



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON YÖNTEMLERİYLE
KULLANILAN EDTA, SİTRİK ASİT VE ETİDRONİK ASİT'İN
KALSİYUM HİDROKSİT UZAKLAŞTIRMA VE DENTİN
EROZYONU ÜZERİNE ETKİSİ**

**Arş. Gör. Dt. Orhan KILIÇASLAN
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

UZMANLIK TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ**

KIRIKKALE- 2022

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti anabilim dalı uzmanlık programı çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma aşğıdaki jüri üyeleri tarafından uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez savunma tarihi: 05/12/2022

İmza

Prof. Dr. Ali ERDEMİR

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi

Juri Başkanı

İmza

Doç.Dr. Melek NAS AKMAN
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakóltesi

Üye

İmza

Doç.Dr. Makbule BİLGE AKBULUT
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakóltesi

Üye

İmza

Dr. Öğr. üyesi Ali TÜRKYILMAZ
Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi

Üye

İmza

Doç. Dr. Meltem HENDEK
Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi

Üye



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON YÖNTEMLERİYLE
KULLANILAN EDTA, SİTRİK ASİT VE ETİDRONİK ASİT'İN
KALSİYUM HİDROKSİT UZAKLAŞTIRMA VE DENTİN
EROZYONU ÜZERİNE ETKİSİ**

**Arş. Gör. Dt. Orhan KILIÇASLAN
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

UZMANLIK TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ**

KIRIKKALE – 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	iv
ÖNSÖZ.....	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT	xvi
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER.....	3
1.1. Dişlerde Kök Gelişimi	3
1.1.1. Kök Gelişimi ile İlişkili Tedaviler	4
1.1.2. Kalsiyum Hidroksit ile Apeksifikasyon.....	4
1.1.3. Tek Seans Apeksifikasyon.....	5
1.1.4. Rejenerasyon/ Revaskularizasyon	5
1.2. Kimyasal ve Mekanik Temizleme	6
1.3. Kök Kanallarının İrrigasyonu	7
1.4. Şelasyon Ajanları.....	7
1.4.1. Şelasyon Ajanlarının Dentin Üzerine Etkisi	7
1.4.2. Etilendiamintetraasetik Asit.....	8
1.4.3. Sitrik Asit.....	9
1.4.4. Etidronik Asit.....	10
1.5. Erozyon Kavramı ve İrrigasyon Solüsyonlarının Erozyon Üzerindeki Etkileri..	11
1.5.1. Dentin Erozyonunun Tedavi Sonuçlarına Etkisi	12
1.6. Açık Apeksli Dişlerde İrrigasyon Solüsyonlarının Kullanımı.....	12

1.7. İrrigasyon Aktivasyonu.....	13
1.7.1. İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri	13
1.7.2. El ile Yapılan Aktivasyon.....	14
1.7.2.1. Geleneksel İrrigasyon Yöntemi.....	14
1.7.2.2. Manuel Fırçalar	14
1.7.2.3. Manuel Dinamik Aktivasyon.....	15
1.7.3. Mekanik Aktivasyon Yöntemleri.....	15
1.7.3.1. Mikro Fırçalar	15
1.7.3.2. Döner Aletle Enstrümantasyon Sırasında Sürekli İrrigasyon	15
1.7.3.3. Basınçlı sistemler	16
1.7.3.4. Sonik Aktivasyon.....	16
1.7.3.5. Pasif Ultrasonik Aktivasyon	17
1.7.3.6. Lazer ile Aktivasyon	18
1.7.3.7. Multisonik Ultra Temizleme Sistemleri:.....	20
1.8. Kök Kanal Tedavisinde Medikament Kullanımı.....	20
1.8.1. Antibiyotik Patlar.....	21
1.8.2. Kalsiyum Hidroksit.....	22
1.8.2.1. Kalsiyum Hidroksitin Kanallardan Uzaklaştırılması	22
1.9. Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma Etkinliğini Değerlendirmede Kullanılan Yöntemler.....	23
2.GEREÇ VE YÖNTEM.....	25
2.1 Örneklerin Seçimi ve Saklanması.....	25
2.2. Kök Kanallarının Preparasyonu.....	26
2.3. Kanal İçi Medikamentin Yerleştirilmesi	27
2.4. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi.....	28
2.5. Kanal İçi Medikamentin Uzaklaştırılması.....	29
2.6. SEM İçin Örneklerin Hazırlanması.....	32

