalı ile doğrudan temas halinde olması gerektiğidir (8).

EDTA, endodontide en çok tercih edilen şelasyon ajanıdır. Dentin ile reaksiyona girerek kalsiyum şelatları oluşturur. Antimikrobiyal özelliği yoktur. Yüksek dekalsifiye edici özelliğe sahiptir ve 1 dakikadan uzun süre kullanımında şiddetli dentin erozyonuna yol açtığı bildirilmiştir (9). Ayrıca NaOCl ile temasında reaksiyona girerek NaOCl'nin etkisini azaltmaktadır (9). EDTA sentetiktir, biyolojik olarak parçalanamayan bir materyaldir ve canlı dokular için sitotoksik özelliğe sahiptir (10).

Glikolik asit (GA), alfa hidroksi asitler (AHA) olarak bilinen organik asitler grubunun en küçük üyesidir. GA renksiz, kokusuz ve suda çözünür bir materyaldir. Yapılan çalışmalarda kollajen sentezini ve fibroblast proliferasyonunu arttırdığı rapor edilmiştir. GA, dermatolojide cilt ve kemik üzerinde yara iyileşmesini desteklemek için kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde son çalışmalar, GA'nın EDTA'dan daha az sitotoksik olduğunu ve restoratif prosedürler sırasında mine ve dentinin aşındırmasında uygun bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir (11). Olumlu özelliklerinden dolayı GA'nın kök kanal duvarlarından smear tabakasını çıkarmak için uygun bir ajan olabileceği belirtilmektedir (12).

Yapılan bir çalışmada, Etidronik asidin (EA) smear tabakasını uzaklaştırmada etkin olduğu, NaOCl ile etkileşime girmeyerek NaOCl'nin antimikrobiyal ve doku çözücü özelliklerini değıştirmedeğı bildirilmiştir (13). Ayrıca EA'nın zayıf şelatör olmasından dolayı dentinde güçlü şelatörler gibi erozyon oluşturmayağı belirtilmektedir (14).

Geleneksel olarak şırınga ile uygulanan irrigasyon solüsyonları kök kanal sisteminden debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında özellikle de apikal bölgede yetersiz kalabilmektedir. Bu problemlerle başa çıkabilmek için irrigasyon solüsyonlarının etkisini artırmak amacıyla çeşitli aktivasyon yöntemleri önerilmiştir. Klasik şırınga irrigasyonu, irrigasyon solüsyonlarının çeşitli çaplardaki iğne ve kanüller ile pasif olarak ya da aktivasyon yapılarak uygulanmasıdır. Aktivasyon, iğnenin kanal içerisinde ileri geri hareketle çalkalanmasıyla sağlanmaktadır. Pasif ultrasonik aktivasyon işlemi ise titreşim hareketi yapan bir eğe ile kök kanalı içerisinde bulunan sıvıya akustik enerji iletimine dayanmaktadır. Enerji ultrasonik dalgalar yolu ile iletilir ve bu enerji solüsyonda akustik bir akım ile basınçlı buhar oluşumuna neden olur. Pasif ultrasonik aktivasyon sistemlerinin dentin debrislerini uzaklaştırma işleminde el ile aktivasyon yapılan sistemlerden daha başarılı olduğu da çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (15, 16).

Bu in vitro çalışma, kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA, GA ve EA'nın etkinliklerinin karşılaştırılmasını amaçlamaktadır.

## 2. GENEL BİLGİLER

Endodontik başarı; kök kanal sisteminde enfekte dokuların, mikroorganizma ve toksinlerinin tamamen uzaklaştırılması ve kanalların sızdırmaz bir şekilde dolumu esasına dayanır (17).

### 2.1. Smear Tabakası

Kök kanal preparasyonu sırasında el aleti veya döner alet kullanımına bağlı olarak dentin duvarlarından mineralize dokuların oluşturduğu debris ortaya çıkar ve bu debris içerisindeki mineralize dokular kök kanal duvarında smear tabakasını oluşturur (18).

Eick ve ark. smear tabakasını tanımlamak için Taramalı Elektron Mikroskopunun (SEM) kullanıldığını bildiren ilk araştırmacılarıdır. Yaptıkları çalışmada smear tabakasının 0.5-15 µm arasında kalınlığı olduğunu bildirmişlerdir (19).

1975 yılında ise McComb ve Smith, yaptıkları çalışmada prepare edilmiş kök kanal duvarlarında oluşan smear tabakasının varlığını ilk kez bildirmişlerdir. Dişin kron kısmında meydana gelen smear tabakasından farklı olarak kök kanal duvarlarında oluşan smear tabakasının sadece dentindeki debrisleri içermediği; mikroorganizmalar ve toksinlerini, odontoblastik uzantıları ve pulpa artıklarını da içerdiğini tespit etmişlerdir (20).

1977 yılında Lester ile Boyde ise smear tabakasını inorganik dentin ile sarılmış organik madde olarak tanımlamışlardır (21).

Smear tabakası kök dentinine gevşek şekilde tutunan yüzeyel tabaka ve 40 µm'ye kadar dentin kanalcıklarının içerisine giren derin tabaka olmak üzere iki kısımdan oluşur (22). Smear tabakasının kalınlığı her dentin bölgesinde farklı olmakla beraber kullanılan kök kanal enstrümanının tipine ve uyguladığı kuvvet türüne, preparasyon şekline, kök kanal sisteminin kuru veya ıslak olmasına, kullanılan irrigasyon solüsyonunun miktarına bağlıdır (23). Çalışmalarda döner alet sistemleriyle yapılan kök kanal preparasyonunda el aletleriyle yapılan preparasyona göre daha yoğun smear tabakası olduğu gözlemlenirken; preparasyon yapılmayan

kök kanal duvarlarında ise smear tabakasının oluşmadığı bildirilmiştir (24). Smear tabakası su içeriğinin fazla olmasından dolayı heterojendir ve sızıntılara yol açabilir (25).

## **2.2.Smear Tabakasının Uzaklaştırılması**

Araştırmacılar; smear tabakasının kök kanal sisteminden uzaklaştırılması veya bırakılması konusunda kesin bir karara sahip değiller (26). Bazı araştırmalarda smear tabakasının, dentin tübüllerine bakteri ve toksinlerinin penetrasyonunu engellediği için bir savunma bariyeri olduğunu bu nedenle uzaklaştırılmaması gerektiği bildirilmiştir (26-28). Bazı çalışmalarda ise smear tabakasının, mikroorganizmalar için bir besi ortamı oluşturduğu, mikroorganizmaların ve toksinlerinin kök dentin tübüllerine geçişini kolaylaştırdığı ve irrigasyon solüsyonlarının etkinliklerini azalttığı belirtilmiş sonuç olarak başarılı bir endodontik tedavi için uzaklaştırılması gerektiği savunulmuştur (29, 30). Gençoğlu ve ark. yaptıkları çalışmada smear tabakasının uzaklaştırılmasının kök kanal obturasyonu sırasında guta perka materyalinin kök kanal sistemine adaptasyonunu arttırdığını bildirmiştir (31).

## **2.3. Smear Tabakasını Uzaklaştırma Yöntemleri**

Smear tabakasının uzaklaştırılması kimyasal yöntemler, mekanik sistemler ve lazer uygulamaları ile sağlanabilmektedir (32-35).

### **2.3.1. Kimyasal yöntemler**

Kimyasal yöntem, smear tabakasının kaldırılmasında en çok kullanılan yöntemdir. Smear tabakasının uzaklaştırılması için irrigasyon solüsyonunun kimyasal özelliklerinden yararlanılır. Kimyasal yöntem olarak sodyum hipoklorit, şelasyon ajanları ve organik asitler gibi irrigasyon solüsyonları kullanılmaktadır (36).

#### **2.3.1.1. Kök kanallarının irrigasyonu**

Kök kanal anatomisini kompleks hale getiren isthmusların, ramifikasyonların, aksesuar kanalların varlığı ve preparasyon sırasında kullanılan enstrümanların kök kanal duvarlarına temas etmediği durumlarda kök kanal sisteminin mutlak dezenfeksiyonu imkânsız hale gelmektedir. Bu sebeplerden dolayı kanalların dezenfeksiyonunda irrigasyon solüsyonları ön plana çıkmaktadır (37).

Kök kanal tedavisinde organik ve inorganik materyallerin, debrislerin uzaklaştırılması, mikroorganizma ve toksinlerinin yok edilmesi için kök kanal preparasyonuna ilaveten irrigasyon solüsyonlarından da yararlanılmaktadır. Araştırmacılar kök kanal preparasyonu öncesi, sırası ve sonrasında antimikrobiyal etkili, organik ve inorganik madde çözücü bir irrigasyon solüsyonu kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir (32, 33).

Akışkanların vapor lock etkisi nedeniyle apikal bölgede gaz birikimi meydana gelir. Bölgedeki gaz birikimi, irrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye ulaşamamasına ve bölgenin temizlenememesine yol açmaktadır (38). Kök kanal tedavisinin uzun dönem başarısında apikal bölgenin temizlenmesi önemlidir. Bunun gerçekleşebilmesi için de solüsyonların etkinliklerinin artırılması ve farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin kullanılması gerekmektedir (39).

Kullanılan irrigasyon ajanları hem kanalların dezenfeksiyonunu sağlamada hem de lubrikant etki göstererek eğelerin kırılma insidansını düşürmede önemli bir yere sahiptir (40). Kök kanal sisteminin mutlak dezenfeksiyonu endodontik tedavinin başarısını artırmaktadır. Tedavi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonları şu özelliklere sahip olmalıdır (41, 42):

1. Antimikrobiyal özellikte olmalı
2. Lubrikant özellikte olmalı
3. Organik ve inorganik maddeleri uzaklaştırabilmeli
4. Yüzey gerilimi düşük olmalı
5. Kolayca smear tabakasını uzaklaştırabilmeli
6. Toksik olmamalı, çevre dokulara zarar vermemeli
7. Kök kanal obtürasyon maddelerinin adaptasyonunu bozmamalı
8. Kök kanal dentininin yapısını bozmamalı
9. Dişte renk değişikliği yapmamalı
10. Raf ömrü uzun olmalı
11. Maliyeti az olmalı
12. Dezenfektan özelliği olmalı
13. Dentin tübüllerine penetre olabilmeli

### 2.3.1.2. Endodontide kullanılan irrigasyon solüsyonları

Kök kanal tedavisinin başarısını artırmak için günümüze kadar birçok farklı irrigasyon ajanı kullanılmıştır. NaOCl, asit ve şelasyon ajanları, serum fizyolojik, oksitleyici ajanlar, proteolitik enzimler, alkalen solüsyonlar bunlardan bazılarıdır (43).

Geçmiş dönemlerde hidroklorik asit (HCl) ve sülfirik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) biyolojik uyumları düşünülmeden kullanılmıştır. Kök kanal dentininde yumuşama sağladıkları ve mekanik preparasyonu kolaylaştırdıkları tespit edilmiş ancak sonrasında zararlı oldukları saptanmıştır. Bunların yerine daha az zararlı, dentin üzerinde daha çok etkili olduğu düşünülen asit ve şelasyon ajanları kullanılmaya başlanmıştır (43).

#### 2.3.1.2.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)

18. yüzyılda geliştirilen hipoklorit solüsyonu başlangıçta beyazlatma solüsyonu olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak hastalıkların tedavisinde kullanımı 19. yüzyılda gerçekleşmiştir. Günümüzde en çok kullanılan irrigasyon solüsyonlarının başında NaOCl gelmektedir ve 1920 yılından itibaren endodontide kullanılmaya başlanmıştır (44, 45). Dakin adlı araştırmacı NaOCl'nin antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu, dokuları çözebildiğini tespit etmiştir (44).

Organik dokuları çözmesi, antimikrobiyal aktiviteye sahip olması, yüzey geriliminin düşük olması, ucuz olup kolay bulunması gibi nedenlerle NaOCl sıkça endodontik tedavide kullanılmaktadır. Endodontik tedavide genel olarak kullanılan NaOCl konsantrasyonları %0,5-%5,25 arasında değişmektedir (40).

İki temel görüş NaOCl solüsyonunun antimikrobiyal aktivitesini açıklamaktadır (41). NaOCl solüsyonu, sodyum (Na<sup>+</sup>) ve hipoklorit (OCl<sup>-</sup>) iyonlarından oluşmakta ve OCl<sup>-</sup> iyonu suda iyon dengesi kurarak hipoklorit aside (HOCl) dönüşmektedir. İlk görüşe göre Hipoklorit asit, oksidatif enzimleri ve diğer membran proteinlerini çözerek oluşan antimikrobiyal etkiden sorumludur (46). Diğer görüşe göre ise NaOCl solüsyonunun antimikrobiyal etkinliği solüsyonun hipertonikliğinden kaynaklanmaktadır ve bu osmotik basınç farkının oluşması hücre içi sıvının hücre dışına çıkmasıyla sonuçlanır. NaOCl solüsyonunun pH değerinin 11-12 olması nedeniyle doku proteinleriyle temasında peptit bağlarını yıkarak proteinlerin

çözünmesine yol açar. Bu reaksiyon sırasında antibakteriyel aktiviteye sahip kloramin oluşur. Kloramin, amino grubundaki amino ile klorinin yer değiştirmesiyle oluşur. Nekrotik dokuların çözülmesi bu şekilde gerçekleşir (41).

Kök kanal sistemindeki organik bileşenleri etkili bir şekilde çözme gücüne sahip NaOCl, düşük konsantrasyonlarda bile antibakteriyel etkiye sahiptir (5, 47, 48).

Kök kanal preparasyonu sırasında NaOCl solüsyonunun periradiküler dokulara ulaşması sonucu şiddetli ağrı, ciddi doku yıkımları ve şişliğe yol açması, kök kanal sistemindeki inorganik dokuları çözmemesi NaOCl'nin dezavantajlarıdır (49, 50).

#### **2.3.1.2.2. Asit ve şelasyon ajanları**

Karmaşık bir yapıya sahip olan şelatlar, organik materyaller ile metal iyonları arasında bir bağ oluşturmaktadırlar. Her alanda kullanılan şelatörler iyonları inaktive etme ve bağlanma özelliğine sahiptir (51). Şelasyon ajanları ilk kez 1957'de Nygaard-Ostby tarafından kök kanal tedavisinde kullanılmıştır (8). Smear tabakasını kaldırmak için en çok kullanılan şelasyon ajanlarından biri EDTA'dır. EDTA kokusuz, çözünmez ve kristalize bir yapıdadır. EDTA solüsyonu ilk üretildiğinde konsantrasyonu %15 olup içeriğinde 100.00 ml distile su, 5 mol 9.25'lik sodyum hidroksit ve 17.00 gram disodyum tuzu vardı (51). Sonrasında EDTA'ya birtakım maddelerin eklenmesiyle solüsyon ve jel formu oluşturulmuştur (52).

Endodontik tedavide genellikle %17'lik EDTA solüsyonun kullanımı önerilmektedir. EDTA, smear tabakasının inorganik bölümünü çözmektedir. Smear tabakasının kaldırılması için sıvı EDTA'nın kök kanalı içerisine 1 dakika uygulanması yeterlidir (53). Şelasyon ajanlarının kök dentinindeki kalsiyum iyonu ile kompleks oluşturmamasından dolayı EDTA, 1 dk dan fazla sürelerde uygulandığında kök dentininde demineralizasyona ve erozyona yol açar (54).

EDTA'nın antimikrobiyal etkinliği sınırlıdır. Zayıf bakterisid bir yapıya sahiptir. Bakterilerin gram türlerine karşı etkili olmadığı bildirilmiştir. Antimikrobiyal etkinliği pH ve konsantrasyona göre değişmektedir (55, 56).

Smear tabakasının tamamen uzaklaştırılmasında sadece EDTA kullanımının yeterli olmaması, NaOCl ile beraber kullanımını gerektirmektedir. EDTA, smear tabakasında inorganik yapıyı çözme kabiliyetine sahipken NaOCl ise organik yapıları

özmektedir. Smear tabakasının uzaklaştırılmasında ve kök dentin tübüllerinin tamamen açığa çıkmasında en iyi sonucu %17 EDTA ile %5.25 NaOCl'nin beraber kullanımının verdiği bildirilmiştir (29, 32, 53).

Asitlerin dentin yüzeylerini yumuşatıcı etkiye sahip olmalarından dolayı tannik asit, sitrik asit, laktik asit gibi asitler smear tabakasını uzaklaştırma amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda %50'lik sitrik asidin %50'lik laktik aside göre smear tabakasını kaldırmada daha başarılı olduğu, %10'luk sitrik asidin ise %2.5 NaOCl ile beraber kullanımında smear tabakasını etkin bir şekilde kaldırdığı bildirilmiştir (57). Ayrıca yapılan bir çalışmada %5'lik NaOCl'nin dentin permeabilitesini çok fazla etkilemediği, %50'lik sitrik asidin ise dentin permeabilitesini artırdığı bildirilmiştir (58).

Son zamanlarda çalışmaları yapılan glikolik asit (GA), şeker kamışı ve diğer tatlı sebzelerden elde edilen alfa hidroksi asitler (AHA) grubunda yer almaktadır. İlaç endüstrisinde organik bir bileşen olarak, özellikle cilt kozmetiklerinde ve dokuda kullanılan polilaktik-ko-glikolik asit (PLGA) gibi biyouyumlu polimerlerin hazırlanmasında bir monomer olarak kullanılmaktadır (59). Suda yüksek çözünürlüğe sahip renksiz, kokusuz ve higroskopik kristal bir katıdır. İn vitro ve in vivo çalışmalar, GA'nın kollajen sentezini ve fibroblast proliferasyonunu indüklemeye yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir (60-62). GA'nın düşük pKa değeri, düşük moleküler ağırlığı ve biyouyumlu organik yapısı, diş yapıları olarak mineral yüzeylerde performans için mükemmel bir seçimdir. Son zamanlarda, mine ve dentinin yüzey aşındırıcısı olarak fosforik asidin yerine kullanılması önerilmiştir (11).

