

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

KALSİYUM HİPOKLORİTİN SMEAR TABAKASINI KALDIRMA
YETENEĞİNE ISI VE SIVI AKTİVASYONUNUN ETKİSİ: BİR TARAMALI
ELEKTRON MİKROSKOBU ÇALIŞMASI

Damla ERKAL

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Kürşat ER

2024-ANTALYA

Damla ERKAL

UZMANLIK TEZİ

2024-ANTALYA

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

KALSİYUM HİPOKLORİTİN SMEAR TABAKASINI KALDIRMA
YETENEĞİNE ISI VE SIVI AKTİVASYONUNUN ETKİSİ: BİR TARAMALI
ELEKTRON MİKROSKOBU ÇALIŞMASI

Damla ERKAL

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Kürşat ER

“Kaynakça gösterilerek tezinden yararlanılabilir”

2024-ANTALYA

ONAY SAYFASI

Damla ERKAL tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/ oy çokluğu** ile Endodonti Anabilim Dalı Diş Hekimliğinde Uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kürşat ER
Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi
Endodonti Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Alper KUşTARCI
Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi
Endodonti Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Damla KIRICI
Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi
Endodonti Anabilim Dalı

Bu tez, Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görölmüş ve Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakóltesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Arş. Gör. Damla ERKAL

İmza

Prof. Dr. Kürşat ER

İmza

TEŞEKKÜR

Sadece uzmanlık eğitimimde değil, akademik ve mesleki gelişimimde de bana sağladığı rehberlik, destek ve ilham, göstermiş olduğu sabır, anlayış ve teşvik edici yaklaşım için, uzmanlık sürecimin her aşamasında bana güç veren, tez sürecimdeki emekleri ve katkıları büyük olan danışman hocam Prof. Dr. Kürşat ER'e,

Klinik ve akademik eğitim sürecimde yol göstericiliğiyle gelişimime destek olan, sağladığı vizyon ile mesleki yolculuğumda önemli bir rol oynayan Prof. Dr. Alper KUŞTARCI'ya, uzmanlık eğitimim boyunca tecrübelerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Öznur GÜÇLÜER'e, eğitimim boyunca klinik ve akademik alandaki bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, desteği ve ilgisiyle yanımda olan, değerli hocam Doç. Dr. Damla KIRICI'ya,

Heyecan ve umutla başladığım bu yolda ilk anımdan son anıma kadar, başarılı veya başarısız her anımda yanımda olan, bütün bilgilerini benimle paylaşan, gerektiğinde bir hoca gerektiğinde bir abla olan çok sevdiğim hocam Dr. Öğr. Gör. Hatice HARORLI'ya, hem klinik hem akademik anlamda bilgisine sonsuz güvendiğim, her sıkıntıda yanına koştüğüm, meslek hayatımın her alanında bana destek olan ve kendisini her konuda rol model aldığım çok kıymetli hocam Dr. Öğr. Gör. Simay KOÇ DEVECİ'ye

Uzmanlık eğitimimin en başından her zorluğa birlikte göğüs gerdiğimiz her aşamayı birlikte atlattığımız canım eş kıdemlim Dide TEKİNARSLAN'a, üç yıl boyunca bana her zaman abla şefkati ile yaklaşan çok değerli kıdemlim Fatıma EKİM'e ve diğer çalışma arkadaşlarıma,

Her mutluluğumda, her sıkıntıda yanımda olan, her düştüğümde beni ayağa kaldıran, her heyecanıma benimle ortak olan sevgili yol arkadaşım Yunus Emre ÇAKMAK'a

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan canım annem ve babam Şerife-Şükrü ERKAL'a ve teyzem Hatice ORUÇ'a, her zaman bana yol gösteren ve her adımda yanımda olan, en büyük destekçim canım ablam Uzm. Dr. Duygu ERKAL TONKAZ'a,

Tüm içtenliğimle sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kalsiyum hipoklorit (KH) irigasyon solüsyonunun kök kanal tedavisinde smear tabakasını kaldırma yeteneğini ve ısı ile sıvı aktivasyon yöntemlerinin bu etki üzerindeki rolünü değerlendirmektir.

Yöntem: Bu çalışmada, apikal gelişimini tamamlamış, çürüksüz, tek köklü ve düz yapıda olan 160 adet alt çene küçük azı diş seçilmiştir. Dişler standardizasyon için, çalışma boyları 15 mm olacak şekilde dekoronize edilmiştir. Apikal açıklık, 10 numara K tipi eğe ile şekillendirildikten sonra kök kanalları, sırasıyla ProTaper Next X1, X2, X3 ve X4 ile hazırlanmıştır. Preparasyon işlemleri yapıldıktan sonra örnekler her bir grupta 16 adet diş olacak şekilde rastgele 10 gruba ayrıldı. Grup 1 kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Grup 2, ısıtılmamış (oda sıcaklığında) KH ve XP-Endo Finisher kullanılarak hazırlanmıştır. Grup 3'te kanal dışında ısıtılmış KH ve XP-Endo Finisher uygulanırken, Grup 4'te kanal içinde ısıtılmış KH ve XP-Endo Finisher kullanılmıştır. EDDY cihazı ile yapılan uygulamalarda ise, Grup 5'te ısıtılmamış KH, Grup 6'da kanal dışında ısıtılmış KH ve Grup 7'de kanal içinde ısıtılmış KH uygulanmıştır. Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI) ile yapılan uygulamalarda, Grup 8 ısıtılmamış KH, Grup 9 kanal dışında ısıtılmış KH ve Grup 10 kanal içinde ısıtılmış KH ile hazırlanmıştır.

Bulgular: Bu çalışmanın sonucunda kanal içinde ve dışında ısıtılmış KH'nin smear tabakasının uzaklaştırılmasında daha başarılı bir etkiye sahip olduğunu gösterilmiştir. Özellikle kanal içi ısıtılmış KH ve aktivasyonun, smear tabakasının ortadan kaldırılma etkinliğini artırdığı bulunmuştur.

Sonuç: Kontrol grubunun her bölgede en fazla smear tabakası içerdiğini, kanal içi ısıtılmış PUI grubunun ise tüm bölgelerde en etkili temizliği sağladığını göstermiştir. KH'nin potansiyelini daha iyi anlamak için ek çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: kalsiyum hipoklorit, aktivasyon, smear tabakası, taramalı elektron mikroskopu

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to evaluate the smear layer removal ability of calcium hypochlorite (CH) irrigation solution in root canal treatment and to assess the role of heat and liquid activation methods on this effect.

Method: In this study, 160 single-rooted, and straight mandibular premolars with complete apical development were selected. The teeth were decoronized to a working length of 15 mm for standardization. After shaping the apical foramen with a size 10 K-file, the root canals were prepared with ProTaper Next files X1, X2, X3, and X4 in sequence. Following preparation, the samples were randomly divided into 10 groups of 16 teeth each. Group 1 was designated as the control group. Group 2 was prepared with non-heated CH and XP-Endo Finisher. In Group 3, extra-canal heated CH and XP-Endo Finisher were applied, while Group 4 received intra-canal heated CH and XP-Endo Finisher. For applications using the EDDY device, Group 5 was prepared with non-heated CH, Group 6 with extra-canal heated CH, and Group 7 with intra-canal heated CH. For Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) applications, Group 8 was prepared with non-heated CH, Group 9 with extra-canal heated CH, and Group 10 with intra-canal heated CH.

Conclusion: The control group exhibited the highest smear layer retention in all regions, while the intra-canal heated PUI group provided the most effective cleaning in all areas. Further studies are needed to better understand the potential of CH.

Conclusion: The control group contained the highest amount of smear layer in all regions, while the canal-heated PUI group achieved the most effective cleaning across all regions. Further in vitro and in vivo studies are necessary to better understand the potential of CH.

Keywords: calcium hypochlorite, activation, smear layer, scanning electron microscope

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	10
2. GENEL BİLGİLER	13
2.1. Smear Tabakası	13
2.1.1. Smear Tabakasının Yapısı ve İçeriği	14
2.1.2. Smear Tabakasının Kalınlığı ve Etkileyen Faktörler	15
2.1.3. Smear Tabakasının Rolü ve Önemi	15
2.1.4. Smear Tabakasının Kaldırılması ile İlgili Görüşler	16
2.1.5. Smear Tabakasının Kaldırılmasında Kullanılan Yöntemler	17
2.2. Kök Kanal Tedavisinde İrigasyon Protokolleri	18
2.2.1. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan İrigasyon Solüsyonları	19
2.2.1.1 Sodyum Hipoklorit (NaOCl) (SH)	19
2.2.1.2. Kalsiyum Hipoklorit [Ca(OCl) ₂] (KH)	23
2.2.1.3. Şelasyon Ajanları	24
2.2.1.4. Klorheksidin Glukonat (KHG)	26

2.2.1.5. Diğer İrigasyon Solüsyonları	27
2.3. İrigasyon Aktivasyon Yöntemleri	28
2.3.1. Geleneksel İğne İrigasyonu	29
2.3.2. Manuel Dinamik Aktivasyon	29
2.3.3. Endodontik Fırçalar	30
2.3.4. Sonik Aktivasyon	31
2.3.5. Ultrasonik Aktivasyon	32
2.3.6. XP-Endo Finisher	33
2.3.7. Döner Sistemler ile Eğeleme İşlemi Sırasında Devamlı İrigasyon ..	34
2.3.8. Ardışık Düzenli Basınç Oluşturan Sistemler ile Aktivasyon	35
2.3.9. Lazerler ile Aktivasyon	35
2.3.10. GentleWave Sistemi ile Aktivasyon	37
2.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM)	37
3. GEREÇ ve YÖNTEM	42
3.1. Çalışma Modelinin Oluşturulması ve Örneklem Büyüklüğü	39
3.2. Dişlerin Seçimi	39
3.3. İrigasyon Solüsyonlarının Hazırlanması	40
3.4. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	41
3.5. Çalışma Gruplarının Oluşturulması	42

3.6. Örneklerin TEM İçin Hazırlanması	49
3.7. Örneklerin TEM İncelenmesi	50
3.8. Örneklerin TEM Görüntülerinin Skorlanması	51
3.9. İstatistiksel Analiz	57
4. BULGULAR	58
5. TARTIŞMA	68
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	78
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	98
EKLER	104

TABLÖLAR DİZİNİ

- Tablo 4.1.** Grup 1 (kontrol grubunun) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.2.** Grup 2 (oda ısısında, XP-Endo Finisher) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.3.** Grup 3 (kanal dışında 55 °C'ye ısıtılmış, XP-Endo Finisher) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.4.** Grup 4 (kanal içinde 150 °C'ye ısıtılmış, XP-Endo Finisher) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.5.** Grup 5 (oda ısısında, EDDY) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.6.** Grup 6 (kanal dışında 55 °C'ye ısıtılmış, EDDY) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.7.** Grup 7 (kanal içinde 150 °C'ye ısıtılmış, EDDY) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.8.** Grup 8 (oda ısısında, PUİ) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.9.** Grup 9 (kanal dışında 55 °C'ye ısıtılmış, PUİ) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.10.** Grup 10 (kanal içinde 150 °C'ye ısıtılmış, PUİ) apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri
- Tablo 4.11.** Ölçümlerin “Gruba ve Yüzeye göre” iki yönlü karşılaştırma sonuçlarının istatistiksel verileri

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 2.1.** SH ile su (H₂O) arasındaki reaksiyon
- Şekil 2.2.** Sodyum hipokloridin sabunlaşma reaksiyonu
- Şekil 2.3.** Aminoasit-Hipokloröz asit nötralizasyon reaksiyonu
- Şekil 2.4.** SH'nin Kloraminasyon reaksiyonu
- Şekil 3.1.** Dişlerin seçimi
- Şekil 3.2** İrigasyon solüsyonlarının hazırlanması
- Şekil 3.3.** #10 no K-tipi eğe kullanılarak stereomikroskop (Zeiss Stemi, CarlZeiss/GmbH, Germany) altında apikal açıklık kontrolü
- Şekil 3.4.** ProTaper Next eğeleri ve X Smart Plus endodontik motor
- Şekil 3.5.** Çalışma Grupları
- Şekil 3.6.** 30 G yandan perfore çift delikli irigasyon iğnesi ve 2 ml dental enjektör
- Şekil 3.7.** XP-Endo Finisher
- Şekil 3.8.** Solüsyonun kanal dışarısında 55 °C'ye ısıtılması
- Şekil 3.9.** Fast-Pack Pro cihazı ile solüsyonun kanal içerisinde 150 °C'ye ısıtılması
- Şekil 3.10.** EDDY
- Şekil 3.11.** PUİ'de kullanılan aktivasyon uçları
- Şekil 3.12.** Dişlerin longitudinal 2 parçaya ayrılması

Şekil 3.13. Örneklerin TEM incelemesi için hazırlanması

Şekil 3.14. Kullanılan TEM cihazı

Şekil 3.15. Skor 1 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği

Şekil 3.16. Skor 2 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği

Şekil 3.17. Skor 3 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği

Şekil 3.18. Skor 4 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği

Şekil 3.19. Skor 5 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği

Şekil 3.20. Bütün gruplardan alınan TEM görüntülerinden örnekler

Şekil 4.1. Grupların, smear tabakası kaldırma yeteneklerinin skorlarının ortalama değerlerinin grafik görüntüsü

SİMGELER ve KISALTMALAR

SH	: Sodyum Hipoklorit
HOCl	: Hipokloröz asit
KHG	: Klorheksidin Glukonat
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
KH	: Kalsiyum Hipoklorit
<i>E. faecalis</i>	: <i>Enteroccus Faecalis</i>
TEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
NiTi	: Nikel Titanyum
dk.	: dakika
<i>S. mutans</i>	: <i>Streptococcus Mutans</i>
sn.	: saniye
G	: Gauge
Gii	: Geleneksel İğne İrigasyonu
Ui	: Ultrasonik İrigasyonu
Pui	: Pasif Ultrasonik İrigasyonu
PİPS	: Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma
SWEEPS	: Şok Dalgası Destekli Emisyon Fotoakustik Akış
GWS	: GentleWave Sistemi
PTN	: ProTaper Next Eğeleri
<i>P. vulgaris</i>	: <i>Proteus Vulgaris</i>

GİRİŞ

Kök kanal enfeksiyonları tipik olarak polimikrobiyaldır ve güçlü bakteriyel etkileşimler içermektedir. Endodontik tedavinin amacı, önceden var olan bir periapikal lezyonun iyileşmesini sağlamak veya periradiküler dokuların enfeksiyonunu önlemek için enfekte içeriği kök kanal sisteminden uzaklaştırmaktır (1). Günümüzde, tedavi sonrasında kök kanal boşluğunda kalan ya da dolu kanal sistemini yeniden kolonize eden mikroorganizmaların endodontik başarısızlığın ana nedeni olduğu gösterilmiştir (2).

Kök kanal tedavisinin optimal prognozu, enfekte kök kanallarından mikroorganizmaların etkili bir şekilde ortadan çıkarılmasıyla ilgilidir. Bu tedavide olumlu bir prognoz elde edebilmek, endodontik tedavinin odak noktası olan, kemomekanik debridman ve biyomekanik hazırlık yoluyla dezenfeksiyona ve ardından kök kanal sisteminin kaliteli bir şekilde obturasyonuna yöneliktir (3).

Günümüzde etkin kök kanalı dezenfeksiyonu, pulpa dokusu kalıntılarının ortadan kaldırılması ve kök kanalı dolgusu öncesinde smear tabakasının uzaklaştırılması yoluyla dentin kanal duvarlarının yüzey hazırlığını desteklemek için farklı irigantlar kullanılmaktadır (4). Ayrıca, bu irigantlar eğe ve dentin arasındaki sürtünmeyi azaltarak, eğelerin kesme etkinliğini artırır. Kök kanal irigantları günümüze kadar pek çok kez incelenmiş ve farklı tedavilerin etkinliğini inceleyen çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Her ne kadar distile su ve steril salin dokulara uyumlu olsa da bu irigantlar tek başına pulpa dokusunu, debris ve bakteriyel biyofilmi kök kanalından uzaklaştırmak için yetersizdir. Bu nedenle sodyum hipoklorit (SH), klorheksidin glukonat (KHG), etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) gibi pek çok irigant bu amaçla kullanılmaktadır (5).

Endodontide en yaygın kullanılan irigantlarından birisi SH'dir ve konsantrasyonu %0.5-5.25 arasında değişmektedir. Geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivitesi, organik maddeyi çözmedeki etkinliği ve kök kanallarının temizlenmesine yardımcı

olmasından dolayı Endodonti’de altın standart kabul edilmektedir. Ayrıca, SH kullanımı, nekrotik doku artıklarının yanı sıra biyofilmin de uzaklaştırılmasında etkilidir (5,6). Diğer bir taraftan, SH sitotoksiktir ve periapikal alana ekstrüzyon durumunda lokal doku nekrozuna neden olabilmektedir. Bu nedenle, SH ile aynı etkinliğe sahip, ancak daha düşük sitotoksisiteye sahip alternatif irigantlara ihtiyaç duyulmaktadır (7).

Kalsiyum hipoklorit (KH), özellikle su arıtma ve endüstriyel sterilizasyon için kullanılan alkali beyaz bir tozudur. Son zamanlarda, KH’in *Enterococcus faecalis*’e (*E. faecalis*) karşı etkili olduğu, ayrıca doku çözünmesini desteklediği, kimyasal olarak stabil ve biyouyumlu olduğu gösterilmiştir (8). KH kimyasal olarak SH’e benzeyen ve SH’in 2 katı hipokloröz asit oluşturan bir klor kaynağıdır (7). Bu özellikleri ile de Endodonti’de kök kanal irigasyonu için alternatif bir seçenek olarak ortaya çıkmıştır.

İrigantlarının kök kanal dezenfeksiyonundaki etkisini arttırmak ve daha geniş alana yayılmasını sağlamak için bu irigantların mekanik özelliklerini değiştirmek ve çeşitli aktivasyon yöntemleri ile birlikte kullanımı gerekmektedir.

İrigasyon aktivasyon yöntemleri manuel aktivasyon veya makine destekli aktivasyon teknikleri olarak kategorize edilir. Manuel aktivasyon yöntemlerinden biri olan konvansiyonel iğne irigasyonu sırasında, irigantlar irigasyon iğnesinin apikalini geçemez. Bu nedenle, kullanılan irigantlarının, radiküler kanal sistemi içinde irigantlarının akışını, etkinliğini ve dağılımını artırmak için alternatif yöntemler ve irigasyon aktivasyon cihazlarının kullanılması önerilmiştir (9).

Kök kanal tedavisi sırasında, endodontik eğelerin kullanımında kanal duvarlarıyla doğrudan temas ettiği yerlerde bir smear tabakası oluşmaktadır. Smear tabakasının ilk olarak tanımlanması, taramalı elektron mikroskobu (TEM) kullanılarak mümkün olmuş ve Eick ve ark.’nın (10) yaptığı çalışmada gösterilmiştir. Smear tabakası mikroorganizmalar gibi organik yapıları ve kollajen matriks gibi inorganik yapıları içermektedir. Smear tabakasının kaldırılmasının, kök kanal tedavisinin başarısını arttırdığı gösterilmiştir. Mevcut smear uzaklaştırma yöntemleri tüm kanallar boyunca

tam olarak etkili değildir ve bu tabakayı ortadan kaldırmak için kullanılacak yöntemlerle ilgili fikir birliği bulunmamaktadır (10).

Daha önce yapılmış pek çok çalışmada (11-13) SH'in farklı sıcaklık ve aktivasyon yöntemleri kullanılarak kök kanal tedavisinde etkilerine bakılmıştır. Ancak, incelememiz sonucunda ulaştığımız bulgulara göre KH'nin farklı sıcaklık ve aktivasyon yöntemleri kullanılarak kök kanal tedavisinde smear tabakası üzerine etkilerini inceleyen başka bir çalışma bulunamamıştır.

Çalışmamızın amacı, 3 farklı aktivasyon tekniği (sonik, ultrasonik, XP-Endo Finisher) ile kanal içinde ısıtılmış ve kanal dışında önceden ısıtılmış KH'in smear tabakasını kaldırma yeteneğinin, TEM ile değerlendirilmesidir.

Çalışmamızda sıfır hipotezi olarak kanal içinde ısıtılmış KH solüsyonunun, aktivasyon teknikleri kullanılan tüm gruplarda; smear tabakasını kaldırma yetenekleri arasında fark olmayacağı kabul edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Endodonti, orofasiyal ağrının ayırıcı tanısı ve yönetimi, pulpanın sağlığını korumak için vital pulpa tedavilerini, cerrahi olmayan kök kanal tedavisini, yeniden kök kanal tedavisini, cerrahi endodontik tedaviyi ve rejeneratif tedavileri kapsar. Başarılı bir kök kanal tedavisinin hedefi kök kanal sistemini temizleyerek, şekillendirerek ve sızdırmaz bir şekilde kapatarak pulpal ve periapikal patolojileri ortadan kaldırmaktır (14,15).

1960'larda yapılmış olan bazı araştırmalar, apikal periodontitisin oluşması için diş kaynaklı enfeksiyonların gerekli olduğunu göstermiştir (16). 1970'ler ve 1980'lerde yapılan çalışmalar, enfekte kök kanallarının mikrobiyolojisi, irigantları ve kanal içi medikasyonun kök kanalının dezenfeksiyonu üzerindeki etkileri hakkında daha fazla bilgi sağlamıştır (17). Son 20 yılda ise endodontik patolojinin doğasına ilişkin bilgilerimiz artmış olup endodontik tedavinin sonucunu etkileyen faktörler ve mikrobiyal biyofilmler bu bilgiler arasında yer almaktadır (15,18).

2.1. Smear Tabakası

Smear tabakası, mekanik temizlik için el veya döner eğeler ile yapılan preparasyon sonucunda mine ve dentin yüzeyinde meydana gelen, dentin tübüllerini kaplayan çamurumsu yapıya verilen isimdir (19). Koronal kavite preparasyonu ve kök kanallarının mekanik preparasyonu sırasında ortaya çıkan smear tabakaları, kullanılan eğelerin farklı olması veya dentin tübül sayılarındaki farklılıklar nedeniyle değişiklik göstermektedir (19).

Smear tabakası ilk olarak, Eick ve ark. (20) tarafından yapılan bir çalışmada, TEM kullanılarak gösterilmiştir. Preparasyon yapılmış kök kanallarının yüzeyinde oluşan smear tabakasını gösteren ilk araştırmacılar ise McComb ve Smith'tir (21). Smear tabakasının bölümlerinden biri olan koronal smear tabakası gibi yalnızca dentinden değil, aynı zamanda odontoblastik çıkıntılarının, pulpa dokusunun ve bakterilerin kalıntılarından da oluştuğunu ileri sürmüşlerdir.

2.1.1. Smear Tabakasının Yapısı ve İçeriği

Smear tabakasının içeriğinde organik ve inorganik maddeler bulunmaktadır. Smear tabakasının içeriğinde koagüle olmuş proteinler, nekrotik dokular, pulpa artıkları, kan hücreleri, mikroorganizmalar ve artıkları, odontoblast hücrelerinin uzantıları ve dentin talaşları yer almaktadır. Kök kanal preparasyonu sırasında mekanik temizliğin ilk aşamalarında pulpa dokusunun varlığından kaynaklı olarak smear tabakasında organik içeriğin daha yoğun olduğu, pulpa dokusu uzaklaştırıldıkça inorganik içeriğin yüzdesinin arttığı gösterilmiştir (21,22).

Smear tabakasının yapısı yüzeysel tabaka ve derin tabaka olmak üzere 2 bölüme ayrılmaktadır. Yüzeysel tabaka, 1-2 μm kalınlığında iken derin tabaka 6-40 μm kalınlığında ölçülmüştür. Derin tabaka dentin tübüllerinin içine uzanmaktadır. İçeriğinde 2 farklı tabaka olması nedeniyle smear tabakasına bilaminar tabaka da denilmektedir (23,24).

TEM ile incelendiğinde, smear tabakası düzensiz, amorf ve granüler bir görünüme sahiptir. Bu görüntü, tedavi sırasında, diş dokularında yapılan preparasyonlar sonucunda, dentin duvarlarının yüzeysel bileşenlerinin yer değiştirmesi nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir (19).

Smear tabakasının içinde bulunan organik ve inorganik bileşenler, dentin tübüllerine penetre olmaktadır. Bu şekilde oluşan yapı smear tıkaçları olarak isimlendirilmektedir. Smear tabakasının oluşumu ve dentin tübüllerine penetrasyonu farklı yaklaşımlarla ele alınmıştır. Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan eğeler farklı kinematik hareketler meydana gelen smear tabakası dentin tübüllerine penetre olmaktadır. Smear tabakasının dentin tübüllerine penetre olmasını, dentin tübülleri ve smear tabakası arasındaki adeziv kuvvetler prensibine dayanarak açıklayan başka bir mekanizma ise akışkanlar dinamiği yasasıdır. Yapılan çalışmalarda (26,27) yüzey aktif ajanlar kullanıldığında smear tabakasının penetrasyon derinliğinin, 110 μm 'ye kadar çıkabildiği bildirilmiştir.

2.1.2. Smear Tabakasının Kalınlığı ve Etkileyen Faktörler

Smear tabakasının kalınlığı temel olarak kullanılan aşındırıcı parçacıkların boyutuna bağlıdır. Aşındırıcı parçacık boyutunun büyüklüğü ile smear tabakasının kalınlığı doğru orantılıdır (25). Ayrıca, kullanılan eğelerin keskinliği, tipi, yapısı, eğeleme kuvvetine, dentinin ıslak ya da kuru olması, irigantın tipi ve uygulanma şekli de smear tabakasının kalınlığını etkilemektedir (22,26).

Nikel-Titanyum (NiTi) döner eğeler ile el eğelerinin smear tabakası oluşturma miktarları kıyaslandığında, döner eğelerin daha fazla miktarda smear tabakası oluşturduğu bildirilmiştir (27). Benzer şekilde el eğelerine kıyasla, Gates-Glidden frezler ve post frezlerinin ise daha fazla smear tabakası oluşturduğu bildirilmiştir. Çelik frezlerin ise elmas frezlere göre daha az smear tabakası meydana getirdiği tespit edilmiştir. Kanal eğesinin çeşidine, uygulama yöntemi ve uygulama kuvvetine bağlı olarak dışarı yönde meydana gelen merkezkaç kuvvetleri de smear tabakasının kalınlığını arttırabilmektedir (28).