2.7. Örneklerin Değerlendirilmesi	33
2.8. İstatiksel Analiz	35
3. BULGULAR	36
3.1. Ca(OH) ₂ Uzaklaştırmaya Ait Bulgular	36
3.2. Dentin Erozyonu Bulguları	44
4.TARTIŞMA	56
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR	69
EKLER	85
ÖZGEÇMİŞ.....	86

ÖNSÖZ

Eğitimim ve tez çalışmalarım süresince bilgi ve önerilerini her daim benimle paylaşan ve bana yol gösteren, kalp kırmayan üslubunu ve iletişimini her zaman örnek alacağım, üzerimde emekleri olan danışmanım değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ' a,

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tez sürecimde bilgilerini benimle paylaşan, desteğini esirgemeyen anabilim dalı başkanımız ve dekanımız Prof. Dr. Ali ERDEMİR'e,

Ne zaman başım sıkışsa yardımına koşan hem asistan arkadaşım hem hocam hem de ablam Dr. Öğr. Üyesi Dilek HANÇERLİOĞULLARI'na

Asistanlık eğitimim boyunca hep yanımda olan arkadaşlarım Dr. Dt. Erhan Mert ÇETİN, Dr. Öğr. Üyesi Nihan BERKDEMİR ve Dt. Gülşen ERMİŞ'e

Hayatımın her aşamasında benden desteğini ve emeklerini esirgemeyen, çok sevgili eşim Dt. Ebru AYDEMİR KILIÇASLAN'a,

Hem en küçük hem en büyük arkadaşım, uzmanlık süresi boyunca “baba ne zaman bitecek Kırıkkale'deki işin” sorusunu inatla soran, bu sürede ilgi ve sevgimden eksik kalan oğlum Koray Demir KILIÇASLAN'a

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

Sevgi, saygı ve binlerce kez teşekkürlerimi sunuyorum.

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

3.1. Her bir değişkenin diğer değişkenler göz ardı edilerek $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma yönünden karşılaştırmaları	36
3.2. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından irrigasyon teknikleri arasındaki farklılıklar.....	37
3.3. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından kesit seviyeleri arasındaki farklılıklar	38
3.4. Farklı kesit seviyelerinde skor ortalamaları bakımından aktivasyon grupları arasındaki farklılıklar	39
3.5. EDTA şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırmaları.....	41
3.6. Sitrik asit şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar	42
3.7. HEBP şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar.....	43
3.8. Her bir değişkenin diğer değişkenler göz ardı edilerek dentin erozyonu skor ortalaması yönünden karşılaştırmaları	44
3.9. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından aktivasyon grupları arasındaki farklılıklar	45
3.10. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından kesit seviyeleri arasındaki farklılıklar.....	46
3.11. Farklı kesit seviyelerinde skor ortalamaları bakımından aktivasyon grupları arasındaki farklılıklar	47

3.12. EDTA şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar	48
3.13. Sitrik asit şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar	49
3.14. HEBP şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar	49