Bu özellikler, endodontik tedavide smear tabakasının çıkarılması gibi uygulamalarda kullanımı GA'nın potansiyelini göstermektedir. Ayrıca GA, biyolojik olarak kolayca parçalanabilir; bu nedenle, EDTA'dan farklı olarak, atık bertarafı bir sorun değildir. Ayrıca, literatürde GA'nın kök kanal hazırlığı sırasında final irrigasyon solüsyonu olarak yeteneğini gösteren çok çalışma yoktur. GA, dermatolojide cilt nemlendirmeden, yaygın bir estetik prosedür olan derin kimyasal peeling kadar değışen uygulamalar için yaygın olarak kullanılır. En küçük AHA olan GA, büyük penetrasyon potansiyeline sahiptir. Cilt ve mineral yüzeylerde

emilimi diğer AHA'lardan daha hızlıdır. GA, dermokozmetikte %2 ila %10'luk konsantrasyonlarda bulunur ve kimyasal peeling için daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılır (%20 ile %70). Diş hekimliğinde yapılan son çalışmalarda, GA'nın restoratif prosedürlerde mine ve dentinin aşındırılma işlemi için uygun olduğu ve kök kanal duvarlarından smear tabakasının çıkarılmasında EDTA kadar etkili olduğu görülmüştür (11, 63). Ayrıca sitotoksik olarak GA'nın EDTA ile karşılaştırmasında fibroblastlar üzerinde daha az toksik etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (64). GA'nın, endodontide klinik kullanımını kolaylaştırabilecek 4 °C, 25 °C ve 37 °C'de saklandığında 90 gün boyunca pH stabilitesi gösterdiği ve dentinin fleksural gücünde değişiklik göstermediği bildirilmiştir (65). Olumlu özelliklerinden dolayı endodontide biyouyumlu materyallere duyulan ihtiyaç göz önüne alındığında; GA, minimum negatif biyolojik etki ile kök kanal duvarlarından smear tabakasını çıkarmak için uygun bir ajan olabilir. Biz de çalışmamızda tüm bu özelliklerinden dolayı kullanılan materyallerden biri olarak da GA'yı tercih ettik.

Son zamanlarda yaygın olarak kullanılan etidronik asit (EA); proteolitik ve antimikrobiyal özelliklere sahip NaOCl ile beraber kullanıldığında reaksiyon göstermeyen ve NaOCl'nin antimikrobiyal özelliğini değiştirmeyen bir irrigasyon solüsyonudur (13).

Lottanti ve ark. yaptıkları çalışmada biyomekanik preparasyon sırasında EA/NaOCl karışımını kullandıklarında smear tabakasının oluşmadığını ve EA'nın zayıf bir şelatör olmasından dolayı da dentin üzerine EDTA'dan daha az agresif olduğunu belirtmişlerdir (14). Ancak De-Deus ve ark. yaptıkları çalışmada ise EA son yıkama solüsyonu olarak kullanılacaksa bu solüsyonun smear tabakasını tamamen ortadan kaldırmak için 300 saniyeye ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir (66). NaOCl ve EA karıştırıldığında aktif kalırsa ve bu karışım biyomekanik preparasyon sırasında kullanılırsa, NaOCl ve EA'nın smear tabakası oluşumunu önlerken pulpa kalıntılarını çözeceği ve mikroorganizmaları ortadan kaldıracağı muhtemel görünmektedir. Bu durum, final irrigasyonunun süresini azaltarak tedavi sırasındaki zamanı kısaltabilir.

#### 2.3.1.2.3. Klorheksidin glukonat (CHX)

Klorheksidin glukonatin pH değeri 5.5-7 arasında olup katyonik bir yapıya sahiptir. Mikroorganizmaların hücre duvar yapısına tutunarak geçirgenliği artırıp, hücre içi moleküllerin hücre dışına çıkışını sağlar. Bu şekilde antimikrobiyal özellik gösterir. Geniş spektrumlu olmasıyla beraber düşük konsantrasyonlarda bakteristatik etki gösterirken yüksek konsantrasyonlarda bakterisid özelliğindedir (41, 67). Klorheksidin geniş spektrumlu olması, biyouyumlu olması, kök kanalı içerisindeki sıvılardan kolay etkilenmemesi sebebiyle araştırmacılar tarafından irrigasyon solüsyonu olarak kullanımı önerilmiştir. Fakat doku çözücü özelliğinin olmaması en büyük dezavantajıdır (68-70). Klorheksidin kalsiyum hidroksite göre daha başarılı bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ve *E. Faecalis*'e karşı daha etkili olduğu bildirilmiştir (71).

#### 2.3.1.2.4. QMIX

Qmix, CHX baz tabanlıdır ve içeriğinde CHX, EDTA, salin ve bir deterjan bulunmaktadır (72). Qmix'in üretilmesindeki temel amaç; EDTA'nın smear tabakasını kaldırma özelliği ile CHX'in antibakteriyel özelliğini tek bir solüsyonda toplamaktır. Ayrıca içeriğindeki deterjan özelliği sayesinde yüzey geriliminin düşürülmesi amaçlanmıştır (73). Qmix'in kimyasal özelliği sayesinde içeriğindeki CHX, ne EDTA ile turuncu-kahverengi çökelti oluşturmakta ne de NaOCl ile tepkimeye girmektedir. Yapılan araştırmalarda Qmix'in smear tabakasını ortadan kaldırma kapasitesinin %17 EDTA'ninkine eşit olduğu, antibakteriyel etkinliğinin ise %1-2 NaOCl ve %2 CHX solüsyonlarından yüksek olduğu bulunmuştur (74, 75).

Ballal ve ark. final irrigasyon solüsyonlarının kanal patlarının kök kanal dentinine bağlanımını inceledikleri çalışmada Qmix'in EDTA'dan daha iyi değerlere sahip olduğunu belirtmişlerdir (76). Dentin mikrosertliği ve erozyonu üzerinde yapılan bir çalışmada da Qmix, EDTA, MTAD ve SmearClear arasında anlamlı bir farkın olmadığı rapor edilmiştir (77).

#### 2.3.1.2.5. Mixture of Tetracycline isomer, Acid and Detergent (MTAD)

2003 yılında Torabinejad ve ark. %4,25 sitrik asit, %3 doksisisiklin ve %0,5 polisorbata (tween 80) içerikli MTAD adlı yeni bir irrigasyon solüsyonu ortaya çıkarmışlardır (78). Hem kök kanal dezenfeksiyonu hem de smear tabakası uzaklaştırma etkisine sahip olmasından dolayı kök kanal preparasyonundan sonra final irrigasyon solüsyonu olarak kullanılması önerilmiştir (78). Torabinejad ve ark. yaptıkları çalışmalarda smear tabakasının uzaklaştırılmasında ve E. Faecalis'e karşı etkinliğinde MTAD'nin başarılı olduğunu rapor etmişlerdir (78-80).

Yapılan bir çalışmada kök kanal dezenfeksiyonu için kullanılan MTAD solüsyonunun % 5,25 oranındaki NaOCl'den daha başarılı bulunmuştur (79).

Kho ve Baumgartner, yaptıkları çalışmada ise % 1,3 NaOCl/MTAD kombinasyonunun son irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmasının kök kanallarında %50 oranında E. Faecalis sayısını azalttığını bildirmişler (81). MTAD içeriğindeki doksisisiklin bir antibiyotik çeşidi olup solüsyonun antibakteriyel aktivitesinden sorumludur (78).

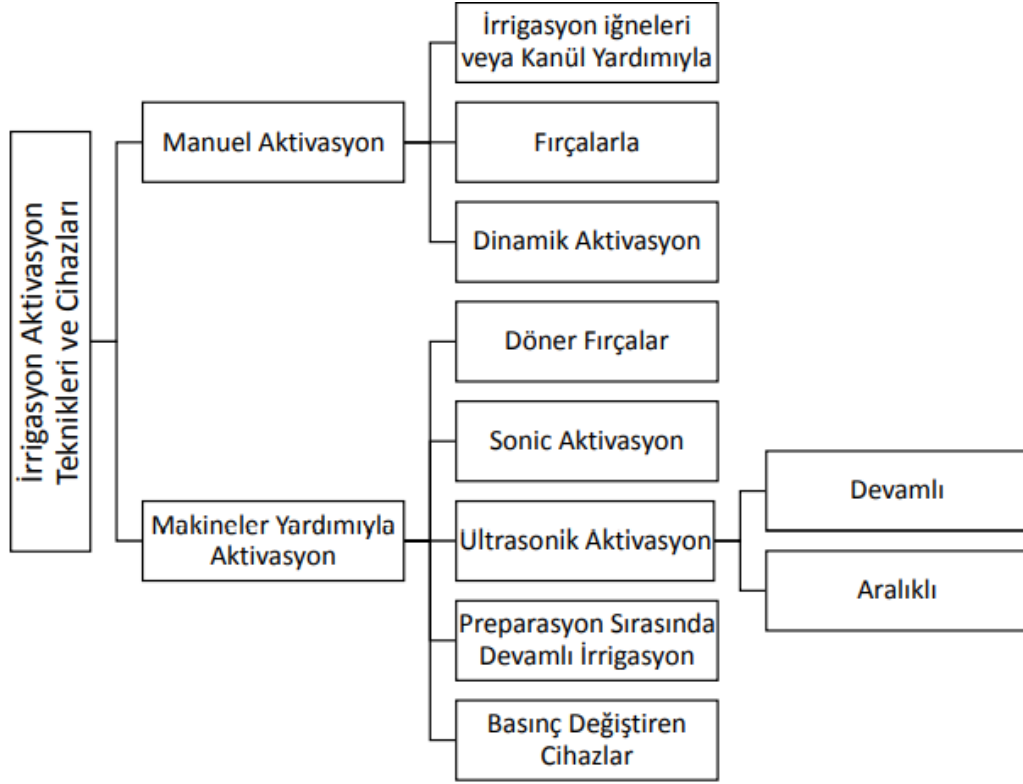
Tay ve ark. yaptıkları çalışmalarda başlangıçta NaOCl ile yıkanmış dentinde MTAD'nin sonradan kullanılmasının solüsyonun antimikrobiyal etkisini azalttığını ve bu azalmanın nedeninin MTAD'nin NaOCl tarafından okside edilmesine bağlı olduğunu bildirmişler (82). Clegg ve ark. kendi bulgularına dayanarak %6 NaOCl'nin bakterileri inaktive eden ve biyofilm tabakasını ortadan kaldırabilen tek irrigasyon solüsyonu olduğunu söylemişlerdir (83).

Torabinejad ve ark. MTAD, NaOCl ve EDTA'nın final irrigasyon solüsyonu olarak kullandıkları çalışmada smear tabakasını uzaklaştırmada MTAD'nin EDTA ve NaOCl'den daha etkili olduğunu; koronal, orta ve apikal üçlüde daha az erozyona yol açtığını, özellikle apikal üçlüde daha temiz dentin tübüllerinin gözlendiğini bildirmişlerdir (78). Lotfi ve ark. yaptıkları çalışmada ise MTAD'nin smear tabakasını kaldırmada yetersiz olduğunu bildirmişlerdir (84). Ayrıca MTAD'nin EDTA'dan daha kalın ve daha hızlı demineralize dentin matriksi oluşturabildiği bildirilmiştir (85). MTAD'nin; içeriğindeki doksisisiklinden dolayı dişte renklenmeye

yol açması, NaOCl ile redoks reaksiyonuna girip kahverengi renklenmeler oluşturmada dezavantajlarındandır (86).

### 2.3.2. Mekanik yöntemler

Endodontik tedavinin başarı ve başarısızlığını değerlendiren çok sayıda çalışma yayınlanmıştır. %40 ile %93 arasında değişen başarı oranları bildirilmiştir (36). Başarı oranındaki bu geniş aralık, deneysel tasarım ve klinik prosedürlerdeki farklılıklara, periapikal iyileşmenin değerlendirilmesine yönelik kriterlere ve postoperatif gözlem süresinin uzunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir. Bununla birlikte, endodontik tedavinin prognozunu etkileyen en önemli faktörün dişlerin preoperatif durumu olması da muhtemeldir. Endodontik tedavinin başarısı, kök kanal sisteminden mikroorganizmaların elimine edilmesi ve yeniden enfeksiyonun önlenmesine bağlıdır. Kök kanalındaki iltihaplı ve nekrotik dokuyu, mikroorganizmaları/biyofilmleri ve diğer kalıntıları kök kanallarından çıkarmak için sürekli irrigasyon altında el ve döner aletlerle şekillendirme yapılır. Bu preparasyonun temel amacı etkili irrigasyon, dezenfeksiyon ve dolumu kolaylaştırmaktır (5). Ancak kök kanal anatomisinin karmaşık yapısı ve mikrobiyal biyofilmlerin direnci nedeniyle bu hedefe ulaşmak zor olmaktadır (87, 88). Kök kanal sisteminin preparasyonu, her zaman pulpa dokusu ve diğer gevşek materyal kalıntılarını çıkarabilen irrigasyon ile desteklenmelidir. Ancak tüm ideal özelliklere sahip irrigasyon solüsyonu bulunmamaktadır. Araştırmacılar irrigasyon solüsyonlarının sıcaklıklarını, pH değerlerini, yüzey gerilimini değiştirse bile irrigasyon solüsyonlarını ideal duruma getirememişlerdir (89-91). Yapılan bu çalışmalara dayanarak da kök kanal tedavisinde irrigasyon solüsyonları birlikte kullanılmakta ve etkinliklerini artırmak amacıyla çeşitli aktivasyon sistemlerinden yararlanılmaktadır. Bir irrigasyon sisteminin etkinliği hem organik hem de inorganik maddeleri çözmek ve mikroorganizmaları öldürmek için yalnızca irrigasyonu kanal boşluğunun apikal ve aletsiz bölgelerine iletme yeteneğine değil, aynı zamanda artıkları kanal sistemlerinden uzaklaştırmak için yeterince güçlü bir akım yaratma yeteneğine de bağlıdır (92-94). Günümüzde irrigasyon solüsyonlarının kök kanallarında etkinliklerini artırmak için farklı yöntem ve cihazlar geliştirilmiştir. Irrigasyon aktivasyon teknik ve cihazları Şekil 1’de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Endodontide kullanılan irrigasyon aktivasyon teknik ve cihazları (5).

### 2.3.2.1. Manuel aktivasyon teknikleri

Bu başlık altında şırıngalar ile aktivasyon, fırçalar ile aktivasyon ve manuel dinamik aktivasyon teknikleri bulunur.

#### 2.3.2.1.1. İğne veya kanül kullanılarak yapılan şırınga ile irrigasyon

Şırıngalarla geleneksel irrigasyon, pasif ultrasonik aktivasyonun ortaya çıkmasından önce etkili bir irrigant iletme yöntemi olarak savunulmaktaydı. Bu teknik hem pratisyen hekimler hem de endodontistler tarafından hala geniş çapta kabul görmektedir. Bu tekniğin uygulandığı, bir kanala irrigasyonun, değişken ölçülerdeki iğneler/kanüller yoluyla, pasif olarak veya çalkalanarak verilmesini içerir. Çalkalama yöntemi, iğneyi kanal boşluğunda yukarı ve aşağı hareket ettirerek elde edilir. İğne ucu kalınlığı ve uç tasarımı; irrigasyon akış modeli, irrigasyon akış

hızı, kök kanalı içerisinde penetrasyon derinliği ve uygulanan basınçta önemli bir etkiye sahiptir (95).

İğne ucu kalınlığı bir irrigasyonun kanalda ne kadar derine nüfuz edebileceğini büyük ölçüde belirler. Örneğin 21 gauge bir iğne ucu, apikal çapı #80 olan bir kanalın apeksine ulaşabilirken, 23 gauge bir uca sahip bir iğne ise apikal çapı #50 olan bir kanalın apeksine ulaşabilir. Rutin endodontik tedavide tercih edilen iğne ucu boyutu ise 27 gauge'dir. Bazı çalışmalar irrigasyon solüsyonunun apikal penetrasyonunu önleyen durgun su bölgesi veya bazen apikal bölgedeki hava kabarcıkları nedeniyle irriganın iğne ucunun ötesinde yalnızca sınırlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (96). Ram ve ark. yaptıkları çalışmada konvansiyonel irrigasyon iğnesinin, irrigasyon solüsyonunu iğne ucundan sadece 1 mm. uzağa gönderebildiğini bildirmişlerdir (97). Falk ve Sedgley yaptıkları çalışmalarda enjektör ile yapılan irrigasyonun, mekanik şekillendirmenin #40 apikal çapına ulaşmadığı zaman çok etkili olmadığını, ayrıca #60 apikal boyuta kadar irrigasyonda anlamlı bir farkın olduğunu, apikal genişletmenin #60'dan büyük olduğu durumlarda ise anlamlı bir farkın oluşmadığını belirtmişlerdir (98).

Etkinliği kolaylaştırmak ve güvenlik risklerini en aza indirmek için son yıllarda iğne ucu dizaynında çeşitli değişiklikler yapılmıştır. Klasik enjektörlerin açık uçlu olması, irrigasyon solüsyonunun kanal içindeki apikal basıncını artırarak solüsyonun apeksin dışına taşmasına yol açar. Kapalı uçlu uçlar ise yandan havalandırılmıştır. Böylece kök kanalının duvarlarında daha fazla basınç oluşturarak irrigasyonun hidrodinamik aktivasyonunu artırır ve apikal ekstrüzyon olasılığını azaltır. Kapalı uçlu enjektörler, irrigasyon solüsyonunun periapikal dokulara taşmasını önlerken solüsyonun koronal olarak geri akmasına izin verir ve daha fazla nekrotik doku ile debrislerin çıkışını sağlar (99). Şırınga ile irrigasyonun avantajlarından biri, kanal içindeki iğne penetrasyon derinliğinin ve kanaldan akan irrigasyon hacminin kontrolüne nispeten kolay izin vermesidir (100).

#### **2.3.2.1.2. Fırçalar**

Fırçalar, doğrudan kanal boşluklarına irrigant vermek için kullanılmaz. Esas olarak kanal duvarlarının temizlenmesi ve kök kanalı içerisinde irrigasyon solüsyonunun aktivasyonu için kullanılmaktadır. Endobrush ve fırça ile kaplanmış 30 gauge irrigasyon iğnesi (NaviTip FX), endodontik tedavide kullanılmak için geliştirilmiş fırçalardır. NaviTip FX, Ultradent firması tarafından ticari olarak piyasaya sürülen bir üründür. Fırça ile kaplı 30 gauge irrigasyon iğnesinden oluşmaktadır. Fırça, kanal duvarlarının temizlenmesi ve kök kanal irrigasyonunun aktivasyonu için tasarlanmıştır. Yapılan çalışmada NaviTip FX iğnesi, fırçasız NaviTip iğnesine kıyasla koronal üçte daha iyi temizlik sağladığı ancak apikal ve orta üçte birlik kısımda ise bir farkın bulunamadığı bildirilmiştir (101). NaviTip FX fırça kılları, sürtünme nedeniyle kanal içindeki düzensizliklere kayabilir. Bu durumda radyolüsent yapısı nedeniyle, radyografik olarak ya da cerrahi mikroskop kullanımı ile tespit edilmesi çok zordur (95).