2.1.3. Smear Tabakasının Rolü ve Önemi

Kök kanal tedavisi, mikroorganizmaların ve enfekte dentin yapısının, kök kanallarından kemomekanik temizlik ile uzaklaştırılmasını içermektedir. Kanal tedavisinin başarısını belirleyen önemli etkenlerden biri de dolgunun kanal duvarlarına karşı oluşturduğu sızdırmazlıktır (19). Smear tabakasının apikal ve koronal tıkama üzerindeki etkisini anlamak amacı ile çeşitli çalışmalar (29-31) yapılmıştır.

Smear tabakası ile dolgu tekniği ve pat tipi gibi faktörler arasındaki etkileşimlere ilişkin mevcut bilgilerin sınırlı olması nedeniyle çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca, sonuçlara varılmadan önce çalışmaların metodolojisi, sızıntı testlerinin türü, yeri ile örneklem büyüklüğü gibi değişkenler dikkate alınmalıdır (32).

Bazı araştırmacılar (33-35) smear tabakasının korunmasının dentin tübüllerini tıkayabileceği ve dentin geçirgenliğinde değişkenlik yaparak, mikroorganizma veya ürünlerinin penetrasyonunu sınırlayabileceğini ileri sürmektedir. Başka bazı araştırmacılar (22,24) ise, düzensiz ve amorf bir yapısı olan smear tabakasının, mikroorganizmalar içerebileceği ve sızıntıya sebep olabileceğini bu nedenle kök kanal duvarının yüzeyinden tamamen kaldırılması gerektiği görüşündedir. Bununla birlikte irigantları, kalsiyum hidroksit ve diğer kanal içi ilaçların dentin tübüllerine penetrasyonu önleyerek, dentin tübüllerinin etkin dezenfeksiyonunu sınırlayabileceği bildirilmiştir (22,24,36).

2.1.4. Smear Tabakasının Kaldırılması ile İlgili Görüşler

Smear tabakasının korunması veya kaldırılması konusu hala tartışmalıdır (19). Bazı araştırmacılar smear tabakasının ortadan kaldırılması gerektiğini savunurken (34,37,38), diğerleri ise (39,40), smear tabakasının apikal ve koronal mikrosızıntı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir.

Smear tabakasının kaldırılması gerektiğini destekleyen görüşler;

Smear tabakasının büyük bir oranda su içerdiği için kalınlığı ve hacminin tahmin edilemeyeceğini savunulmuştur (41).

Smear tabakası, bakterileri, bunların yan ürünlerini ve nekrotik dokuları içermektedir. Bu yapılar için bir dayanak işlevi üstlenerek onların dentin tübüllerine daha derin nüfuz etmesini sağlar (42).

Smear tabakası varlığında, dezenfektanlar ve kanal içi ilaçların, dentin tübüllerinin içindeki mikroorganizmalara teması azaldığı için etkileri de azalmaktadır (43).

Smear tabakasının dentin tübüllerine penetrasyonu, kök kanal tedavisi sırasında çinko oksit öjenol bazlı patlar kullanıldığında azalmaktadır. Gençoğlu ve ark. (44) yaptıkları bir çalışmada termoplastik gutta-perkanın, dentin tübüllerine daha iyi penetrasyonu için smear tabakasının kaldırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Gutmann ve ark. (45) termoplastik dolum yöntemlerinin penetrasyonun, diğer kanal

dolum yöntemlerine göre smear tabakası varlığından daha çok etkilendiğini bildirmiştir.

Preparasyon sırasında oluşan smear tabakası, kullanılan eğelerin kesici bölgelerinde stres oluşturarak kök kanal tedavisini zorlaştırmaktadır. Oluşan smear tabakasının içeriğinde inorganik bileşenler, organik doku artıkları ve mikroorganizmalar bulunmaktadır. Bu tabaka kemomekanik preparasyon sonucunda temizlenmiş yüzeyleri kaplayarak kanal içi ilaçların etkinliğini azaltmaktadır. Ayrıca, kanal dolgu materyallerinin dentin yüzeyine ve tübüllerine adaptasyonu ve bağlantısını engellemektedir. Yapılan bir derlemede (49) smear tabakasının kaldırılmasının, kök kanal tedavisinde başarılı bir sonuç elde edilmesini arttırdığı bildirilmiştir. Smear tabakasının enfekte içeriğe sahip olması, dentin tübüllerinde mikroorganizmaların varlığını sürdürebilmesi gibi sebeplere bağlı olarak daha başarılı bir tedavi sonucu smear tabakasının ortadan kaldırılmasının gerekliliği, daha sık kabul görmektedir (46-49).

2.1.5. Smear Tabakasının Kaldırılmasında Kullanılan Yöntemler

Smear tabakasını kaldırmak için, pek çok kimyasal ajan araştırılmıştır. Kaufman ve ark. (50) kök kanalını temizlemek için kullanılan irigantların, preparasyon sırasında oluşan kalıntı ve smear tabakasını uzaklaştırmak için gerekli olduklarını belirtmişlerdir. Organik dokuları çözebilen ve aynı zamanda smear tabakasının inorganik içeriğini ortadan kaldırabilen tek bir solüsyon bulunmadığından organik ve inorganik artıkları kaldıran irigantların sıralı kullanımı önerilmiştir (19).

SH, kök kanal tedavisinde sıklıkla kullanılan bir irigant olmasına rağmen kök kanal duvarlarından smear tabakasını uzaklaştırma kapasitesinin yeterli olmadığı bulunmuştur. Pek çok yazarın ulaştığı sonuç, enstrümantasyon sırasında veya sonrasında SH kullanımının, smear tabakasının mevcut olduğu, yüzeysel olarak temiz kök kanal duvarları oluşturduğu yönündedir (19,51). Dentin yapısında bulunan kalsiyum ve fosfat mineralleri suda çözünbilmektedir. EDTA, dentin içeriğindeki hidroksiapatit yapısında yer alan kalsiyum iyonlarıyla şelat oluşturma yoluyla

dekalsifikasyona neden olmaktadır. Çözünen iyonlar EDTA ile kompleks oluşturarak ortamdan uzaklaşırken, dentin içindeki yeni kalsiyum iyonları çözünme sürecine girmektedir. Kuah ve ark. (52) %17'lik EDTA'nın, oluşan smear tabakası ve debris etkin bir şekilde uzaklaştırabilmesi için 1 dk. ultrasonik aktivasyon ile birlikte uygulanmasının ideal olduğunu belirtmişlerdir.

Çok sayıda yazar (43,51), EDTA ve SH'nin dönüşümlü kullanımıyla sadece smear tabakasının değil yumuşak dokuların ve artıkların da uzaklaştırılmasının sağlanabileceği konusunda hemfikirdir. Goldman ve ark. (53) çeşitli EDTA ve SH kombinasyonlarının etkisini araştırmış ve en etkili son irigasyonun, 10 mL %17 EDTA ve ardından 10 mL %5.25 SH ile yapıldığını bildirmiştir; bu bulgu Yamada ve ark. (43) tarafından da doğrulanmıştır.

2.2. Kök Kanal Tedavisinde İrigasyon Protokolleri

İrigasyon, pek çok önemli mekanik, kimyasal ve biyolojik fonksiyonu üstlendiği için başarılı bir kök kanal tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır. İrigasyon aynı zamanda kök kanal duvarlarının, endodontik eğeler ile ulaşamayan alanlarına etki etmenin tek yoludur. İrigantlar, enstrümantasyon süreci boyunca ve sonrasında mikroorganizmaların, nekrotik ve enfekte dokuların, aynı zamanda dentin artıkları gibi kalıntıların elimine edilmesine ve uzaklaştırılmasına katkı sağlamaktadır (54).

Kanal tedavisinde irigasyonun yararları şunlardır (15,54); (a) Ege ile dentin arasında oluşan sürtünmeyi azaltmaktadır, (b) Mekanik preparasyonda kullanılan eğelerin kesme etkinliklerini arttırmaktadır, (c) İrigantlar dokuları çözmekte ayrıca tedavi sırasında dişi ve çevre dokularını soğutmaktadır, (d) Sert ve yumuşak dokunun kök kanalında apikal bölgede birikmesini ve mikroorganizmaların periapikal dokulara itilmesini önlemektedir, (e) Smear tabakasını ortadan kaldırarak, dentin tübülleri içerisine irigantların penetrasyonunu kolaylaştırır, (f) Mekanik şekillendirmeye ulaşamayan alanlar temizlenir, (g) Kök kanallarının temizlenmesi sağlanarak, apikal dallanma bölgelerine ve kanal anatomisinin ayrıntılarına dolum maddesinin adaptasyonunu arttırmaktadır, (ğ) Organik veya inorganik dokular üzerinde doku çözücü etki gösterirler, (h) Birçok irigant antimikrobiyal aktiviteye sahiptir ve mikroorganizmaları elimine edebilmektedir.

Kök kanal tedavisinde kullanılan ideal bir irigant için gerekli olan özellikler aşağıdaki şekilde özetlenebilir (54); (a) Üretim maliyeti düşük olmalıdır, (b) Kök kanal tedavisinde kullanılan eğelerin sürtünmelerini azaltmalıdır, (c) Kök kanal preparasyonu sırasında kullanılan eğelerin dentin kesim etkisini arttırmalıdır, (d) Kanal dolum materyallerinin bağlantısını etkilememelidir, (e) Organik ve inorganik maddelerin çözünmesini sağlamalıdır, (f) Kök kanal sistemine iyi nüfuz etmelidir, (g) Planktonik mikroorganizmaları öldürebilmelidir, (ğ) Biyofilm içerisindeki mikroorganizmaları etkili bir şekilde yok etmelidir, (h) Kök kanal sisteminden, biyofilmin ayrılmasını sağlamalıdır, (ı) Periapikal dokulara toksik olmamalıdır, (i) Alerjenik özellik taşımamalıdır, (j) Kök kanal tedavisinde kullanılan materyallerle olumsuz reaksiyonlar göstermemelidir, (k) Dentini zayıflatmamalıdır, (l) Kolay uygulanabilir olmalıdır, (m) Saklama koşulları kolay olmalıdır.

Mevcut irigantların hiçbiri ideal olarak kabul edilmemekte, hatta optimal seviyeye bile yaklaşmamaktadır. Klinik uygulamalarda, başarılı bir kök kanal tedavisi prognozu için belirli bir sırayla çeşitli irigantların kombinasyon halinde kullanılması önerilmiştir (54,55).

2.2.1. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan İrigantlar ve Özellikleri

2.2.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl) (SH)

SH uzun süredir tıp alanında kullanılmaktadır. Henry Drysdale Dakin ve Alexis Carrel (56), tıp alanında ilk defa 1. Dünya Savaşı sırasında enfekte yaraları temizlemek amacı ile tamponlanmış %0.5 SH çözeltisini kullanmışlardır. Endodonti’de kullanım potansiyeli ise ilk olarak 1936 yılında Walker (57) tarafından öne sürülmüştür.

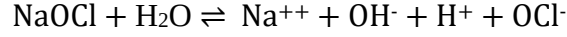
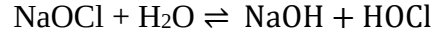
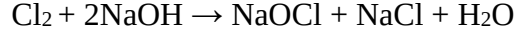
SH, kemomekanik preparasyon sürecinde organik dokuları etkili bir şekilde çözebilme yeteneği, düşük yüzey gerilimi sayesinde dentin tübüllerinin derinliklerine nüfuz edebilmesi, antimikrobiyal özellikleri, ekonomik olması ve kolaylıkla temin edilebilmesi gibi avantajları dolayısıyla kök kanal tedavisinde en çok tercih edilen irigantlardan biri olarak öne çıkmaktadır (54). SH, Endodonti’de %0.5-6 arasındaki konsantrasyonlarda kullanılır (2,58,59). SH ile yapılan irigasyonu arttırmak

amacıyla, SH çözeltisi kısa aralıklarla yenilenmeli ve aktivasyon yöntemleri veya devamlı irigasyon ile dinamik tutulmalıdır.

Kanal içi mikroorganizmaların pulpa ve periapikal hastalıkların gelişimine neden olduğu gösterilmiştir. Bu mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasında SH önemli bir rol oynamaktadır. Bakteriyel biyofilmin özellikleri, bakteri türü, biyofilm yapısı ve olgunluğu, SH'nin antibakteriyel etkinliğini önemli ölçüde etkileyebilir (60). Darrag (61) *Streptococcus mutans*'ın (*S. mutans*) planktonik koşullarda *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*)'e kıyasla %5.25 SH'ye karşı önemli ölçüde daha duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Ghivari ve ark. (62) *E. Faecalis* ve *S. aureus*'un her ikisinin de *in vitro* %5.25 SH ile 10 sn. teması sonrası %100 ortadan kaldırıldığını bildirmiştir.

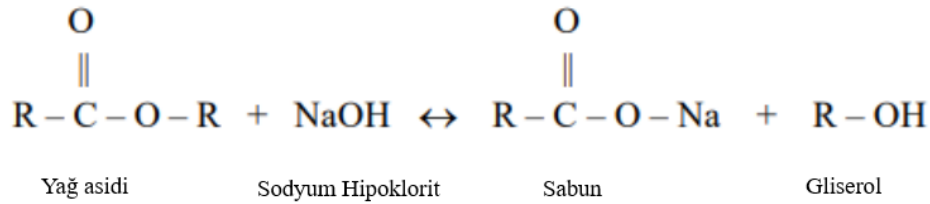
Kalan pulpa dokusu, mikroorganizmaların varlığı ve üremesi için elverişli bir ortam oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, pulpa kalıntısının ve organik dokunun SH ile etkili bir şekilde çözündürülmesi, kök kanal tedavisinin başarılı prognozu için büyük bir öneme sahiptir. SH'nin kullanımı, enfekte olmuş doku ve mikroorganizmaların eliminasyonunu sağlarken, tedavi sürecinin etkinliğini artırmak için gereklidir. Bu süreç, kök kanallarının sterilizasyonunu ve iyileşme sürecinin optimizasyonunu destekleyerek, uzun vadeli tedavi sonuçlarını olumlu yönde etkilemektedir (60).

SH, su içinde iyonize olarak sodyum iyonları (Na^+) ve hipoklorit iyonları (OCl^-) oluşturur ve hipokloröz asit (HOCl) ile bir denge oluşturur. Asidik ve nötr pH koşullarında, klorun büyük çoğunluğu hipokloröz asit formunda bulunurken; pH değeri 9 ve üzerindeki ortamlarda hipoklorit iyonları (OCl^-) en yüksek konsantrasyona ulaşır. Bu pH bağımlı denge, SH'nin antibakteriyel etkisi açısından önemli bir etkiye sahiptir, çünkü HOCl formu daha yüksek dezenfektan gücüne sahipken, OCl^- formu daha az etkili bir bileşendir. Dolayısıyla, pH değerinin kontrolü, SH'nin etkili kullanımı için kritik bir faktördür (54).



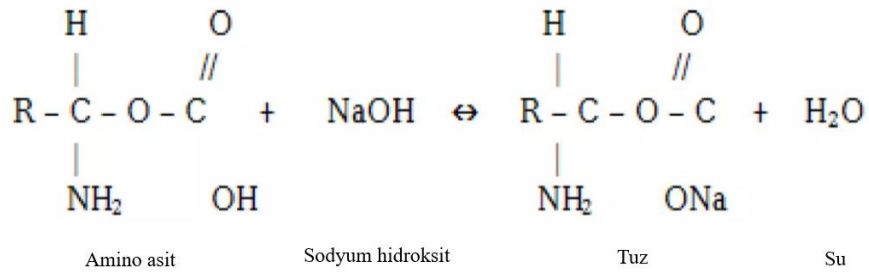
Şekil 2.1. SH ile su (H₂O) arasındaki reaksiyon

SH, mevcut yağları yağ asitlerine indirgeme kapasitesine sahiptir. Bu yağ asitleri, ardından yağ asidi tuzları ve gliserole dönüşür. Bu süreç, yüzey geriliminin azalmasına yol açar ve SH'nin bu özellikleri, sabunlaşma reaksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Sabunlaşma, lipidlerin hidrolizi yoluyla yüzey aktif maddelerin oluşumunu sağlayarak, dezenfektan ve temizlik işlemlerinde etkin bir rol oynar. Bu mekanizma, SH'nin antimikrobiyal etkisini artırarak, çeşitli uygulamalarda fayda sağlamaktadır (63).

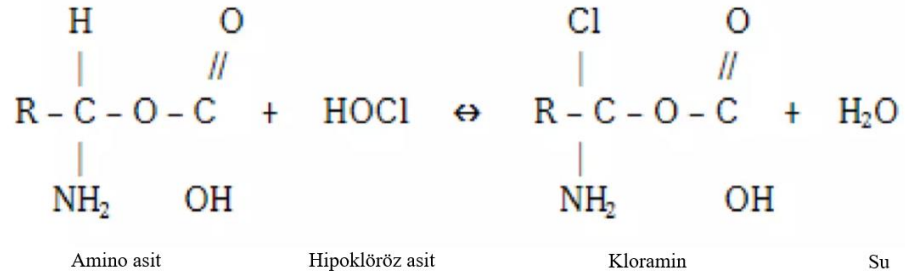


Şekil 2.2. SH'nin sabunlaşma reaksiyonu

SH in amino asitlerle etkileşime girerek su ve tuza dönüşmesini sağlayan reaksiyon, nötralizasyon reaksiyonu olarak adlandırılmaktadır. Bu süreç sonucunda açığa çıkan hidroksil iyonları, ortamın pH değerinin azalmasına yol açmaktadır (63).



Şekil 2.3. Aminoasit-hipokloröz asit nötralizasyon reaksiyonu



Şekil 2.4. SH'nin kloraminasyon reaksiyonu

Suda çözünebilen klor, organik dokularla etkileşime girdiğinde HOCl'ye dönüşmektedir. HOCl, zayıf bir asit olup oksidatif özellik taşımaktadır. HOCl'den salınan klor ile proteinlerin amino grupları arasındaki reaksiyon, kloraminasyon olarak tanımlanmaktadır. Klor, güçlü oksidan etkisi sayesinde sülfidril gruplarını geri dönüşümsüz biçimde okside etmekte ve bakterilerin hayati enzimlerini inhibe etmektedir. Bu reaksiyon, SH'nin antimikrobiyal etkinliğinde kritik bir rol oynamaktadır (64).

SH, %0.5-5.25 arasında değişen çeşitli konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (65). Clarkson ve ark. (66) domuz kesici diş pulpası üzerinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada, SH'nin daha yüksek konsantrasyonlarının, doku çözünme hızını artırdığı bildirilmiştir. Ancak, yüksek konsantrasyonlardaki SH'nin periradiküler dokular üzerinde sitotoksik etki oluşturabileceği göz ardı edilmemelidir (67).

SH'nin sulu çözeltisinde, HOCl kısmen OCl anyonuna ayrışır. Çözelti içindeki toplam klor miktarı, HOCl ve OCl konsantrasyonlarının toplamına eşittir (68). HOCl, OCl⁻'ye göre daha güçlü bir oksidandır ve hem doku hem de mikroorganizmalar üzerinde etkili klorlama ve oksidatif etkilere sahiptir. HOCl'nin ayrışması pH'a bağlıdır; pH 10'da klorun büyük kısmı OCl⁻ formunda bulunurken, pH 4.5'te HOCl formu baskındır. Yüksek pH seviyelerinde dezenfekte edici özelliklerin azaldığı bildirilmiştir (68). Düşük pH'daki hipokloritlerin antimikrobiyal aktivitesinin daha

fazla olduğu ve HOCl'nin mikroorganizma eliminasyonunda önemli rol oynadığı rapor edilmiştir (67).

Sıcaklığın SH'nin etkinliği üzerindeki etkisi oldukça önemlidir. Sıcaklığın 25 °C artışı, SH'nin etkinliğini 100 kat artırmaktadır (69). Rossi-Fedele ve De Figueiredo (70) %4 SH'yi ısıttıklarında, sıgır pulpa dokusu üzerindeki çözünme etkinliğinin arttığını gözlemlemişlerdir. Ancak, vücut sıcaklığının birkaç derece üzerinde uygulanan sıcaklıkların periodontal ligament hücrelerinde hasar oluşturabileceği bildirilmiştir (71).

SH'nin doku çözme etkinliğini artırmak amacıyla aktivasyon yöntemlerinin kullanımı da önemlidir. Endodontik tedavi süreçlerinde, SH'nin etkin dağılımı ve aktivasyonu için ultrasonik, sonik cihazlar ve lazer teknolojileri kullanılmaktadır (72). Ultrasonik enerji veya lazerle aktive edildiğinde, SH'nin etkisi önemli ölçüde artmaktadır. Bu cihazlardan yayılan enerji, sıvı hareketi oluşturarak, irigantların kök kanalındaki erişilemeyen alanlara ulaşmasını sağlamaktadır (73). Ayrıca, Al-Jadaa ve ark. (74) eğri kanallarda ultrasonik aktivasyonun, sonik aktivasyona kıyasla apikal uçluda daha etkili temizleme sağladığını rapor etmişlerdir. Lazer enerjisinin ise SH'nin reaksiyon hızını artırabileceği düşünülmektedir (75). Seet ve ark. (76) lazer ile aktive edilen SH'nin bakteri eliminasyonunda daha başarılı sonuçlar verdiğini bildirilmişlerdir.

Son olarak, dentinin tamponlama etkisi, SH'nin doku çözünme kapasitesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Dentinin, kimyasal yapısı gereği, asitler ve bazlar üzerinde tamponlama etkisine sahip olduğu bilinmektedir (54). Wang ve ark. (77) dentinin özellikle asitlere karşı güçlü bir tamponlayıcı etkisi olduğunu kanıtlamışlardır. Bununla beraber, SH'nin doku çözme kapasitesinin dentin tarafından azaltıldığı belirtilmiştir (78).

2.2.1.2. Kalsiyum Hipoklorit [Ca(OCl)₂] (KH)

KH, başlangıçta su dezenfeksiyonu ve endüstriyel sterilizasyon için kullanılan alkali beyaz bir tozdur (79). Son dönemde yapılan çalışmalar, KH'nin *E. faecalis* üzerinde elimine edici özelliği olduğu ve bununla birlikte doku çözünmesini desteklediğini

ortaya koymuştur. Bu, KH'nin hem antimikrobiyal ajan olarak hem de doku çözme kapasitesi ile endodontik tedavilerdeki potansiyelini artırdığını ortaya koymaktadır (80,81).

KH, kimyasal yapısı bakımından SH ile benzerlik göstermektedir. Su ile karıştırıldığında, KH'nin SH'ye göre 2 kat daha fazla HOCl oluşturduğu bilinmektedir (82). Bu nedenle, KH, endodontik tedavilerde SH'ye alternatif olarak araştırılmaya başlanmıştır. SH'den farklı olarak, KH, %65'e kadar yüksek oranda klor bulunabilirliğine sahip olup, nispeten daha stabil bir yapıya sahiptir (80).

KH'nin pulpa dokusunu çözme etkinliğini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada (83) bu irigantın pulpa dokusunu çözme yeteneğini incelemiş ve maruziyet süresi ile konsantrasyonun artırılmasıyla birlikte, etkinliğinin kademeli olarak arttığı bildirilmiştir. Çalışmanın bulguları, KH'nin pulpa dokusu üzerindeki çözme etkisinin zaman ve konsantrasyonla doğru orantılı olarak güçlendiğini ortaya koymaktadır.

Yapılan diğer çalışmalarda (80,81) KH'nin hücre migrasyonu, canlılık ve inflamatuvar cevap seviyeleri açısından kabul edilebilir sonuçlar gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları, KH'nin endodontik tedavilerde irigant olarak kullanılabileceğine dair güçlü bir destek sağlamaktadır. Sonuç olarak, KH'nin potansiyeli, endodontik prosedürlerdeki uygulamalarında dikkate alınması gereken önemli bir faktör olduğunu ve bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Böylece, KH'nin endodontik tedavi süreçlerindeki rolü, gelecekteki çalışmalarla daha iyi anlaşılabilir.

2.2.1.3. Şelasyon Ajanları

SH, endodontik irigant amacıyla en çok kullanılan ajanlardan biri olmasına rağmen, inorganik dentin partiküllerini çözme yeteneğine sahip değildir ve bu nedenle enstrümantasyon sırasında smear tabakasının oluşumunu engelleyemez. Ayrıca, kanal sisteminde sıkça rastlanan kalsifikasyonlar, mekanik preparasyonu zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, EDTA ve sitrik asit gibi demineralize edici ajanlar,

kök kanal tedavisinde yardımcı ajanlar olarak önerilmektedir. Bu ajanlar son derece biyouyumlu olup, kişisel bakım ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (2).

1935 yılında ilk olarak, etilendiamin ve kloroasetik asitten sentezlenen bir bileşik olan EDTA ilk olarak Ferdinand Munz tarafından tanımlanmıştır (84). Kimyasal formülasyonu $[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2]_2$ olarak gösterilmektedir. Diş hekimliğinde EDTA'nın kullanımı ise ilk kez 1957 yılında Nygaard Østby tarafından gerçekleştirilmiştir (85). EDTA esas olarak etilendiamin (1,2-diaminoetan), formaldehit (metanal) ve sodyum siyanür kullanılarak sentezlenmektedir (84). EDTA, smear tabakasının mineralize kısmını şelatlayarak kaldırabilme özelliği nedeniyle irigantı olarak önerilmektedir. EDTA, poliamino karboksilik asit yapısında bir bileşik olup, bu ismin kısaltmasıdır (86). Ca^{2+} ve Fe^{3+} gibi di- ve tri-katyonik metal iyonlarını bağlama yeteneği nedeniyle şelasyon ajanı olarak bilinmektedir (84). EDTA, dentin üzerinde dekalsifikasyon oluşturarak kollajen liflerinin açığa çıkmasına neden olur. Bu kollajen yapılar, SH tarafından çözülerek dentin tübüllerinin açık hale gelmesi sağlanır (87). SH ve EDTA birlikte kullanıldığında, SH'nin klor içeriği azalmakta ve buna bağlı olarak doku çözme etkinliği de düşmektedir. Ancak, EDTA'nın dekalsifiye edici etkinliğinde herhangi bir değişime sebep olmadığı gözlenmektedir (88).