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Çalışmaya dahil edilen edilen dişlerden alınan radyograflar	25
2.2. El eğesi kullanılarak prepare edilen kök segmenti.....	26
2.3. Dişlerin eppendorf tüplerine yerleştirilmesi.....	27
2.4. Ultracal CS'nin dişlere uygulanması	28
2.5. İrrigasyon solüsyonlarının uygulandığı enjektör ucu.....	29
2.6. Çalışmamızda kullanılan ultrasonik cihaz ve irrigasyon aktivasyon ucu	30
2.7. Çalışmada kullanılan fotona marka Er:YAG lazer	30
2.8. Çalışmamızda kullanılan PIPS ucu	31
2.9. Çalışmamızda kullanılan lazer parametreleri.....	31
2.10. Örneklerin saklandığı etüv	32
2.11. İkiye bölünmüş örnek.....	32
2.12. Sputter cihazı (altın-palladyum kaplama cihazı).....	33
2.13. Çalışmamızda kullanılan SEM cihazı	33
2.14. SEM fotoğrafı alınacak bölgelerin işaretlenmesi	34
3.1. Çalışma Gruplarının Kesit Seviyelerine Göre Skor Ortalamaları	44
3.2. Gruplara Göre Kesit Seviyelerine Göre Erozyon Skor Ortalamaları	50
3.3. Pozitif kontrol grubuna ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü	51
3.4. Negatif kontrol grubuna ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü	51

3.5. Ca(OH) ₂ uzaklaştırma skorlamasında skor 0 olarak değerlendirilen örneğe ait 2500X büyütmede altındaki SEM görüntüsü.....	52
3.6. Ca(OH) ₂ uzaklaştırma skorlamasında Skor 1 olarak değerlendirilen örneğe ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü	52
3.7. Ca(OH) ₂ uzaklaştırma skorlamasında Skor 2 olarak değerlendirilen örneğe ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü	53
3.8. Ca(OH) ₂ uzaklaştırma skorlamasında Skor 3 olarak değerlendirilen örneğe ait x2500 büyütme altındaki SEM görüntüsü	53
3.9. Erozyon skorlamasında skor 0 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü	54
3.10. Erozyon skorlamasında skor 1 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü	54
3.11. Erozyon skorlamasında skor 2 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü (ok işareti: peritübüler dentinde yıkım)....	55
3.12. Erozyon skorlamasında skor 3 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü (sarı ok işareti: intertübüler dentin yıkımı sebebiyle birleşmiş tübüller)	55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SEM:	Taramalı Elektron Mikroskopi
CHX:	Klorheksidin
µm:	Mikrometre
Ca(OH)₂:	Kalsiyum hidroksit
CBCT:	Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
Ca:	Kalsiyum
DPSC:	Dental pulpa kök hücresi (Dental Pulp Stem Cell)
Hz:	Hertz
kHz:	Kilohertz
%:	Yüzde
EDTA:	Etilendiamintetraasetik asit
Er:YAG:	Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet
pH:	Potansiyel hidrojen
IGF-1:	İnsülin benzeri büyüme faktörü-1 (İnsülin Like Growth Factor-1)
ml:	Mililitre
µl:	Mikrolitre
rpm:	Dakikadaki devir sayısı(revolution per minute)
MTA:	Mineral Trioksit Agregat
NaOCl:	Sodyum hipoklorit
ng:	Nanogram
nm:	Nanometre
RET:	Rejeneratif endodontik tedavi
PIPS:	Fotonla İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma
HEBP:	1-hidroksietidilen-1, 1-bifosfonat
PUI:	Pasif ultrasonik irrigasyon:

SA:	Sitrik asit
SCAP:	Apikal papilla kök hücresi (Stem Cells From Apical Papilla)
TGF-β1:	Transforme edici büyüme faktörü- β 1 (Transforming Growth Factor- β 1)
AAE:	Amerikan Endodonti Birliği
°C:	Santigrad derece



ÖZET

FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON YÖNTEMLERİYLE KULLANILAN
EDTA, SİTRİK ASİT VE ETİDRONİK ASİT'İN KALSİYUM HİDROKSİT
UZAKLAŞTIRMA VE DENTİN EROZYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ

Aralık 2022, 103 sayfa

Bu çalışmanın amacı; açık apeks simülasyonu yapılan dişlerde EDTA, sitrik asit ve etidronik asit şelasyon ajanlarının, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle kombinasyonunun kök kanallarından kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliğinin ve kök kanal dentininde oluşan erozyonun taramalı elektron mikroskopu (SEM) aracılığıyla değerlendirilmesidir.