#### **2.3.2.1.3. Manuel dinamik aktivasyon**

Etkili bir irrigasyon için solüsyonun kanal duvarlarıyla doğrudan temas halinde olması gerekmektedir. Ancak yapılan araştırmalarda irrigasyon solüsyonunun kanalın apikal kısmına ulaşımının voper lock etkisi nedeniyle zor olduğu bildirilmiştir (102).

Bu aktivasyon şekli, iyi oturan bir guta perka koninin nazıkçe ileri-geri hareketiyle yapılır. MAF guta-perka koninin aşağı-yukarı 2-3 mm'lik titreşimli hareketlerle uygulanması; yüksek kanal içi basınç değişiklikleri oluşturarak irrigasyonun temas etmemiş kanal yüzeylerine daha etkin bir şekilde iletilmesine yol açar. Reaksiyona girmeyen solüsyonların reaksiyona giren solüsyonlarla yer değiştirmesi, titreşim frekansının (3.3 Hz), RinsEndo (1.6 Hz) tarafından üretilen pozitif-negatif hidrodinamik basıncın frekansından daha fazla olması gibi faktörler manuel dinamik aktivasyona pozitif etki eden durumlardır (103-105).

### **2.3.2.2. Mekanik aktivasyon teknikleri**

#### **2.3.2.2.1. Rotary fırçalar**

İlk olarak Ruddle, kök kanallarından debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla döner başlığa takılı mikro fırça kullanmıştır. Fırça, bir shaft ile konik bir fırça bölümü içerir ve merkezi bir tel çekirdekten radyal olarak uzanan çoklu kıllara sahiptir. Debridman aşaması sırasında, mikrofırça yaklaşık 300 rpm'de dönerek kılların preparasyonun düzensizlikleri içerisine girmesiyle debrislerin kanaldan koronal yönde çıkmasına yardımcı olur (106).

CanalBrush (Coltene, Whaledent, Langenau, Almanya) ise yakın zamanda ticari olarak piyasaya sürülen endodontik bir mikrofırçadır. Son derece esnek olan fırça, tamamen polipropilenden yapılmıştır. Döner bir aletle veya manuel olarak da kullanılabilir. Bununla birlikte, 600 rpm'de çalışan bir anguldurvaya takıldığında daha etkilidir. Weise ve ark. yaptıkları çalışmada irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini artırmak için CanalBrush kullanmışlar, sonuç olarak simüle edilmiş lateral kanallardan ve kanal düzensizliklerinden debrisleri etkili bir şekilde çıkardığını rapor etmişlerdir (107).

#### **2.3.2.2.2. Preparasyon sırasında devamlı irrigasyon:**

SybronEndo şirketi tarafından tanıtılan Quantec-E irrigasyon sistemi, Quantec-E Endo System'a bağlı bağımsız bir sıvı dağıtım ünitesidir. Döner enstrümantasyon sırasında irrigasyonun devamlılığı için bir pompa konsolu, 2 adet irrigasyon solüsyon haznesi ve boru kullanılır. Bu aktivasyon yöntemine göre; preparasyon sırasında sürekli irrigasyon aktivasyonunun artan bir irrigasyon hacmi oluşturacağı, irrigantla temas süresini artıracak ve irrigasyonun kök kanalına daha derin nüfuz etmesini kolaylaştıracağı öne sürülmüştür (108). Ancak geleneksel şırıngayla yapılan irrigasyon sistemi ile Quantec-E irrigasyon sisteminin karşılaştırıldığı çalışmalarda Quantec-E sisteminin sadece koronal üçlüde smear tabakasını ve debrisleri uzaklaştırmada başarılı olduğu, orta üçlü ve apikal üçlüde iki sistem arasında anlamlı bir farkın olmadığı bildirilmiştir (108, 109).

### **2.3.2.2.3. Sonik sistemler**

Tronstad ve ark. 1985'te endodontik tedavide bir sonik aletin kullanımını bildiren ilk çalışmayı yayınlamışlardır (110). Sonik aktivasyonun ultrasonik aktivasyondan farkı; daha düşük bir frekansta (1-6 kHz) çalışması, daha küçük makaslama stresleri üretmesi ve daha yüksek genlik veya daha fazla ileri geri uç hareketi üretmesidir (111).

EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), yakın zamanda piyasaya sürülen bir sonik aktivasyon sistemidir. Portatif bir el aleti ve 3 farklı ebatta tek kullanımlık polimer uçtan oluşur. Polimer yapıdan oluşan uçlar; küçük (sarı, 15/02), orta (kırmızı, 25/04), büyük (mavi, 35/04) renk kodludur. Bu uçların güçlü ve esnek olduğu, kolay kırılmadığı iddia edilmektedir. Pürüzsüz oldukları için dentine zarar vermezler. Lateral kanallardan debrisleri ve smear tabakasını etkin bir şekilde kaldırabildiği, simüle edilmiş biyofilm katmanlarını ise molar dişlerin kanalları içerisinde uzaklaştırabildiği belirtilmiştir (112). Vertikal hareketlerle beraber kullanılan polimer uçların sinerjik etki oluşturarak hidrodinamik kuvveti artırdığı rapor edilmiştir (113). Kullanılan polimer uçlar radyolusenttir. Bu nedenle, kanalın içinde polimer ucun bir kısmı ayrılırsa belirlemek zordur ve bu da kullanılan polimer uçların dezavantajıdır.

### **2.3.2.2.4. Ultrasonik sistemler**

İlk defa periodontolojide kullanılan ultrasonik cihazlar, 1957 yılında kök kanal sisteminin temizlenmesi ve irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesinde Richman tarafından ilk kez önerilmiştir (114). Ancak Martin ve ark.'nın tasarladıkları ultrasonik cihazların endodontik amaçlı ticari kullanımı ise 1980 yılına kadar dayanmaktadır (115). Ultrasonik enerjiyi ileten eğeler insan işitme sınırının (>20 kHz) üstünde olan 25-30 kHz ultrasonik frekanslarda salınım yapacak biçimde dizayn edilmiştir ve enine bir titreşimde çalışırlar (116). Ultrasonik irrigasyon literatürde 2 tip olarak gösterilmiştir. Bunlardan ilki (UI) preparasyon ve aktivasyonu eş zamanlı yapabilen ultrasonik aktivasyon sistemi iken ikinci tip ultrasonik sistem ise pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) olarak adlandırılır ve eş zamanlı kök kanal preparasyonu olmadan çalışmaktadır (117). Pasif Ultrasonik irrigasyon (PUI), şekillendirme yapmadan sadece irrigasyon solüsyonunu aktive ederek etki gösterir.

Akustik akım ve kavitasyon oluşturan enstrüman enerjisinden oluşan ultrasonik enerji irrigan solüsyonunu aktive etmekte ve kök kanal sistemini temizlemektedir. Ultrasonik ucun kök kanal sisteminde pasif olması ultrasonik aktivasyonun etkinliğini artırır. Pasif ultrasoniklerin oluşturduğu akustik akım, sadece el eğeleri ile karşılaştırıldığında çok daha temiz kanallar elde edilmiştir (118). PUI'nın kök kanallarından debris ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin UI'dan daha fazla olduğu tespit edilmiş ve sebebi akustik dalgalanmadaki artış ile açıklanmıştır (54). Ahmad ve ark. Yaptıkları çalışmada UI sırasında eğelerin kanal duvarlarına temaslarının sonucunda akustik dalgalanmanın azaldığını, böylelikle kök kanal sistemlerinin etkin temizlenmediğini ve smear tabakasını kaldırmada başarılı olunmadığını bildirmiştir (119). Benzer çalışma olarak da Jensen ve ark. etkili bir irrigasyon aktivasyonu için kanal duvarlarına sıkışmayacak daha küçük vibrasyon uygulanan eğelerin ve daha yüksek güçte çalışan ultrasonik cihazların kullanılmasını önermişlerdir (120). Ayrıca dar, kısa ve eğimli kanallarda ultrasonik eğeler kullanıldığında kanal içerisindeki kurvatüre veya herhangi bir engele takılabileceğinden ultrasonik irrigasyonun kök kanallarının vibrasyon ve temizleme etkinliği azalacaktır. Bununla beraber bu durum kök kanallarında perforasyonlar veya basamak oluşumuna sebebiyet verebilmektedir. Bu sebeple araştırmacılar geniş kök kanallarında ve preparasyonun tamamlandığı kanallarda ultrasonik cihazların kullanılması gerektiğini belirtmektedirler (121, 122). İrrigantlar ultrasonik aletlerle aktive edildiğinde smear tabakasını uzaklaştırmada daha etkilidir. Ayrıca anatomik yapısı dallanma gösteren dişlerin kök kanal sisteminin temizlenmesinde daha etkin bir temizlik sağlarlar (122). Kullanılan ultrasonik aktivasyon cihazları, kök kanal sistemine uygulanan NaOCl'nin ısısını artırarak doku çözme kapasitesini ve dezenfeksiyon özelliğini artırmaktadır.

#### **2.3.2.2.5. Ardışık düzenli basınç oluşturan cihazlar**

Ardışık düzenli basınç oluşturan cihazlar irrigasyona yardımcı olması için geliştirmiştir. RinsEndo ve EndoVac cihazlara örnek olan iki ayrı sistemdir.

RinsEndo sistemi, basınç-emme teknolojisine dayanan bir kök kanal irrigasyon sistemidir (103, 123). RinsEndo sistemiyle, 1.6 Hz frekansında salınan 65 mL irrigasyon solüsyonu sisteme takılı bir şırıngadan çekilir ve kanala uyarlanmış bir

kanül aracılığıyla kök kanalına taşınır. Aspirasyon aşamasında, kullanılan solüsyon ve hava kök kanalından çekilerek otomatik olarak yeni irrigasyon solüsyonu ile birleştirilir. Basınç-emme döngüleri dakikada yaklaşık 100 kez değişir. RinsEndo üreticisi, sıvı akışının titreşimli doğası nedeniyle kanülün kök kanalının koronal üçte biri ile sınırlandırılmasıyla kanalın apikal üçte birinin etkili bir şekilde durulanabileceğini iddia etmektedir. Bu sistemin, çekilmiş bir diş modelinde, bir boya markörünün dentin penetrasyonunda geleneksel statik irrigasyondan üstün olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, irrigasyonun daha yüksek bir apikal ekstrüzyon riski de gözlenmiştir (123). Ancak McGill ve ark. manuel dinamik aktivasyon ile RinsEndo sistemini karşılaştırdıklarında RinsEndo sisteminin debris daha etkili bir şekilde uzaklaştıramadığını bildirerek karşı çıkmışlardır (103).

EndoVac adlı apikal negatif basınçlı irrigasyon sistemi Discus Dental Company tarafından tanıtılmıştır. The Master Delivery Tip (MDT) (ana dağıtıcı uç), mikrokanül ve makrokanül olmak üzere 3 parçası bulunmaktadır. MDT irrigasyonu aynı anda iletir ve tahliye eder. Makrokanül veya mikrokanül bir diş ünitesinin yüksek hızlı aspirasyonuna boru yoluyla bağlanır. MDT, bir irrigant şırıngasına bağlanır ve tahliye başlığı diş ünitesinin yüksek hızlı emişine boru yoluyla bağlanır (112). Makrokanül, kanalın koronal ve orta bölümlerine haznede bulunan irrigantı vermek için kullanılır. Plastik makrokanül #55 boyutunda, 0.02 koniklikte ve açık bir uca sahiptir. Kök kanalının koronal kısmının ilk yıkaması için bir titanyum sapa takılır. 32 numara paslanmaz çelik mikrokanül kapalı ucuna bitişik lazerle kesilmiş ve yanal olarak konumlandırılmış deliklere sahiptir. Mikrokanül ise kanalın apikal kısmının irrigasyonu için çalışma boyunda konumlandırılır. Mikrokanül #35 veya daha büyük boyutta genişletilmiş kanallarda kullanılabilir. Irrigasyon sırasında verme/tahliye ucu irrigantı pulpa odasına iletir. Taşmayı önlemek için fazla irrigantı ise çeker. Kanaldaki kanül negatif basınç uygulayarak haznedeki irrigantı aynı anda kanal içerisine iletir ve geri çeker. Böylece, negatif basınçla çalışma uzunluğuna sabit hacimde sürekli taze irrigant akışı sağlanır (124). EndoVac sistemi hava sıkışmasını önleyebilmesinin yanı sıra, irrigantları periapexse aşırı ekstrüzyona neden olmadan (çalışma uzunluğuna) güvenli bir şekilde iletme ve böylece NaOCl olaylarını önleme yeteneği açısından da avantajlıdır. Howard ve ark. farklı irrigasyon sistemleri kullanarak debris uzaklaştırılmasını inceledikleri çalışmada EndoVac

sisteminin kök kanallarındaki debris önemli ölçüde elimine ettiğini belirtmişlerdir (125). Ayrıca EndoVac sistemi, geleneksel irrigasyon sistemine göre daha fazla taze solüsyon iletir ve kök kanal sisteminin apikal üçlü bölgesinin daha fazla temizlenmesini sağlar (126).

### 2.3.3. Lazerler

Lazer, 1960'lı yılların başında Theodore Maiman tarafından keşfedilmiş ve 1990'lardan sonra diş hekimliğinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Endodontide ilk kullanımı 1971'de apikal forameni tıkama işlemini lazer ile yapan Weichman ve Johnson'a aittir (127). Lazerlerin endodontide özellikle kök kanal sisteminin şekillendirilmesi, temizlenmesi ve irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi gibi kullanım alanları da vardır (34, 128-130).

Mikrofotografik kayıtlar, kullanılan lazerlerin kök kanal sistemlerindeki irrigasyon solüsyonlarında hızlı bir şekilde dalgalanma sağlayarak kavitasyonel etki oluşturduğunu göstermektedir (131). Lazerlerin termal etkisi su moleküllerinin genişleme ve büzülmesine neden olarak kanal içindeki sıvıda sekonder bir kavitasyon oluşturmaktadır (132). Mazeki ve ark. giriş kavitesinin hazırlanması ve kanal ağzlarının genişletilmesi işleminde Er:YAG lazer kullanımının birçok vakada pozitif sonuçlar oluşturduğunu bildirmiştir (133).

Saghiri ve ark. kök kanallarında %17'lik EDTA veya BioPure MTAD solüsyonları ile birlikte Diyet lazer uygulanmasının; smear tabakası uzaklaştırdığını, fakat %17'lik EDTA uygulanan örneklerde, dentin yüzeyinde eroziv alanların oluştuğunu rapor etmişlerdir (134).

Son yıllarda, Er: YAG lazer sistemlerinde yeni dizayn edilen bir uçla kullanılan ve "Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma" (Photon Induced Photoacoustic Streaming- PIPS) prensibi ile çalışan bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem literatürde, düşük enerjili lazerle fotoaktif dezenfeksiyon yöntemi olarak da isimlendirilmiştir (135, 136). PIPS, güç enerjisi kullanılarak kök kanalında bulunan irrigasyon ajanında fotoakustik şok dalgaları oluşturur. Peters ve ark. PIPS yöntemi ile irrigasyon solüsyonunun aktive edilmesinin, apikal üçlü bölgesinde ultrasonik aktivasyon yöntemine kıyasla mikroorganizma ve biofilm katmanını daha iyi

uzaklaştırdığını, ancak bu bölgede dentin tübülleri içerisinde bulunan mikroorganizmaları tamamen elimine edemediğini bildirmişlerdir (135).

Lazerlerin mikroorganizma ve debris sayısında azalma sağlamasına rağmen; fiber optik uçların sadece düz kanallarda kullanılabilmesi, yan kanallarda etkili bir sterilizasyon sağlayamaması, dokularda ısısal hasar meydana getirebilmesi ve periapikal dokulara sızan optik ışının anatomik yapılarda hasar oluşturabilmesi bazı dezavantajlar olarak sayılabilir (137-139).



### **3.MATERYAL-METOD**

Bu tez çalışması 80 adet insan mandibular premolar dişleri kullanılarak, Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirildi. Çalışmamızdaki grupların elektron mikroskobu (scanning electron microscope-SEM) görüntüleri Dicle Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (DÜBTAM), SEM Laboratuvarında alındı.

“Ultrasonik Aktivasyon Sistemi ile Farklı İrrigasyon Solüsyonlarının Smear Tabakası Uzaklaştırma Etkinliklerinin Karşılaştırılması” amacı ile planlanan bu çalışma Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu tarafından 26.05.2021 tarih ve 2021/35 sayılı karar ile onaylandı.

#### **3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması**

Çalışmamızda ortodontik, periodontal ve protetik nedenlerle çekilmiş 80 adet tek köklü, tek kanallı, apikal gelişimini tamamlamış, çürüksüz mandibular premolar dişleri kullanıldı (Resim 1). Dişler üzerindeki tüm debrisler, diş taşları ve yumuşak dokular uzaklaştırıldı. Dişler çalışmada kullanılıncaya kadar distile su içinde oda sıcaklığında bekletildi.

Çalışmamızda seçilen tüm dişlerin kök yüzeyi incelendi ve kök yüzeylerinde çürük, çatlak, kırık ve rezorpsiyon bulunan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Ayrıca daha önce endodontik tedavi veya restorasyon yapılmış dişler çalışmaya dâhil edilmedi.



**Resim 1.** Çalışmada kullanılan mandibular premolar diş örneği

### 3.2. Çalışma Boyunun Belirlenmesi

Çalışma aşamasında kök kanallarının hazırlanması ve şekillendirilmesi işlemi tek bir operatör tarafından yapıldı. Çalışmamızda standart kök boyu elde etmek amacıyla dişlerin kronları mine-sement sınırından itibaren kök boyu 15 mm olacak şekilde elmas frez yardımıyla su soğutması altında kesilerek uzaklaştırıldı (Resim 2). Çalışma boyu, #15 no'lu K tipi bir eğenin (VDW, Münih, Almanya) ucu apikal foramende görüldükten sonra 1 mm kısa olacak biçimde belirlendi.