EDTA, belirli bir düzeyde antibakteriyel özelliklere sahip olup, bu etkinliği konsantrasyonuna ve pH değeri ile ilişkili olarak farklılık gösterebilmektedir. %10 konsantrasyonda EDTA'nın belirgin antibakteriyel etkiye sahip olduğu bildirilmişken, %0.03-1 konsantrasyonundaki EDTA'nın antibakteriyel etkinliğini çok düşük olduğu ya da hiç olmadığı rapor edilmiştir (85). Yapılan çalışmalar (88,89) EDTA'nın yumuşak doku üzerinde sınırlı bir etkinliğinin olduğunu ortaya koymuştur. Sudha ve ark. (90) smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentinin minimal dekalsifikasyonu için pH değeri 9 olan %10'luk EDTA'nın 1 dk. süreyle uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir. EDTA'nın etkinliğinin koronal ve orta kök bölgelerinde daha yüksek olduğu, apikal bölgede ise etkinliğin azaldığı tespit edilmiştir (91).

Literatürde, kök kanal irigasyonunda SH'nin proteolitik aktivitesiyle organik dokuları çözmesinin ardından, asidik çözeltilerin, inorganik dokuların çözülmesinde kullanılması önerilmektedir (92). Lin ve ark. (93) bu inorganik dokuları çözmek için sıklıkla tercih edilen EDTA haricinde; perasetik asit, glikolik asit, sitrik asit, fosforik asit gibi asidik çözeltilerin de kullanılabileceğini göstermişlerdir. Bunu destekleyen bir başka çalışmada (94) da sitrik asit ve fosforik asidin şelasyonda EDTA'ya benzer sonuçlar gösterebileceği bildirilmiştir.

Goldman ve ark. (87) sitrik asitin smear tabakasını uzaklaştırılması üzerindeki etkinliğinin EDTA ile benzerlik gösterdiğini bildirmiştir. Sitrik asit, %1-50 arasında farklılık gösteren konsantrasyonlarda smear tabakasının uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Ancak, %10'luk sitrik asit çözeltisinin, smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkili bir ajan ve bu konsantrasyonun yeterliği olduğu savunulmaktadır (95,96). %10'luk sitrik asit, %1'lik konsantrasyondaki ajana göre daha etkili bir demineralizasyon aracıdır (97). Ayrıca, Reis ve ark. (98) en az 60 sn. uygulama sonrasında sitrik asit çözeltisinin smear tabakasını uzaklaştırabildiğini göstermiştir.

2.2.1.4. Klorheksidin Glukonat (KHG)

KHG, merkezinde heksametilen zincirleri ile bağlanan simetrik olan 2 adet 4-klorofenil halkası ve 2 adet biguanid grubunu içeren sentetik bir katyonik bis-guanid bileşiğidir. Geniş spektrumlu antimikrobiyal etkinliğe sahiptir ve Dış Hekimliğinde genellikle *klorheksidin diglukonat* formu tercih edilmekte olup, bu formun su içerisindeki çözünürlüğü daha yüksektir (2). pH değeri 5.5-7 arasında değişmektedir (99).

KHG'nin bakterisidal özellikler taşıdığı hem gram pozitif hem de gram negatif bakterilere, fakültatif ve katı anaeroblara, ayrıca mayalara ve mantarlara karşı etkili olduğu bildirilmiştir (100). Rosenthal ve ark. (101) %2'lik KHG'nin kök kanal sistemindeki kalıcılığını araştırdıkları bir çalışmada, KHG'nin 12 haftaya kadar antimikrobiyal etkinliğini koruyarak kök kanal dentinine tutunduğunu bildirmişlerdir. KHG'nin antimikrobiyal etkinliği, pH seviyesi ve organik doku

miktarına bağılı olarak değişiklik göstermektedir. Organik içerik miktarının artışı, solüsyonun antibakteriyel etkisini azaltıcı bir rol oynamaktadır (102).

KHG, geniş spektrumlu ve uzun süreli antimikrobiyal etkisi, periapikal dokularda minimal irritasyona neden olması, hoş olmayan bir kokuya sahip olmaması ve EDTA kullanımının ardından dentin erozyonuna yol açmaması gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır (103). Gram negatif bakterilere karşı etkinliğinin sınırlı olması, pH seviyesine bağılı olarak etkisinin değişkenlik göstermesi, organik maddelerle etkileşim sonucu antimikrobiyal aktivitesinin azalması, doku çözme özelliğinin bulunmaması ve debris uzaklaştırma kapasitesinin yetersizliğı nedeniyle kök kanal tedavisinde tek başına kullanılması tavsiye edilmemektedir. Bu nedenle, genellikle son irigant olarak tercih edilmektedir (2,99,104).

2.2.1.5. Diğer İrigantlar

MTAD, %4.25 sitrik asit, %3 oranında geniş spektrumlu bir antibiyotik olan Doksisisiklin ve %0.5 Polisorbat 80 (Tween 80) deterjanı içeren, smear tabakasını ortadan kaldırabilen ve aynı zamanda kök kanal dezenfeksiyonunu sağlayan bir irigasyon çözeltisidir (105).

QMix, EDTA, KHG ve yüzey aktif maddelerden oluşan bir kök kanal tedavisinde kullanılan bir iriganttır. Smear tabakasını kaldırmakta etkin bir rol oynayan QMix, dentin mikrosertliğı ve kök kanalının kırılma direnci üzerinde minimal etkiye sahiptir. Geleneksel kök kanal irigantları ile karşılaştırıldığında, QMix'in düşük sitotoksosite, yüksek biyouyumluluk ve güçlü antibakteriyel özellikleri öne çıkmaktadır. Ancak, nekrotik pulpa dokusunu yeterince çözmediğı için SH ile kullanılması tavsiye edilmektedir (106).

İyodin potasyum iyodid, yüksek antibakteriyel etkinliğı ve düşük sitotoksosite özellikleri nedeniyle endodontik dezenfektan olarak kullanılmaktadır. Bu irigantların içeriğinde, %2 iyodin ile %4 potasyum iyodid bulunmaktadır. Ancak, iyodine karşı gelişebilecek alerjik reaksiyonlar ve dentin üzerinde leke oluşumu nedeniyle bazı riskleri vardır (107,108).

Ozon ve nanopartiküller, kök kanal tedavisinde irigant olarak kullanılmaktadır. Yalnızca bakterilerin değil mantarların eliminasyonunu da sağlamaktadırlar (109).

Japon yeşil çayları ile ilgili bazı araştırmalarda (110,111), enfekte olmuş kök kanal sistemlerinin tedavisinde medikal preparat olarak kullanılmasının faydalı olabileceği gösterilmiş ve biyofilmler üzerindeki antibakteriyel etkisinin 3 ila 6 hafta süresince devam ettiği gösterilmiştir.

2.3. İrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Endodontik tedavide başarılı bir sonuç elde edebilmek için, kök kanal sisteminin etkili bir şekilde temizlenebilmesi ve dezenfekte edilebilmesi, için kritik öneme sahiptir. Bu süreçte irigantların kanal duvarları ile optimum temas sağlaması ve etkili bir şekilde dağıtılması gerekmektedir. İrigantların aktivasyonları, mekanik veya diğer enerji formlarıyla irigantların kök kanal sisteminin karmaşıklıklarına akışını arttırmak ve iyileştirmek için bir yöntem kullanmak olarak tanımlanabilir (112,113).

Geleneksel irigasyon tamamen enjeksiyonun pozitif basıncına ve irigantın kök kanal sistemine akması için viskozitesine bağlıdır. Piyasada birçok mekanik irigant aktivasyon sistemi mevcuttur. Günümüzde endodontik tedavide irigasyonun etkinliğini artırmak amacıyla pek çok mekanik irigant aktivasyon sistemi geliştirilmiştir (112). Bu sistemler, farklı frekanslarda ultrasonik enerji, sonik enerji veya mekanik hareketlerle irigantların kanal içerisindeki dağılımını ve temizlik etkisini artırmayı hedeflemektedir. Yüksek frekanslı ve düşük frekanslı sonik aktivasyon ile sürekli ultrasonik irigasyon sistemleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (114,115).

Ultrasonik aktivasyon sırasında özel tutma cihazları, mekanik fırçalama eylemleri (Ruddle fırçası) ve kanal fırçaları ile irigasyonun etkinliği artırılabilir. Ayrıca, titreşim bazlı sistemler (Vibringe), pasif ultrasonik irigasyon (PUI) ve pozitif ya da negatif basınçlı sistemler (EndoVac, RinsEndo) irigantların kök kanallarında daha etkili bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. Basit elle çalkalama teknikleri dahi, irigantların dağılımını iyileştirerek tedavi başarısını artırabilmektedir. İrigasyonun

başarısı, kullanılan irigant kadar, bu irigantın uygulama modu ve aktivasyon şekline de bağlıdır (116-118).

2.3.1. Geleneksel İğne İrigasyonu (Gİİ)

Gİİ, uzun yıllardır endodontik tedavide, uygulanış ve kolay kontrol edilebilmesi nedeniyle en sık kullanılan irigasyon yöntemlerinden birisidir. Bu irigasyon yönteminde iğne, kök kanalına yerleştirilir ve enjektörün aşağı yukarı hareket ettirilmesi ile irigantlar kanala gönderilmektedir (72,119). Gİİ’de iğnenin penetrasyon derinliği ve solüsyon hacmi kolayca kontrol edilebilirken, solüsyonun akış hızını ayarlamak genellikle zordur (120). İrigasyonun etkinliğini artırmak amacıyla, iğne ucunun apeks bölgesine olabildiğince yakın yerleştirilmesi, kullanılan irigant miktarının artırılması ve iğne çapının kanal genişliği ile uyumlu olması önerilmektedir (121).

Gİİ yönteminde, etkili bir irigasyon sağlanabilmesi amacıyla, ucu kapalı ve açık olmak üzere çeşitli irigasyon iğneleri geliştirilmiştir. Yandan perfore iğnelerin kullanımı, ilk olarak Goldman ve ark. (122) tarafından tanıtılmıştır. Bu iğneler, irigantın kanala verilmesi sırasında birlikte kanal içerisindeki fazla basıncı azaltarak yıkama işleminin hidrodinamik etkinliği arttırarak, apikal bölgeden periapikal dokulara solüsyonun taşma riskini azaltmaktadır (123,124).

2.3.2. Manuel Dinamik Aktivasyon

Kanal anatomilerindeki değişiklikler ve darlıklar sebebiyle irigasyon sırasında apikal bölgeye irigantın ulaşması oldukça zordur. Manuel dinamik aktivasyon tekniği, dar çaplı kanal eğelerinin, irigasyon iğnelerinin ve guta perka konunun, kanal içerisinde ileri geri hareket ettirilmesi yoluyla uygulanabilmektedir (72,119).

Kanal içerisi irigant ile doldurulduktan sonra, guta perka konu, çalışma boyundan 2-3 mm kısa olacak şekilde kanal içerisinde, dk.’da 100 vuruş ve 5 mm genlikle, ileri geri hareket ettirilerek uygulanılmaktadır (125).

Bir çalışmada (126) dinamik irigasyon cihazı olan RinsEndo'nun manuel aktivasyon ile karşılaştırıldığında daha düşük performans gösterdiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada (119) özellikle apikal bölgede, manuel dinamik aktivasyonu tekniğinin, geleneksel iğne ile yapılan irigasyon tekniğine göre yüksek temizleme etkinliği sağladığı belirtilmiştir. Manuel dinamik aktivasyon tekniğinin, uygulanması kolay ve maliyeti düşük olsa da yorucu olması ve apikal bölgedeki solüsyon yenilenmesinin yetersiz kalması bu yöntemin rutin kullanımını sınırlamaktadır (55).

2.3.3. Endodontik Fırçalar

Kök kanal tedavisi esnasında, kök kanal sisteminin mekanik enstrümantasyonu sırasında ortaya çıkan debris ve doku artıklarının etkin bir şekilde uzaklaştırılması ve irigantların daha iyi aktivasyonu için fırçalarla kaplanmış irigasyon iğneleri kullanılmaktadır. Bu yöntem hem temizleme etkinliğini artırmakta hem de irigantın kanal duvarlarına daha iyi nüfuz etmesine yardımcı olmaktadır. Bu amaçla geliştirilmiş fırça modelleri arasında; Endobrush (C&S Microinstruments, Markham, Ontario, Kanada), CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Almanya) ile NaviTip FX (Ultradent, Güney Jordan, Utah, ABD) gibi ürünler bulunmaktadır. Bu fırçalar, irigasyon sürecinde kök kanal duvarlarına temas yoluyla mekanik bir temizlik sağlarken, aynı zamanda kanal içerisindeki irigantların etkisini artırmak için de kullanılmaktadır.

Endobrush, 90° dönebilme özelliği ile 2-3 mm fırçalama hareketi yapan, sapa ve spiral diziliimli kıllara sahip olan bir endodontik fırçadır. Diğer taraftan büyük bir çapa sahip olması nedeniyle kanal içerisinde her bölgeye ulaşamaması nedeniyle apikal üçlü bölgesinde çok başarılı bir temizlik sağlayamamaktadır (127).

CanalBrush, 600 rpm hızında döner eğeler ile veya manuel olarak kullanılabilen bir fırça sistemidir. Ucu #25 eğeye eşit olan ve 0.4 mm'den daha kısa uzantılara sahip propilen uçlar ile tasarlanmış olup, 0.02 koniklik derecesine sahiptir. Bu fırça, kök kanalındaki düzensizliklere esnek bir şekilde erişim sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Garip ve ark. (128) bu sistemin dentin debrislerinin ve smear tabakasının uzaklaştırma etkinliğini artırdığını bildirmiştir.

NaviTip FX, 30 G kalınlığında bir iğne üzerine yerleştirilmiş fırçalarla kaplı bir sistemdir. Bir araştırmada, NaviTip FX'in koronal bölgede geleneksel irigasyon yöntemine göre daha etkili bir temizlik sağladığı belirtilmiştir; buna rağmen apikal üçlü ve orta üçlü bölgelerinde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kritik dezavantajlarından biri, fırça kıllarının radyolusent olması nedeniyle, kanal içinde kırıldığında radyografide görünememesidir (129).

2.3.4. Sonik Aktivasyon

1985 yılında Tronstad, endodonti alanında, irigantların titreşimini sağlayan sonik sistemlerin ilk kullanımını önermiştir (130). Sonik sistemler sinüzoidal ve 1-6 kHz aralığında salınım hareketleri oluştururlar (130). Sonik sistemler kullanılarak yapılan aktivasyon tekniklerinde kanal içerisindeki eğe aracılığıyla iriganta sonik enerji verilir. Bu eğeler farklı koniklik açılara ve mekanik özellikleri sebebiyle kök kanal duvarlarında hasar oluşturabilmektedirler. Bu nedenle, kök kanal duvarlarının hasar görmemesi amacıyla kesici olmayan uçların kullanımı tercih edilmeye başlanmıştır (131).

EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) sistemi farklı boyu ve çaplarda polimer uçlara sahip, sonik sistemle çalışan bir aktivasyon cihazıdır. Bu sistemde, sonik enerji ve polimer ucunun ileri geri hareketi, hidrodinamik bir aktivasyon yaratmaktadır. Bu sayede kanal içinde yer alan irigantın aktivasyonu, akışı ve mekanik preparasyon ile ulaşamayan bölgelerde etkinliği arttırılmaktadır (132). Gerekğinde kanallarda eğim verilerek kullanılabilirler. Bu sistemde kullanılan polimer uçlar, ihtiyaç duyulduğunda kanallarda eğim verilerek kullanılabilir. Bu uçlar, 3 farklı renk koduna sahiptir ve sarı uç, 20/.02 boyutunu temsil ederken, kırmızı uç 25/.04 ve mavi uç ise 30/.06 boyutlarındadır. Ayrıca, bu polimer uçların çalışma gücü seçenekleri 2.000, 6.000 ve 10.000 devir/dk. olarak belirlenmiştir. Devir sayısı arttıkça, aktivasyonun etkinliği artmaktadır (133). Final yıkama aşamasında, iğne ile irigasyon gerçekleştirdikten sonra 10.000 devir/dk. hızında 30-60 sn. süreyle aktivasyon yapılması tavsiye edilmektedir (134).

EDDY, VDW firması (Münih, Almanya) tarafında piyasaya sürülmüş bir sonik aktivasyon sistemidir. EDDY, 5-6 kHz aralığında frekansla salınım hareketi ile çalışan 28 mm uzunluğunda ve apikal bölgede 0.2 mm çapa sahip, poliamid uçları kullanılmaktadır. Kanal içerisinde yaptığı salınım hareketi sonucunda kırılma ihtimalini azaltmak amacıyla uçlar poliamid yapıdadır. Poliamid uçlar, tek kullanımlık olup, dentinde kesme meydana getirmezler. EDDY kanal içindeki iriganta akustik akış ve kavitasyonlar oluşturarak solüsyonun aktivasyonunu sağlamakta ve kanal içinde ulaşılması zor olan bölgelere ulaşımını kolaylaştırmaktadır. Yapılan çalışmalarda (135,136) EndoActivator ve PUI'nin etkinlikleri karşılaştırılmış olup, benzer antibakteriyel yeteneklere sahip oldukları ve smear tabakasını benzer miktarlarda kaldırdıkları bildirilmiştir.

Vibringe (Vibringe Co., Amsterdam, Hollanda), 2-3 kHz frekansta çalışan bu cihaz farklı yapıda ve çapta irigasyon iğnelerinin takılabildiği kablosuz bir sistemdir ve akustik akış ile sonik aktivasyonu birleştirerek, standart 10 mL'lik piston ile kanal içinde sürekli ve atımlı irigasyon yapılmasını sağlar (117).

2.3.5. Ultrasonik Aktivasyon

Endodonti alanında ultrasonik cihazların ilk kullanımı 1957 yılında Richman tarafından uygulanmıştır (137). Endodontide ultrasonik cihazlar, kalsifiye kanalların tespiti, endodontik cerrahi sırasında kavite preparasyonu, kök kanal enstrümantasyonu ve irigantların aktivasyonu, kırık ege ve postların çıkarılması gibi çok farklı alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Buna rağmen, kök kanal preparasyonunda kullanımları kontrol zorluğu, apikal transportasyon ve strip perforasyon gibi problemlere yol açabilir. Bununla birlikte, ultrasoniklerin kanal sistemi içerisindeki smear tabakasını ve dentin artıklarını etkin bir şekilde uzaklaştırdığı ve temizliği artırdığı da belirtilmiştir (117).

Ultrasonik sistemler, sonik sistemlere göre daha yüksek frekans aralığında (25-40 kHz) ve daha düşük genlikle çalışır. Bu cihazlar, eğerlerin uç kısımlarında maksimum hareket sağlayan sinüzoidal dalgalar üretir. Oluşan bu dalgalanmalar, kök kanalındaki solüsyonda kavitasyon ve akustik akış meydana getirir, böylece

irigantlar aktif hale getirilir. Literatürde iki ana ultrasonik irigasyon yöntemi tanımlanmıştır: Ultrasonik İrigasyon (Uİ) tekniğinde, ultrasonik cihaz hem enstrümantasyon aşamasında hem de irigasyon sırasında kullanılırken, Pasif Ultrasonik İrigasyon (PUİ) tekniğinde, enstrümantasyon işlemi tamamlandıktan sonra yalnızca solüsyonun aktivasyonu için kullanılır. Bu yöntemler solüsyonların etkinliğini artırmada önemli bir rol oynar.

PUİ, ultrasonik cihaza yerleştirilen kesme işlevi bulunmayan düz bir tel veya eğenin, kanal içerisindeki solüsyona titreşim vermesi aracılığıyla uygulanır (138). PUİ sırasında enerji solüsyonda titreşimler oluşturan bir eğe aracılığıyla kavitasyon ve ultrasonik dalgalar şeklinde iletilir. Solüsyonda akustik akış yaratabilmesi için kullanılan eğenin kök kanal duvarlarına temas etmemesi gerekmektedir. Bu nedenle, küçük çaplı eğelerin yüksek frekansta çalışan ultrasonik cihazlarla kullanılması tavsiye edilmektedir. PUİ ile kıyaslandığında, Uİ'nin kök kanal sistemi içerisinde smear tabakasını kaldırma etkinliğinin daha düşük olduğu belirtilmiştir (131,138).

PUİ, yüzeyel dentinde ve ulaşımın zor olduğu derin alanlarda da penetrasyonu arttırıp, solüsyonların antibakteriyel etkisini güçlendirir (139). Ultrasonik aktivasyon, devamlı irigasyon veya aralıklı olarak şırınga ile uygulanabilir (140). Çeşitli araştırmalarda, SH'nin ultrasonik cihazlarla kullanıldığında daha etkili olduğu gösterilmiştir. Ultrasonik aktivasyon sırasında iriganta aktarılan titreşim, ısı artışına neden olarak debrislerin daha kolay uzaklaştırılmasını sağlar ve yüzeyleri daha iyi temizler (22). Bu süreç, irigantın antimikrobiyal ve doku çözücü özelliklerini de artırır. Ultrasonik cihazların sonik cihazlardan daha yüksek frekansta çalışması ve buhar üretmesi, debris uzaklaştırma performansını iyileştirmektedir (141).

2.3.6. XP-Endo Finisher

XP-Endo Finisher (FKG, Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre), kök kanal sisteminin mekanik preparasyonunun ardından irigantların etkinliğini artırmak için tasarlanmış yenilikçi bir eğe sistemidir. MaxWire teknolojisi sayesinde eğe, oda sıcaklığında M-fazında düz bir formdayken, vücut ısısına maruz bırakıldığında A-

fazına geçerek esneklik kazanır. Bu esneklik, kök kanalının doğal yapısına zarar vermeden, ulaşılması güç alanlara erişim sağlar ve irigantları aktif hale getirir (142).

Yirmi bir mm uzunluğunda, apikal çapı #25 ve konikliği sıfır olan bu eğe, kesici bir özelliğe sahip değildir. Ancak, esnek yapısı, standart eğelerin ulaşamadığı bölgelerde etkin bir temizlik sağlar. XP-Endo Finisher, mekanik preparasyon tamamlandıktan sonra kök kanal boşluğuna yerleştirilir ve 800-1000 rpm hızında, 1 Ncm torkla yaklaşık 1 dk. boyunca çalıştırılır. Yapılan bir çalışmada (142) XP-Endo Finisher ve PUI yöntemlerinin, GII'ye kıyasla daha etkili olduğu gösterilmiştir. Özellikle kalsiyum hidroksit gibi maddelerin temizlenmesinde bu 2 tekniğin üstün performans sergilediği bildirilmiştir (142).

2.3.7. Döner Sistemler ile Eğeleme İşlemi Sırasında Devamlı İrigasyon

Bu sistemin amacı, preparasyon sırasında kanala sürekli yeni irigant vererek irigasyon sağlamak ve irigantın kanalla temas süresini uzatmaktır.

Quantec-E (SybronEndo, Orange, Kaliforniya, ABD) sistemi; kök kanallarının mekanik preparasyonu sırasında döner eğeler kullanılarak devamlı irigasyon sağlayan bir sistemdir. Quantec-E irigasyon aktivasyon yönteminde kullanılan irigantların kanal içindeki miktarının, uygulama zamanının dolayısıyla solüsyonun dentin tübüllerine penetrasyonunun artırılması amaçlanmıştır (143). Geleneksel irigasyon ile Quantec-E'nin karşılaştırıldığı bir çalışmada, sistemin koronal bölgede daha etkili olduğu, ancak genel anlamda anlamlı bir farklılık olmadığı belirtilmiştir (143).

Self Adjusting File (SAF) (ReDenNova, Ra'nana, İsrail), NiTi örgü yapısına sahip, elastik ve kafes şeklinde bir eğe olup, kanalın şekliyle uyum göstererek temizleme ve şekillendirme işlemini gerçekleştirir. Bu içi boş yapısı sayesinde, bağlı olduğu irigasyon sistemi aracılığıyla kanalda sürekli bir yıkama işlemi yapılır. Sistem, dakikada 0.4 mm dikey hareket ile 4000 kez titreşim ve 5 mL solüsyon değişimi sağlar. SAF sistemi, irigasyon ve preparasyonu aynı anda gerçekleştirerek kanalda

sürekli solüsyon değişimini temin eder ve eğin titreşimi solüsyonun aktivasyonunu sağlar (144).

2.3.8. Ardışık Düzenli Basınç Oluşturan Sistemler ile Aktivasyon

Endodontik tedavi sırasında irigasyonun verimliliğini artırmak amacıyla, kök kanal boşluğunda sıralı ve düzenli basınç uygulayan yeni sistemler tasarlanmıştır.

RinsEndo (Dürr Dental, Bittigheim-Bissingen, Almanya), 65 µL solüsyonu, 1.6 Hz frekansında kullanarak çalışan enjektörlü bir cihazdır. Vakumlama aşamasında, kullanılan solüsyon ve hava tahliye edilip temiz solüsyon kanala gönderilir. Bu işlem dakikada 100 kez tekrarlanabilir. RinsEndo, Gİİ ile karşılaştırıldığında, irigantın dentin tübüllerine daha iyi nüfuz ettiği, ancak apikal bölgeden solüsyon çıkışının arttığı belirtilmiştir (133). Bir diğer çalışmada (145) ise, RinsEndo'nun EndoActivator ve manuel dinamik irigasyon ile kıyaslandığında apikal üçlü bölgesinde smear tabakasını daha az uzaklaştırdığı gözlemlenmiştir.