Bu çalışmada 85 adet periodontal sebeplerle çekilmiş tek köklü ve tek kanallı insan dişleri kullanıldı. Kök boyları apekten itibaren 13 mm boyutunda standardize edildi. 100# no'lu el eğesi kök ucundan 1 mm taşacak şekilde preparasyon yapılarak açık apeks formu elde edildi. Tüm kök segmentlerine %1.5 NaOCl (20 ml/5 dk) irrigasyonu yapılarak, 4 diş kontrol grubu olarak ayrıldı. Kalan 81 diş kullanılan şelasyon ajanına (%17 EDTA, %10 SA ve %9 HEBP) göre 3 ana gruba ve aktivasyon şekline (geleneksel şırınga irrigasyonu, devamlı ultrasonik aktivasyon, Er: YAG lazer/PIPS aktivasyonu) göre 3 alt gruba ayrıldı. Tüm gruplara Ca(OH)₂ yerleştirilip, 4 hafta sonra ilgili şelasyon ve irrigasyon aktivasyon tekniği kullanılarak uzaklaştırıldı. Bukko-lingual olarak ikiye ayrılan kök segmentlerinin apikal, orta ve koronal bölümlerinden taramalı elektron mikroskopuyla X2500 büyütmede alınan görüntülerle

kanallarda kalan Ca(OH)_2 miktarı ve X5000 büyütmede alınan görüntülerle dentin erozyonu değerlendirildi.

Şelasyon ajanları arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). İrrigasyon teknikleri arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla geleneksel şırınga irrigasyonu (GŞİ) tekniğinde gözlemlendi. PUİ ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). Kesit seviyeleri arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte en az orta kesitte gözlemlendi.

Şelasyon ajanları arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$). İrrigasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla PIPS aktivasyon tekniğinde, en az GŞİ tekniğinde gözlemlendi. Kesit seviyeleri arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla orta kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi.

Çalışmada PUİ ve PIPS aktivasyon tekniklerinin, kök kanallarından Ca(OH)_2 uzaklaştırmada GŞİ tekniğine göre daha etkili olduğu ancak dentin erozyonuna yol açabildiği gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: dentin erozyonu, kalsiyum hidroksit, irrigasyon aktivasyonu, PIPS, PUİ,

ABSTRACT

THE EFFECT OF EDTA, CITRIC ACID AND ETIDRONIC ACID USED WITH DIFFERENT IRRIGATION ACTIVATION METHODS ON CALCIUM HYDROXIDE REMOVAL AND DENTIN EROSION

Kırıkkale University

Faculty of Dentistry

Department of Endodontics, Master Thesis

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ

December 2022, 103 pages

The aim of this study is to evaluate the effectiveness of the combination of EDTA, citric acid and etidronic acid chelating agents with different irrigation activation methods in removing calcium hydroxide from root canals and the erosion of root canal dentin by scanning electron microscopy (SEM) in teeth with open apex simulation.

In this study, 85 single-rooted and single-canal human teeth extracted for periodontal reasons were used. Root lengths were standardized as 13 mm from the apex. An open apex form was obtained by preparing the hand file no. 100 so that it protrudes 1 mm from the root tip. All root segments were irrigated with 1.5% NaOCl (20 ml/5 min) and 4 teeth were separated as the control group. The remaining 81 teeth were divided into 3 main groups according to the chelation agent used (17% EDTA, 10% CA and 9% HEBP) and 3 subgroups according to the activation method (traditional syringe irrigation, continuous ultrasonic activation, Er: YAG laser/PIPS activation). Ca(OH)_2 was placed in all groups and removed 4 weeks later using the relevant chelation and irrigation activation technique. The amount of Ca(OH)_2 remaining in the canals was evaluated with images taken at x2500 magnification and dentin erosion was evaluated with images taken at x5000 magnification with a scanning electron microscope from the apical, middle and coronal parts of the root fragments divided into 2 bucco-lingually.