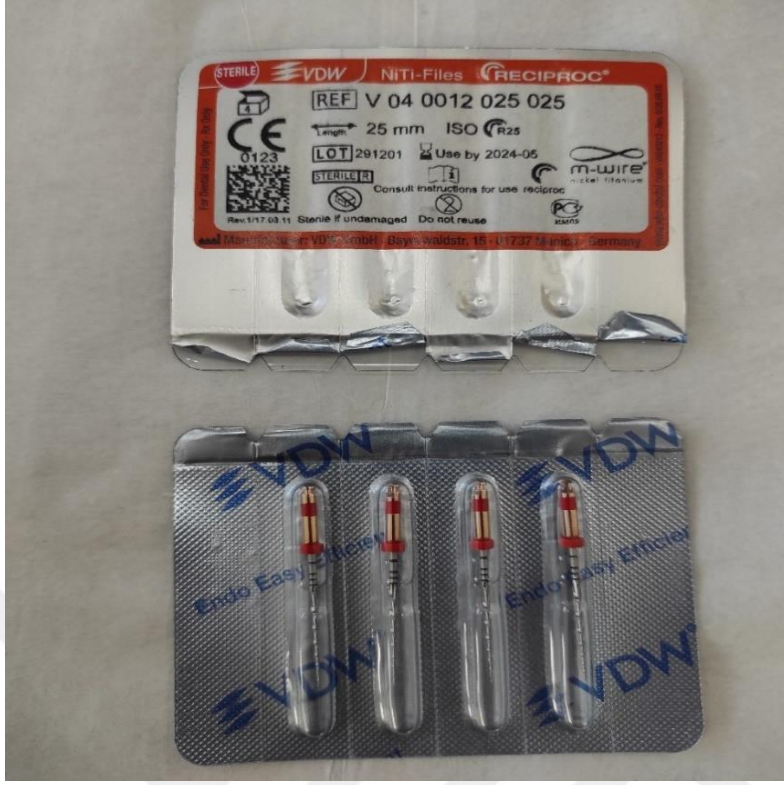
**Resim 2.** Standart kök boyu elde edilmesi

### 3.3. Kök Kanallarının Preparasyonu

Kök kanalları; Reciproc R25 (VDW, Münih, Almanya) NiTi döner eğre sistemi kullanılarak, apikal çap #25 olacak şekilde prepare edildi (Resim 3, 4). Endodontik motor olarak E Connect S (Eighteeth, Changzhou, Çin) kullanıldı (Resim 5). Kök kanalları eğre değişimleri sırasında 2,5 mL %2,5'lik NaOCl ile irrigate edildi (Resim 12) ve bu prosedür esnasında 30-G enjektör iğnesi (NaviTip, Ultradent Inc., A.B.D) kullanıldı. İğne ucu çalışma boyunun 2 mm gerisine konumlandırılarak ileri geri hareket ettirildi. Enjektör apiko – koronal yönde hareket ettirilirken, NaOCl pasif ve basınçsız bir şekilde kök kanalları içerisine uygulandı. Kök kanal preparasyonundan sonra 5 mL %2,5'lik NaOCl 1 dakika boyunca, ardından 5 mL distile su ile 1 dakika boyunca başlangıç irrigasyonuna tabi tutuldu ve kâğıt konlar ile kurutuldu. Klinik durumu oluşturabilmek amacıyla dişlerin apikal kısımları pembe mum ile kapatılıp polisiloksan elastomer ölçü maddesi (Zetaplus, Zhermack Spa, Badia Polesine, Rovigo, İtalya) içerisine gömüldü (Resim 6). Böylece kapalı bir sistem elde edilmiş oldu.



**Resim 3.** Kök kanallarının şekillendirilmesi



**Resim 4.** Çalışmada kullanılan Reciproc R25 döner eğe sistemi



**Resim 5.** Çalışmada kullanılan endodontik motor E-Connect S



**Resim 6.** Silikon içerisine gömülmüş ve şekillendirilmiş diş rneęi

#### **3.4. Grupların Oluşturulması**

Dişler final irrigasyon protokolü öncesinde rastgele ( $n=20$ ) olacak şekilde 3 ana gruba ve 1 kontrol grubuna ayrıldı. Gruplarda kullanılan final irrigasyon ajanları Eighteeth Ultra-X (Eighteeth, Changzhou City, China) cihazı kullanarak PUI yöntemi ile aktive edildi (Resim 7).



**Resim 7.** alışmada kullanılan pasif ultrasonik irrigasyon cihazı Eighteeth Ultra X



**Resim 8.** Çalışmada kullanılan gold tip ultrasonik uç

#### **Grupların oluşumu:**

- \*Grup 1: 5 ml %17 EDTA + PUI
- \*Grup 2: 5 ml %10 GA + PUI
- \*Grup 3: 5 ml %18 EA + PUI
- \*Grup 4: 5 ml distile su + PUI (kontrol grubu)

**Grup 1:** Final irrigasyon solüsyonu olarak kanallara 5 ml %17'lik EDTA uygulandı (Resim 9). Eighteeth Ultra X cihazına gold tip ultrasonik endodontik uç (Eighteeth, Changzhou City, China) takılarak üretici firmanın talimatları doğrultusunda cihazın maksimum gücünde 60 sn. boyunca PUI yöntemi ile aktivasyon sağlandı (Resim 8). Final irrigasyon ajanının devam edecek etkilerini nötralize edebilmek amacıyla kanallar 5 mL distile su ile yıkandı ve kâğıt konlar ile kurutuldu. Irrigasyon aktivasyon yöntemi ve kanalların kurutulması diğer gruplar için de benzer şekilde yapıldı.



**Resim 9.** Çalışmada kullanılan %17'lik EDTA solüsyonu

**Grup 2:** Final irrigasyonu olarak kanallara 5 ml %10'luk GA uygulandı (Resim 10).



**Resim 10.** Çalışmada kullanılan %10'luk GA solüsyonu

**Grup 3:** Final irrigasyon solüsyonu olarak kanallara 5 ml %18'lik EA uygulandı (Resim 11).

**Kontrol grubu:** Örneklerin yıkama işlemi distile su ile yapıldı.



**Resim 11.** Çalışmada kullanılan EA solüsyonu



**Resim 12.** Çalışmada kullanılan NaOCl solüsyonu

### 3.5. Örnek Kesitlerin Hazırlanması

Preparasyon ve irrigasyon işlemi tamamlanmış dişlere; bukkal ve lingual yüzeyler boyunca yüksek devirli aeratöre takılmış ince alev uçlu frez yardımıyla su soğutması altında iç yüzeye dokunmaksızın paralel oluklar açıldı. Ardından kökler longitudinal aks boyunca iki parçaya ayrıldı. SEM görüntülemesi için her kökün sadece bir yarısı kullanıldı (Resim 13).



**Resim 13.** SEM incelemesi için hazırlanan köklerin bir yarısı

### **3.6.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Örneklerin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi**

SEM (Quanta FEG 250, FEI Ltd., Oregon, A.B.D) çalışması, Dicle Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (DÜBTAM), SEM Laboratuvarında yapıldı (Resim 14). Çalışmadan önce dişler uygun çalışma protokollerine göre hazırlandı ve SEM cihazına yerleştirildi. SEM cihazı ile 80 adet dişin kök kanallarının koronal, orta ve apikal üçlü bölgeleri x2000 büyütme ve 20.000 kV altında incelendi. Her bir numunenin 240 adet görüntüsü elde edildi. Elde edilen görüntüler smear tabakasının varlığı ve dentin tübüllerinin açıklığı açısından değerlendirildi. İstatistiksel veri elde etmek için bu fotoğraflarda smear tabakasının varlığı iki farklı gözlemci tarafından Hülsmann'ın sınıflandırmasına göre skorlandı (140).

**Skor 1:** Smear tabakası yok, dentin tübülleri açık.

**Skor 2:** Az miktarda smear tabakası, bir miktar dentin tübülü açık.

**Skor 3:** Kök kanal duvarını kaplayan homojen smear tabakası, sadece birkaç dentin tübülü açık.

**Skor 4:** Homojen bir doku ile kaplanmış komple kök kanal duvarı smear tabakası, açık dentin tübülleri yok.

**Skor 5:** Tüm kök kanal duvarını kaplayan ağır, homojen olmayan smear tabakası



**Resim 14.** Çalışmada kullanılan SEM cihazı

### 3.7. İstatistiksel Analiz

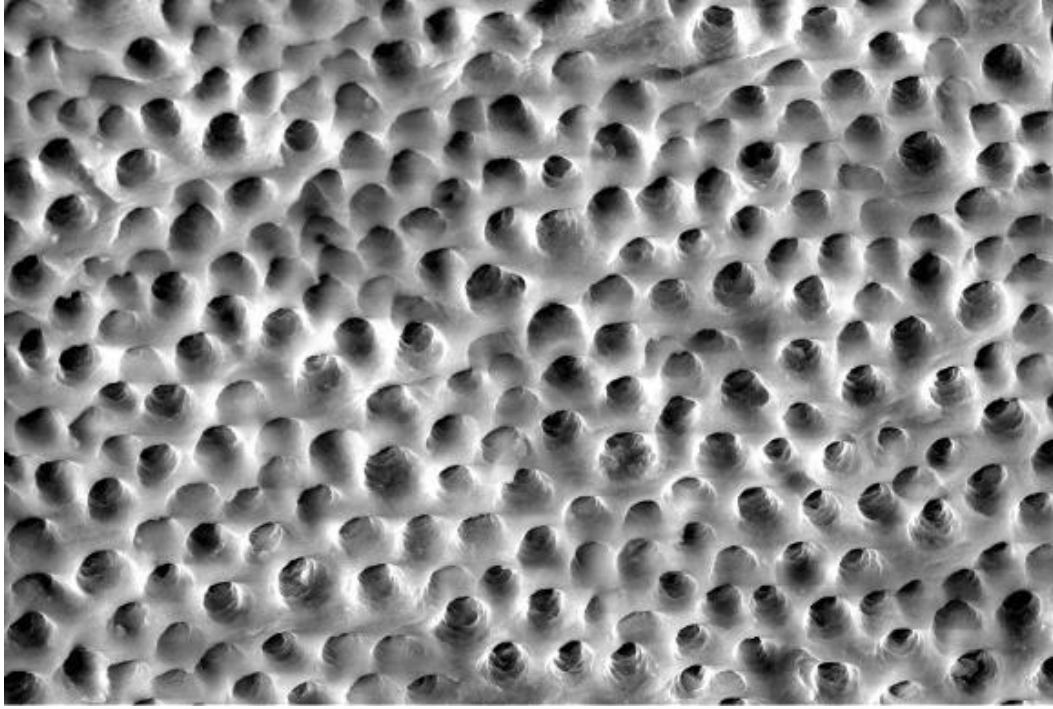
Veriler IBM SPSS V23 (IBM, Armonk, NY, ABD) ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Kolmogorov Smirnov testi ile incelendi. Üç ve üzeri gruplara göre normal dağılmayan verilerin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis H testi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Dunn testi ile incelendi. Analiz sonuçları nicel veriler için ortalama  $\pm$  standart sapma ve ortanca (minimum – maksimum) şeklinde, kategorik değişkenler ise frekans (yüzde) şeklinde sunuldu. Önem düzeyi  $p < 0,05$  alındı. Gözlemciler arası uyum Cohen'in kappa istatistikleri kullanılarak hesaplandı.

## 4. BULGULAR

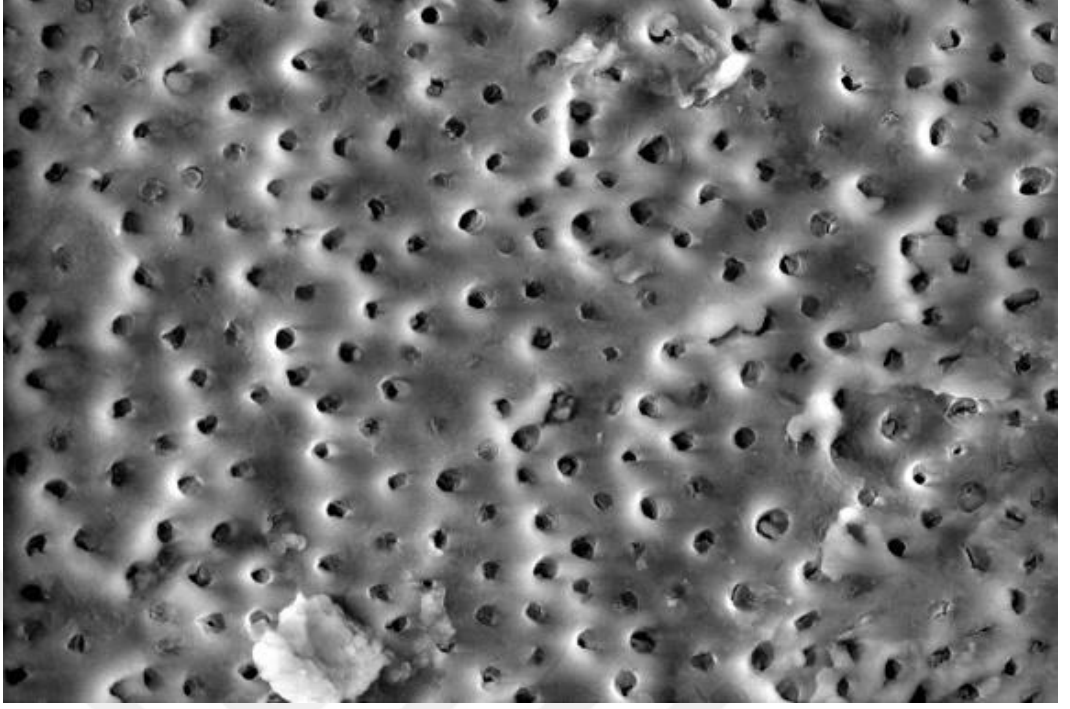
Bu çalışmada 3 farklı irrigasyon solüsyonunun PUI yöntemi ile kök kanalının koronal, orta ve apikal bölgelerinde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği SEM cihazı ile incelendi.

### 4.1. SEM Görüntüleri-Açık Dentin Tübülü Sayısının Değerlendirilmesi

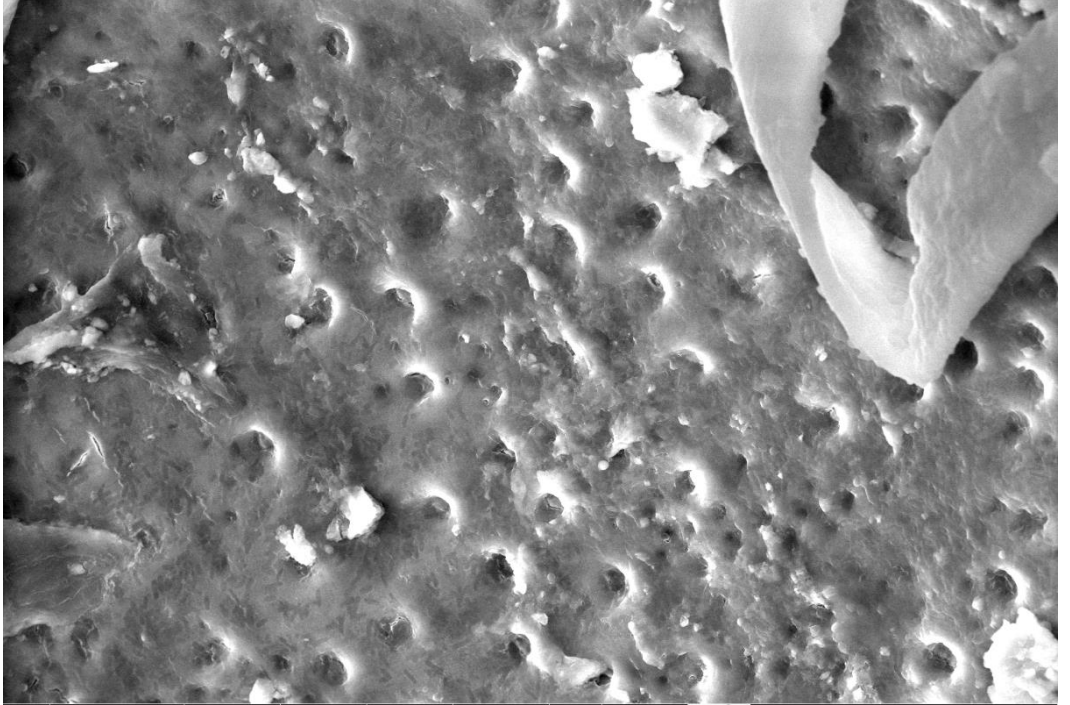
**Grup 1:** Final irrigasyon işleminin %17 EDTA'nın 1 dk boyunca pasif ultrasonik olarak aktive edilmesi ile yapıldığı ve SEM görüntüleri alınan bu gruptaki örneklerin koronal bölgede açık dentin tübülleri, orta üçlü bölgesinde az miktarda smear tabakası ile kısmen açık dentin tübülleri ve apikal üçlü bölgesinde daha yoğun smear tabakası ile az kısmen açık dentin tübülleri tespit edildi (Resim 15-17).