EndoVac (Discus Dental, Kaliforniya, ABD), dağıtıcı-emici bir uç ile makro ve mikro kanüllerden oluşmaktadır. Bu sistem, kanüller aracılığıyla kanala taze solüsyon gönderirken aynı anda aspirasyon yapmaktadır. EndoVac'ta, Gİİ'den daha fazla irigant kullanılması nedeniyle apikal bölgedeki debrisin daha etkili bir şekilde temizlendiği rapor edilmiştir (123). Ayrıca, bu aktivasyon sisteminin vapor lock oluşumunu azalttığı ve solüsyonun apikal bölgeden çıkışını azalttığı da belirtilmiştir (146).

2.3.9. Lazerler ile Aktivasyon

Endodontik tedavi sırasında kök kanallarının temizliği ve şekillendirilmesi, smear tabakasının ve debrisin ortadan kaldırılması ile irigantların aktivasyonunda lazerlerin kullanılabileceği belirtilmektedir (147). Endodontide lazerler ile irigantların aktivasyonu için Er:YAG, Nd:YAG, Cr:YSGG, Er, CO₂, Argon, Diyet denenmiştir.

Lazerler ile irigantların aktivasyonu 2 farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir. İlk yöntemde kağıt kon ile kurulanmış kanalın apikal bölgesine yerleştirilen fiber lazer ucu, dairesel hareketlerle uygulanarak lazer ışınlarının dentin duvarına etki etmesi sağlanır. Diğer bir yöntemde ise kök kanallarına ve giriş kavitesine taşmayacak şekilde irigantla doldurulduktan sonra kanal girişine veya kanalın içine yerleştirilen lazer ucu ile solüsyonda baloncuk oluşturma ile aktivasyon amaçlanır (148).

''Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma'' (PIPS) adlı yeni bir yöntem, Er:YAG lazerin radyal ve şerit şekilli bir uç kullanılarak uygulanmaktadır. PIPS kök kanalları içindeki irigantta fotoakustik şok dalgaları oluşturarak etki göstermektedir (149).

Lazer aktivasyonu ile kök kanalındaki smear tabakası ve debrisler etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir. Ancak, lazer ışınlarının doğrusal yayılımı nedeniyle tüm kanal sisteminin tamamen temizlenmesi zor olmaktadır. Güçlü lazer ışınları, bakterilere karşı antimikrobiyal etki sağlasa da kök dentin yüzeyinde oluşan kavitasyonlar ve periodontal ligamentte meydana gelen termal hasar gibi olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Ayrıca, lazer ışınlarının doğrusal yayılım göstermesi nedeniyle apikal bölgeden dışarı çıkması, mental foramen ve mandibular kanal gibi anatomik yapılar üzerinde hasar yaratabileceği bildirilmiştir (148-150).

Er:YAG lazerler ile aktive edilen irigantların, kök kanal sisteminin tamamının etkili bir şekilde irigasyonu amacıyla hızlı ve güçlü bir dizi fotoakustik şok dalgası üretebileceği öne sürülmüştür. Ancak, yapılan araştırmalar (151,152), mekanik olarak sınırlı kök kanalında, PIPS gibi tek bir lazer darbesi moduyla ışınlanan irigantlarda şok dalgalarının oluşamayacağını göstermiştir. Ayrıca, basınç dalgasının verimliliği, lazer darbesi enerjisinin artırılmasıyla iyileştirilememiştir (151,152). Lazer destekli endodontik prosedürlerin temizleme ve dezenfekte etme etkinliğini arttırmak amacıyla, Er:YAG lazer için yeni bir şok dalgası destekli emisyon fotoakustik akış (SWEEPS) modu geliştirilmiştir. PIPS modunun tek darbe enerjisi yayılımından (50 µs süper kısa darbe) farklı olarak, SWEEPS daha kısa çift darbelerle (25 µs ultra kısa darbe) çalışmaktadır. Daha kısa darbe süresi sayesinde, her SWEEPS darbesinin tepe gücü aynı enerjide 2 katına çıkarak daha güçlü bir kabarcık patlaması ve çökmesi sağlamaktadır (153). Yang ve ark. (154) SWEEPS'in

senkronize lazer darbeleri yayarak kabarcık çökmesini hızlandırdığını, sıvı hareketini ve kök kanalındaki yüksek hızlı kesme gerilmesini artırdığını bulmuşlardır. Bu şekilde SWEEPS, ana kanalın yanı sıra düzensizlikleri de temizleyebilmektedir (154). Benzer şekilde, başka bir çalışma da SWEEPS'in bir dizi kabarcık oluşturabileceğini, sonuç olarak şok dalgaları ve gelişmiş fotoakustik akımlar meydana getirdiğini göstermiştir (155). Ayrıca, SWEEPS'in enerji yoğunluğu ablasyon altı değerlerde olduğundan, fototermal bir etki oluşmamaktadır (156).

2.3.10. GentleWave Sistemi (GWS) ile Aktivasyon

GWS (Sonendo, Kaliforniya, ABD), standart kök kanal tedavisini yeniden tanımlayan yeni bir yaklaşımdır. Kök kanal tedavisi için minimal invaziv bir alternatif tedavi yöntemidir. GWS, ileri düzey sıvı dinamiği, akustik enerji ve doku çözme kimyasını kullanan çoklu sonik ultra temizlik teknolojisidir. GWS'nin optimize edilmiş iş akışı, gerektiğinde kök kanal tedavisinin tek bir randevuda tamamlanmasına olanak tanır. Son zamanlarda, GWS endodonti alanında geniş çapta araştırılmış ve umut verici sonuçlar göstermiştir (157-159). Ancak, kök kanal dezenfeksiyonu konusunda sınırlı kanıt bulunmaktadır (157,159). Velardi ve ark. (160) GWS'nin *E. faecalis*'e karşı antibakteriyel etkinliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermişlerdir.

2.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM)

TEM, mikrobiyoloji, adli tıp, anatomi, fizyoloji, patoloji, biyokimya gibi birçok alanda ve diş hekimliği araştırmalarında yaygın olarak kullanılan bir elektron mikroskobu türüdür. İlk defa Von Ardenne bu teknoloji, 1938 yılında geliştirmiştir (161).

TEM, optik kolon, örnek haznesi ve görüntüleme sistemi bileşenlerinden oluşan bir mikroskop türüdür. Optik kolon, elektron tabancası, anot plakası, kondansatör, mercekler ve tarama bobinleri gibi unsurları içerir (162). Bu görüntüleme sistemi, incelenmekte olan örneğe 10 µm inceliğinde ve yüksek enerjili bir elektron demeti gönderir. Elektron demeti, numunenin yüzeyi boyunca hareket ederek, örnekten

yansıyan elektronların kristal yüzeye çarpmasına neden olur. Bu etkileşim ışığın oluşumunu sağlar. Oluşan ışık, foto çoğaltıcı lamba aracılığıyla elektron sinyaline dönüştürülür ve bu sinyaldeki değişiklikler dedektör tarafından algılanır.

Katot ışınli lambanın ekranı ve mikroskopta incelenen örnek, eş zamanlı bir tarama ile analiz edilir. Lambanın ekranındaki parlaklık ile cisimden salınan sekonder elektron sayısı arasında doğru bir orantı kurularak yüzey görüntüsü elde edilir. Elde edilen sinyaller dijital sinyallere dönüştürülerek görüntü oluşturulur. SEM yalnızca katı cisimleri inceleyebilir; bu nedenle incelencek örnekler önce temizlenip dehidrate edilmelidir. İletken olmayan cisimler için altın-paladyum ile kaplama yapıldıktan sonra, yüksek vakum altında analiz işlemi gerçekleştirilir (163,164).

TEM, şelatlama ajanlarının smear tabakasını kaldırma yeteneğinin incelenmesi, dentin kanallarının açılması ve enstrümantasyon sürecinde koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerindeki peritübüler ve intratübüler dentin üzerindeki erozyonların varlığının tespit edilmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu mikroskop, dentin yüzeylerinin ayrıntılı analizini sağlayarak, tedavi süreçlerinde kullanılan materyallerin etkinliğini ve etkilerini değerlendirmeye olanak tanır. Özellikle dentin kanallarında meydana gelen değişikliklerin gözlemlenmesi, endodontik tedavi uygulamalarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşır. Bu yönüyle TEM, diş hekimliğinde ve endodontik alanlarındaki araştırmalarda önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (164).

Literatürde farklı irigasyon aktivasyon teknikleri ile kullanılan kanal içerisinde ısıtılmış SH'nin kök kanal duvarlarında bulunan smear tabakası üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır (12). Ancak, KH solüsyonunun kanal içinde veya kanal dışında ısıtılması ile smear tabakasını kaldırma yeteneği arasındaki ilişkiyi ortaya koyan araştırma sayısı sınırlıdır. Bu nedenle, çalışmamızda farklı irigasyon aktivasyon teknikleri (XP-Endo Finisher, EDDY, PUI) ile uygulanan farklı ısılarıdaki KH solüsyonunun kök kanal duvarlarındaki smear tabakası üzerindeki etkisini araştırdık.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamız, TBAEK-578 karar numarası ile Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı.

Çalışmamızın deney basamakları ve laboratuvar aşamaları, Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı ve Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Elektron Mikroskobu ve Görüntüleme Merkezi'nde tamamlanmıştır.

3.1. Çalışma Modelinin Oluşturulması ve Örneklem Büyüklüğü

Örneklem büyüklüğü, G*Power 3.1.9.7 (Düsseldorf, Almanya) yazılımı aracılığıyla belirlendi. Bu çalışmanın örneklem sayısını hesaplamada, iki yönlü ANOVA tasarımı için, %95 güç, etki büyüklüğü 0.4 olacak şekilde ve Tip-1 hata 0.05 alfa değeri ile her bir grup için minimum örnek sayısı 12 olarak belirlendi. Meydana gelebilecek prosedürel hataların önüne geçebilmek için her bir grup için örnek sayısı 16 olarak alındı. Bu çalışmanın örneklem sayısını hesaplamada, her değişken için Power %95 ve Tip-1 hata %5 alınarak belirlendi.

3.2. Dişlerin Seçimi



Şekil 3.1. Dişlerin seçimi

Bu çalışmada, yeni çekilmiş insan alt çene küçük azı dişleri kullanılarak yapılan *in vitro* bir çalışmadır. Çalışma uzunluğu standardizasyon amacı ile kök uzunluğu

birbirine benzer olan 160 tane çürük içermeyen ve endodontik tedavi görmemiş tek köklü alt çene küçük azı dişleri kullanıldı. Kök kanalının orta üçte birlik kısmındaki bukkolingual: meziodistal oranın 2:1'den küçük olduğu periapikal radyografler ile doğrulandı. Çalışmamıza dahil edilen dişler stereomikroskop (Stemi 508, Zeiss, Oberkochen, Almanya) altında detaylı bir şekilde incelendikten sonra kök yüzeyinde kırık çatlak hattı veya rezorpsiyon olduğu belirlenen dişler çalışmaya katılmadı. Bir kretuar yardımıyla dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku kalıntıları temizlendi ve kurumalarını önlemek amacı ile çalışma süresi boyunca dişler serum fizyolojik solüsyonu içerisinde muhafaza edildi. Örneklerin kron bölümleri, kök boylarının eşit olması amacıyla (15 ± 1 mm) elmas separe (Isomet, Buehler, Lake Bluff, Illinois, ABD) kullanılarak su soğutması altında kesilerek çıkarıldı.

3.3. İrigantların Hazırlanması

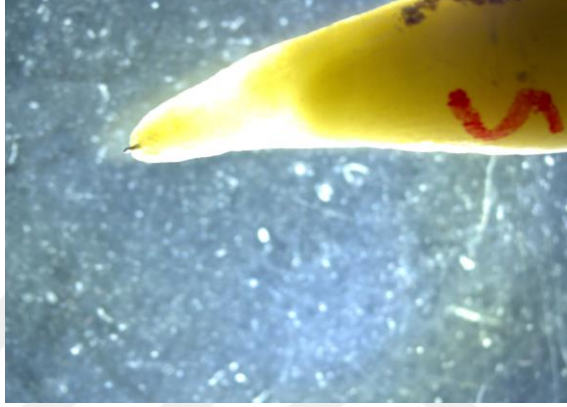


Şekil 3.2 İrigantların hazırlanması

Granül formundaki KH preparatı (Superkim, Torbalı, İzmir, Türkiye) (Şekil 3.2) irigant elde etmek için kullanıldı. Çalışma öncesinde tartılarak ağırlığı belirlenen preparata '*ağırlık/hacim (w/v)*' oranı olacak şekilde distile su ilave edildi. Elde edilen solüsyon 30 dk. ajite edilerek filtreli kağıt kullanarak süzüldü ve %5.25'lik solüsyon elde edildi.

Endodontik tedavi için piyasada bulunan %17'lik EDTA (Endo-Solution; Cermed, Nisko, Polonya) smear tabakasının inorganik komponentini kaldırmak için kullanıldı.

3.4. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi



Şekil 3.3. K-tipi eğe kullanılarak stereomikroskop altında apikal açıklık kontrolü

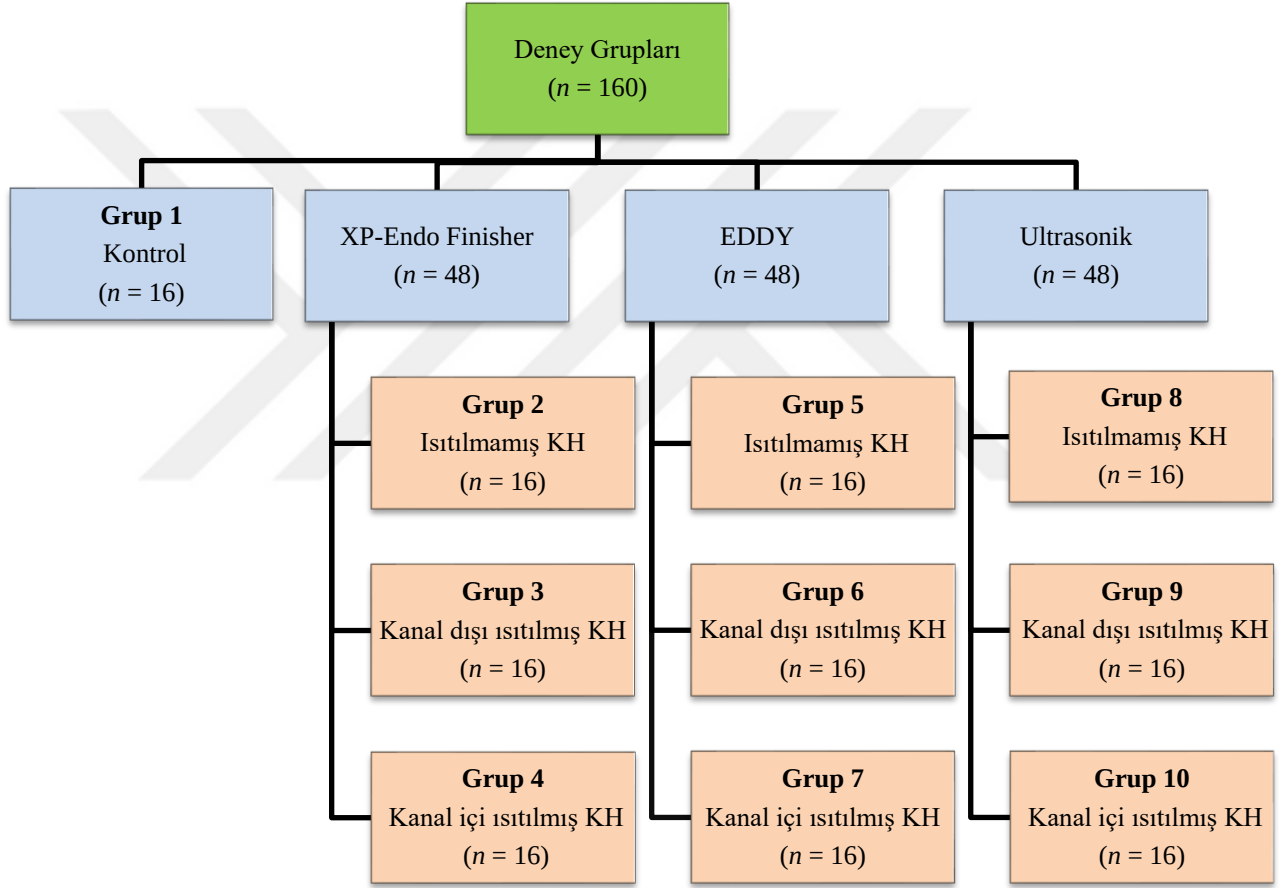
Tüm dişler çalışma uzunluğu standardizasyonu için çalışma boyu 15 mm olacak şekilde düz bir yüzey oluşturmak amacıyla dekorasyon işlemi yapıldı. #10 nolu K-tipi eğe kullanılarak stereomikroskop altında apikal açıklık kontrol edildi (Şekil 3.3). Tüm örnekler, irigantın dışarı sızmasını önlemek amacıyla oje (Revlon, New York, ABD) ile kaplandı. Her diş 3 mL %5.25'lik KH ile irigasyon işlemi sonrasında tüm dişlerde eşit kanal genişliği sağlamak amacıyla kök kanalları sırasıyla X-Smart Plus, (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motor kullanılarak sırasıyla ProTaper Next (Dentsply Maillefer) (PTN) X1-X4 eğeleri ile şekillendirildi (Şekil 3.4). Her eğe değişiminde kanallar 3 mL %5.25'lik KH ile 30 G ucu kapalı çift delikli, tek kullanımlık, plastik irigasyon iğnesi (EndoArt; İnci Dental, İstanbul, Türkiye) ile irige edildi. Enjektör, apiko-koronal yönde hareket ettirilerek pasif ve basınçsız bir şekilde irigant kanal içerisine verildi. Enjektör ucu, apekten 1-2 mm geri mesafede olacak şekilde yerleştirildi.



Şekil 3.4. ProTaper Next eğeleri ve X Smart Plus endodontik motor

3.5. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Deneylerdeki tüm örnekler ($n = 160$) TEM ile smear tabakası miktarının değerlendirilmesi için kullanıldı. Preparasyon işlemleri yapıldıktan sonra örnekler her bir grupta 16 adet diş olacak şekilde rastgele 10 gruba ayrıldı (Şekil 3.5).



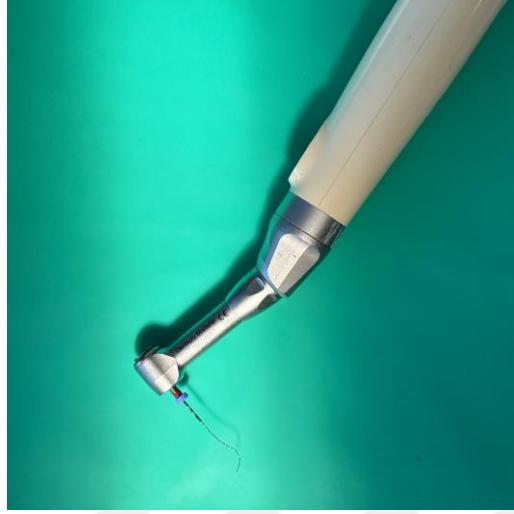
Şekil 3.5. Çalışma Grupları

Grup 1 (Kontrol): Her dişte irigasyon için oda sıcaklığında 6 mL %5.25'lik KH kullanıldı. 30 G çift delikli yandan perfore irigasyon iğnesi çalışma boyutundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içine yerleştirildikten sonra 3-5 mm ileri geri doğrultuda hareket ettirilerek Gİİ yapıldı. İrigasyon işlemi tamamlandıktan sonra kanalda mevcut KH'in kanaldan uzaklaştırılması amacıyla kanallar 1 dk. boyunca 3 mL steril salin ile durulanıp kağıt kon (Dentsply Maillefer) ile kurutuldu.



Şekil 3.6. 30 G yandan perfore çift delikli irigasyon iğnesi ve 2 mL dental enjektör

Grup 2 (Isıtılmamış KH + XP-Endo Finisher): XP-Endo Finisher eğesi (FKG) üretici firma tarafından sağlanan rehber doğrultusunda tork değeri 1 Ncm olarak ayarlanmış endodontik motorla (X-Smart Plus, Dentsply) 1000 rpm de çalıştırıldı. Her bir dişte, oda sıcaklığındaki 6 mL KH ile irigasyon işlemi sonrası aktivasyon için XP-Endo Finisher eğesi, 3 döngü (20 sn. × 3) halinde 7-8 mm içeri ve dışarı yönlü hareketleriyle kullanıldı. Ardından 3 mL steril salin ile durulanmıştır. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA 3 mL kullanıldı ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kanallar kağıt kon yardımıyla kök kanalları kurulandı.



Şekil 3.7. XP-Endo Finisher

Grup 3 (Kanal Dışı Isıtılmış KH + XP-Endo Finisher): Her bir dişte, test tüpünde Fast-Pack Pro (Eighteeth, Orikam, Çin) cihazı kullanılarak 55 °C'ye ısıtılmış 6 mL KH ile irigasyon işlemi sonrası XP-Endo Finisher eğesinin 7-8 mm içeri ve dışarı yönlü hareketleriyle 3 döngü (20 sn. × 3) halinde aktivasyon yapıldı. Sonrasında dişler, 3 mL steril salin ile durulandı. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA çözeltisi 3 mL kullanılmış ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kök kanalları kağıt kon yardımıyla kurulandı.



Şekil 3.8. Solüsyonun kanal dışarısında 55 °C'ye ısıtılması

Grup 4 (Kanal İçi Isıtılmış KH + XP-Endo Finisher): 6 mL KH ile irigasyon işlemi sırasında Fast-Pack Pro cihazı 150 °C'ye ayarlanmış, 40/.025 çap ve koniklik açısına sahip ısıtıcı ucu çalışma boyutundan 3 mm kısa olacak şekilde kanal içine yerleştirildi ve ısıtıcı ucun kanal içindeki içeri ve dışarı yönde minimal hareketler ile 3 döngü (8 sn. × 3) halinde solüsyon ısıtıldı. Aktivasyon işlemi grup 3 ile benzer olacak şekilde; XP-Endo Finisher eğesinin 7-8 mm içeri ve dışarı yönlü hareketleriyle 3 döngü (20 sn. × 3) halinde yapıldı. Bu işlemin sonrasında 3 mL steril salin ile durulandı. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA çözeltisi 3 mL kullanıldı ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kök kanalları kağıt kon yardımıyla kurulandı.



Şekil 3.9. Fast-Pack Pro cihazı ile solüsyonun kanal içerisinde 150 °C'ye ısıtılması

Grup 5 (Isıtılmamış KH + EDDY): EDDY sonik aktivatör cihazı üretici firmanın önerileri doğrultusunda çalıştırıldı. Her bir dişte, 6 mL KH ile irigasyon işlemi sonrası EDDY'nin ucu, çalışma boyutundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içine yerleştirildi ve 3 döngü (20 sn. × 3) halinde aktivasyon yapıldı. Ardından 3 mL steril salin ile durulandı. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA 3 mL kullanıldı ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kök kanalları kağıt kon yardımıyla kurulandı.



Şekil 3.10. EDDY cihazı

Grup 6 (Kanal Dışı Isıtılmış KH + EDDY): Her bir dişte, test tüpünde Fast-Pack Pro cihazı kullanılarak 55 °C'ye ısıtılmış 6 mL KH ile irigasyon işlemi sonrası EDDY'nin ucu, çalışma boyutundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içerisine yerleştirildi ve 3 döngü (20 sn. × 3) halinde aktivasyon yapıldı. Ardından 3 mL steril salin ile durulandı. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA 3 mL kullanıldı ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kök kanalları kağıt kon yardımıyla kurulandı.

Grup 7 (Kanal İçi Isıtılmış KH + EDDY): 6 mL KH ile irigasyon işlemi sırasında Fast-Pack Pro cihazı 150 °C'ye ayarlanıp 40/.025 çap ve konikliğe sahip ısıtıcı ucu çalışma boyutundan 3 mm kısa olacak şekilde kanal içine yerleştirildi ve ısıtıcı ucun kanal içindeki içeri ve dışarı yöndeki küçük hareketleriyle 3 döngü (8 sn. × 3) halinde solüsyon ısıtıldı. Aktivasyon işlemi grup 6 ile benzer olacak şekilde; EDDY'nin ucu, çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içerisine yerleştirildi ve 3 döngü (20 sn. × 3) halinde yapıldı. Ardından 3 mL steril salin ile durulandı. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA çözeltisi 3 mL kullanıldı ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kök kanalları kağıt kon yardımıyla kurulandı.

Grup 8 (Isıtılmamış KH + PUİ): Ultrasonik cihazı (Woodpecker DTE, D600, Pekin, Çin) üretici firmanın önerileri doğrultusunda çalıştırıldı. Her bir dişte, 6 mL KH ile irigasyon işlemi sonrası 120 açılı metal eğe tutucu (DTE, ED70) kısmına sabitlenen plastik irigasyon ucu, çalışma boyutundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içerisine yerleştirildi ve 3 döngü (20 sn. $\times$ 3) halinde aktivasyon yapıldı. Ardından 3 mL steril salin ile durulandı. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA çözeltisi 3 mL kullanıldı ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kök kanalları kağıt kon yardımıyla kurulandı.



Şekil 3.11. PUİ’de kullanılan aktivasyon uçları

Grup 9 (Kanal Dışı Isıtılmış KH + PUİ): Her bir dişte, test tüpünde Fast-Pack Pro cihazı kullanılarak 55 °C’ye ısıtılmış 6 mL KH ile irigasyon işlemi sonrası 120 açılı eğe tutucu (DTE, ED70) kısmına sabitlenen plastik irigasyon ucu, çalışma boyutundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içerisine yerleştirildi ve 3 döngü (20 sn. $\times$ 3) halinde aktivasyon yapıldı. Ardından 3 mL steril salin ile durulandı. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA çözeltisi 3 mL kullanılmış ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kanallar kağıt kon yardımıyla kurulandı.