There was no statistically significant difference between chelation agents in terms of Ca(OH)_2 removal ($p>0.05$). While there was a statistically significant difference between irrigation techniques in Ca(OH)_2 removal ($p<0.05$), the highest amount of Ca(OH)_2 that could not be removed from the root canals was observed in the conventional syringe irrigation (CSI) technique. There was no statistically significant difference between PUI and PIPS activation techniques ($p>0.05$). While there was a statistically significant difference between section levels in Ca(OH)_2 removal ($p<0.05$), the highest amount of Ca(OH)_2 that could not be removed from the root canals was observed in the apical section and least amount was observed in the middle section.

There was no statistically significant difference between chelation agents in terms of erosion formation ($p>0.05$). While there was a statistically significant difference between irrigation techniques ($p<0.05$), the highest amount of erosion was observed in the PIPS activation technique and the least amount was observed in the CSI technique. While there was a statistically significant difference in terms of erosion formation between the section levels ($p<0.05$), the highest amount of erosion was observed in the middle section and the least amount was observed in the apical section.

In the study, it was observed that PUI and PIPS activation techniques were more effective than CSI technique in removing Ca(OH)_2 from root canals, and these activation techniques could lead to dentin erosion.

Keywords: dentin erosion, calcium hydroxide, irrigation activation, PIPS, PUI

GİRİŞ

Endodonti, diş pulpası ve diş köklerini çevreleyen periradiküler dokuların şeklini, işlevini ve sağlığını inceleyen diş hekimliği alanıdır. Pulpa ve periradiküler dokuların yaralanmaları ve hastalıkları ile bunların önlenmesi ve tedavisini içerir. Pulpaları hasar görmüş dişlerin fonksiyonlarını korumak için yapılan endodontik tedavide pulpa dokusu canlı ya da cansız olabilmektedir [1].

Kök kanal tedavisinin ilk basamağında mekanik genişletme ve dentin yüzeyine kimyasal ajanların uygulanması yer alır. Bu uygulamalar sırasında diş dokularına zarar verilebilir. Başarıya ulaştıracak yeterli mekanik ve kimyasal preparasyon ile hekim kaynaklı başarısızlıklar arasında denge kurulmalıdır.

Nekrotik pulpa veya apikal patolojisi olan olgunlaşmamış daimî dişlerin endodontik tedavisi her zaman zor olmuştur. Çünkü mekanik enstrümantasyon kanalın dentin duvarlarının daha da zayıflamasına neden olabilir [2]. Günümüzde, bu dişlerin tedavisinde kök gelişiminin devam etmesine izin verecek revaskülarizasyon uygulamaları denenmektedir birçok vaka raporuna göre bu uygulama başarısını kanıtlamıştır [3-5]. Kök kanallarının dezenfekte edilmesi revaskülarizasyon uygulamalarında önemli bir faktör olarak kabul edilir.

Kök kanal tedavilerinde seanslar arası medikament kullanımı yaygın bir uygulamadır. Aynı zamanda rejeneratif endodontik tedavi (RET) için de medikament uygulanması tedavi başarısında temel aşamalardan biridir. Kanal içi medikamentlerin konsantrasyon düzeyi; büyüme faktörü salınımı, kök hücrelerin hayatta kalması ve çoğalması açısından önemlidir [10]. Kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$); en yaygın kullanılan, lipopolisakkaritlerin yıkımına sebep olan alkalın özellikli, kanal içi medikamentdir. Ancak bu yüksek pH, temas ettiği bölgelerde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in ani doku nekrozlarına sebep olmasına yol açar ki bu kök hücrelerin ölümüyle sonuçlanan bir süreçtir [11].