**Resim 15.** Grup 1 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 1)

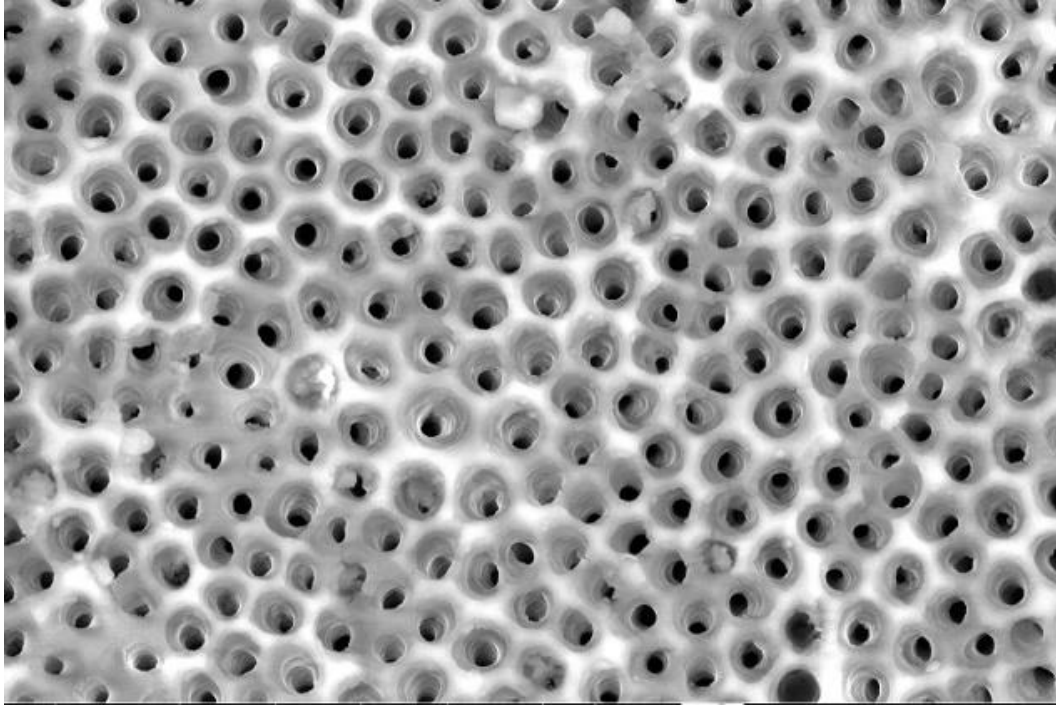


**Resim 16.** Grup 1 orta üçlü SEM görüntüsü (skor 2)

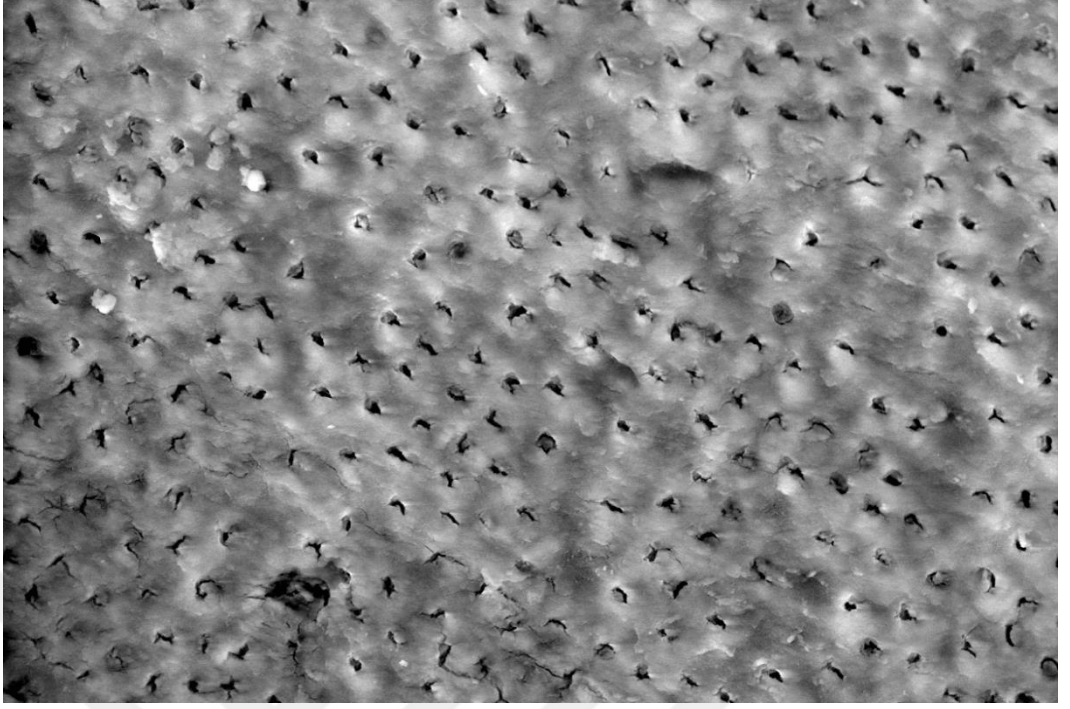


**Resim 17.** Grup 1 apikal üçlü SEM görüntüsü (skor 3)

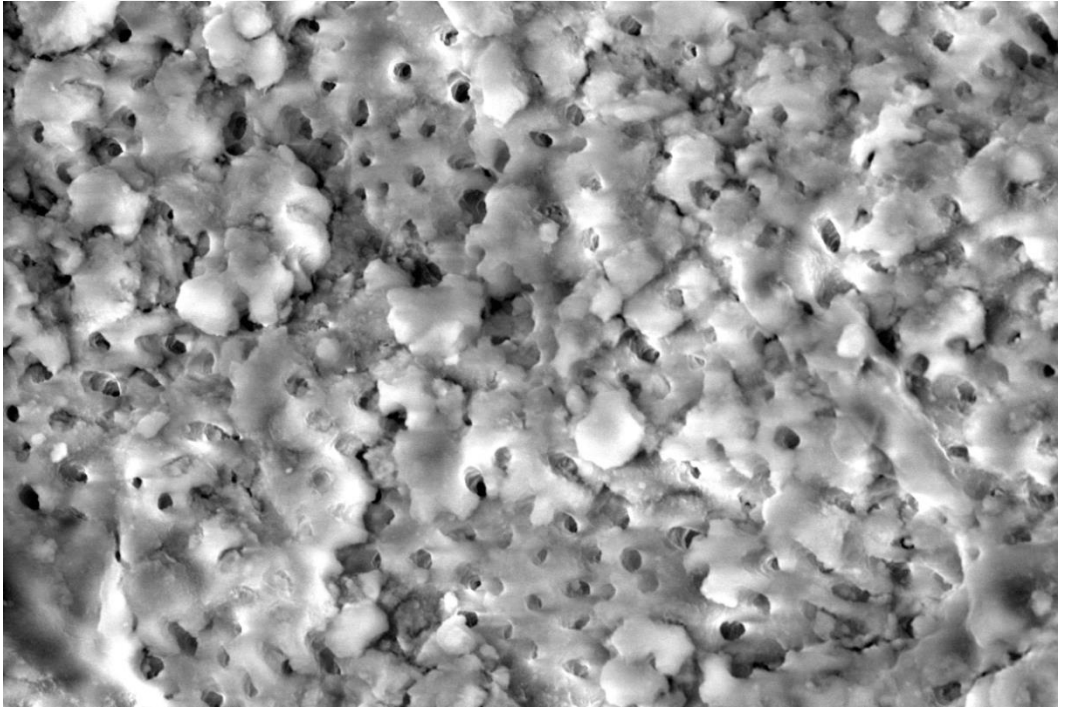
**Grup 2:** Final irrigasyon işleminin %10 GA'nın 1 dk boyunca pasif ultrasonik olarak aktive edilmesi ile yapıldığı ve SEM görüntüleri alınan bu gruptaki örneklerin koronal bölgede açık dentin tübülleri, orta üçlü bölgesinde kaldırılmış smear tabakası ile kısmen açık dentin tübülleri ve apikal üçlü bölgesinde daha yoğun smear tabakası ile az kısmen açık dentin tübülleri tespit edildi (Resim 18-20).



**Resim 18.** Grup 2 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 1)

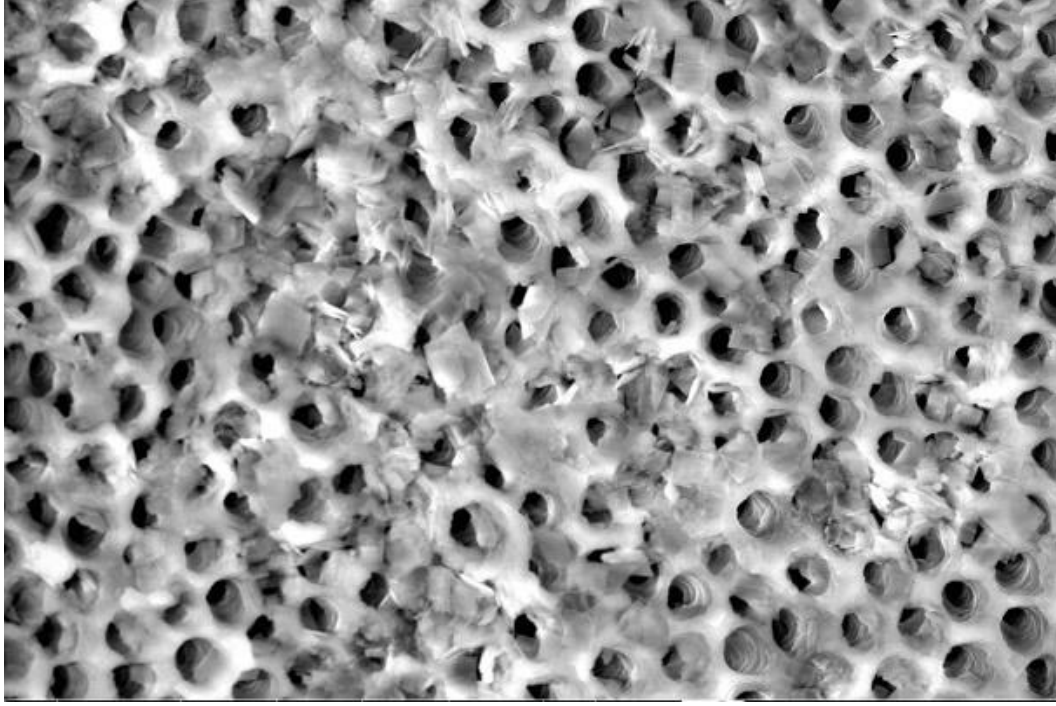


**Resim 19.** Grup 2 orta uçlu SEM görüntüsü (skor 2)

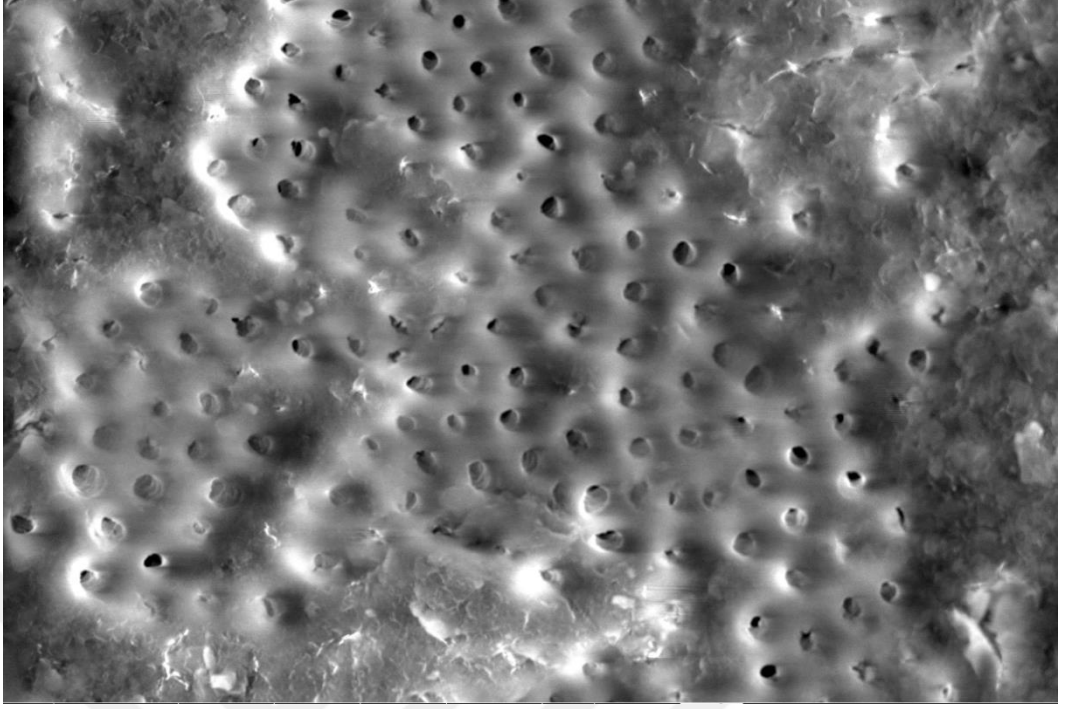


**Resim 20.** Grup 2 apikal uçlu SEM görüntüsü (skor 3)

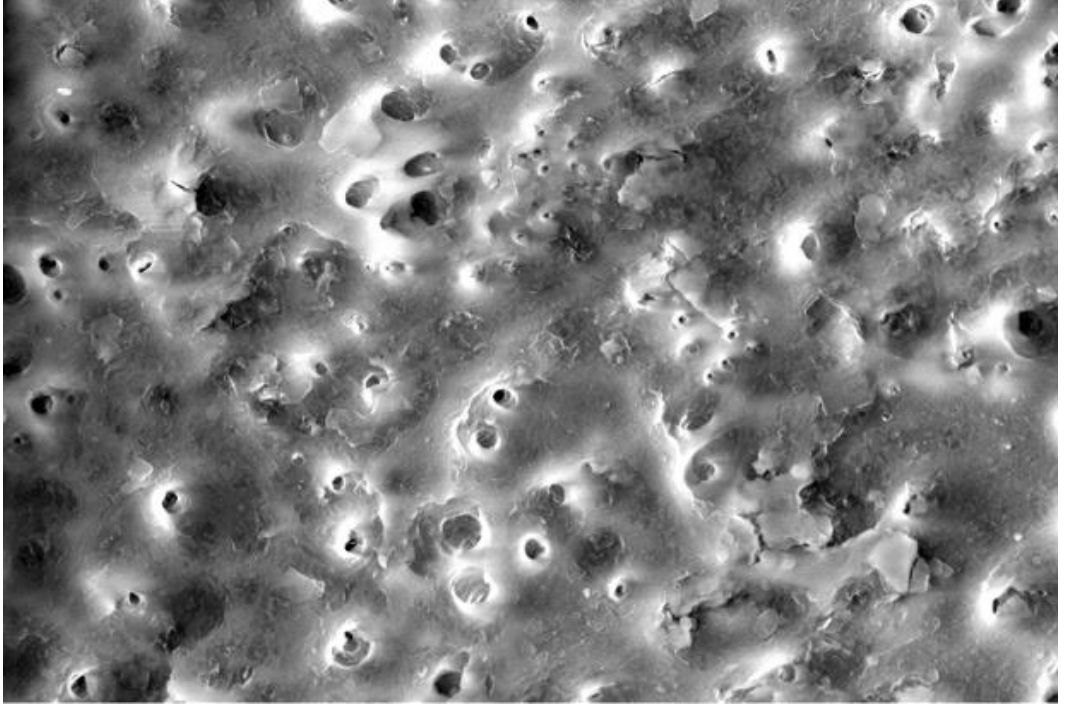
**Grup 3:** Final irrigasyon işleminin %18 EA'nın 1 dk boyunca pasif ultrasonik olarak aktive edilmesi ile yapıldığı ve SEM görüntüleri alınan bu gruptaki örneklerin koronal bölgede az miktarda smear tabakası ile açık dentin tübülleri, orta üçlü bölgesinde az miktarda smear tabakası ile kısmen açık dentin tübülleri ve apikal üçlü bölgesinde daha yoğun smear tabakası ile az kısmen açık dentin tübülleri tespit edildi (Resim 21-23).