Grup 10 (Kanal İçi Isıtılmış KH + PUI): Altı mL KH ile irigasyon işlemi sırasında Fast-Pack Pro cihazı 150 °C'ye ayarlanmış 40/.025 çap ve konikliğe sahip ısıtıcı ucu çalışma boyutundan 3 mm kısa olacak şekilde kanal içine yerleştirildi ve ısıtıcı ucun kanal içindeki içeri ve dışarı yöndeki küçük hareketleriyle 3 döngü (8 sn. × 3) halinde solüsyon ısıtıldı. Aktivasyon işlemi Grup 6 ile benzer olacak şekilde; ultrasonik cihazın aktivasyon ucu, çalışma boyutundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içerisine yerleştirildi ve 3 döngü (20 sn. × 3) halinde yapıldı. Ardından 3 mL steril salin ile durulanmıştır. Smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla, 1 dk. boyunca 17% EDTA çözeltisi 3 mL kullanıldı ve son olarak her kanal 3 mL steril salin ile final irigasyon işlemine tabi tutuldu. Final irigasyon işlemi sonrası kanallar kağıt kon yardımıyla kurulandı.

3.6. Örneklerin TEM İçin Hazırlanması

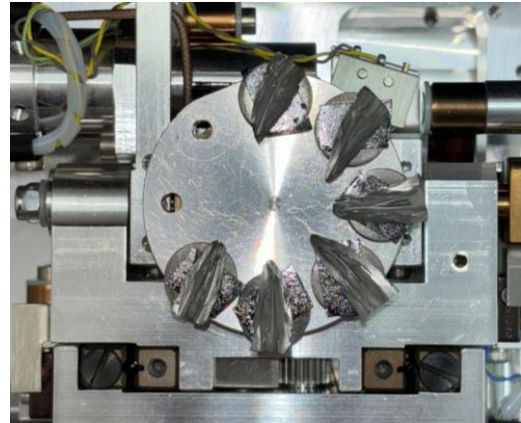
Dişler, bukkal ve lingual yüzeylerde, su soğutması altında elmas separe frezler kullanılarak uzun eksene paralel şekilde oyuklar oluşturulduktan sonra, 15 nolu bisturinin oyuklara yerleştirilmesi ve çekiç darbesi uygulanmasıyla tek hamlede longitudinal olarak 2 parçaya ayrıldı (Şekil 3.12). Kırık hattı düzensiz olan veya ikiden fazla parçaya bölünen örnekler çalışma kapsamına alınmadı. Örnekler, daha sonra dehidratasyon süreci için sırasıyla %30, %50, %70, %80, %90 ve saf alkol içeren dereceli etanol solüsyonlarında her biri 10 dk. bekletilmiş, ardından saf alkolden çıkarılarak kurumaya bırakıldı (165).



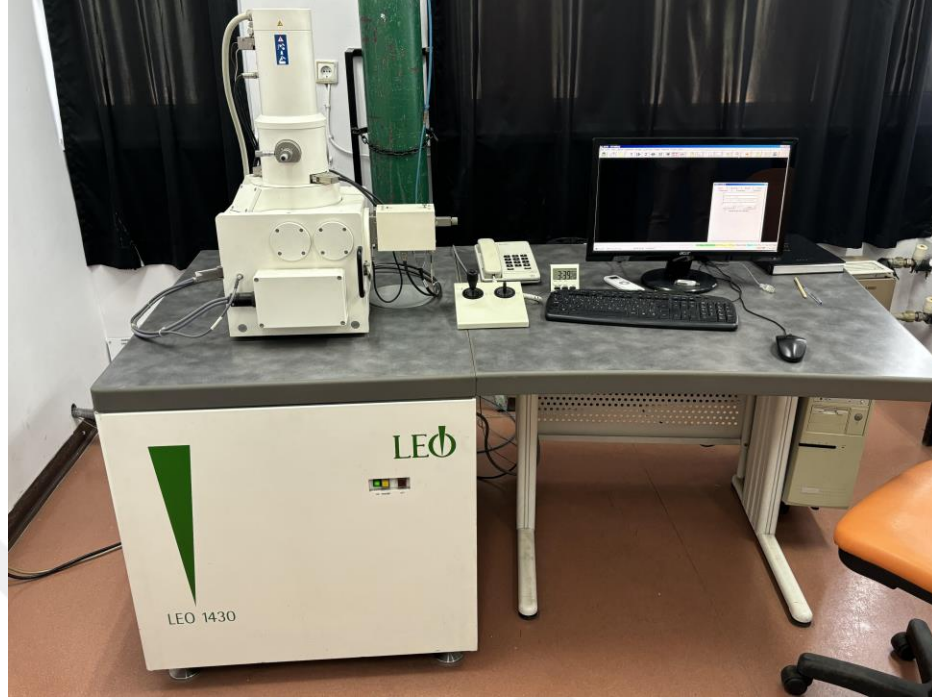
Şekil 3.12. Dişlerin longitudinal 2 parçaya ayrılması

3.7. Örneklerin TEM ile İncelenmesi

Altın-paladyum ile kaplanan dişler smear tabakasının uzaklaştırılması açısından değerlendirilmesi için, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Elektron Mikroskobu ve Görüntüleme Merkezi'nde bünyesinde bulunan TEM laboratuvarındaki cihaz (Zeiss, LEO-1430, Oberkochen, Almanya) kullanılarak incelendi.



Şekil 3.13. Örneklerin TEM incelemesi için hazırlanması

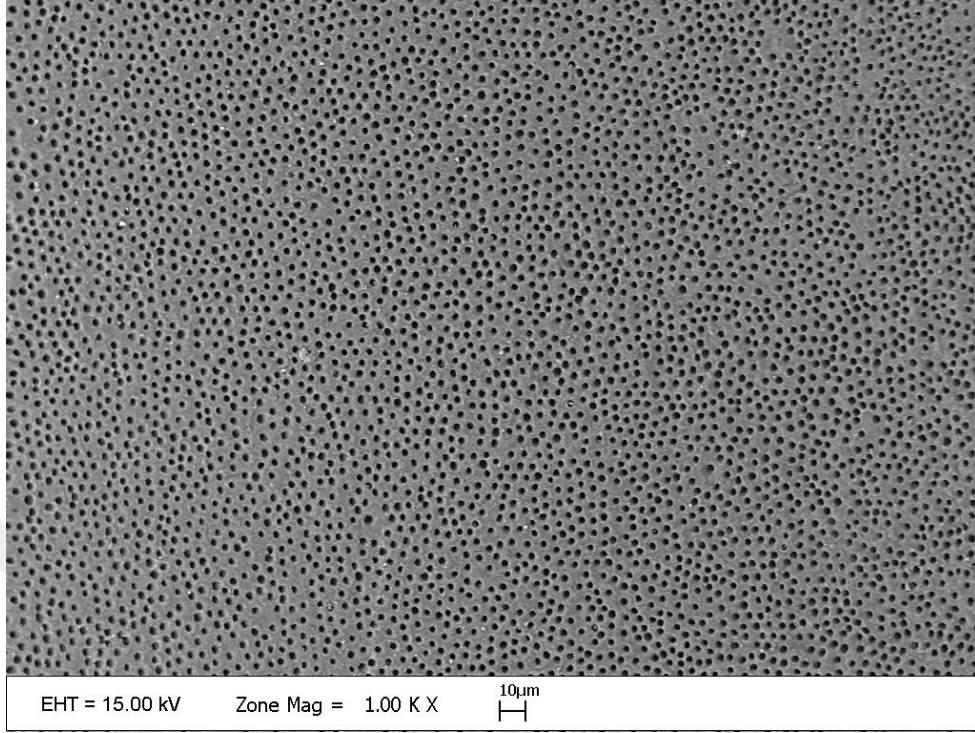


Şekil 3.14. Kullanılan TEM cihazı

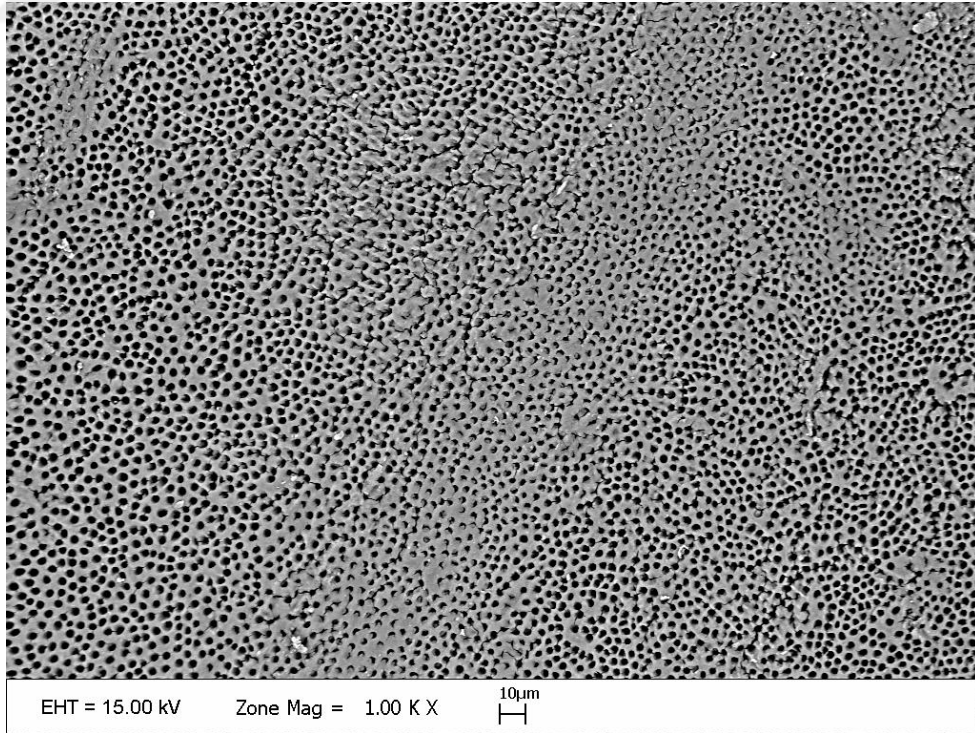
3.8. Örneklerin TEM Görüntülerinin Skorlanması

Kök kanal duvarlarında smear tabakası varlığını değerlendirmek için, Hülsmann ve Rümmelin'in skorlama yöntemi kullanıldı (166). Skor değerleri; *Skor 1*: Smear tabakası yok, dentin tübülleri tamamen açık, *Skor 2*: Az miktarda smear tabakası, bazı dentin tübülleri açık, *Skor 3*: Kök kanal duvarını kaplayan homojen smear tabakası, çok az sayıda açık dentin tübülü, *Skor 4*: Kök kanal duvarının tamamı homojen bir smear tabakasıyla kaplı, açık dentin tübülü yok, *Skor 5*: Kök kanal duvarının tamamını kaplayan ağır ve homojen olmayan smear tabakası.

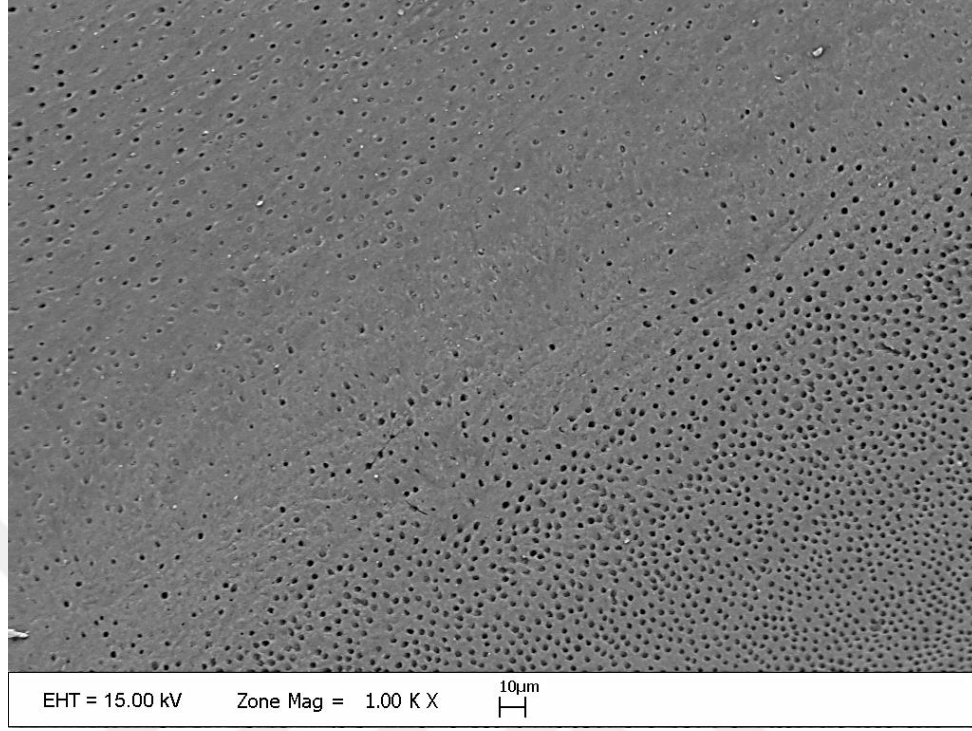
Elde edilen görüntülerin skorlaması en az 3 yıl deneyimi olan 2 Endodontist (D.E. ve K.E.) tarafından, farklı zamanlarda körleme yöntemiyle analiz edildi.



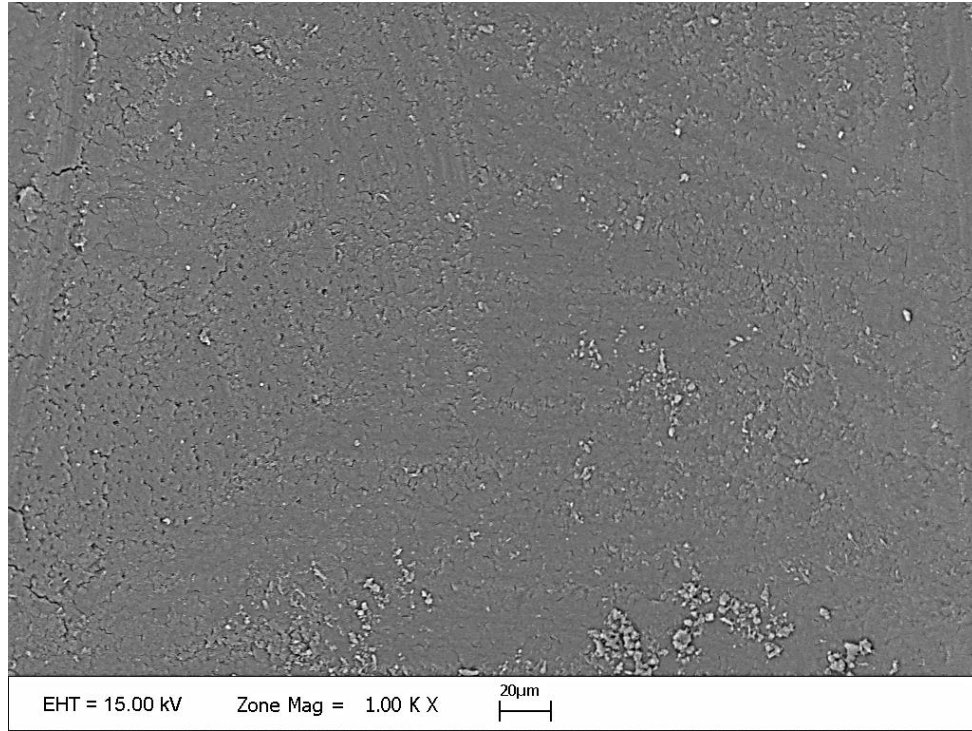
Şekil 3.15. Skor 1 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği



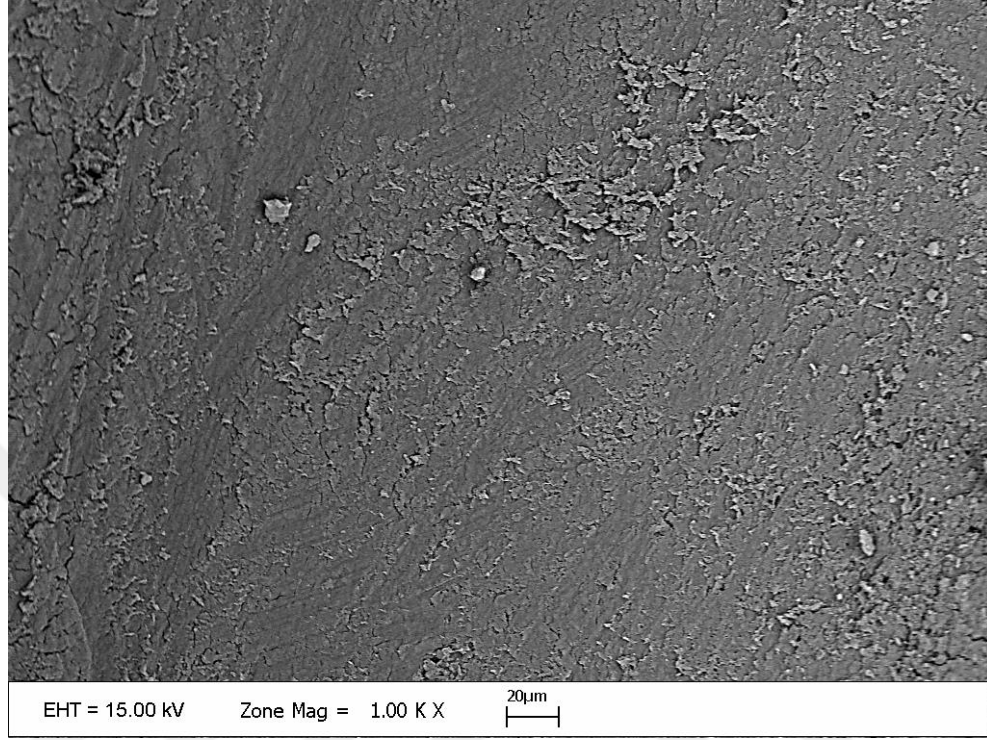
Şekil 3.16. Skor 2 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği



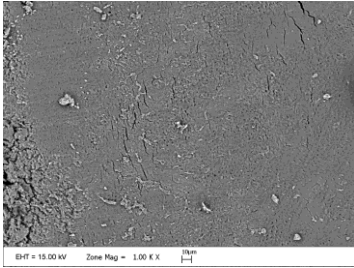
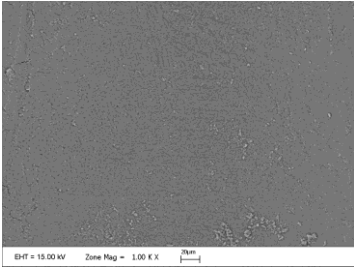
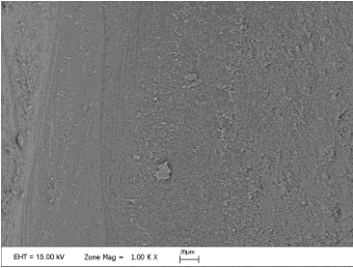
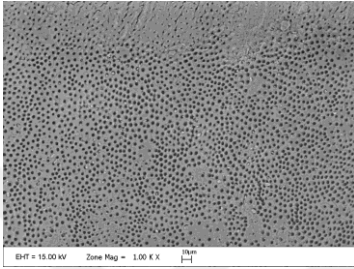
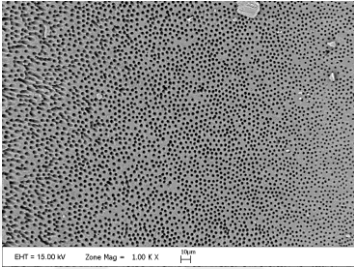
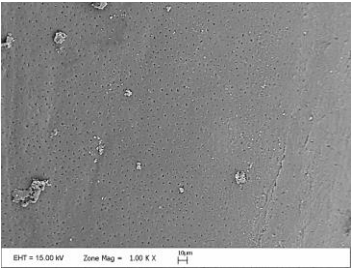
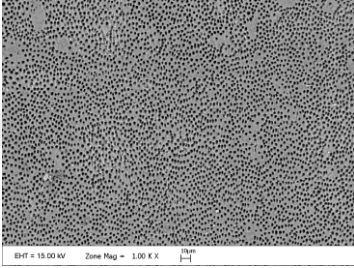
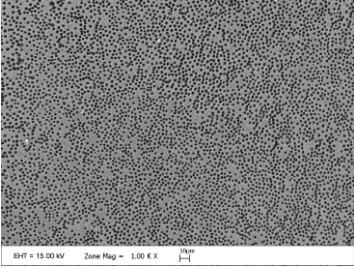
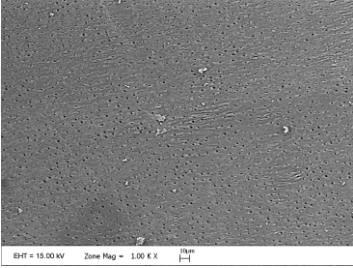
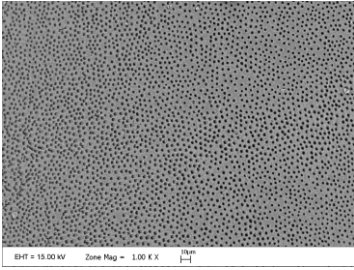
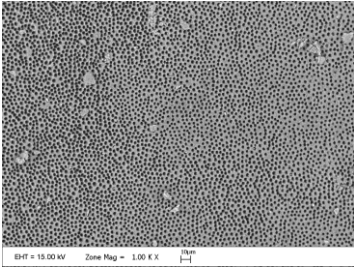
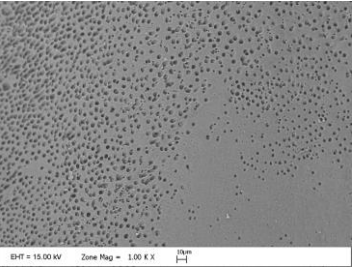
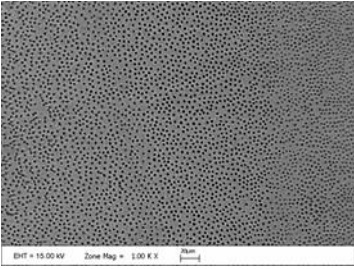
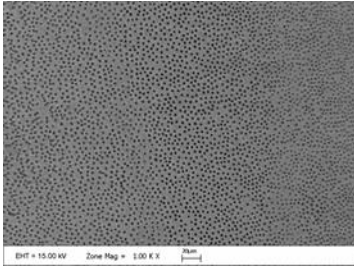
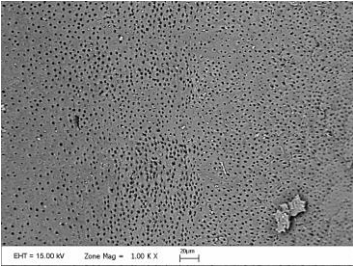
Şekil 3.17. Skor 3 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği

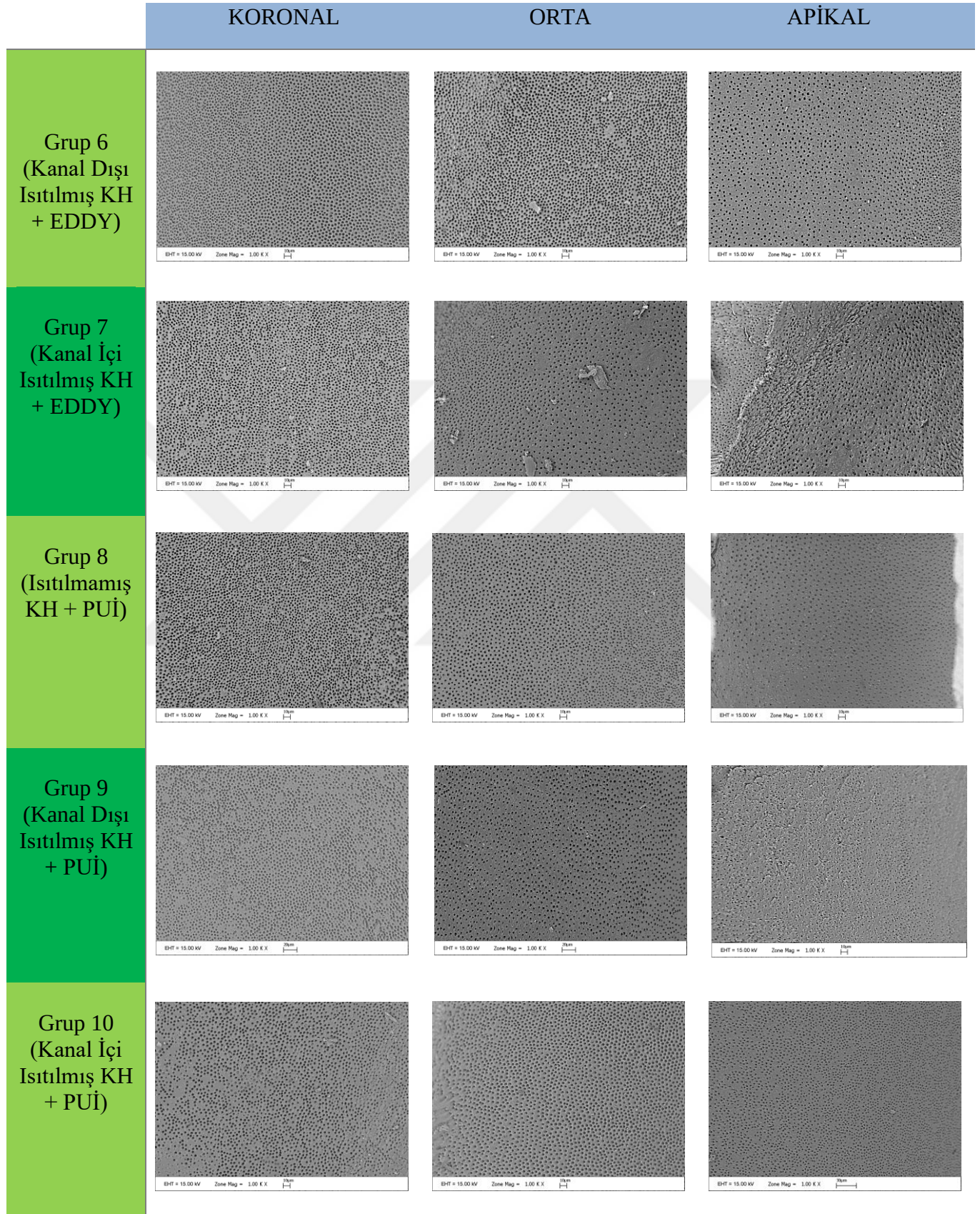


Şekil 3.18. Skor 4 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği



Şekil 3.19. Skor 5 olarak değerlendirilen TEM görüntüsü örneği

	KORONAL	ORTA	APİKAL
Grup 1 (Kontrol)			
Grup 2 (Isıtılmamış KH + XP- Endo Finisher)			
Grup 3 (Kanal Dışı Isıtılmış KH + XP-Endo Finisher)			
Grup 4 (Kanal İçi Isıtılmış KH + XP-Endo Finisher)			
Grup 5 (Isıtılmamış KH + EDDY)			



Şekil 3.20. Bütün gruplardan alınan TEM görüntülerinden örnekler

3.9. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda istatistiksel analizler SPSS (IBM SPSS Windows, versiyon 26, New York, ABD) istatistik programı ile gerçekleştirildi. Çalışmamızda sürekli ölçümlerin normal dağılım gösterip göstermediğini analiz etmek için Shapiro-Wilk ve Skewness-Kurtosis testleri uygulandı ve ölçümlerin normal dağılım göstermesi nedeniyle parametrik testleri uygulandı. Çalışmamızdaki değişkenler için ortalama, standart sapma, örnek sayısı (n) ve yüzde (%) olarak tanımlayıcı istatistikler ortaya konuldu. Ölçümlerin, gruplar içerisinde karşılaştırılması sürecinde de Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) test yöntemi kullanıldı. Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede “Duncan testi” kullanıldı. Örnek ölçümlerinin yüzeylere göre karşılaştırılmasında ise Repeated ANOVA testi kullanıldı. Gözlemciler arası uyumunun hesaplanmasında ise Cohen’s Kappa analizi kullanıldı. Hesaplamalarımızda istatistiksel anlamlılık düzeyi (α) 0.05 olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Smear tabakasının analizi, TEM ile x1000 büyütmede, köklerin koronal, orta ve apikal üçlü bölgelerinden elde edilen görüntüler kullanılarak gerçekleştirildi. Gözlemciler arası uyumunun hesaplanmasında ise “Cohen’s Kappa” analizi kullanıldı. Kappa değeri +1 olduğunda 2 araştırmacı/diyalog arasında mükemmel uyum olduğunu gösterirken, 0 değeri ise bu 2 gözlemci arasındaki uyumun olmadığını göstermektedir (167). Yapılan uyum analizi sonucunda, Gözlemci-1 ve Gözlemci-2 arası olarak anlamlı bir uyum olduğu görüldü. Sürekli değişkenlerin normal dağılımı gösterip göstermediği Shapiro-Wilk ve Skewness-Kurtosis testleri ile analiz edildi. Yapılan testler sonucunda, verilerin normal dağılıma uygun olduğu belirlendi ve buna bağlı olarak parametrik testler kullanıldı. Çalışmada yer alan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart sapma ve yüzde değerleri şeklinde sunulmuştur. Ölçümler, gruplar ve yüzeyler arasında karşılaştırıldı ve istatistiksel anlamlılık düzeyi $P < 0.05$ olarak belirlendi.