Kök kanal tedavisi sırasında, dentinin biyomekanik özellikleri mekanik enstrümantasyondan ve NaOCl, etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ve sitrik asit gibi ajanlarla irrigasyondan olumsuz etkilenebilir [6, 7]. Bu solüsyonlar dentin matrisinden kalsiyum (Ca) iyonlarını uzaklaştırarak smear tabakasının kaldırılmasını sağlar [8]. Ancak bu tür kimyasal yardımcı maddelerin dentinin inorganik yapısının açığa çıkmasından sorumlu olduğu, dolayısıyla dentin mikrosertliğinde değişikliklere ve erozyona neden olduğu bilinmektedir [9]. Bazı çalışmalar, bu değişikliklerin diş kırılmasına yatkınlığı artırabileceğini öne sürmüştür [10].

Kök kanal sisteminin karmaşık morfolojik yapısı ve kök kanal düzensizliklerinde mekanik şekillendirmenin etkili olamaması nedeniyle, enfekte kök kanallarında biyomekanik preparasyon sonrasında tam bir sterilizasyon sağlamak oldukça zordur. İrrigasyon solüsyonları şekillendirme sırasında ortaya çıkan debris uzaklaştırarak, enfekte pulpa artıklarını çözerek ve kök kanal dezenfeksiyonunu sağlayarak mekanik işlemlere katkı sağlamaktadır [8]. Bunun yanı sıra geleneksel irrigasyon yöntemlerinin debris uzaklaştırmada, solüsyonların dentin tübül penetrasyonunda ve kök kanal dezenfeksiyonunda yetersiz kaldığı bilinmektedir. Bu sebeple kök kanal irrigasyonunun etkinliğini arttırmak amacıyla çeşitli irrigasyon aktivasyon sistemleri geliştirilmiştir [9].

Bu çalışmanın amacı kök gelişimi tamamlanmamış dişlere uygulanan Ca(OH)_2 'i uzaklaştırmak için kullanılan farklı şelasyon ajanlarının ve aktivasyon yöntemlerinin uzaklaştırma başarısını ve dentin üzerindeki erozyon etkisini incelemektir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Dişlerde Kök Gelişimi

Kök gelişimi tamamlanmamış dişlerde kanal tedavisinin başarı şansını artırmak için kök gelişim aşamaları bilinmelidir. Embriyolojik gelişimin çan aşamasında, iç ve dış mine epiteli mine sement sınırında birleşerek Hertwig epitelyal kök kınını oluşturur ve bu olay kök gelişimini başlatır. Mine sement sınırındaki bu epitelyal çoğalma, kök şeklini oluşturacak şekilde iki katlı bir hortum benzeri yapı meydana getirir. Bu iki katlı epitelin iç kısmındaki hücrelerin odontoblastlara farklılaşması ile kök dentini oluşmaya başlar. Hertwig epitelyal kök kınının fonksiyonu kök formasyonu tamamlanınca biter ve bölgede çoğalan olan bağ dokusu ve kök dentini birbiriyle temasa geçer. Bu temas bağ dokusu hücrelerinin odontoblastlara farklılaşmasıyla sonuçlanır ve sement dokusunu üretilir. Kök sementinin oluşmasıyla beraber Hertwig epitelyal kök kını artık hücreleri kök yüzeyinden daha da uzağa göç eder. Bu epitel parçaları, diş oluşumu tamamlandıktan sonra bile periodontal aralıkta kalabilir ve bunlara “Malassez Epitel Kalıntıları” adı verilir [11].