**Resim 21.** Grup 3 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 2)

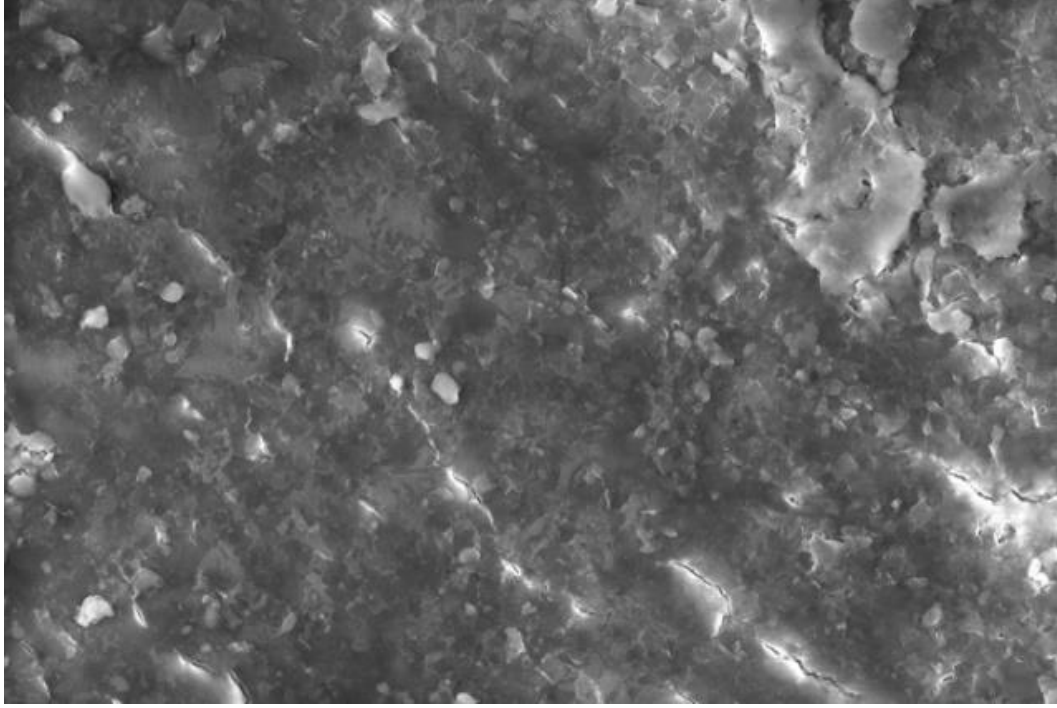


**Resim 22.** Grup 3 orta üçlü SEM görüntüsü (skor 2)

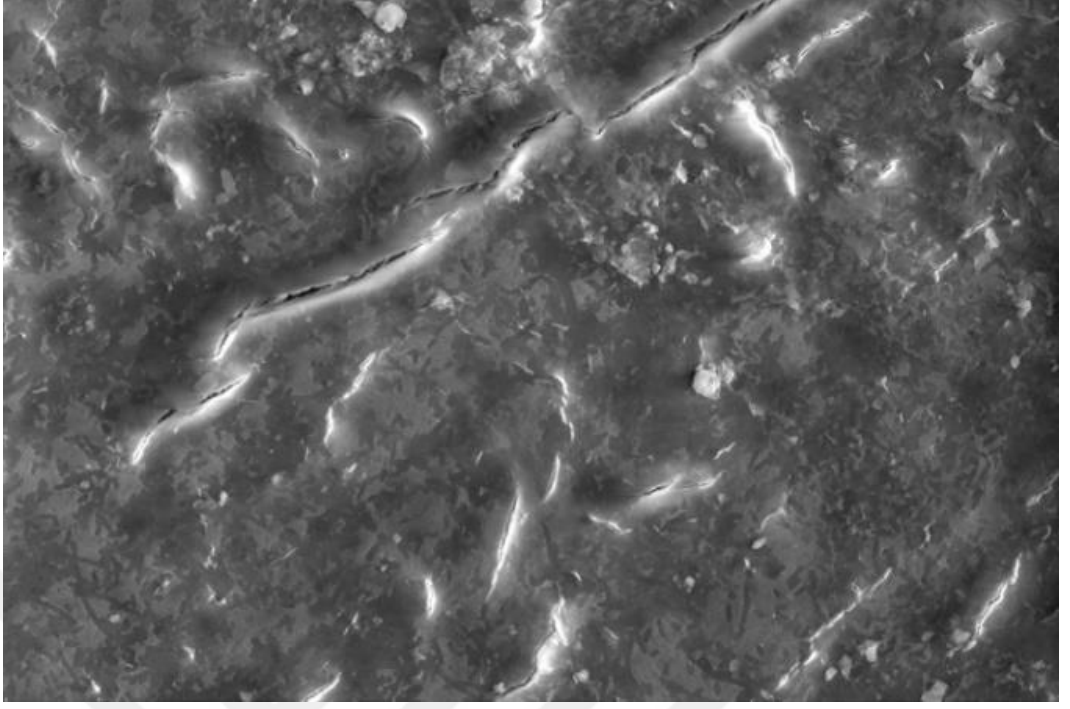


**Resim 23.** Grup 3 apikal üçlü SEM görüntüsü (skor 3)

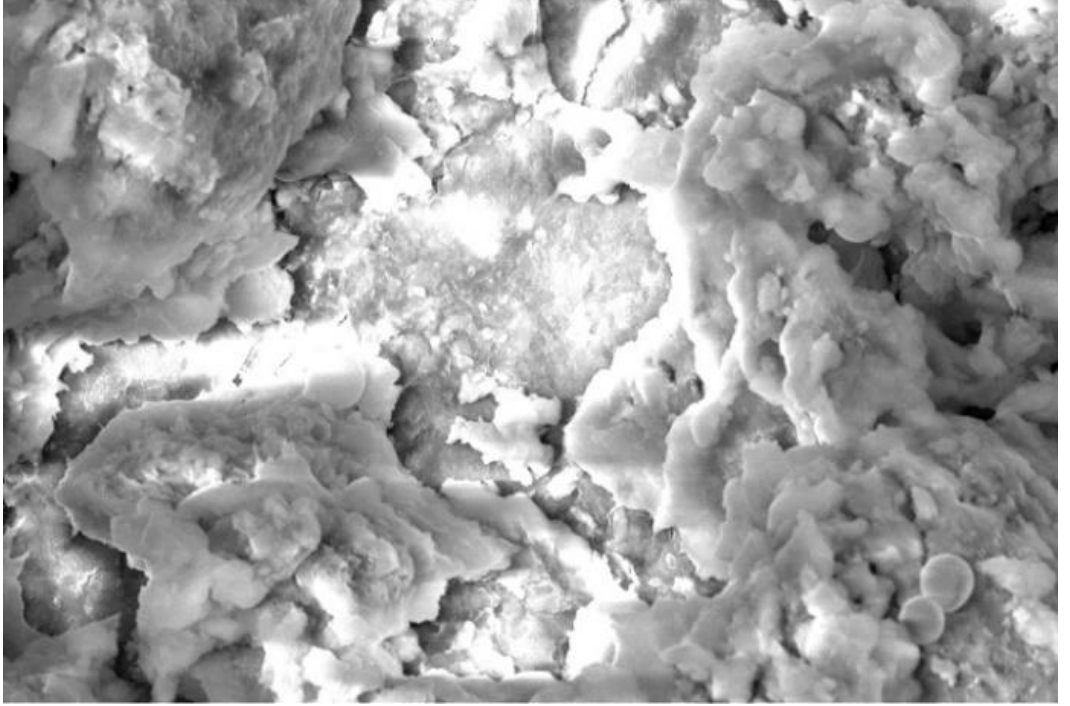
**Grup 4:** Son yıkama işleminin distile suyun 60 sn. boyunca pasif ultrasonik olarak aktive edilmesi ile yapıldığı ve SEM görüntüleri alınan bu gruptaki örneklerin koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerinde yoğun smear tabakası görüldü. Açık dentin tübülü tespit edilmedi (Resim 24-26).



**Resim 24.** Grup 4 koronal üçlü SEM görüntüsü (skor 4)



**Resim 25.** Grup 4 orta üçlü SEM görüntüsü (skor 4)



**Resim 26.** Grup 4 apikal üçlü SEM görüntüsü (skor 5)

#### 4.2. Görüntülerin İstatistiksel Olarak Değerlendirmesi

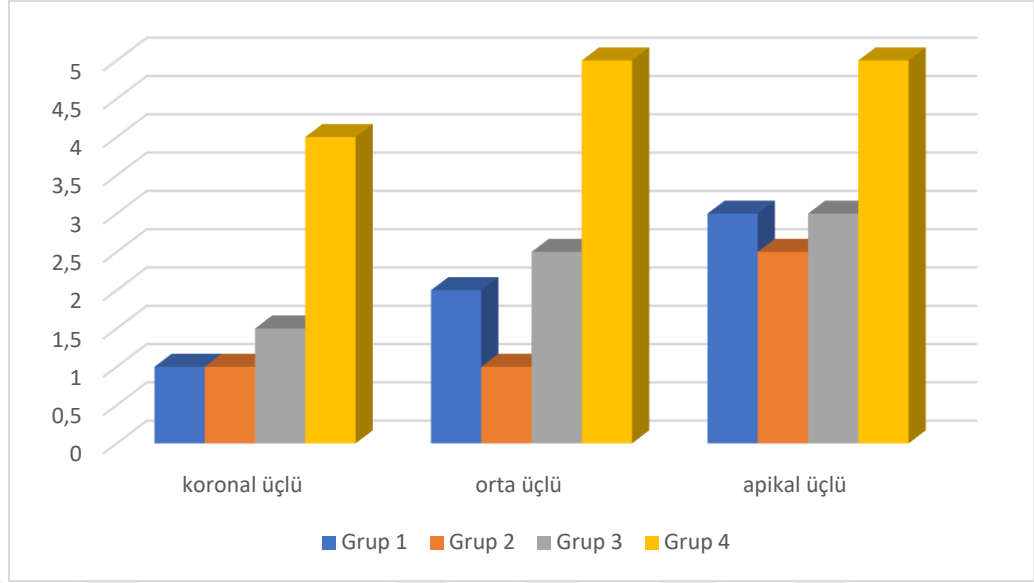
Veriler IBM SPSS V23 (IBM, Armonk, NY, ABD) ile analiz edildi. Dört farklı grubun birbiri arasında anlamlı bir farkın olup olmadığının değerlendirilmesi için Kruskal Wallis Tek Yönlü Varyans analizi testi yapıldı. Önem düzeyi  $p < 0,05$  alındı. Gözlemciler arası uyum, Cohen'in kappa istatistikleri kullanılarak hesaplandı.

**Tablo 1.** Grupların bölgelere göre skorlarının Kruskal Wallis Tek Yönlü Varyans analizi testi ile değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar

| Bölgeler     | Gruplar | Ort.±S.sapma | Ortanca (min. maks)     | Test istatistiği | P değeri |
|--------------|---------|--------------|-------------------------|------------------|----------|
| Koronal üçlü | Grup 1  | 1,50±0,61    | 1 (1-3) <sup>BX</sup>   | 56,426           | <0,001   |
|              | Grup 2  | 1,05±0,22    | 1 (1-2) <sup>BX</sup>   |                  |          |
|              | Grup 3  | 1,50±0,51    | 1,5 (1-2) <sup>BX</sup> |                  |          |
|              | Grup 4  | 4,15±0,59    | 4 (3-5) <sup>AX</sup>   |                  |          |
| Orta üçlü    | Grup 1  | 1,90±0,72    | 2 (1-3) <sup>BX</sup>   | 54,346           | <0,001   |
|              | Grup 2  | 1,20±0,41    | 1 (1-2) <sup>BX</sup>   |                  |          |
|              | Grup 3  | 2,10±0,97    | 2,5(1-3) <sup>BXY</sup> |                  |          |
|              | Grup 4  | 4,55±0,51    | 5 (4-5) <sup>AXY</sup>  |                  |          |
| Apikal üçlü  | Grup 1  | 2,80±0,62    | 3 (2-4) <sup>BY</sup>   | 44,929           | <0,001   |
|              | Grup 2  | 2,35±1,18    | 2,5 (1-4) <sup>BY</sup> |                  |          |
|              | Grup 3  | 2,90±0,97    | 3 (1-4) <sup>BY</sup>   |                  |          |
|              | Grup 4  | 4,80±0,41    | 5 (4-5) <sup>AY</sup>   |                  |          |

<sup>A-B</sup>: Her bir bölge kendi içerisinde aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur.

<sup>X-Y</sup>: Her bir grup kendi içerisinde aynı harfe sahip bölgeler arasında fark yoktur.



**Şekil 2.** Graplara uygulanan irrigasyon sonuçlarının skora göre dağılımları

**Tablo 2.** Grupların Kruskal Wallis Tek Yönlü Varyans Analizi Testi ile elde edilen veriler

| Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 | Grup 4 | Test istatistiği |
|--------|--------|--------|--------|------------------|
| 25,057 | 21,485 | 18,492 | 12,982 |                  |
| <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,002  | p değeri         |

Kappa testi sonuçları, değerlendirmeyi yapan gözlemciler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermiştir (kappa değeri=0,866).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre deney grupları ile kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0.005$ ) (Tablo 2). Kontrol grubu (grup 4) en düşük smear tabakası uzaklaştırma etkinliğine sahipken grup 1, grup 2 ve grup 3 arasında ise anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p > 0.05$ ) (Tablo 2).

Her bir grup kendi içerisinde koronal, orta ve apikal üçlü olarak bölgesel değerlendirildiğinde bölgeler arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0.005$ ) (Tablo 1). Gruplarda kullanılan solüsyonların dişlerin koronal üçlü ve orta üçlü bölümlerinde daha fazla smear tabakası uzaklaştırılma etkinliğine sahipken apikal bölgede ise daha az smear tabakası uzaklaştırılmıştır (Tablo 1).

## 5. TARTIŞMA

Endodontik tedavide başarı kök kanal sistemlerinin şekillendirilmesi, kimyasal olarak temizlenmesi ve sızdırmaz bir dolunun sağlanması ile gerçekleşir. Bu işlemler yapılırken kanal anatomisi korunmalı, mevcut bakteri ve ürünleri kanal sisteminden uzaklaştırılmalıdır. Özellikle kök kanallarının preparasyonu sırasında oluşan debris ve smear tabakası kanal dolgu materyallerinin dentine adezyonunu olumsuz etkilemektedir (141).

Smear tabakası 1-2 µm kalınlığında olup organik ve inorganik yapılardan meydana gelmektedir. Smear tabakasının organik içeriğinde pulpa artıkları, mikroorganizmalar, odontoblastlar yer alırken inorganik içeriğinde kopan dentin talaşları yer almaktadır. Smear tabakası preparasyon sırasında enstrümanın kök kanal duvarlarına temas etmesi sonucu meydana gelmekle beraber enstrümanın temas etmediği kök kanal duvarlarında oluşmamaktadır. Kök kanal sistemlerinde smear tabakasının varlığı içeriğindeki mikroorganizmaların kolay şekilde üremelerine, dentin tübülleri içerisine rahatça penetre olmalarına, uygulanan irrigasyon solüsyonlarının ise etkinliklerinin azalmasına sebep olmaktadır (22).

Smear tabakası yüzeyel bir tabakadır, kök kanal dentinini yüzeyel olarak örtmekle beraber dentin tübüllerinde 40 µm derinliğe kadar ulaşarak dentin kanallarını tıkayabilmektedir. Oluşan bu bariyer endodontik tedavide kullanılan kök kanal dolgu materyallerinin, irrigasyon ajanlarının ve medikamentlerin dentin tübüllerine geçişini engellemektedir. Ayrıca smear tabakasının varlığı kök kanal tedavisi sonrası mikrosızıntıya da neden olmaktadır (22). Başarılı bir endodontik tedavi için smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılması gerekir. Farklı yıkama solüsyonları ile smear tabakasının uzaklaştırılması sağlanıp daha temiz dentin duvarları elde edilmeye çalışılır (142).

Çalışmamızda smear tabakasının uzaklaştırılmasında %17 EDTA, %10 GA ve %18 EA'nın pasif ultrasonik aktivasyon tekniği ile beraber kullanımının etkinlikleri karşılaştırıldı.

Çalışkan ve ark., Türk toplumunda kök kanal varyasyonlarını araştırdıkları çalışmada, en çok varyasyon gösteren dişlerin üst çenede ikinci premolar ve molarların mesiobukkal kökü olduğunu alt çenede ise mandibular premolar haricinde bütün dişlerin varyasyon gösterdiğini belirtmişlerdir (143). Molar dişlerde, değerlendirmeyi olumsuz etkileyecek anatomik farklılıklar ortaya çıkabileceğinden bu çalışmada tek kök ve tek kanal yapısına sahip insan mandibular premolar dişleri kullanıldı. Çalışmamızda mandibular premolar dişlerin tercih edilmesinin diğer bir nedeni ise daha önceki çoğu benzer çalışmaların bu dişlerle yapılmış olmasıdır. Bu durumda daha sağlıklı bir kıyaslama yapılabileceği kanaatindeyiz. Ayrıca eğimi olmayan ve kompleks yapı göstermeyen mandibular premolar dişlerin tercih edilmesi daha kaliteli SEM görüntüleri elde edilmesine de olanak sağlamaktadır.

İn vitro çalışmalarda kullanılan dişler musluk suyu, formalin, fosfatlı salin, etanol, distile su, timol veya serum fizyolojik gibi farklı solüsyonlarda bekletilebilmektedir. Goodis ve ark. etanol, formalin, timollü distile su, fosfatlı salin gibi solüsyonların zamanla dişlerde dentin geçirgenliğini etkilediğini rapor etmişlerdir (144). Bu bilgilere dayanarak, çalışmamızda kullanılan dişler oda sıcaklığında distile su içerisinde bekletilmiştir.

İrrigasyon solüsyonlarının kanal içerisindeki bütün alanlarda ve özellikle apikal bölgede etkili olabilmesi için kök kanallarında belli bir miktar mekanik preparasyon yapılması gerekir. Ayrıca enjektör ucunun apikalden 1-2 mm geride yerleşimi ve solüsyonun daha rahat uygulanabilmesi için kökün apikal kısmının genişletilmesi gerekir. Literatürde endodontik tedavi sırasında apikal çapın sonlandırılacağı net bir sayısal değer bulunmamaktadır. Enstrümantasyon sırasında apikal çapın arttırılmasının kök kanallarında mikroorganizma sayısını azalttığını belirten çalışmalarla birlikte kanal içindeki mikroorganizma sayısı ile apikal çap veya koniklik arasında paralellik olmadığını gösteren bulgular da bulunmaktadır (145, 146). Buchanan yaptığı çalışmada apikal preparasyonun #20-25 boyutunda sınırlandırılmasının yeterli olacağını belirtmiştir (147). Bu nedenle çalışmamızda Reciproc R25 eğe sistemi tercih edilerek apikal çap #25 olacak şekilde genişletildi.

Kök kanallarının kimyasal temizliğinde kullanılan irrigasyon ajanlarının özellikleri ve etki mekanizmaları son derece önemlidir. Geçmişten günümüze kadar

distile su, oksitleyiciler, serum fizyolojik, asitler, proteolitik enzimler, şelasyon ajanları, alkali solüsyonları gibi farklı irrigasyon solüsyonları kullanılmıştır (148).

Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının belirli kriterlere sahip olması istenmektedir. Mikroorganizmalara karşı geniş spektrumlu olmalı, kolayca smear tabakasını uzaklaştırabilmeli, dentin tübüllerine penetre olabilmeli, periapikal dokulara taşıdığı toksik etki göstermemeli, lubrikant olmalı gibi kriterler sayılabilir. Özellikle smear tabakasının içeriğindeki organik ve inorganik materyallerin uzaklaştırılması istenilen bir durumdur. Ancak tüm bu özellikleri sağlayan tek bir ajan bulunmadığından son yıkama işlemi olarak kombine irrigasyon solüsyonları önerilmektedir. Kliniklerde rutin olarak en çok kullanılan NaOCl ve EDTA kombinasyonudur. Ayrıca irrigasyon solüsyonlarının etkinliği, solüsyonların ısısına, miktarına, yüzey gerilimine ve dentinle temas süresine de bağlıdır (42).

Organik materyallerin uzaklaştırılmasında ve antimikrobiyal etkinliği sayesinde en çok kullanılan irrigasyon solüsyonu NaOCl'dir. Genellikle %0,5 ile %5,25 arası konsantrasyonları kullanılmaktadır (2). Çalışmamızda %2,5'lik NaOCl tercih edildi.

EDTA, endodontik tedavide en çok kullanılan şelasyon ajanıdır. %17'lik EDTA'nın 1 dk uygulanması, kök kanal sistemindeki smear tabakasının uzaklaşmasını sağlayarak dentin tübüllerinin açılmasına yardımcı olur. Böylece NaOCl'nin dentin tübüllerine penetrasyonu artırılarak antimikrobiyal etkinliğinin artması sağlanır. Yapılan bir çalışmada NaOCl'nin tek başına kullanımı kök kanal yüzeyinde inorganik artıkların birikimini gösterirken, sadece EDTA kullanılması ise smear tabakasının tamamen uzaklaştırılmadığı bildirilmiştir (149).

Yamashita ve ark., %2'lik CHX, %2,5'lik NaOCl ve %2,5 NaOCl ile %17 EDTA'nın beraber kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmada en etkili sonuçların %2,5'lik NaOCl ile %17'lik EDTA solüsyonlarının kombine kullanılmasıyla oluştuğunu bildirmiştir (150).

Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla yapılan çalışmalarda Meryon ve ark. %10'luk EDTA'nın 1 dk. süre ile uygulanmasında temiz dentin tübülleri elde

edildiğini bildirirken, Cergneux ve ark. ise %15'lik EDTA'nın 4 dk. süre ile uygulanmasında aynı sonuca ulaşmışlardır (151, 152).

Saito ve ark. %17 EDTA'yı 15 sn., 30 sn., ve 1 dk. uygulayarak smear tabakasının uzaklaştırılmasını inceledikleri çalışmada EDTA'nın 1 dk. uygulanmasının daha fazla smear tabakasını uzaklaştırdığını bildirmiştir (153).

Çalt ve Serper %17 EDTA'nın kök kanallarında süreye bağlı etkilerini inceledikleri çalışmada EDTA'nın 1 dk. süresince kök kanallarına temasının smear tabakasını uzaklaştırmada yeterli olduğunu, 10 dk. temasında ise dentinde aşırı peritübüler ve intertübüler erozyon oluşturduğunu rapor etmişlerdir (3).

EDTA'nın apikal üçlüde koronal ve orta üçlüye kıyasla smear tabakasını uzaklaştırmada yeterli olmadığı, 1 dk.'dan uzun süre kullanımında dentinde eroziv etkide artış gösterdiği belirtilir (154). EDTA'nın bu gibi dezavantajları araştırmacıları farklı şelasyon ajanlarıyla çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir (13, 64, 78). EA ve GA ile ilgili çalışmalar yeni literatürde yer almaktadır. Özellikle GA'nın smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği ile ilgili çok fazla literatüre rastlanılmadı. Bu nedenle kök kanallarındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında %10 GA, %18 EA ve %17'lik EDTA solüsyonları çalışmamızda tercih edildi. Solüsyonlar arasında standardizasyonu sağlamak amacıyla da her bir solüsyon 1 dk süreyle PUI ile aktive edildi.