Grup 1 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.1’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Kontrol grubunda oda sıcaklığında 6 mL %5.25’lik KH ile steril salin irigasyonu yapıp, aktivasyon yöntemi kullanıldı. Grup 1’de bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma etkinliği değerlendirildiğinde, bölgeler arasında anlamlı fark bulunmadı.

Tablo 4.1. Kontrol grubunun apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kontrol	4.4 ^{Aa}	.55	4.28 ^{Aa}	.71	4.22 ^{Aa}	.66	.266

* a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 2 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.2’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 2’de oda sıcaklığındaki KH ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak XP-Endo Finisher kullanıldı. Grup 2’de bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma yeteneği değerlendirildiğinde, orta üçlüde, koronal ve apikal üçlüye göre anlamlı derecede daha fazla smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.2. Grup 2’nin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Isıtılmamış KH + XPF	2.69 ^{Ab}	.79	1.81 ^{Bb}	.66	2.31 ^{Ab}	.60	.002

* a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 3 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.3’te detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 3’te kanal dışında 55 °C’ye ısıtılmış KH ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak XP-Endo Finisher kullanıldı. Grup 3’te bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma etkinliği değerlendirildiğinde, apikal üçlüde, koronal ve orta üçlüye göre anlamlı derecede daha az smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.3. Grup 3'ün apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kanal Dışı							
Isıtılmış	2.31 ^{Ac}	.70	1.44 ^{Bc}	.73	1.94 ^{Ab}	.68	.006
KH + XPF							

* a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 4 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.4'te detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 4'te kanal içerisinde 150 °C'ye ısıtılmış KH ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak XP-Endo Finisher kullanıldı. Grup 4'te bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma etkinliği değerlendirildiğinde, apikal üçlüde, koronal ve orta üçlüye göre anlamlı derecede daha az smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.4. Grup 4'ün apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kanal İçi							
Isıtılmış	2.31 ^{Ac}	.48	1.69 ^{Bb}	.66	1.69 ^{Bc}	.60	.007
KH + XPF							

* a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 5 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.5'te detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 5'te oda sıcaklığındaki KH çözeltisi ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak EDDY kullanıldı. Grup 5'te bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma yeteneği değerlendirildiğinde, apikal üçlüde, koronal ve orta üçlüye göre anlamlı derecede daha az smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.5. Grup 5'in apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Isıtılmamış EDDY	2.44 ^{Ab}	.63	1.69 ^{Bb}	.60	1.75 ^{Bc}	.58	.001

*a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 6 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.6'da detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 6'da kanal dışında 55 °C'ye ısıtılmış KH ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak EDDY kullanıldı. Grup 6'da bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma yeteneği değerlendirildiğinde, apikal üçlüde, koronal ve orta üçlüye göre anlamlı derecede daha az smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.6. Grup 6'nın apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kanal Dışı Isıtılmış KH + EDDY	2.19 ^{Ac}	.85	1.56 ^{Bb}	.63	1.84 ^{Bc}	.65	.030

*a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 7 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.7’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 7’de kanal içinde 150 °C’ye ısıtılmış KH ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak EDDY kullanıldı. Grup 7’de bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma etkinliği değerlendirildiğinde, apikal üçlü, koronal ve orta üçlüde anlamlı fark bulundu.

Tablo 4.7. Grup 7’nin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kanal İçi Isıtılmış KH + EDDY	2.13 ^c	.90	1.63 ^{Bb}	.53	1.66 ^c	.54	.162

*a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 8 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.8’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 8’de oda sıcaklığındaki KH ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak PUİ kullanılmıştır. Grup 8’de bölgeler arasında

smear tabakası uzaklaştırma yeteneği değerlendirildiğinde, apikal üçlüde, koronal ve orta üçlüye göre anlamlı derecede daha az smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.8. Grup 8'in apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Isıtılmamış KH + PUİ	2.38 ^{Ab}	.87	1.53 ^{Bb}	.39	1.72 ^{Bc}	.36	.009

* a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 9 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.8'de detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 9'da kanal dışında 55 °C'ye ısıtılmış KH çözeltisi ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak PUİ kullanıldı. Grup 9'da bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma yeteneği değerlendirildiğinde, apikal üçlüde, koronal ve orta üçlüye göre anlamlı derecede daha az smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.9. Grup 9'un apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kanal Dışı Isıtılmış KH + PUİ	2.19 ^{Ac}	.75	1.63 ^{Bb}	.62	1.50 ^{Bc}	.48	.002

* a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Grup 10 skorlamaları sonucu elde edilen verilerin dağılımı Tablo 4.8’de detaylı şekilde gösterilmiştir. Grup 10’da kanal içinde 150 °C’ye ısıtılmış KH ile final irigasyon işlemi sonrası aktivasyon yöntemi olarak PUI kullanıldı. Grup 10’da bölgeler arasında smear tabakası uzaklaştırma yeteneği değerlendirildiğinde, apikal üçlüde, koronal ve orta üçlüye göre anlamlı derecede daha az smear tabakası uzaklaştırıldığı bulundu.

Tablo 4.10. Grup 10’un apikal, orta ve koronal bölgelere ait skorlamalarının istatistiksel verileri

Grup	Apikal		Orta		Koronal		*p.
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kanal İçi Isıtılmış KH + PUI	1.88 ^{Ac}	.53	1.19 ^{Bb}	.25	1.50 ^{Bc}	.48	.001

*a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.

Gözlemcilerin ortalama ölçümlerinin gruplara ve dişin bölgelerine göre karşılaştırma sonuçları Tablo 4.11’de detaylı olarak verilmiştir. Grupların, smear tabakası kaldırma yeteneklerinin skorlarının ortalama değerlerinin grafik görüntüsü şekil 4.1’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Kontrol grubu tüm gruplara ve diş bölgelerine göre anlamlı olarak daha az smear tabakası kaldırmıştır. Apikal bölgede, gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Isıtılmamış KH + XPF, kanal dışı ısıtılmış KH + XPF, ısıtılmamış KH + EDDY ve ısıtılmamış KH + PUI; kanal içi ısıtılmış KH + XPF, kanal dışı ısıtılmış + KH-EDDY, kanal içi ısıtılmış KH + EDDY, kanal dışı ısıtılmış KH + PUI ve kanal içi ısıtılmış KH + PUI’ye göre anlamlı olarak daha az smear tabakası kaldırmıştır.

Benzer şekilde; orta üçlü bölgesinde, gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Orta üçlüde; kanal içi ısıtılmış KH + PUİ, diğer gruplara göre anlamlı olarak daha fazla smear tabakası kaldırmıştır.

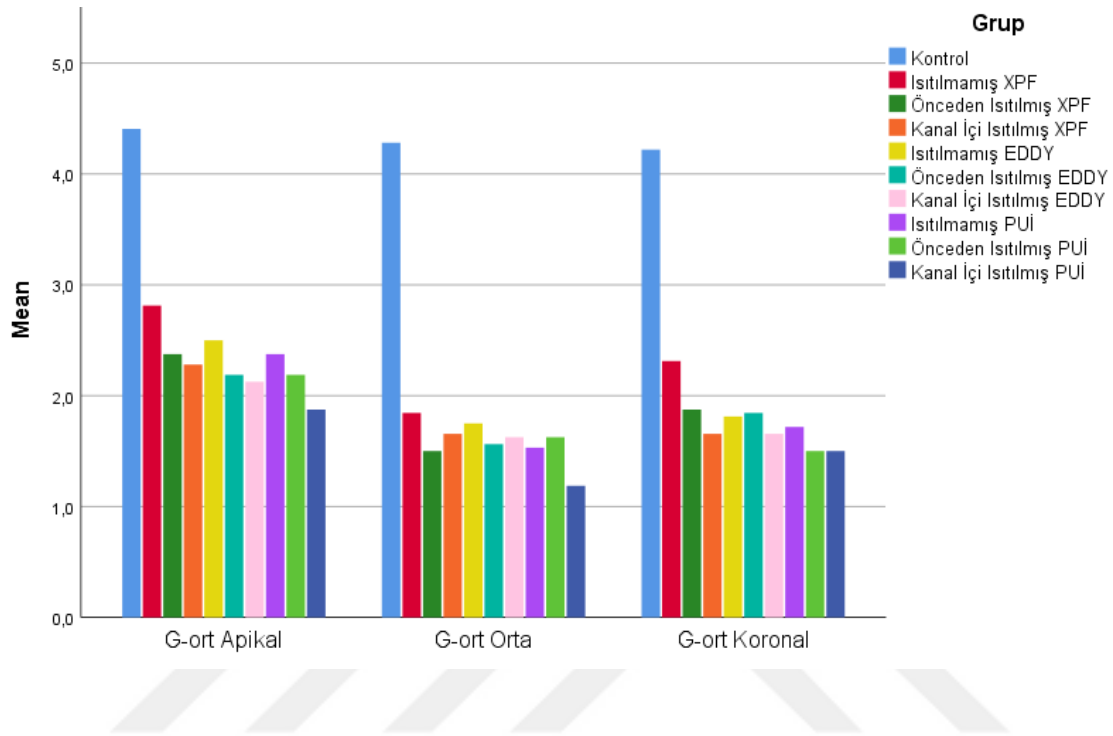
Yine; koronal üçlü bölgesinde, gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Koronal üçlüde; XPF grubu, diğer gruplara göre anlamlı olarak daha az smear tabakası kaldırmıştır.



Tablo 4.11. Ölçümlerin gruplara ve yüzeylere göre iki yönlü karşılaştırma sonuçları

Grup	Apikal		Orta		Koronal		<i>*p.</i>
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	
Kontrol	4.41 ^a	.55	4.28 ^a	.71	4.22 ^a	.66	.266
Isıtılmamış KH + XPF	2.81 ^{Ab}	.70	1.84 ^{Bb}	.60	2.31 ^{Ab}	.60	.001
Kanal Dışı Isıtılmış KH + XPF	2.38 ^{Ab}	.72	1.50 ^{Bb}	.58	1.88 ^{Bc}	.59	.005
Kanal İçi Isıtılmış KH + XPF	2.28 ^{Ac}	.60	1.66 ^{Bb}	.54	1.66 ^{Bc}	.51	.008
Isıtılmamış KH + EDDY	2.50 ^{Ab}	.63	1.75 ^{Bb}	.48	1.81 ^{Bc}	.57	.001
Kanal Dışı Isıtılmış KH + EDDY	2.19 ^{Ac}	.85	1.56 ^{Bb}	.63	1.84 ^{Bc}	.65	.030
Kanal İçi Isıtılmış KH-EDDY	2.13 ^c	.90	1.63 ^b	.53	1.66 ^c	.54	.162
Isıtılmamış KH + PUİ	2.38 ^{Ab}	.87	1.53 ^{Bb}	.39	1.72 ^{Bc}	.36	.009
Kanal Dışı Isıtılmış KH + PUİ	2.19 ^{Ac}	.75	1.63 ^{Bb}	.62	1.50 ^{Bc}	.48	.002
Kanal İçi Isıtılmış KH + PUİ	1.88 ^{Ac}	.53	1.19 ^{Bc}	.25	1.50 ^{Bc}	.48	.001
**p.	.001		.001		.001		

**Aynı grupta, yüzeyler arası farka ait anlamlılık düzeyi (Repeated ANOVA testi) **Aynı yüzeyde, gruplar arası farka ait anlamlılık düzeyi (ANOVA testi) a, b, c: Duncan post-hoc testine göre farklı grupları gösterir A, B, C: Duncan post-hoc testine göre farklı yüzey bölgelerini gösterir.*



Şekil 4.1. Grupların, smear tabakası kaldırma yeteneklerinin skorlarının ortalama değerlerinin grafik görüntüsü.

5. TARTIŞMA

Tez çalışmamızda, 3 farklı (sonik, ultrasonik, XP-Endo Finisher) irigasyon aktivasyon tekniği kullanılarak aktive edilen farklı derecelerde ısıtılmış KH solüsyonunun kök kanal duvarlarındaki smear tabakasını kaldırma etkinliğini karşılaştırmak amaçlandı.

Çalışmamızda sıfır hipotezi olarak kanal içinde ısıtılmış KH solüsyonunun, bütün aktivasyon teknikleri kullanılan gruplarda; smear tabakasını kaldırma yeteneği arasında fark olmayacağı kabul edilmiştir. Çalışmamızın sonucunda ise smear tabakası kaldırma yeteneklerine bakıldığında gruplar arasında fark bulunmuştur ve en fazla smear tabakası kaldırılan grup tüm aktivasyon grupları için kanal içinde ısıtılmış KH grubu olmuştur ve sıfır hipotezimiz reddedilmiştir.

Başarılı bir kök kanal tedavisinin hedefi, kök kanal sistemi içerisinde yapılan kemomekanik preparasyona bağlı, dentin duvarlarında görülen smear tabakası ve enfekte dokuların uzaklaştırılması sonucu üç boyutlu hermetik tıkama sağlayan bir kanal dolumunu gerçekleştirmektir. Başarılı bir kök kanal tedavisinin temel gereksinimlerinden biri de kök kanal sistemi içinde enfekte dokulara sebep olan mikroorganizmaların ortamdan temizlenmesi ve kök kanal sisteminin etkili bir şekilde dezenfeksiyonunun sağlanmasıdır (168).

Smear tabakası, organik ve inorganik maddelerden oluşan, kök kanal sisteminin el eğeleri veya farklı kinematiklere sahip döner ege sistemleri ile mekanik preparasyonu sırasında, bu eğelerin kanal içerisindeki sert dokulara temasıyla oluşan, kanal duvarlarını ve dentin tübüllerini örten bir yapıdır. Smear tabakası, yaklaşık 1-5 μ m kalınlığında gevşek bir yüzeysel tabaka ile 40 μ m'ye kadar dentin tübüllerine uzanan derin tabakadan oluşan bilaminar yapıdadır. Bu tabakanın, kök kanal tedavisinin prognozuna olan etkileri hakkında çeşitli görüşler bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar, smear tabakasının kaldırılması gerektiğini savunurken başka araştırmacılar smear tabakasının kalması gerektiğini düşünmektedirler.

Drake ve ark. (169) smear tabakası kaldırılmadığında, bazı mikroorganizmaların, dentin tübülleri içerisine penetre olamadığını bildirmiştir. Smear tabakasının dentin tübüllerinin yüzeylerini örterek, kanal içerisine doğru bakteri geçişini ve sıvı hareketini engellediğini savunmuşlardır. Williams ve ark. (170) *P. vulgaris*'in smear tabakası varlığında kanal içine geçişinin azaldığını bildirmişlerdir. George ve ark. (42) ise smear tabakasının içeriği nedeniyle mikroorganizmalara beslenmeleri için bir alan oluşturduğunu ve dentin tübüllerine yerleşimlerini arttırdığını belirtmişlerdir. Şen ve ark. (171) *C. albicans* koloni sayısının smear tabakası kaldırıldığında azaldığını göstermişlerdir.

Literatürde smear tabakasının mikrosızıntıya etkilerini gösteren birçok araştırma (171-173) mevcuttur. Fachin ve ark. (172) smear tabakasının kaldırılmasının, lateral kanallar ve ramifikasyonların doldurulmasında herhangi bir etkisi olmadığını göstermişlerdir. Taylor ve ark. (173) ise smear tabakasının uzaklaştırıldığı gruplar ile smear tabakasının bulunduğu grupları karşılaştırmış ve smear tabakası uzaklaştırıldığında belirgin şekilde daha az sızıntı oluştuğunu bildirmiştir. Gutmann ve ark. (174) kök kanal dolgu yöntemleri arasında en çok termoplastik dolgu yöntemlerinin smear tabakasının varlığından etkilendiğini savunmuştur.

Kök kanal tedavisi esnasında, mekanik preparasyon ile kanal içerisinin tamamen dezenfeksiyonu mümkün olmamaktadır. Önceki çalışmalar (175,176) kanal eğeleri ile mekanik preparasyon sonucunda, kanal yüzeyinin %35-40'ının ancak temizlenebildiğini göstermiştir. Bu nedenle kanal içerisinde ideal bir dezenfeksiyon sağlanması amacıyla irigantların kullanılması gerekmektedir. İrigantların, preparasyon süreci boyunca ve sonrasında mikroorganizmaların, nekrotik ve enfekte dokuların, dentin artıkları gibi kalıntıların elimine edilmesi ve uzaklaştırılması, kanal içerisini kayganlaştırması, smear tabakasının uzaklaştırılması gibi özellikleri de önem taşımaktadır (54). Günümüze kadar endodontide, oldukça farklı irigantlar kullanılmıştır. Serum fizyolojik, oksitleyici ajanlar, alkali solüsyonlar, asitler, şelasyon ajanları gibi pek çok irigant günümüze kadar endodontik amaçla kullanılmıştır (177).

Günümüzde, antimikrobiyal özellikleri ve doku çözücü etkilerine bağlı olarak en sık kullanılan endodontik irigant SH'dir. Endodontik tedavide SH, %0.5-6 arasındaki farklı konsantrasyonlarda tercih edilmektedir (64). Virdee ve ark. (178) SH konsantrasyonunun ve/veya temas süresinin artırılmasının dentin tübüllerine penetrasyonunu incelemiş ve sonucunda, SH'nin konsantrasyonundaki artışın dentin tübüllerine penetrasyonu arttırdığını göstermişlerdir (178). Aynı şekilde yapılan diğer çalışmalarda (179,180) da yüksek konsantrasyondaki SH'nin dentin tübül penetrasyonunda daha başarılı olduğu bulunmuştur.

Son zamanlarda, Endodonti alanında kullanılan yeni bir solüsyon olan KH, SH'ye benzer özelliklere sahiptir. Bu solüsyon, endüstriyel sterilizasyon, beyazlatma ve su arıtma işlemlerinde kullanılmaktadır ve aynı zamanda organik dokuyu çözme potansiyeline sahiptir (80). SH ile karşılaştırıldığında, nispeten daha kararlı ve daha fazla miktarda serbest klor iyonu içermektedir (81). KH granül formda mevcuttur ve taze hazırlanmış bir sulu çözeltide $\text{Ca}(\text{OCl})_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HOCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ reaksiyonunu vermektedir (12). %0.5 konsantrasyonlu hipoklorit çözeltilerinin, antimikrobiyal etkilerini gösterebilmek için en az 10 dk. teması gerekmektedir. Geçmiş çalışmalarla benzer bir şekilde De Paula ve ark. (181) daha yüksek konsantrasyonlardaki hipoklorit çözeltilerinin 15 sn. içinde bakteri büyümesini engellediğini göstermişlerdir (59,182). %2.5 ve %5.25 konsantrasyonlarındaki SH ve KH çözeltileri için test edilen mikroorganizmada benzer inhibisyon bölgeleri ve süreler gözlemlenmiştir (81). Sitotoksisite açısından değerlendirildiğinde daha düşük konsantrasyonlu çözeltiler genellikle daha düşük toksisite riski taşımaktadır. KH çözeltileri hücre göçü, canlılık ve inflamatuvar yanıt bakımından olumlu sonuçlar vermiştir (81). Dutta ve Saunders (80) düşük konsantrasyonlu hipoklorit çözeltileri kullanıldığında, irigant çözeltisinin doku çözme yeteneğinin ilk 30 dk. azaldığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, organik madde çözme yeteneği daha yüksek bir çözeltinin kullanılması önerilmektedir. Bu bağlamda, mevcut çalışma %5.25 SH ve KH çözeltilerinin *E. faecalis*'in azaltılmasında ve etkili doku çözünmesini teşvik etmede etkili olduğunu önermektedir. Bu çalışmaların sonuçlarına bakıldığında,

smear tabakasının organik artıklarının kaldırılmasında %5.25 konsantrasyonda KH'nin çalışmamız için daha uygun olacağı düşünülmüştür.

İrigantların etkinliklerini arttırmanın bir şekli de solüsyonların ısınısını arttırmaktır. SH'nin etkinliğini arttırmada sıcaklığın etkisi bazı çalışmalar (183,184) ile gösterilmiştir. SH'yi önceden ısıtmak, etkinliğini arttırmanın en kolay yollarından biridir. Önceden ısıtılmış SH'nin doku çözme yeteneği ve antibakteriyel etkinliğinin, oda sıcaklığındaki SH'ye göre daha üstün olduğu düşünülmektedir (185). Daha önceki çalışmalarda (186,187), Gİİ ile uygulanan önceden ısıtılmış SH'nin kanal içi sıcaklıklarının, enjektördeki sıcaklıkların altında olduğunu göstermiştir. Periodontal ligament hücrelerini etkileyen kritik sıcaklığın, kök yüzeyinin dış tarafında 47-56 °C arasında olduğu alkalen fosfatazın bu sıcaklıkta denatüre olması nedeniyle, bulunmuştur. Periodontal ligamenti hücreleri bu sıcaklıkta olumsuz etkilenir. 60 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar kalıcı kan akışını durdurabilir ve kemik nekrozuna neden olabilir.

Sirtes ve ark. (69) 37 °C'de simüle edilen çevresel dokularla kapalı bir sistemde, 45 °C ve 60 °C önceden ısıtılmış SH ile enjektörle irigasyon, başlangıçta kanal içinde önemli bir sıcaklık artışına yol açtığını göstermişlerdir. Çalışmalarının sonuçlarında, çevredeki dokuların tampon etkisini ve irigantın soğuma sürecini birleştirmenin, SH'nin önceden ısıtılmasının irigasyon sürecinde neredeyse tamamen ortadan kaldırdığını göstermiştir. Daha yüksek akış hızları, kanal içi sıcaklığı artırabilir ve bu da SH'nin etkinliğini artırabilir, ancak temas süresini azaltarak etkinliği düşürebilir. Enjektörle irigasyon sırasında elde edilen ortalama kanal içi sıcaklıklar, SH'yi önceden ısıtmanın, ısısal yayılma nedeniyle arzu edilen etkinlik artışına yol açmadığını göstermektedir (69,136,183).

SH'nin sıcaklığının artması antibakteriyel etkisini ve doku çözücü etkinliğini arttırmaktadır (69,183,188). Yared ve ark. (189) System B ile kanal içinde SH'yi 150 °C'ye ısıtmış ve kök yüzeyindeki sıcaklığın 47 °C'yi geçmediğini ve periodontal dokulara zarar vermediğini göstermişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada Fast Pack Pro

cihazı kullanarak önceden 55 °C'ye ve kanal içinde 150 °C'ye ısıtılmış KH solüsyonu kullandık. Iandolo ve ark. (183) kök kanallarındaki smear tabakası ve açık dentin tübül varlığını araştırmak amacıyla ısıtıcı ucu 180 °C'ye ayarlanmış ve çalışma boyutundan 3 mm kısa bir mesafeye yerleştirilmiştir. Araştırmada, her aktivasyon sürecinde SH yenilenerek, toplamda 10 tekrarda her seferinde 8 sn. boyunca ısıtma gerçekleştirilmiştir. Bu tür bir yöntem, dentin kanallarının apikal, orta ve koronal bölgelerinde etkin bir temizleme sağlarken, aynı zamanda dentin yüzeyindeki mikro yapısal değişiklikleri optimize etmeyi hedefler (183,188).