Gelişmekte olan diş kronlarının antagonist dişlere doğru sürme hareketi; kök gelişimi için alan oluşturur ve antagonist dişle temasa geçtikten sonra da 3 yıl boyunca kök gelişimi devam ederek apikal açıklığın genişliği 0,3-0,6 mm olana kadar devam eder. Bu süreç boyunca apikal açıklığın boyutuyla orantılı olarak diş dokuları periapikal dokularla geniş bir temas alanına sahiptir [12]. Bu evrede apikal foramen; yuvarlak, oval, asimmetrik, tırtıklı veya huni şeklinde olabilir. İçerdiği pulpa kron pulpasına oranla daha az hücre içerir ve daha fibrözdür. Kan damarları apikal foramenden girip apikal üçte birde dallanıp, odontoblastik tabakada bir kapiller ağ oluşturarak sonlanırlar [13]. Bu süreçte gelişimi sürmekte olan dişlerde çürük, dental travma veya çeşitli anomaliler sebebiyle pulpa canlılığını yitirirse; kök formasyonu durur. Sonuç olarak kök ucu açık, ince dentin duvarlarına sahip geniş bir kök kanalı formu ortaya çıkar.

1.1.1. Kök Gelişimi ile İlişkili Tedaviler

Kök gelişimi tamamlanmamış bir dişin derin dentin çürüğü veya travma yaralanmaları nedeniyle canlılığını yitirmesi sonucu kanal tedavisi gereksinimi olduğunda, apikale doğru açılan kök kanal duvarlarının inceliği ve apeksin çok geniş olması kanal dolgusunda zorluklara neden olur. Başarılı bir endodontik tedavi için dişin kök kanallarının üç boyutlu olarak kanal dolgu maddeleriyle hermetik bir şekilde tıkanması gereklidir ve bu durum ancak kök ucunun tamamen kapandığı koşullarda mümkündür. Bu nedenle, gelişimini tamamlamamış apeksi açık dişlerde yapılan kanal tedavilerinde öncelikle apeks oluşumunu uyaran uygulamalar gereklidir [14].

Yaygın olarak kullanılan iki temel geleneksel teknik, Ca(OH)_2 apeksifikasyonunu ve mineral trioksit agregat (MTA) ile apikal tıkaç tekniğidir. Ayrıca rejeneratif tedavilerle kök gelişimi tamamlanabilir.

1.1.2. Kalsiyum Hidroksit ile Apeksifikasyon

Canlılığını kaybetmiş ve kök formasyonu tamamlanmamış dişlerde apeksin mineralize bir doku ile tıkanmasının sağlandığı tedavi yöntemine “apeksifikasyon” denilmektedir [15]. Kök kanalının apikalindeki granülasyon dokusu hücrelerinin yapısal etkinliğini korumak ve uyarmak etmek apeksifikasyon tedavisindeki temel amaçtır. Bu sayede apikal açıklıkta kalsifiye doku oluşması amaçlanmakta ve sonrasında dişin daimî kanal dolgusu yapılabilir [16].

Saf Ca(OH)_2 'in yüksek pH'ı nedeniyle periradiküler dokuda 2 mm'lik derinliğe kadar yüzeysel bir nekroz tabakası meydana gelir. Bu tabakanın ötesinde sadece hafif bir inflamatuvar cevap görülür ve materyal yerleştirildiğinde operasyon alanının bakterilerden uzak olmasını sağlayarak sert dokunun şekillenmesine yardımcı olur. [17].

Ca(OH)_2 patı ile yapılan apeksifikasyon tedavisinin başlıca dezavantajları; tedavinin uzun sürmesi, birçok tedavi seansı gerektirmesi, diş yapısının kırılabilirliğini arttırması ve bariyer oluşumunun tespitinin zor olmasıdır [18]. Diğer bir dezavantajı ise, geçici kanal dolgu maddesi olarak yüksek başarı göstermesine rağmen daha sonra yapılacak olan daimi kök kanal dolgusunun üzerinde olumsuz etkileri olmasıdır [19]. Araştırmacılar, Ca(OH)_2 patının güçlü antimikrobiyal etkinliğine rağmen kök kanalına taşınmasının ve tüm kanalda dağılımının sağlanmasının zor olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda kanaldan tam olarak uzaklaştırılmasının da zor olduğunu ve kullanılan

yönteme göre kök kanalının %25-45'inde Ca(OH)_2 patı artığı kaldığını ileri sürmüşlerdir [20-22].