Sitrik asit ve maleik asit gibi alfa hidroksi asit ailesinin bir üyesi olan GA, son zamanlarda yapılan çalışmalarda EDTA'ya alternatif olarak önerilmiştir. Başlangıçta restoratif prosedürlerde dentin yüzeyini aşındırmak için kullanılan GA, daha sonra %5-17 arasındaki farklı konsantrasyonlarda irrigasyon solüsyonu olarak kullanılıp etkinliği araştırılmıştır (11, 64, 65). Yakın tarihli bir çalışmada GA'nın smear tabakasını EDTA ve sitrik asit kadar etkili bir şekilde uzaklaştırdığı belirtilmiştir (64). Bazı çalışmalarda smear tabakasının uzaklaştırılmasında %5-10-17'lik konsantrasyonlarda GA kullanılmış, artan konsantrasyonlarda GA'nın smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliğinin arttığı ancak kök dentininde apatit/kollojen oranını bozarak erozyonu arttırdığı, yüzey mikrosertliği üzerinde olumsuz etki gösterdiği bildirilmiştir (64, 65). Bu nedenle çalışmamızda %10'luk GA tercih edildi.

EA, NaOCl ile kombinasyon halinde kullanılabilen ve yeterli kalsiyum şelatlama kapasitesine sahip biyolojik olarak uyumlu zayıf bir şelatördür (155).

De-deus ve ark. smear tabakasını uzaklaştırmayı amaçladıkları çalışmada %9'luk ve %18'lik EA kullanmışlar; %18'lik konsantrasyonun smear tabakasının uzaklaştırılmasında daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir (66). Bu nedenle çalışmamızda daha yüksek konsantrasyon olan %18'lik EA kullanıldı.

Endodontik tedavi sırasında irrigasyon solüsyonlarının periapikal bölgeye taşmadan kök kanal sistemini etkili bir şekilde temizlemesi için apikal 1/3'lük kısma kadar ulaşması gerekmektedir. Klasik şırınga yöntemiyle yapılan irrigasyon işlemi, kök kanal sisteminin anatomik varyasyonlarından dolayı etkin temizlemede yetersiz kalmaktadır. Jiang ve ark. yaptıkları araştırmada irrigasyon ajanlarının aktivasyonu ile etkin akış dinamiği sağlanarak kök kanal sisteminde temizleme etkinliğinin arttırıldığını bildirmişlerdir (156). Bu bilgiler ışığında endodontide kök kanal sisteminin etkili bir şekilde temizlenmesi, smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu güncel bir yaklaşım olarak yer almaktadır. Çalışmamızda irrigasyon ajanlarının etkinliğini artırmak için PUI ile aktivasyon yöntemini tercih edildi.

PUI aktivasyonu irrigasyon solüsyonuna ultrasonik enerji ileterek akustik akış yaratır. PUI ile irrigasyon aktivasyonu, kanal duvarı temizliğini ve irrigasyon solüsyonlarının penetrasyon potansiyelini iyileştirerek irrigasyonun etkinliğini artırır. Ultrasonik aktivasyon sistemleri sonik sistemlere göre daha yüksek frekans ve genliğe sahiptirler. Böylece titreşim sayısı artarak kanal içerisinde ki solüsyonların dentin duvarlarına ve tübüllere daha etkili teması sağlanır (15). Koçak ve ark. PUI aktivasyonunun etkinliğini inceledikleri çalışmada kullandıkları QMix, EDTA, NaOCl solüsyonlarının koronal ve orta üçlüde etkinliklerini artırdığını ancak apikal üçlüde ise bir farklılık oluşturmadığını bildirmişler (157).

Jensen ve ark. molar dişler üzerinde yaptıkları çalışmada PUI ile sonik aktivasyonun geleneksel irrigasyon aktivasyon yöntemine göre anlamlı derecede kanalları temizlediklerini, PUI ile sonik aktivasyon arasında ise anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen PUI'nın kanalları daha etkili temizlediğini bildirmişlerdir (120).

Jiang ve ark. serbest titreşen ultrasonik ucun, kök kanal duvarlarına temas eden ultrasonik uca göre irrigasyon solüsyonlarında daha fazla salınım yaparak solüsyonların aktive edilmesinde daha fazla rol aldığını bildirmiştir (156).

Malki ve ark.'ın ultrasonik ucun yerleştirme derinliğinin irrigant akışı üzerinde yaptıkları çalışmada çalışma boyundan 1-2 mm kısa mesafede yerleştirilen ultrasonik ucun daha fazla mesafede yerleştirilmiş ultrasonik uca göre debris uzaklaştırmada daha etkili olduğunu bildirmiştir (158). Çalışmamızda ultrasonik cihaz düz ve eğimli olmayan kanallarda, kanal duvarlarına sıkışma olmadan, çalışma boyunun 2 mm gerisinde konumlandırılarak kullanıldı.

Solüsyonların smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerinin incelendiği araştırmalarda; dişlerin apikal kısımları mum, silikon ölçü materyali ve yapıştırıcı gibi farklı malzemeler ile kapatılarak klinik ortamın yansıtılması amaçlandı. Dış çevre ile kök kanalı arasında bağlantı olması deneyin klinik durumu yansıtmasını engellemektedir. Bu nedenle çalışmamızda klinik durumu gerçeğe uygun olarak yansıtabilmek amacı ile dişler silikon ölçü materyali içerisine kuronal 2 mm dışarda olacak şekilde gömüldü.

Literatürde smear tabakasının uzaklaştırılmasının değerlendirildiği çalışmalarda; dijital optik mikroskopu, ışık mikroskopu, atomik elektron mikroskopu, SEM, TEM veya mikro bilgisayarlı tomografi ( $\mu$ CT) kullanılmıştır (159-162). Birçok araştırmacı tarafından dentin üzerinde meydana gelen değişiklikleri saptamak için SEM cihazı kullanılmıştır (161, 162). SEM cihazı yüksek ayırma ve büyütme gücüne sahiptir. SEM'in yüzeyi pürüzlü olan örneklerin yüksek büyütmelerde incelenmesindeki başarısı ve alan derinliğinin büyük olmasından dolayı diğer mikroskopların yerine kullanılması tercih edilir. Ayrıca SEM'in iyi bir alan derinliği sağlaması ve morfolojiyi tanımlaması avantajdır (163). Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda görüntülerin alınmasında SEM cihazı tercih edildi.

Yadav ve ark. SmearClear, EA ve MTAD irrigasyon solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında SmearClear solüsyonunun kök kanalının tüm bölgelerindeki smear tabakasını çıkarmada en etkili solüsyon olduğunu bunu sırasıyla MTAD, %18 EA ve %9 EA izlediğini bildirmiştir.

EA'nın kök kanalının apikal bölgesini temizlemede etkili bulunmadığını ancak kök kanalının apikal üçlüde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını da belirtmişlerdir (164).

Kuruville ve ark. %17 EDTA, %18 EA ve %7 maleik asit solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmada üç irrigasyon solüsyonunun da smear tabakasını koronal ve orta üçlü bölgelerinde aralarında anlamlı bir fark olmaksızın etkili bir şekilde uzaklaştırdıklarını göstermişlerdir. Apikal üçlüde ise maleik asit solüsyonun; EDTA ve EA'dan daha iyi smear tabakası uzaklaştırma özelliği gösterdiğini, EDTA ve EA arasında ise anlamlı bir farkın bulunmadığını bildirmiştir (165). Çalışmamızdaki EDTA ve EA grupları arasındaki sonuçlar bu çalışmayla uyumludur.

Mankeliya ve ark. %17 EDTA, %18 EA, %10 sitrik asit ve %7 maleik asit irrigasyon solüsyonlarının kök kanalının apikal üçlü bölgesinde smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmada %7 maleik asitin diğer solüsyonlardan daha iyi smear tabakasını uzaklaştırdığını ve maleik asit dışındaki EDTA, EA ile sitrik asit grupları arasında anlamlı bir farkın olmadığını bildirmişlerdir (166).

Dal Bello ve ark. %5-10-17 GA, %17 EDTA, %10 sitrik asit solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında GA, kullanılan konsantrasyonlar arasında herhangi bir istatistiksel fark olmaksızın smear tabakasını uzaklaştırmada EDTA ve sitrik asit ile benzer bir özellik gösterdiğini rapor etmişlerdir (64). Sonuçlar çalışmamızdaki EDTA ve GA grubu ile paralellik göstermektedir.

Barcellos ve ark. farklı pH değerlerinde (pH 2.1 ile pH 5) %17 GA ile %17 EDTA solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirdikleri bir çalışmada GA solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırmada pH değerlerinden bağımsız olarak EDTA ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığını ancak pH 5 değerine sahip GA'nın kök kanal dentininde apatit/kollojen oranında daha fazla azalma sağladığını bildirmiştir (12).

Yapılan çalışmalarda solüsyonların, smear tabakasını genellikle kök kanallarının koronal ve orta üçlü bölgelerinde daha etkili bir şekilde uzaklaştırdığı, apikal üçlü seviyesinde ise yetersiz kaldığı belirtilmektedir. Bunun nedeni, yeterli miktarda solüsyonun kök kanalının apikal üçlü bölgesine ulaşamamasından kaynaklanmaktadır. İrrigasyon solüsyonlarının apikal üçlü bölgesine penetre olabilmesi ve etkinliğinin artırılması için irrigasyon aktivasyon yöntemleri geliştirilmektedir. Ancak aktivasyon yöntemlerinin hiçbiri apikal bölgeden smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamaktadır. Kök kanallarının koronal, orta ve apikal üçte birlik bölgelerinde farklı irrigasyon yöntemlerinin smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini değerlendiren birçok çalışmada apikal bölgeye doğru etkinin azaldığı rapor edilmiştir (78, 167). Bu nedenle de araştırmacılar irrigasyon aktivasyonu altında farklı irrigasyon solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerini incelemiş, klasik EDTA-NaOCl final irrigasyonuna alternatif solüsyonlar bulmaya çalışmışlardır.

Guidotti ve ark. yaptıkları çalışmada kök kanalının apikal bölgesinin endodontik tedavi esnasında temizlenebilirliğinin oldukça düşük olduğunu rapor etmişlerdir (168).

Çalışmamızın sonuçlarına göre EDTA, GA ve EA gruplarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ( $p>0.05$ ). Solüsyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen smear tabakasını uzaklaştırmada başarı sırası  $GA>EDTA>EA$  şeklinde görüldü. GA solüsyonunun EDTA ve EA'ya kıyasla daha etkili olmasının sebebi GA'nın düşük yüzey gerilimine sahip olması ve yapısının küçük partiküllü olmasından dolayı dentin yüzeyine daha iyi penetrasyon sağlayarak smear tabakasını uzaklaştırmış olabilir. Zayıf bir şelatlama ajanı olmasına rağmen EA'nın smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin GA ve EDTA düzeyinde çıkması endodontik kullanım açısından bize önemli olduğunu göstermektedir. Biliyoruz ki irrigasyon ajanlarından beklenen özelliklerinden biri de etkili bir şekilde smear tabakasını uzaklaştırırken aynı zamanda dentin dokusunda erozyon alanları oluşturmamasıdır. Zayıf bir şelatör olan EA bunu sağlıyor olabilir. Bu nedenle karşılaştırmalı çalışmalar yapılmalıdır.

Gruplar kendi içerisinde karşılaştırıldığında EDTA ve GA solüsyonları apikal bölgeye göre koronal ve orta üçlü bölgesinde smear tabakasını daha etkili bir şekilde uzaklaştırdı. Koronal ve orta üçlü bölgeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu. EA solüsyonunda ise koronal ile orta üçlü arasında ve orta ile apikal üçlü arasında anlamlı bir fark yokken koronal üçlü bölgesinde apikal üçlüye göre anlamlı derecede smear tabakasının uzaklaştırıldığı görüldü. Çalışmamızda PUI kullanılmasına rağmen apikal üçlüde smear tabakası diğer birçok çalışmada olduğu gibi tam olarak uzaklaştırılamadı (157, 168). Apikal üçlüde smear tabakasının diğer bölgelere göre daha az uzaklaştırılmasının nedenleri arasında apikal üçlünün daha dar olması, dentin tübül yapısı, solüsyonların temas süresi, penetrasyon derinliğinin az olması gibi faktörler olabilir.

Mevcut çalışma in vitro ortamda gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle, klinik kullanımlarda elde edilecek sonuçların tahmini zordur. İn vivo çalışmalarda kan gibi doku kalıntılarının bulunması, sıcaklığın değişken olması ve çeşitli aktivasyon cihazlarının uygulanması, kök kanal preparasyonu sırasında kullanılan şelatlama ajanlarının yapısını etkileyebilir. Ayrıca dentindeki sklerotik değişiklikler, kök kanal uzunluğu, çapı, eğriliği ön görülemeyen sonuçlar oluşturabilir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

PUI sistemi ile farklı irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini incelediğimiz bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- 1) Pasif ultrasonik aktivasyon altında karşılaştırdığımız EDTA, GA ve EA solüsyonları arasında smear tabakasının uzaklaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ( $p>0.05$ ).
- 2) GA solüsyonu istatistiksel olarak anlamlı fark olmamasına rağmen EDTA ve EA solüsyonlarına göre daha fazla smear tabakası uzaklaştırdı.
- 3) EA solüsyonu istatistiksel olarak anlamlı fark olmamasına rağmen EDTA ve GA solüsyonlarına göre daha az smear tabakası uzaklaştırdı.
- 4) Kullanılan EDTA, GA ve EA solüsyonları kendi içerisinde değerlendirildiklerinde kökün koronal üçlü bölgesinden apikal üçlü bölgesine göre istatistiksel olarak anlamlı miktarda daha fazla smear tabakası uzaklaştırdı ( $p<0.05$ ).
- 5) Kullanılan solüsyonlar PUI ile aktive edilmesine rağmen hiçbir smear tabakasını tüm bölgelerde tamamen uzaklaştıramadı.
- 6) Zayıf bir şelatör olan EA'nın smear tabakasını uzaklaştırmada istatistiksel olarak diğer gruplarla farklılık göstermemesi dentinin mikro sertliğine ve erozyonuna etkisi açısından bakıldığında avantaj olabilir.
- 7) Özellikle GA'nın istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha fazla smear tabakasını uzaklaştırması kanal patlarının dentine adezyonunda avantaj sağlayabilir.
- 8) EDTA ile benzerlik gösterdikleri için hem GA hem de EA'nın kök kanal tedavilerinde irrigasyon solüsyonu olarak kullanımlarının etkili bir yöntem olabileceği ve alternatif bir irrigasyon solüsyonu olarak kullanılabileceği düşüncesindeyiz.
- 9) Endodontik tedavide özellikle GA ile ilgili daha az çalışma olduğundan GA'nın, kök kanallarında meydana getirdiği etkilerin daha iyi anlaşılması, endodontik tedavide klinik kullanımda etkinliğinin değerlendirilmesi için daha fazla in vitro ve in vivo çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal*. 2004;37(9):607-12.
2. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 2006;32(5):389-98.
3. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics*. 2002;28(1):17-9.
4. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics—a review. *International Endodontic Journal*. 2010;43(1):2-15.
5. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*. 2010;54(2):291-312.
6. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Journal of Endodontics*. 1992;18(12):605-12.
7. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*. 2014;216(6):299-303.
8. Nygaard O. Chelation in root canal therapy. *Odon Tidskrift*. 1957;65:3-11.
9. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal*. 2002;35(11):934-9.
10. Amaral K, Rogero M, Fock R, Borelli P, Gavini G. Cytotoxicity analysis of EDTA and citric acid applied on murine resident macrophages culture. *International Endodontic Journal*. 2007;40(5):338-43.
11. Cecchin D, Farina AP, Vidal CM, Bedran-Russo AK. A novel enamel and dentin etching protocol using  $\alpha$ -hydroxy glycolic acid: surface property, etching pattern, and bond strength studies. *Operative Dentistry*. 2018;43(1):101-10.
12. Barcellos DPDC, Farina AP, Barcellos R, Souza MA, Borba M, Bedran-Russo AK, et al. Effect of a new irrigant solution containing glycolic acid on smear layer removal and chemical/mechanical properties of dentin. *Scientific Reports*. 2020;10(1):1-8.
13. Tartari T, Guimarães B, Amoras L, Duarte M, Silva e Souza P, Bramante C. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *International Endodontic Journal*. 2015;48(4):399-404.
14. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal*. 2009;42(4):335-43.

15. Cameron J. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 1983;9(7):289-92.
16. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics*. 2003;29(10):674-8.
17. Seltzer S, Bender I. Cognitive dissonance in endodontics. *Oral Surgery Oral Medicine and Oral Pathology*. 1965;20(4):505-16.
18. Yang S-E, Bae K-S. Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *Journal of Endodontics*. 2002;28(6):433-7.
19. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *Journal of Dental Research*. 1970;49(6):1359-68.
20. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*. 1975;1(7):238-42.
21. Lester K, KS L. Scanning Electron Microscopy Of Instrumented, Irrigated Anf Filled Root Canals. *Br Dent J*. 1977;143 359-367.
22. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 1984;10(10):477-83.
23. Gilboe DB, Svare CW, Thayer KE, Drennon DG. Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1980;44(3):310-6.
24. Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein F. The smear layer in endodontics. *Dental Clinics of North America*. 1990;34(1):13-25.
25. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2015.
26. Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *Journal of Endodontics*. 1994;20(2):78-82.
27. Michelich V, Schuster G, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *Journal of Dental Research*. 1980;59(8):1398-403.
28. Galvan DA, Ciarlone AE, Pashley DH, Kulild JC, Primack PD, Simpson MD. Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *Journal of Endodontics*. 1994;20(2):83-6.