Benzer şekilde, ısıtma işleminin tekrarı ve SH'nin yenilenmesi, irigasyon protokollerinin etkinliğini artırarak smear tabakasının giderilmesinde önemli bir rol oynar. Literatürde, yüksek sıcaklıkların dentin yüzeyindeki organik kalıntıları etkin bir şekilde çözerek, kök kanal tedavisi sonuçlarını iyileştirdiği gösterilmiştir (190). Bu nedenle, çalışmamızda kullandığımız ısıtma ve irigasyon yöntemleri literatür ile uyumludur ve endodontik başarıyı artırmayı amaçlamaktadır.

Jain ve ark. (12) önceden ısıtılmış Fast Pack Pro cihazını kullanarak kanal dışında önceden ısıtılmış 55 °C SH ve kanal içinde 150 °C'ye ısıtılmış SH'nin, farklı aktivasyon teknikleri kullanarak dentin tübüllerine penetrasyon miktarlarını incelemiştir. Çalışmaları sonucunda kanal içi ısıtılmış SH ve ultrasonik aktivasyon yönteminin kombine kullanımının, kök kanal sistemindeki debris miktarını azaltmada etkili olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızın bulguları ile bu çalışmanın bulguları uyumlu bulunmuştur. Bizim çalışmamızda en fazla smear tabakası kaldıran yöntemin kanal içi ısıtılmış KH ve PUI'nin ortak kullanımı olarak bulunmuştur.

SH ve KH solüsyonlarının tek başına kullanıldığında smear tabakasını kaldırmakta yetersiz olduğu bilinmektedir. Cardoso ve ark. (191) EDTA, SH ve KH'in kök kanal dentinindeki inorganik dokulara etkilerini gösterdikleri bir çalışmada SH ve KH'nin tek başına smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olmadığını göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde oda sıcaklığında KH ile irigasyon yapılan kontrol

grubunda da smear tabakasının kaldırılmadığı bulundu. Önceki çalışmalarda da bu solüsyonların kök kanal tedavisinden sonra dentin tübüllerini tıkayan hidroksiapatit üzerinde etkili olmadığı gösterilmiştir (192,193).

EDTA çözeltisi, tek başına kullanıldığında smear tabakasını temizleyip dentin tübüllerini açabilmiş ve peritübüler dentinde çok az veya hiç değişiklik meydana getirmemiştir. SH veya KH ile irigasyon sonrasında kullanıldığında ise kök kanalının orta üçlüsünde smear tabakası tatmin edici bir şekilde temizlenmiş ve dentin tübüllerinde değişiklik meydana gelmiştir (191). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde EDTA ve KH kullanılan gruplarda smear tabakasının kaldırıldığı ve en az smear tabakasının orta üçlüde olduğu görülmüştür.

Widbiller ve ark. (194) Gİİ, PUİ, EDDY ve PIPS sistemlerinin smear tabakası üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda, aktivasyonun smear tabakasının daha etkili bir şekilde kaldırılmasına katkıda bulunduğunu göstermiştir. Ancak, EDTA'nın ek aktivasyonu smear tabakasının kaldırılmasında belirgin bir iyileşme sağlamamıştır. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da aktivasyon tekniklerinin kullanıldığı bütün gruplarda, kontrol grubuna göre daha fazla smear tabakası kaldırılmıştır.

XP-Endo Finisher, 0.25 mm uç çapına ve sıfır konikliğe (25/.00) sahip, oldukça esnek bir NiTi eğesi olarak üretilmiştir. Bu eğe, kendini 3 mm'ye kadar ya da karşılık gelen boyuttaki bir eğenin yüz katına kadar genişletebilmektedir. Martensit ve Austenit fazlarının karışık hallerinde çalışabilen NiTi MaxWire alaşımı (Martensit-Austenit Electropolish Flex) kullanılarak geliştirilmiştir (195). Alhat ve ark. (196) Gİİ, XP-Endo Finisher, sonik aktivasyon (EndoActivator), PUİ ve kök kanal fırçası kullanılarak smear tabakasının uzaklaştırılmasını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, hiçbir aktivasyon tekniğinin smear tabakasını tamamen uzaklaştıramadığını, ancak XP-Endo Finisher ile yapılan aktivasyonun sonik sisteme ve ultrasonik sisteme göre daha az smear tabakası kaldırdığını bildirmişlerdir. Bu sonuç bizim çalışmamızla benzerdir. XP-Endo Finisher'in daha az smear tabakası kaldırma nedeni, metal

alaşımın dentin duvarları ile teması sonucunda daha fazla debris ve smear tabakası oluşturma eğiliminde olması olabilir.

Machado ve ark. (197) GIİ, PUİ, EasyClean ve XP-Endo Finisher'ın smear tabakası üzerine etkilerini araştırmışlar ve apikal üçlüde gruplar arasında anlamlı bir fark bulamamıştır. Ancak, koronal ve orta üçlüde konvansiyonel yöntem daha başarılı bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise, oda sıcaklığında XP-Endo Finisher grubunda, orta üçlüde anlamlı olarak apikal üçlü ve koronal üçlüye göre daha fazla smear tabakası kaldırılmıştır. Kanal dışında ısıtılmış KH + XP-Endo Finisher ve kanal içinde ısıtılmış KH + XP-Endo Finisher gruplarında ise yine anlamlı olarak apikal üçlüde daha az smear tabakası kaldırılmıştır. Bunun nedeni apikal üçlü bölgesindeki anatomik kompleks yapılar ve dallanmaların temizlenmesinin zor olması olabilir diye düşünmekteyiz. Literatürde XP-Endo Finisher ile aktivasyon yönteminin smear tabakası kaldırma yeteneğine, solüsyon ısısının etkisini araştıran bir çalışma bulunamamıştır. Bütün gruplar karşılaştırıldığında aktivasyon teknikleri arasında XP-Endo Finisher anlamlı olarak daha az smear tabakası kaldırmıştır. Bunun nedeni EDDY ve PUİ tekniklerinin frekanslarının daha yüksek olması ve salınım desenlerinin farklı olması olabilir.

Uslu ve ark. (198) 5 farklı (GIİ, EDDY, PUİ, PIPS ve SWEEPS) irigasyon aktivasyon tekniğinin, smear tabakası kaldırmada ve dentin tübül penetrasyonundaki etkilerini araştırmışlardır. Apikal üçlüde en fazla smear tabakası GIİ grubunda görülürken, en düşük skorlar PIPS ve SWEEPS gruplarında bulunmuş, EDDY ve PUİ grupları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda da apikal üçlüde, oda sıcaklığında EDDY ve PUİ arasında anlamlı bir fark bulunamamışken, aktivasyon tekniğinin kullanılmadığı kontrol grubunda smear tabakası anlamlı olarak fazla bulunmuştur. Uslu ve ark. (198) çalışmalarında, orta üçlüde kısımda ise EDDY, PUİ, PIPS ve SWEEPS grupları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmazken, en yüksek skoru GIİ aktivasyonu grubunda gözlemlemiştir. Bizim çalışmamızda orta üçlüde oda sıcaklığında ve kanal dışında ısıtılmış gruplarda EDDY ve PUİ arasında anlamlı bir fark bulunamamışken, kanal içinde ısıtılmış ve PUİ aktivasyonu yapılmış

grupta anlamlı derecede daha az smear tabakası bulunmuştur. Koronal üçlüde ise ısıtılmamış grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Çalışmamızda apikal üçlüde en az smear tabakası kaldıran grup kontrol grubu olmuştur. Kanal içinde ısıtılmış KH + XP-Endo Finisher, kanal içinde ısıtılmış KH + EDDY, kanal dışında KH + EDDY ve kanal dışında ısıtılmış PUI ve kanal içinde ısıtılmış KH-PUI grupları kendi aralarında benzer sonuçlar göstermiş olup, bütün gruplar içerisinde anlamlı derecede en fazla smear tabakası kaldıran gruplar olmuştur. Crozeta ve ark. (199) retreatment sırasında oluşan smear tabakasını kaldırmak için GWS ve PUI'nin etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda apikal üçlüde PUI'nin dolum materyallerini daha fazla kaldırdığını göstermişlerdir. Bu bulgular, bizim çalışmamızın sonuçları ile uyumludur. Başka bir çalışmada, Jain ve ark. (12) farklı ısılardaki SH solüsyonlarının çeşitli aktivasyon tekniklerinin kök kanal temizliğini artırma üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda önceden ısıtılmış ve kanal içi ısıtılmış SH'nin PUI ile aktive edildiği gruplarda daha fazla smear tabakası kaldırdığını bulmuşlardır. Çalışmalarının sonuçları bizim çalışmamızla benzer sonuçlar göstermiştir. Ultrasonik cihazlar, kavitasyon ve akustik akış ile çalışır ve bu süreç ayrışma, radikal aktivasyon ve oksidasyon ile sonuçlanır. Akustik akış ve kavitasyon, ultrasoniklerin fiziksel temelini oluşturur. Bir sıvı içinden basınç dalgaları itildiğinde akustik akış meydana gelir ve sıvı, titreşen bir nesnenin etrafında dairesel veya girdap benzeri bir desen halinde hareket eder. Bu akustik kesme etkisi, genişleyen bir baloncuk oluşturur ve bu baloncuk büyümeye devam eder. Dalga kanaldan ilerledikçe baloncuk patlar ve daha etkili bir temizlik işlemi gerçekleşir. Bu nedenle smear tabakasının temizlenmesinde ultrasonik aktivasyonun daha başarılı olduğunu düşünmekteyiz.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasına bakılan çalışmalarda; dijital optik mikroskobu, ışık mikroskobu, TEM, atomik elektron mikroskobu veya mikro bilgisayarlı tomografi gibi yöntemler kullanılmaktadır (200,201). TEM, yüksek çözünürlükte detaylı yüzey görüntüleri sağlama yeteneğiyle önemli bir araçtır. TEM, dentin

yüzeyinin mikroyapısal özelliklerini incelemek için son derece etkilidir ve dentin tübüllerin açığa çıkma durumu gibi ince detayları net bir şekilde gözlemlemeyi sağlar. Bu yöntem, smear tabakasının varlığı ve temizlenme düzeyine dair görsel kanıtlar sunarak araştırmacılara karşılaştırmalı analizler yapma imkânı tanır. Yüksek büyütme oranları, dentinin farklı bölgelerindeki yüzey değişimlerini incelemeyi mümkün kılar ve bu da çeşitli irigantların veya tekniklerin etkinliğini değerlendirmede değerli bilgiler sağlar. TEM'in sunduğu ayrıntılı görüntüler, endodontik işlemlerde kullanılan maddelerin dentin üzerindeki etkilerini daha iyi anlamaya olanak tanır ve bu sayede hem klinik uygulamalarda hem de laboratuvar çalışmalarında güvenilir bir analiz aracı olarak öne çıkmaktadır. Smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin incelendiği pek çok çalışmada kalan smear miktarı TEM görüntüleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızda TEM ile 1000X büyütmede incelenmiş örneklerin, koronal orta ve apikal, Hülsmann ve ark.'nın 5'li skorlama sistemi kullanılarak skorlanmıştır (202,203).

Hülsmann ve Rummelin'in yöntemi (166), daha yapılandırılmış ve spesifik kategoriler sunarak gözlemler arasında daha yüksek düzeyde tutarlılık sağlar. Ayrıca, sistemin net sınırlarla tanımlanmış olması, araştırmalarda daha az subjektif değerlendirme yapılmasına ve sonuçların tekrarlanabilirliğinin artmasına katkıda bulunur (204). Alternatif skorlama yöntemleri de mevcut olsa da Hülsmann ve Rummelin'in yöntemi (166), daha fazla standartlaştırılmış olması ve özellikle farklı dentin bölgelerinde ayrıntılı bir analiz sağlayabilmesi nedeniyle, biz çalışmamızda bu skorlama yöntemini kullanmayı tercih ettik.

Çalışmamızda smear tabakasını incelemek için TEM ile 1000x büyütme tercih edilmiştir. Bu büyütme seviyesi, dentin yüzeyindeki detayları incelemek için yeterli çözünürlük sunarken, aynı zamanda daha yüksek büyütmelere kıyasla operasyonel kolaylık sağlar. x1000 büyütme, özellikle dentin tübüllerinin açıklık durumunu gözlemleyerek smear tabakasının varlığını veya yokluğunu net bir şekilde değerlendirmemize olanak tanır. Bu yöntem, farklı irigasyon protokollerinin etkilerini kıyaslamak ve smear tabakasının dentin üzerinde nasıl bir etki yarattığını

belirlemek için ideal bir seviyede detay sağlar. Ayrıca, literatürde bu büyütme seviyesinin konservatif kanal preparasyonlarında etkinliği gösterilmiş olup, temizleme sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirtilmiştir (190).

Çalışmamızın limitasyonları arasında, *in vitro* deney olması ve periodontal dokuları içermemesi ve bu nedenle ısı uygulamalarının periodontal dokular üzerindeki etkilerinin göremememiz, dişlerin longitudinal 2 parçaya ayrılırken debris oluşması, TEM ile görüntüleme sonucu yapılan skorlamaların kişiye göre değişebilmesi bulunmaktadır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

KH'nin smear tabakasını kaldırma yeteneğine ısı ve sıvı aktivasyonunun etkisinin değerlendirildiği bu çalışmada;

- Apikal üçlüde grupların etkilerine bakıldığında kontrol grubunun anlamlı olarak bütün gruplardan fazla smear tabakası içerdiği görülmüştür. Diğer gruplar arasında oda sıcaklığında ve önceden ısıtılmış XP-Endo Finisher, oda sıcaklığında EDDY ve oda sıcaklığında PUI; kanal içi ısıtılmış XP-Endo Finisher, önceden ısıtılmış EDDY, önceden ısıtılmış PUI ve kanal içi PUI'ye göre anlamlı olarak daha az smear tabakası kaldırmıştır.
- Orta üçlüde grupların etkilerine bakıldığında kontrol grubunun anlamlı olarak bütün gruplardan fazla smear tabakası içerdiği görülmüştür. Diğer gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamakla birlikte en düşük skorlamaları kanal içi ısıtılmış PUI almıştır.
- Koronal üçlüde ise grupların etkilerine bakıldığında benzer şekilde kontrol grubunun anlamlı olarak bütün gruplardan fazla smear tabakası içerdiği görülmüştür. Yine oda sıcaklığındaki XP-Endo Finisher anlamlı olarak diğer gruplardan daha az smear tabakası kaldırmıştır.
- Genel olarak bütün bölgelerde kanal içi ısıtılmış PUI grubu en fazla smear tabakası kaldırmışken, en az miktarda smear tabakası kaldıran yöntem oda sıcaklığındaki XP-Endo Finisher olmuştur.
- Günümüzde KH, yeni geliştirilmiş bir solüsyon olup, bu konuda daha çok *in vitro* ve *in vivo* çalışmalara gerek duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Gomes BPFA, Aveiro E, Kishen A. Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. *Braz Dent J.* 2023;34(4):1–33.
2. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389–98.
3. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LSW. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(1):81–90.
4. Marques JA, Falacho RI, Santos JM, Ramos JC, Palma PJ. Effects of endodontic irrigation solutions on structural, chemical, and mechanical properties of coronal dentin: A scoping review. *J Esthet Restor Dent.* 2024;36(4):606–19.
5. Ali A, Bhosale A, Pawar S, Kakti A, Bichpuriya A, Agwan MA. Current trends in root canal irrigation. *Cureus.* 2022;14(5): e2483.
6. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh N, Qualtrough A, Worthington H, et al. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2004;37(7):438–46.
7. Görduysus M, Küçükkaya S, Bayramgil NP, Görduysus MÖ. Evaluation of the effects of two novel irrigants on intraradicular dentine erosion, debris and smear layer removal. *Restor Dent Endod.* 2015;40(3):216.
8. Dal Bello Y, Mezzalana GI, Jaguszewski LA, Hoffmann IP, Menchik VHS, Cecchin D, et al. Effectiveness of calcium and sodium hypochlorite in association with reciprocating instrumentation on decontamination of root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Australian Endodontic Journal.* 2019;45(1):92–7.
9. Saber SED, Hashem AAR. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod.* 2011;37(9):1272–5.
10. Iandolo A, Pisano M, Abdellatif D, Sangiovanni G, Pantaleo G, Martina S, et al. Smear layer and debris removal from root canals comparing traditional syringe irrigation and 3D cleaning: An ex vivo study. *J Clin Med.* 2023;12(2):492.

11. Balaji L, Kalaiselvam R, Shruthi S. Effect of heated sodium hypochlorite irrigant on structural changes and microhardness of radicular dentin: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2023;24(3):176–80.
12. Jain S, Patni PM, Jain P, Raghuwanshi S, Pandey SH, Tripathi S, et al. Comparison of dentinal tubular penetration of intracanal heated and preheated sodium hypochlorite through different agitation techniques. *J Endod.* 2023;49(6):686–91.
13. Barakat RM, Almohareb RA, Alsuwaidan M, Faqehi E, Alaidarous E, Algahtani FN. Effect of sodium hypochlorite temperature and concentration on the fracture resistance of root dentin. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):233.
14. Ørstavik D. Apical Periodontitis. In: *Essential Endodontology.* Wiley; 2019. p. 1–10.
15. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999;25(3):197–205.
16. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1965;20(3):340–9.
17. Fabricius L, Dahlen G, Holm SE, Moller AJR. Influence of combinations of oral bacteria on periapical tissues of monkeys. *Eur J Oral Sci.* 1982;90(3):200–6.
18. Moorer WR, Wesselink PR. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1982;15(4):187–96.
19. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics – a review. *Int Endod J.* 2010;43(1):2–15.
20. 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. *J Dent Res.* 1970;49(6):1359–68.
21. McComb D, Smith DC, Beagrie GS. The Results of in vivo endodontic chemomechanical instrumentation - a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 1976;9(1):11–8.
22. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J.* 1988;33(3):193–200.

23. 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.
24. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic Investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*. 1984;10(10):477–83.
25. Saikaew P, Sattabanasuk V, Harnirattisai C, Chowdhury AFMA, Carvalho R, Sano H. Role of the smear layer in adhesive dentistry and the clinical applications to improve bonding performance. *Jpn Dent Sci Rev*. 2022;58:59–66.
26. Gilboe DB, Svare CW, Thayer KE, Drennon DG. Dentinal smearing: An investigation of the phenomenon. *J Prosthet Dent*. 1980;44(3):310–6.
27. Reddy JMVR, Latha P, Gowda B, Manvikar V, Vijayalaxmi DB, Ponangi KC. Smear layer and debris removal using manual Ni-Ti files compared with rotary Protaper Ni- Ti files - An In-Vitro SEM study. *J Int Oral Health*. 2014;6(1):89–94.
28. Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am*. 1990;34(1):13–25.
29. Karagöz-Küçükay I, Bayırlı G. An apical leakage study in the presence and absence of the smear layer. *Int Endod J*. 1994;27(2):87–93.
30. Goldberg F, Bernat MI, Spielberg C, Massone EJ, Piovano SA. Analysis of the effect of ethylenediaminetetraacetic acid on the apical seal of root canal fillings. *J Endod*. 1985;11(12):544–7.
31. Cobankara F, Adanie N, Belli S. Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *J Endod*. 2004;30(6):406–9.
32. Shahravan A, Haghdoost A, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2007;33(2):96–105.
33. Safavi KE, Spngberg LSW, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. *J Endod*. 1990;16(5):207–10.
34. Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: Effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*. 1981;46(5):531–7.

35. Michelich VJ, Schuster GS, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J Dent Res.* 1980;59(8):1398–403.
36. Meryon SD, Brook AM. Penetration of dentine by three oral bacteria *in vitro* and their associated cytotoxicity. *Int Endod J.* 1990;23(4):196–202.
37. Outhwaite WC, Livingston MJ, Pashley DH. Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. *Arch Oral Biol.* 1976;21(10):599–603.
38. Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol.* 1976;21(6):355–62.
39. Goldberg F, Artaza LP, De Silvio A. Apical sealing ability of a new glass ionomer root canal sealer. *J Endod.* 1995;21(10):498–500.
40. Madison S, Krell K V. Comparison of ethylenediamine tetraacetic acid and sodium hypochlorite on the apical seal of endodontically treated teeth. *J Endod.* 1984;10(10):499–503.
41. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi JM, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987;20(5):228–32.
42. George S, Kishen A, Song KP. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2005;31(12):867–72.
43. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod.* 1983;9(4):137–42.
44. Gençoğlu N, Samani S, Günday M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: A scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1993;19(11):558–62.
45. Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. *Int Endod J.* 1993;26(3):179–83.
46. Moodnik RM, Dorn SO, Feldman MJ, Levey M, Borden BG. Efficacy of biomechanical instrumentation: A scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1976;2(9):261–6.
47. Brannström M, Nordenvall KJ, Glantz PO. The Effect of EDTA-containing surface- active solutions on the morphology of prepared dentin: An in vivo study. *J Dent Res.* 1980;59(7):1127–31.

48. Aktener BO, Cengiz T, Pişkin B. The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: A scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1989;15(12):588–90.
49. Cengiz T, Aktener BO, Pişkin B. The effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants. *Int Endod J.* 1990;23(3):163–71.
50. Kaufman AY, Greenberg I. Comparative study of the configuration and the cleanliness level of root canals prepared with the aid of sodium hypochlorite and bis-dequalinium-acetate solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1986;62(2):191–7.
51. Baumgartner J, Mader C. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod.* 1987;13(4):147–57.
52. Kuah HG, Lui JN, Tseng PSK, Chen NN. The Effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. *J Endod.* 2009;35(3):393–6.
53. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Sun Lin P. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: A scanning electron microscopic study: part 2. *J Endod.* 1982;8(11):487–92.
54. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299–303.
55. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291–312.
56. Dakin HD. On The use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *BMJ.* 1915;2(2852):318–20.
57. Walker A. A definite and dependable therapy for pulpless teeth. *The Journal of the American Dental Association.* 1936;23(8):1418–25.
58. Harrison JW, Hand RE. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 1981;7(3):128–32.
59. Gomes BPFA, Ferraz CCR, M. E. V, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2001;34(6):424–8.

60. Cai C, Chen X, Li Y, Jiang Q. Advances in the role of sodium hypochlorite irrigant in chemical preparation of root canal treatment. *Biomed Res Int*. 2023;8858283.
61. Darrag AM. Antimicrobial efficacy of endodontic irrigation solutions against planktonic microorganisms and dual-species biofilm. *Tanta Dental Journal*. 2013;10(3):129–37.
62. Ghivari S, Bhattacharya H, Bhat K, Pujar M. Antimicrobial activity of root canal irrigants against biofilm forming pathogens- An *in vitro* study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2017;20(3):147.
63. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*. 2002;13(2):113–7.
64. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: An update review. *Int Dent J*. 2008;58(6):329–41.
65. Arslan D, Guneser MB, Kustarci A, Er K, Siso SH. Pulp tissue dissolution capacity of QMix 2in1 irrigation solution. *Eur J Dent*. 2015;09(03):423–7.
66. Clarkson R, Moule A, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, et al. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J*. 2006;51(3):245–51.
67. Christensen CE, McNeal SF, Eleazer P. Effect of lowering the ph of sodium hypochlorite on dissolving tissue in vitro. *J Endod*. 2008;34(4):449–52.
68. Bloomfield SF, Uso EE. The antibacterial properties of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate as hospital disinfectants. *Journal of Hospital Infection*. 1985;6(1):20–30.
69. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod*. 2005;31(9):669–71.
70. Rossi-Fedele G, De Figueiredo JAP. Use of a bottle warmer to increase 4% sodium hypochlorite tissue dissolution ability on bovine pulp. *Australian Endodontic Journal*. 2008;34(1):39–42.
71. Sum CP, Neo J, Kishen A. What we leave behind in root canals after endodontic treatment: some issues and concerns. *Australian Endodontic Journal*. 2005;31(3):94–100.

72. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009;35(6):791–804.
73. Walsh L, George R. Activation of alkaline irrigation fluids in endodontics. *Materials.* 2017;10(10):1214.
74. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: Impact of canal location and angulation. *Int Endod J.* 2009;42(1):59–65.
75. Macedo RG, Wesselink PR, Zaccheo F, Fanali D, Van Der Sluis LWM. Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. *Int Endod J.* 2010;43(12):1108–15.
76. Seet AN, Zilm PS, Gully NJ, Cathro PR. Qualitative comparison of sonic or laser energisation of 4% sodium hypochlorite on an *Enterococcus faecalis* biofilm grown *in vitro*. *Australian Endodontic Journal.* 2012;38(3):100–6.
77. Wang J -D., Hume WR. Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine. *Int Endod J.* 1988;21(1):17–26.
78. Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of Dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod.* 2007;33(8):917–25.
79. Dal Bello Y, Mezzalana GI, Jaguszewski LA, Hoffmann IP, Menchik VHS, Cecchin D, et al. Effectiveness of calcium and sodium hypochlorite in association with reciprocating instrumentation on decontamination of root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *Australian Endodontic Journal.* 2019;45(1):92–7.
80. Dutta A, Saunders WP. Comparative evaluation of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite on soft-tissue dissolution. *J Endod.* 2012;38(10):1395–8.
81. Blattes GBF, Mestieri LB, Böttcher DE, Fossati ACM, Montagner F, Grecca FS. Cell migration, viability and tissue reaction of calcium hypochlorite based-solutions irrigants: An in vitro and in vivo study. *Arch Oral Biol.* 2017;73:34–9.
82. Görduysus M, Küçükkaya S, Bayramgil NP, Görduysus MÖ. Evaluation of the effects of two novel irrigants on intraradicular dentine erosion, debris and smear layer removal. *Restor Dent Endod.* 2015;40(3):216.

83. Taneja S, Mishra N, Malik S. Comparative evaluation of human pulp tissue dissolution by different concentrations of chlorine dioxide, calcium hypochlorite and sodium hypochlorite: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2014;17(6):541.
84. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics*. 2012;27(1):74–102.
85. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*. 2003;36(12):810–30.
86. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Eur J Oral Sci*. 1981;89(4):321–8.
87. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Sun Lin P. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod*. 1982;8(11):487–92.
88. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J*. 2003;36(6):411–5.
89. Beltz R, Torabinejad M, Pouresmail M. Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin. *J Endod*. 2003;29(5):334–7.
90. Sudha R, Sukumaran V, Ranganathan J, Bharadwaj N. Comparative evaluation of the effect of two different concentrations of EDTA at two different PH and time periods on root dentin. *Journal of Conservative Dentistry*. 2006;9(1):36.
91. Fraser JG. Chelating agents: Their softening effect on root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1974;37(5):803–11.
92. Shaheen N, Ghoneim W. Effect of different root canal disinfection protocols on push-out bond strength of two endodontic sealers. *Tanta Dental Journal*. 2017;14(4):181.
93. Lin GSS, Leong JZ, Toh EYJ, Leow YS, Pillai MPM, Teoh HS, et al. Do different irrigating solutions affect the dislodgement resistance of bioceramic-based root canal sealers? A systematic review and meta-analysis. *J Adhes Sci Technol*. 2023;37(7):1256–78.

94. Prado M, Gusman H, Gomes BPFA, Simão RA. Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *J Endod*. 2011;37(2):255–8.
95. Gutmann JL, Saunders WP, Nguyen L, Guo IY, Saunders EM. Ultrasonic root-end preparation Part 1. SEM analysis. *Int Endod J*. 1994;27(6):318–24.
96. 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. *J Contemp Dent Pract*. 2021;22(5):527–31.
97. Machado-Silveiro LF, González-López S, González-Rodríguez MP. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *Int Endod J*. 2004;37(6):365–9.
98. Reis C, De Deus G, Leal F, Azevedo E, Coutinhofilho T, Paciornik S. Strong effect on dentin after the use of high concentrations of citric acid: An assessment with co-site optical microscopy and ESEM. *Dental Materials*. 2008;24(12):1608–15.
99. Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod*. 1998;24(7):472–6.
100. Gomes BPFA, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CCR. Chlorhexidine in endodontics. *Braz Dent J*. 2013;24(2):89–102.
101. Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;98(4):488–92.
102. Mohammadi Z, Abbott P V. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J*. 2009;42(4):288–302.
103. Zamany A, Safavi K, Spångberg LSW. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(5):578–81.
104. Ferraz C, Dealmedidagomes B, Zaia A, Teixeira F, Desouzafilho F. In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *J Endod*. 2001;27(7):452–5.

105. Torabinejad M, Shabahang S, Apécio R, Kettering J. The antimicrobial effect of MTAD: An in vitro investigation. *J Endod.* 2003;29(6):400–3.
106. Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J.* 2012;45(4):363–71.
107. Sirén EK, Haapasalo MPP, Waltimo TMT, Ørstavik D. *In vitro* antibacterial effect of calcium hydroxide combined with chlorhexidine or iodine potassium iodide on *Enterococcus faecalis*. *Eur J Oral Sci.* 2004;112(4):326–31.
108. Spangberg L, Engström B, Langeland K. Biologic effects of dental materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1973;36(6):856–71.
109. Lubojanski A, Dobrzynski M, Nowak N, Rewak-Soroczynska J, Sztyler K, Zakrzewski W, et al. Application of selected nanomaterials and ozone in modern clinical dentistry. *Nanomaterials.* 2021;11(2):259.
110. Horiba N, Maekawa Y, Ito M, Matsumoto T, Nakamura H. A pilot study of Japanese green tea as a medicament: Antibacterial and bactericidal effects. *J Endod.* 1991;17(3):122–4.
111. Hirasawa M, Takada K, Otake S. Inhibition of acid production in dental plaque bacteria by green tea catechins. *Caries Res.* 2006;40(3):265–70.
112. Susila A. Activated irrigation vs. conventional non-activated irrigation in endodontics – a systematic review. *Eur Endod J.* 2019;4(3):96–110.
113. Walsh L, George R. Activation of alkaline irrigation fluids in endodontics. *Materials.* 2017;10(10):1214.
114. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental Traumatology.* 1985;1(2):69–76.
115. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod.* 2005;31(3):166–70.
116. De Moor RJG, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: Evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* 2009;41(7):520–3.

117. Rödiger T, Bozkurt M, Konietschke F, Hülsmann M. Comparison of the vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *J Endod.* 2010;36(8):1410–3.
118. Grischke J, Müller-Heine A, Hülsmann M. The effect of four different irrigation systems in the removal of a root canal sealer. *Clin Oral Investig.* 2014;18(7):1845–51.
119. Gulabivala K, Ng YL, Gilbertson M, Eames I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiol Meas.* 2010;31(12):R49–84.
120. Boutsoukias C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal *ex vivo* with three endodontic needles. *Int Endod J.* 2007;40(7):504–13.
121. Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging *in vitro*. *Int Endod J.* 2005;38(2):97–104.
122. Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J. New method of irrigation during endodontic treatment. *J Endod.* 1976;2(9):257–60.
123. Pasricha SK. Pressure Alteration Techniques in Endodontics- A review of literature. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(3):ZE01-6
124. Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An *in vitro* evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *J Endod.* 1995;21(5):277–80.
125. Huang T -Y., Gulabivala K, Ng Y -L. A bio-molecular film *ex-vivo* model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J.* 2008;41(1):60–71.
126. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng Y -L. 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. *Int Endod J.* 2008;41(7):602–8.
127. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing post instrumentation canal debris. *J Endod.* 1990;16(7):323–7.
128. Garip Y, Sazak H, Gunday M, Hatipoglu S. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: An SEM study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.* 2010;110(2):e62–6.

129. Alhadlaq S, Alturaiki S, Alsulami U, Saad A. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: A scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2006;32(12):1181–4.
130. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental Traumatology.* 1985;1(2):69–76.
131. 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. *J Endod.* 1999;25(11):735–8.
132. Ruddle CJ. Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dent Today.* 2007;26(5):110,112,114–7.
133. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod.* 2010;36(8):1361–6.
134. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009;35(4):545–9.
135. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A. Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *J Endod.* 2016;42(12):1799–803.
136. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: A SEM evaluation. *Clin Oral Investig.* 2017;21(9):2681–7.
137. Richman M, . The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Journal of Dentistry Med.* 1957;12:12–8.
138. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 1987;13(3):93–101.
139. Huque J, Kota K, Yamaga M, Iwaku M, Hoshino E. Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1998;31(4):242–50.
140. Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod.* 1988;14(11):554–9.

141. Briseño M. BM, Wirth R, Hamm G, Standhartfinger W. Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal. *Dental Traumatology*. 1992;8(1):6–11.
142. Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *Int Endod J*. 2017;50(7):700–5.
143. 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.
144. Hof R, Perevalov V, Eltanani M, Zary R, Metzger Z. The Self-adjusting file (SAF). Part 2: Mechanical analysis. *J Endod*. 2010;36(4):691–6.
145. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo[®]). *Int Endod J*. 2007;40(8):644–52.
146. Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod*. 2007;33(5):611–5.
147. De Moor RJG, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod*. 2010;36(9):1580–3.
148. De Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu M -K., Wesselink PR, Van Der Sluis LWM. Laser-activated irrigation within root canals: Cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J*. 2009;42(12):1077–83.
149. DiVito E, Lloyd A. ER:YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dent Today*. 2012;31(11):122, 124–7.
150. Walsh L. The current status of laser applications in dentistry. *Aust Dent J*. 2003;48(3):146–55.
151. Al Shahrani M, DiVito E, Hughes C V., Nathanson D, Huang GTJ. Enhanced removal of *Enterococcus faecalis* biofilms in the root canal using sodium hypochlorite plus photon-induced photoacoustic streaming: An *in Vitro* study. *Photomed Laser Surg*. 2014;32(5):260–6.

152. Lukac N, Tasic Muc B, Jezersek M, Lukac M. Photoacoustic endodontics using the novel SWEEPS Er:YAG laser modality. *Journal of the Laser and Health Academy*. 2017(1):1–07.
153. Angerame D, De Biasi M, Porrelli D, Bevilacqua L, Zanin R, Olivi M, et al. Retreatability of calcium silicate-based root canal sealer using reciprocating instrumentation with different irrigation activation techniques in single-rooted canals. *Australian Endodontic Journal*. 2022;48(3):415–22.
154. Yang Q, Liu M, Zhu L, Zhang J, Peng B. Comparison of needle, ultrasonic, and laser irrigation for the removal of calcium hydroxide from mandibular molar root canals. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2021;39(5):349–54.
155. Kosarieh E, Bolhari B, Sanjari Pirayvatlou S, Kharazifard MJ, Sattari Khavas S, Jafarnia S, et al. Effect of Er:YAG laser irradiation using SWEEPS and PIPS technique on dye penetration depth after root canal preparation. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021;33:102136.
156. Bago I, Batelja-Vuletić L, Tarle A, Sesar A, Anić I. Novel laser activated photoacoustic streaming for removing pulp remnants from round root canals after single file reciprocating instrumentation. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2022;37:102631.
157. Choi HW, Park SY, Kang MK, Shon WJ. Comparative analysis of biofilm removal efficacy by multisonic ultracleaning system and passive ultrasonic activation. *Materials*. 2019;12(21):3492.
158. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Park E, Curtis A, Patel P, et al. Apical pressure created during irrigation with the GentleWave™ system compared to conventional syringe irrigation. *Clin Oral Investig*. 2016;20(7):1525–34.
159. Zhang D, Shen Y, de la Fuente-Núñez C, Haapasalo M. In vitro evaluation by quantitative real-time PCR and culturing of the effectiveness of disinfection of multispecies biofilms in root canals by two irrigation systems. *Clin Oral Investig*. 2019;23(2):913–20.
160. Velardi JP, Alquria TA, Alfirdous RA, Griffin IL, Tordik PA, Martinho FC. Efficacy of GentleWave system and passive ultrasonic irrigation with minimally invasive and conventional instrumentation technique against enterococcus faecalis lipoteichoic acid in infected root canals. *J Endod*. 2022;48(6):768–74.

161. Bogner A, Jouneau PH, Thollet G, Basset D, Gauthier C. A history of scanning electron microscopy developments: Towards “wet-STEM” imaging. *Micron*. 2007;38(4):390–401.
162. Erdin N. Tarama elektron mikroskopunun temel prensipleri ve numune hazırlığı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. 1986;102–24.
163. Arana-Chavez VE, Castro-Filice LS. Transmission electron microscopy (TEM) and scanning electron microscopy (SEM) for the examination of dental hard tissues. *Methods Mol Biol*. 2019;1922:325–332
164. Yañez MJ, Barbosa SE. Changes in particle area measurements due to SEM accelerating voltage and magnification. *Microsc Res Tech*. 2003;61(5):463–8.
165. Wang X, Cheng X, Liu B, Liu X, Yu Q, He W. Effect of laser-activated irrigations on smear layer removal from the root canal wall. *Photomed Laser Surg*. 2017;35(12):688–94.
166. Hülsmann M, Rummelin C, Schaefer F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: A comparative SEM investigation. Vol. 23. 1997.
167. McHugh ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb)*. 2012;22(3):276–82.
168. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975;1(7):238–42.
169. Drake DR, Wiemann AH, Rivera EM, Walton RE. Bacterial retention in canal walls in vitro: Effect of smear layer. *J Endod*. 1994;20(2):78–82.
170. Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of proteus vulgaris. *J Endod*. 1985;11(9):385–8.
171. Sen BH, Chugal NM, Liu H, Fleischmann J. A new method for studying the adhesion of *Candida albicans* to dentin in the presence or absence of smear layer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(2):201–6.
172. Fachin EVF, Scarparo RK, Massoni LIS. Influence of smear layer removal on the obturation of root canal ramifications. *Journal of Applied Oral Science*. 2009;17(3):240–3.

173. Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR. Coronal leakage: Effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *J Endod*. 1997;23(8):508–12.
174. Gutmann JL, Saunders WP, Saunders EM, Nguyen L. A assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 1. Radiographic evaluation of adaptation and placement. *Int Endod J*. 1993;26(3):173–8.
175. Wu M, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J*. 2001;34(2):137–41.
176. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*. 2001;34(3):221–30.
177. Harrison JW. Irrigation of the root canal system. *Dent Clin North Am*. 1984;28(4):797–808.
178. Virdee SS, Farnell DJJ, Silva MA, Camilleri J, Cooper PR, Tomson PL. The influence of irrigant activation, concentration and contact time on sodium hypochlorite penetration into root dentine: an *ex vivo* experiment. *Int Endod J*. 2020;53(7):986–97.
179. Gu Y, Perinpanayagam H, Jin DJW, Yoo YJ, Jeong JS, Lim SM, et al. Effect of different agitation techniques on the penetration of irrigant and sealer into dentinal tubules. *Photomed Laser Surg*. 2017;35(2):71–7.
180. Ghorbanzadeh A, Aminsobhani M, Sohrabi K, Chiniforush N, Ghafari S, Shamshiri AR, et al. Penetration depth of sodium hypochlorite in dentinal tubules after conventional irrigation, passive ultrasonic agitation and Nd:YAG laser activated irrigation. *J Lasers Med Sci*. 2016;7(2):105–11.
181. De Paula KB, Carlotto IB, Marconi DF, Ferreira MBC, Grecca FS, Montagner F. Calcium hypochlorite solutions – An in vitro evaluation of antimicrobial action and pulp dissolution. *Eur Endod J*. 2019;4(1):15–20.
182. Vianna ME, Gomes BPFA, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;97(1):79–84.
183. Iandolo A, Amato M, Dagna A, Poggio C, Abdellatif D, Franco V, et al. Intracanal heating of sodium hypochlorite: Scanning electron microscope evaluation of root canal walls. *Journal of Conservative Dentistry*. 2018;21(5):569.

184. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod.* 2010;36(9):1558–62.
185. Damade Y, Kabir R, Gaddalay S, Deshpande S, Gite S, Bambale S, et al. Root canal debridement efficacy of heated sodium hypochlorite in conjunction with passive ultrasonic agitation: An ex vivo study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2020;14(4):235–8.
186. Sonntag D, Raab WHM, Martin E, Keppel R. Intracanal use of heated rinsing solutions: A pilot study. *Quintessence Int.* 2017;48(4):281–5.
187. Macedo RG, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis L. Temperature evolution of preheated irrigant injected into a root canal ex vivo. *Clin Oral Investig.* 2017;21(9):2841–50.
188. Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Real-time intracanal temperature measurement comparing mechanically and laser-activated irrigation to syringe irrigation. *Australian Endodontic Journal.* 2021;47(1):59–66.
189. Yared G, Al Asmar Ramli G. Antibacterial ability of sodium hypochlorite heated in the canals of infected teeth: An ex vivo study. *Cureus.* 2020;12(2):e6975.
190. Mancini M, Cerroni L, Palopoli P, Olivi G, Olivi M, Buoni C, et al. FESEM evaluation of smear layer removal from conservatively shaped canals: laser activated irrigation (PIPS and SWEEPS) compared to sonic and passive ultrasonic activation—an ex vivo study. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):81.
191. Cardoso LR, Baldasso FER, Delai D, Montagner F, Kopper PMP. Effect of EDTA, sodium, and calcium hypochlorite on the inorganic component of root canal dentin: A SEM analysis. *Microsc Res Tech.* 2019;82(2):128–33.
192. Ghisi AC, Kopper PMP, Baldasso FER, Stürmer CP, Rossi-Fedele G, Steier L, et al. Effect of superoxidized water and sodium hypochlorite, associated or not with EDTA, on organic and inorganic components of bovine root dentin. *J Endod.* 2015;41(6):925–30.
193. Moreira DM, Affonso Almeida JF, Ferraz CCR, de Almeida Gomes BPF, Line SRP, Zaia AA. Structural Analysis of bovine root dentin after use of different endodontics auxiliary chemical substances. *J Endod.* 2009;35(7):1023–7.
194. Widbiller M, Rosendahl A, Schlichting R, Schuller C, Lingl B, Hiller KA, et al. Impact of endodontic Irrigant activation on smear layer removal and

- surface disintegration of root canal dentine in vitro. *Healthcare*. 2023;11(3):376.
195. Alakshar A, Saleh ARM, Gorduysus MO. Debris and smear layer removal from oval root canals comparing xp-endo finisher, endoactivator, and manual irrigation: A SEM Evaluation. *Eur J Dent*. 2020;14(04):626–33.
 196. Alhat MB, Mattigatti SB, Mahaparale RR, Wahane KD, Jadhav A. comparative evaluation of different methods of activation of chelating solution for smear layer removal in the apical portion of the root canal using a scanning electron microscopy: An in vitro study. *Cureus*. 2024;16(8):e66622.
 197. Machado R, da Silva I, Comparin D, de Mattos BAM, Alberton LR, da Silva Neto UX. Smear layer removal by passive ultrasonic irrigation and 2 new mechanical methods for activation of the chelating solution. *Restor Dent Endod*. 2021;46(1).
 198. Uslu G, Gündoğar M, Üngör M, Özyürek T, Erkan E, Keskin NB. Investigation of the effectiveness of sonic, ultrasonic and new laser-assisted irrigation activation methods on smear removal and tubular penetration. *Lasers Med Sci*. 2023;38(1).
 199. Crozeta BM, Chaves de Souza L, Correa Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD, Jaramillo DE, Silva RM. Evaluation of passive ultrasonic irrigation and GentleWave system as adjuvants in endodontic retreatment. *J Endod*. 2020;46(9):1279–85.
 200. Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, et al. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int Endod J*. 2010;43(12):1077–90.
 201. Paqué F, Boessler C, Zehnder M. Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *Int Endod J*. 2011;44(2):148–53.
 202. AlBatati M, AbuMostafa A. The effect of final irrigation with different solutions on smear layer removal and dentin erosion: A scanning electron microscope study. *PLoS One*. 2024;19(8):e0308606.
 203. Faus-Llácer V, Luna-Roa M, Faus-Matoses I, Ruiz-Sánchez C, Zubizarreta-Macho Á, Sauro S, et al. Comparative analysis of the smear layer removal capability between endovac and endoactivator endodontic irrigation systems at the root canal system and isthmus: A micro-computed tomography analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2020;10(20):1–12.

204. George R, Rutley EB, Walsh LJ. Evaluation of smear layer: A comparison of automated image analysis versus expert observers. *J Endod*. 2008;34(8):999–1002.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Damla	Uyruğu	
Soyadı	Erkal	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise	Betül Can Anadolu Lisesi	
Lisans/Yüksek Lisans	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı	

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	2024/1 YÖKDİL	

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)

Yayınlar ve Bildiriler:

1. Tekinarslan D, **Erkal D**, Koç S, Er H, Er K. Effects of irrigation activation techniques on root canal walls after post-space preparation: a scanning electronmicroscopy study. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial* 2024; 65(3): 121-128.
2. Tekinarslan D, **Erkal D**, Ercan E, Koç Deveci S, Er K. Does root canal shaping effect the accuracy of electronic apex locators in curved and straight canals? *Clinical and Experimental Health Sciences* 2024; 14(3): 727-732.
3. **Erkal D**, Başoğlu A, Kırıcı D, Kayar NA, Koç S, Er K. Treatment of teeth with root resorptions: a case report and systematic review. *Galician Medical Journal* 2023; 30(4): 1-11.
4. Koç S, Felek T, **Erkal D**, Er K. The developing technology of artificial intelligence in endodontics: a literature review. *Akdeniz Dental Journal* 2023; 2(2): 99-104.
5. Tekinarslan D, **Erkal D**, Pehlivan B, Unal E, Kayar G, Koç S, Er K. Effects of different irrigation solutions on the accuracy of electronic apex locators in curved and straight root canals. *Giornale Italiano Di Endodonzia* 2023; 37(1): 54-61.

Kitap ve Kitap Bölümleri:

1. Akbaş N, **Erkal D**, Tekinarslan D. Paleoantropolojik çalışmalar ışığında insan diş, kök ve kanal anatomisi. *Kök Kanal Anatomisi ve Morfolojisi: Bir Literatür Güncellemesi*, Kürşat Er, Editör, Türkiye Klinikleri Yayınevi, Ankara, 2023, s.23-30.

Hakemli Kongre / Sempozyum Bildiri Kitaplarında Yer Alan Yayınlar

1. **Erkal D**, Kırıcı D, Er K. Treatment of a large periapical lesion on mandibular premolars with unusual root canal anatomy: a case report. 14th World Endodontic Congress (IFEAWEC), September 12-16 2024, SEC, Glasgow, Scotland.
2. Harırlı H, Koc S, Cakmak YE, **Erkal D**, Er K. Survival of endodontically treated teeth restored with fiber posts. 14th World Endodontic Congress (IFEAWEC), September 12-16 2024, SEC, Glasgow, Scotland.
3. **Erkal D**, Beşkonak G, Er K. Kronik apikal periodontitisli bir dişin cerrahisiz endodontik tedavi ile iyileşmesi: bir vaka raporu. Necmettin Erbakan Üniversitesi 3. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, 24-26 Mayıs 2024, Konya, Türkiye.
4. Başoğlu A, **Erkal D**, Kaya NA, Er K. Treatment of tooth with endodontic and periodontal problems using the intentional replantation procedure: case series report. 21st Biennial Congress of European Endodontic Society, September 06-09 2023, Helsinki, Finland.
5. Tekinarslan D, **Erkal D**, Ercan E, Koç S, Er K. Does root canal shaping effect the accuracy of electronic apex locators in curved and straight root canals? 21st Biennial Congress of European Endodontic Society, September 06-09 2023, Helsinki, Finland.
6. **Erkal D**, Tekinarslan D, Koç S, Er K. Can the residues of calcium hydroxide dressings with different vehicles affect the accuracy of electronic apex locators? 21st Biennial Congress of European Endodontic Society, September 06-09 2023, Helsinki, Finland.

7. **Erkal D**, Er K. Root canal treatment of teeth with C-shaped root canal anatomy: case series. 15th International Turkish Endodontic Association Congress, June 08-10 2023, Bursa, Türkiye.
8. Tekinarslan D, **Erkal D**, Koç S, Er K, Er H. Post yuvası açılmış dişlerde farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri kullanılarak smear tabakasının uzaklaştırılması: bir TEM çalışması. 29. İZDO Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisi, 3-6 Kasım 2022, İzmir, Türkiye.
9. **Erkal D**, Harorlı H, Kuştarcı A. Geniş kist benzeri periapikal lezyonlu açık apeksli daimî dişin endodontik tedavisi- 5 yıllık takipli vaka raporu. 29. İZDO Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisi, 3-6 Kasım 2022, İzmir, Türkiye.
8. **Erkal D**, Tekinarslan D, Koç S, Er K. Doğal apikal kök rezorpsiyonunun elektronik apeks bulucuların doğruluğuna etkisi. 29. İZDO Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisi, 3-6 Kasım 2022, İzmir, Türkiye.
9. Tekinarslan D, **Erkal D**, Koç S, Er K. Eğimli ve düz kanallarda farklı irrigasyon solüsyonlarının elektronik apeks bulucuların doğruluğu üzerine etkisi. Necmettin Erbakan Üniversitesi 2. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi, 1-3 Ekim 2024, Konya, Türkiye.
10. Tekinarslan D, Harorlı H, Er K, **Erkal D**. Periapikal lezyonlu dişte internal rezorbsiyon tedavisi: bir olgu sunumu. 9. Türk Endodonti Derneği Uluslararası Sempozyumu, 19-22 Mayıs 2022, Mardin, Türkiye.
11. Tekinarslan D, Harorlı H, Er K, **Erkal D**. Horizontal kök kırıklı travmatik bir dişin retreatment tedavisi. 9. Türk Endodonti Derneği Uluslararası Sempozyumu, 19-22 Mayıs 2022, Mardin, Türkiye.

12. Başoğlu A, Kırıcı D, Kayar NA, Koç S, Er K, **Erkal D.** Eksternal ve internal rezorpsiyonların multidisipliner tedavisi: bir vaka sunumu. 9. Türk Endodonti Derneği Uluslararası Sempozyumu, 19-22 Mayıs 2022, Mardin, Türkiye.

Kongre ve Sempozyum Katılım Faaliyetleri

1. 14th World Endodontic Congress (IFEAWEC), September 12-16 2024, Glasgow, Scotland.
2. 21st ESE Biennial 2023, September 06-09 2023, Helsinki, Finland.
3. 15th International Turkish Endodontic Association Congress, June 8-10 2023, Bursa, Türkiye.
4. 9th Turkish Endodontic Association International Symposium, May 19-22 2022, Mardin, Türkiye.
5. 1st Hacettepe University Faculty of Dentistry International Dentistry Student Congress, April 5-6 2019, Ankara, Türkiye.
6. 11th Turkish Dental Association National Student Congress, April 29-30 2017, Ankara, Türkiye.

Sertifika, Kurs ve Eğitimler

1. Certificate of E-Poster Presentation. The 14th IFEA World Endodontic Congress 2024 12th- 14th September 2024, SEC, Glasgow, Scotland.
2. Certificate of Attendance. The 14th IFEA World Endodontic Congress 2024 12th- 14th September 2024, SEC, Glasgow, Scotland.
3. Bypassing Ledges and Broken Files. Antonis Chaniotis, 21st ESE Biennial 8 Eylül 2023.

4. Health & Medicine, Engine, Driven Root Canal Preparation and Electronic Root Canal Length Measuement, An Overview. Mohammad Hossein Nekoofar, Turkish Endodontic Association, 9 Haziran 2023.
5. Health & Medicine, Diastema Kapama Restorasyonları: Basit ve Etkili Klinik Protokoller. Izmir Chamber of Dentists, 5 Kasım 2022.
6. Health & Medicine, One Reci. Kürşat Er, Akdeniz University, 20 Nisan 2022.
7. Health & Medicine, Rotary Files-ProTaper Next Training. Emre Nagaş Hacettepe University, Haziran 2018.

Ödüller

1. **Erkal D**, Tekinarslan D, Koç S, Er K. Doğal apikal kök rezorpsiyonunun elektronik apeks bulucuların doğruluğuna etkisi. En İyi Sözlü Bildiri İkincilik Ödülü. 29. İZDO Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisi, 3-6 Kasım 2022. İzmir, Türkiye.

EKLER

Ek 1.Etik Kurul Onay Belgesi