29. Yamada RS, Armos A, Goldman M. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating. J Endodon. 1983;9:137-42.
30. George S, Kishen A, Song P. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. Journal of endodontics. 2005;31(12):867-72.
31. Gençoğlu N, Samani S, Günday M. Evaluation of sealing properties of Thermafil and Ultrafil techniques in the absence or presence of smear layer. Journal of Endodontics. 1993;19(12):599-603.
32. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1981;52(2):197-204.
33. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. Journal of Endodontics. 1982;8(11):487-92.
34. De Moor RJ, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. Journal of Endodontics. 2010;36(9):1580-3.
35. Takeda FH, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. Efficacy of Er: YAG laser irradiation in removing debris and smear layer on root canal walls. Journal of Endodontics. 1998;24(8):548-51.
36. Ingle JI, Beveridge EE, Glick DH, Weichman JA, Abou-Rass M. Modern endodontic therapy. Endodontics. 1994;2:1-57.
37. Peters L, Wesselink P. Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms. International Endodontic Journal. 2002;35(8):660-7.
38. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. Journal of Endodontics. 2009;35(6):891-5.
39. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. Journal of Endodontics. 2010;36(8):1361-6.
40. Alaçam T. Kök kanallarının irrigasyonu. Nobel Kitabevi Adana. 2012:529-86.
41. MK Çalışkan. Kanal aletleri ve kök kanal genişletme yöntemleri. İçinde: Çalışkan MK (editör). Endodontide tanı ve tedaviler. 2006:273-314.

42. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(6):658-66.
43. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical Oral Investigations*. 2017;21(9):2681-7.
44. Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *British Medical Journal*. 1915;2(2852):318.
45. Tawakoli PN, Ragnarsson KT, Rechenberg DK, Mohn D, Zehnder M. Effect of endodontic irrigants on biofilm matrix polysaccharides. *International Endodontic Journal*. 2017;50(2):153-60.
46. Zehnder M, Lehnert B, Schönenberger K, Waltimo T. Irrigants and intracanal medicaments in endodontics. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*. 2003;113(7):756-63.
47. Pashley DH, O'Meara JA, Williams EC, Kepler EE. Dentin permeability: effects of cavity varnishes and bases. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1985;53(4):511-6.
48. Byström A, Sunqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*. 1985;18(1):35-40.
49. Homayouni H, Majd NM, Zohrehei H, Mosavari B, Adel M, Dajmar R, et al. The effect of root canal irrigation with combination of sodium hypo-chlorite and chlorhexidine gluconate on the sealing ability of obturation materials. *The open Dentistry Journal*. 2014;8:184.
50. Doğan H, Çalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*. 2001;27(9):578-80.
51. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*. 2003;36(12):810-30.
52. Stewart GG. The importance of chemomechanical preparation of the root canal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1955;8(9):993-7.
53. Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1982;53(1):74-7.
54. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of Endodontics*. 1980;6(9):740-3.

55. Patterson SS. 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*. 1963;16(1):83-103.
56. Russell S. The effect of electrolyzed oxidative water applied using electrostatic spraying on pathogenic and indicator bacteria on the surface of eggs. *Poultry Science*. 2003;82(1):158-62.
57. Wayman BE, Kopp WM, Pinero GJ, Lazzari E. Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *Journal of Endodontics*. 1979;5(9):258-65.
58. Fogel H, Pashley DH. Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *Journal of Endodontics*. 1990;16(9):442-5.
59. Kataoka M, SAsAKI M, Hidalgo A-RG, NAKANO M, SHIMIzU S. Glycolic acid production using ethylene glycol-oxidizing microorganisms. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2001;65(10):2265-70.
60. Thibault PK, Wlodarczyk J, Wenck A. A double-blind randomized clinical trial on the effectiveness of a daily glycolic acid 5% formulation in the treatment of photoaging. *Dermatologic Surgery*. 1998;24(5):573-8.
61. Kim SJ, Won YH. The effect of glycolic acid on cultured human skin fibroblasts: cell proliferative effect and increased collagen synthesis. *The Journal of Dermatology*. 1998;25(2):85-9.
62. Bernstein EF, Lee J, Brown DB, Yu R, Van Scott E. Glycolic acid treatment increases type I collagen mRNA and hyaluronic acid content of human skin. *Dermatologic Surgery*. 2001;27(5):429-33.
63. Cecchin D, Bringhenti IL, Bernardi JB, Leal LO, Souza MA, Bedran-Russo AK, et al. Alpha-hydroxy glycolic acid for root dentin etching: Morphological analysis and push out bond strength. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2019;90:138-43.
64. Dal Bello Y, Porsch HF, Farina AP, Souza MA, Silva EJNL, Bedran-Russo AK, et al. Glycolic acid as the final irrigant in endodontics: Mechanical and cytotoxic effects. *Materials Science and Engineering: C*. 2019;100:323-9.
65. Dal Bello Y, Farina AP, Souza MA, Cecchin D. Glycolic acid: Characterization of a new final irrigant and effects on flexural strength and structural integrity of dentin. *Materials Science and Engineering: C*. 2020;106:110283.
66. De-Deus G, Zehnder M, Reis C, Fidel S, Fidel RAS, Galan Jr J, et al. Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *Journal of Endodontics*. 2008;34(1):71-5.
67. Basrani B, Santos JM, Tjäderhane L, Grad H, Gorduysus O, Huang J, et al. Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(2):240-5.

68. Okino L, Siqueira E, Santos M, Bombana A, Figueiredo J. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *International Endodontic Journal*. 2004;37(1):38-41.
69. Lima RKdP. Avaliação da difusão de íons hidroxila e da atividade antibacteriana de medicação intracanal á base de hidróxido de cálcio. 2010.
70. Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *Journal of Endodontics*. 1998;24(7):472-6.
71. Lima KC, Fava LR, Siqueira Jr JF. Susceptibilities of *Enterococcus faecalis* biofilms to some antimicrobial medications. *Journal of Endodontics*. 2001;27(10):616-9.
72. Dai L, Khechen K, Khan S, Gillen B, Loushine BA, Wimmer CE, et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *Journal of Endodontics*. 2011;37(1):80-4.
73. Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International Endodontic Journal*. 2012;45(4):363-71.
74. Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *Journal of Endodontics*. 2011;37(10):1380-5.
75. Mohammadi Z, Shalavi S, Yaripour S, Kinoshita J-I, Manabe A, Kobayashi M, et al. Smear layer removing ability of root canal irrigation solutions: a review. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2019;20(3):395-402.
76. Ballal NV, Tweeny A, Khechen K, Prabhu KN, Tay FR. Wettability of root canal sealers on intraradicular dentine treated with different irrigating solutions. *Journal of Dentistry*. 2013;41(6):556-60.
77. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavéz-Andrade GM, Kalatzis-Sousa NG, Hungaro Duarte MA, Faria G, et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech*. 2013;76(10):1079-83.
78. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*. 2003;29(3):170-5.
79. Shabahang S, Pouresmail M, Torabinejad M. In vitro antimicrobial efficacy of MTAD and sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*. 2003;29(7):450-2.
80. Shabahang S, Torabinejad M. Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis*–contaminated root canals of extracted human teeth. *Journal of Endodontics*. 2003;29(9):576-9.
81. Kho P, Baumgartner JC. A comparison of the antimicrobial efficacy of NaOCl/Biopure MTAD versus NaOCl/EDTA against *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*. 2006;32(7):652-5.

82. Tay FR, Hiraishi N, Schuster GS, Pashley DH, Loushine RJ, Ounsi HF, et al. Reduction in antimicrobial substantivity of MTAD after initial sodium hypochlorite irrigation. *Journal of Endodontics*. 2006;32(10):970-5.
83. Clegg M, Vertucci F, Walker C, Belanger M, Britto L. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of Endodontics*. 2006;32(5):434-7.
84. Lotfi M, Vosoughhosseini S, Saghiri MA, Zand V, Ranjkesh B, Ghasemi N. Effect of MTAD as a final rinse on removal of smear layer in ten-minute preparation time. *Journal of Endodontics*. 2012;38(10):1391-4.
85. Tay FR, Pashley DH, Loushine RJ, Doyle MD, Gillespie WT, Weller RN, et al. Ultrastructure of smear layer-covered intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. *Journal of Endodontics*. 2006;32(3):218-21.
86. Tay FR, Mazzoni A, Pashley DH, Day TE, Ngoh EC, Breschi L. Potential iatrogenic tetracycline staining of endodontically treated teeth via NaOCl/MTAD irrigation: a preliminary report. *Journal of Endodontics*. 2006;32(4):354-8.
87. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, oral Medicine, oral Pathology*. 1984;58(5):589-99.
88. Fariniuk LF, Baratto-Filho F, da Cruz-Filho AM, de Sousa-Neto MD. Histologic analysis of the cleaning capacity of mechanical endodontic instruments activated by the ENDOflash system. *Journal of Endodontics*. 2003;29(10):651-3.
89. Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P. Effect of lowering the pH of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. *Journal of Endodontics*. 2008;34(4):449-52.
90. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*. 2005;31(9):669-71.
91. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *Journal of Endodontics*. 2006;32(11):1091-3.
92. Moser JB, Heuer MA. Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1982;53(4):425-8.
93. Tay FR, Gu L-s, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):745-50.
94. Boutsoukakis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *International Endodontic Journal*. 2009;42(2):144-55.
95. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*. 2009;35(6):791-804.

96. Boutsoukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Van der Sluis L. The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *International Endodontic Journal*. 2010;43(10):874-81.
97. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1977;44(2):306-12.
98. Falk KW, Sedgley CM. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *Journal of Endodontics*. 2005;31(10):742-5.
99. Sedgley C, Nagel A, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *International Endodontic Journal*. 2005;38(2):97-104.
100. Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LW. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *Journal of endodontics*. 2010;36(5):875-9.
101. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*. 2006;32(12):1181-4.
102. Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. *Dentistry Today*. 2008;27(1):82, 4, 6-7.
103. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. 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*. 2008;41(7):602-8.
104. Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. 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*. 2008;41(1):60-71.
105. Wiggins S, Ottino JM. Foundations of chaotic mixing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2004;362(1818):937-70.
106. Ruddle C. Microbrush for endodontic use. Washington, DC.
107. Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals-a SEM evaluation: R2. 39. *International Endodontic Journal*. 2007;40(12):991-2.
108. Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(5):614-7.
109. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2002;28(12):837-9.

110. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental Traumatology*. 1985;1(2):69-76.
111. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*. 1987;13(3):93-101.
112. Caron G. Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. Paris: Paris VII University. 2007.
113. Ruddle CJ. Cleaning and shaping the root canal system. *Pathways of the Pulp*. 2002.
114. Richman MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med*. 1957;12:12-8.
115. Martin H, Cunningham WT, Norris JP, Cotton WR. Ultrasonic versus hand filing of dentin: a quantitative study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1980;49(1):79-81.
116. Walmsley A, Williams A. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *Journal of Endodontics*. 1989;15(5):189-94.
117. Çiçek Agde, Bodrumlu E. Endodontide ultrasonikler: derleme. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2012;2012(Supplement 6).
118. Cheung G, Stock C. In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics. *International Endodontic Journal*. 1993;26(6):334-43.
119. Ahmad M, Ford TP, Crum L, Walton A. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *Journal of Endodontics*. 1988;14(10):486-93.
120. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics*. 1999;25(11):735-8.
121. Van der Sluis L, Wu MK, Wesselink P. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *International Endodontic Journal*. 2005;38(10):764-8.
122. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal*. 2004;37(10):672-8.
123. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *International Endodontic Journal*. 2007;40(8):644-52.
124. Shin S-J, Kim H-K, Jung I-Y, Lee C-Y, Lee S-J, Kim E. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010;109(3):479-84.

125. Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *Journal of Endodontics*. 2011;37(9):1301-5.
126. Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of Endodontics*. 2007;33(5):611-5.
127. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics: a preliminary investigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1971;31(3):416-20.
128. Myers ML. The effect of laser irradiation on oral tissues. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1991;66(3):395-7.
129. Koba K, Kimura Y, Matsumoto K, Takeuchi T, Ikarugi T, Shimizu T. A histopathological study of the morphological changes at the apical seat and in the periapical region after irradiation with a pulsed Nd: YAG laser. *International Endodontic Journal*. 1998;31(6):415-20.
130. Miller M, Truhe T. Lasers in dentistry: an overview. *Journal of the American Dental Association* (1939). 1993;124(2):32-5.
131. Blanken J, De Moor RJG, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*. 2009;41(7):514-9.
132. Ekim Şa, Erdemir A. Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 25:98-104.
133. Mazeki K, Kimura Y, Yokoyama K, Matsumoto K. Preparation of root canal orifices by Er: YAG laser irradiation: in vitro and clinical observations. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*. 2003;21(2):85-91.
134. Ali Saghiri M, Asgar K, Gutmann JL, Garcia-Godoy F, Ahmadi K, Karamifar K, et al. Effect of laser irradiation on root canal walls after final irrigation with 17% EDTA or BioPure MTAD: X-ray diffraction and SEM analysis. *Quintessence International*. 2012;43(10).
135. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, DiVito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal of Endodontics*. 2011;37(7):1008-12.
136. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers in medical science*. 2012;27(2):273-80.
137. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *International Endodontic Journal*. 2000;33(3):173-85.
138. Yasuda Y, Kawamorita T, Yamaguchi H, Saito T. Bactericidal effect of Nd: YAG and Er: YAG lasers in experimentally infected curved root canals. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2010;28(S2):S-75-S-8.

139. Cohen BI, Deutsch AS, Musikant BL. Effect of power settings on temperature change at the root surface when using a holmium YAG laser in enlarging the root canal. *Journal of Endodontics*. 1996;22(11):596-9.
140. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *Journal of Endodontics*. 1997;23(5):301-6.
141. Özaşır T. Farklı final irrigasyon rejimlerinin çeşitli kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonuna etkisinin konfokal lazer tarama mikroskobu ile in vitro incelenmesi. 2014.
142. White RR, Goldman M, Lin PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*. 1984;10(12):558-62.
143. Çalışkan MK, Pehlivan Y, Sepetçioğlu F, Türkün M, Tuncer SŞ. Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *Journal of Endodontics*. 1995;21(4):200-4.
144. Goodis H, Marshall Jr G, White J. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Archives of Oral Biology*. 1991;36(8):561-6.
145. Paranjpe A, de Gregorio C, Gonzalez AM, Gomez A, Herzog DS, Piña AA, et al. Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation. *Journal of Endodontics*. 2012;38(2):226-31.
146. Akhlaghi NM, Rahimifard N, Moshari A, Vatanpour M, Darmiani S. The effect of size and taper of apical preparation in reducing intra-canal bacteria: a quantitative SEM study. *Iranian Endodontic Journal*. 2014;9(1):61.
147. Buchanan L. The standardized-taper root canal preparation–Part 1. Concepts for variably tapered shaping instruments. *International Endodontic Journal*. 2000;33(6):516-29.
148. Harrison JW. Irrigation of the root canal system. *Dental Clinics of North America*. 1984;28(4):797-808.
149. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*. 1987;13(4):147-57.
150. Yamashita J, Tanomaru Filho M, Leonardo M, Rossi M, Silva L. Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *International Endodontic Journal*. 2003;36(6):391-4.
151. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi J, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International Endodontic Journal*. 1987;20(5):228-32.
152. Meryon S, Tobias R, Jakeman K. Smear removal agents: a quantitative study in vivo and in vitro. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1987;57(2):174-9.

153. Saito K, Webb TD, Imamura GM, Goodell GG. Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2008;34(8):1011-4.
154. Takeda F, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *International Endodontic Journal*. 1999;32(1):32-9.
155. Cobankara FK, Erdogan H, Hamurcu M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2011;112(6):e149-e54.
156. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of Endodontics*. 2010;36(1):143-6.
157. Koçak S, Bağcı N, Çiçek E, Türker SA, Can Sağlam B, Koçak MM. Influence of passive ultrasonic irrigation on the efficiency of various irrigation solutions in removing smear layer: a scanning electron microscope study. *Microsc Res Tech*. 2017;80(5):537-42.
158. Malki M, Verhaagen B, Jiang L-M, Nehme W, Naaman A, Versluis M, et al. Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy. *Journal of Endodontics*. 2012;38(5):657-61.
159. Paqué F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *International Endodontic Journal*. 2011;44(2):148-53.
160. Susin L, Liu Y, Yoon J, Parente J, Loushine R, Ricucci D, et al. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *International Endodontic Journal*. 2010;43(12):1077-90.
161. Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Nusstein JM, Daehn GS. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *Journal of Endodontics*. 2005;31(1):40-3.
162. Bitter NC. Tannic acid for smear layer removal: pilot study with scanning electron microscope. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1989;61(4):503-7.
163. Yañez MJ, Barbosa SE. Changes in particle area measurements due to SEM accelerating voltage and magnification. *Microsc Res Tech*. 2003;61(5):463-8.
164. Yadav HK, Yadav RK, Chandra A, Tikku AP. A scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of etidronic acid, SmearClear and MTAD in removing the intracanal smear layer. *Journal of Dentistry*. 2017;18(2):118.
165. Kuruvilla A, Jaganath BM, Krishnegowda SC, Ramachandra PKM, Johns DA, Abraham A. A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2015;18(3):247.

166. Mankeliya S, Singhal RK, Gupta A, Jaiswal N, Pathak VK, Kushwah A. A Comparative Evaluation of Smear Layer Removal by Using Four Different Irrigation Solutions like Root Canal Irrigants: An In Vitro SEM Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2021;22(5):527-31.
167. Akyuz Ekim SN, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. *Microsc Res Tech*. 2015;78(3):230-9.
168. Guidotti R, Merigo E, Fornaini C, Rocca J-P, Medioni E, Vescovi P. Er: YAG 2,940-nm laser fiber in endodontic treatment: a help in removing smear layer. *Lasers in Medical Science*. 2014;29(1):69-75.



## **8. EKLER**

### **Ek-1. Etik Kurul Belgesi**



## 9. ORJİNALLİK RAPORU

ultrasonik aktivasyon sistemi ile farklı irrigasyon  
solüsyonlarının smear tabakası uzaklaştırma etkinliklerinin  
değerlendirilmesi

### ORJİNALLİK RAPORU

|                   |                     |            |                  |
|-------------------|---------------------|------------|------------------|
| % <b>15</b>       | % <b>14</b>         | % <b>2</b> | % <b>2</b>       |
| BENZERLİK ENDEKSİ | İNTERNET KAYNAKLARI | YAYINLAR   | ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ |

### BİRİNCİL KAYNAKLAR

|          |                                                                                                                  |             |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>1</b> | <b>acikbilim.yok.gov.tr</b><br>İnternet Kaynağı                                                                  | % <b>10</b> |
| <b>2</b> | <b>acikerisim.dicle.edu.tr</b><br>İnternet Kaynağı                                                               | % <b>2</b>  |
| <b>3</b> | <b>Submitted to The Scientific &amp; Technological<br/>Research Council of Turkey (TUBITAK)</b><br>Öğrenci Ödevi | % <b>1</b>  |
| <b>4</b> | <b>dspace.trakya.edu.tr:8080</b><br>İnternet Kaynağı                                                             | <% <b>1</b> |
| <b>5</b> | <b>Submitted to Gaziantep Aniversitesi</b><br>Öğrenci Ödevi                                                      | <% <b>1</b> |

## 10. ÖZGEÇMİŞ