Ca(OH)_2 alkale doğasına bağlı olarak bağlanma ajanları gibi davranan asidik bileşenlerden bazılarını nötralize edebilir, çözebilir veya denatüre edebilir; bu nedenle de dentini zayıflatır. Cvek Ca(OH)_2 'in uzun zaman süre kullanımının dentinin kırılma dayanıklılığının üzerine zararlı etkileri olduğunu bildirmiştir [23]. Bu sonuçlar Andreasen ve ark.'nın kuzularda formasyonunu tamamlanmamış kesici dişlerde yaptığı araştırmayla desteklenmiştir [24].

1.1.3. Tek Seans Apeksifikasyon

Bu teknikte, kök apikali biyolojik bir materyalle kapatılır ve kanal dolgusunu yapılabilmesi için yapay bir bariyer oluşturulur [25]. Bu tedavi yönteminde; eski dönemlerde trikalsiyum fosfat, dondurulmuş kurutulmuş dentin veya kortikal kemik gibi ajanlar denenmiştir [26, 27]. Son yıllarda ise, MTA gibi kalsiyum silikat içerikli ajanlar başarıyla kullanılmaktadır [28, 29]. Nem varlığında sertleşen ince hidrofilik partiküller içerirler. Materyalin pH'sı yaklaşık olarak 12,5'tir. Biyouyumlu ve antibakteriyel olan bu materyallerin en önemli fiziksel özellikleri sızdırmaz olmalarıdır. Bu özelliklerine ek olarak, sert doku oluşumunda rol alan sitokin sentezini uyardıkları, osteokalsin ve alkale fosfataz düzeylerinin materyal varlığında arttığı bildirilmiştir [30]. Kalsiyum silikat içerikli ajanlar sertleşme reaksiyonu sonucunda ortama Ca(OH)_2 salımı yaparlar. Ancak, bu ajanların saf Ca(OH)_2 gibi kök dentinini zayıflatmadığı bildirilmiştir [31].

Tek seans apeksifikasyon, yeni geliştirilen bu ajanlarla birlikte kısa tedavi zamanı sağlaması nedeniyle klinisyenler tarafından sıklıkla tercih edilen bir yöntem olmakla beraber, bu teknik kök gelişiminin devam etmesini sağlayamamaktadır. Bu nedenle, kısa köklü dişlerde kullanımı uygun görülmemektedir [32]. Bu materyalle uygulanan apeksifikasyon tedavisi sonrasında, Ca(OH)_2 apeksifikasyonuna benzer şekilde, dişlerin ince kanal duvarları nedeniyle artan kırılma riski de diğer önemli bir dezavantajdır [33].

1.1.4. Rejenerasyon/ Revaskülarizasyon

Nygaard Ostby, rejeneratif endodontik uygulamaların öncüsü olarak, kök gelişimini tamamlamış nekrotik pulpalı ve apikal lezyonlu dişlerin kök kanallarının apikal üçte

birinde vaskülarize dokunun uyarılabileceğini göstermiştir. Bu, kök kanal dolgusundan hemen önce apeksten çıkan bir kök kanal eğesi kullanılarak dezenfekte edilmiş ve temizlenmiş kök kanalının apikal üçte birinde bir kan pıhtısı oluşturulmasıyla başarılmıştır. Bir pıhtının (iskelenin) , damar düzeninin kök kanalının doldurulmamış kısmında yeni bir doku gelişiminin desteklenebileceği ileri sürülmüştür [34].

RET protokolü; kök kanalında minimal preparasyon veya hiç preparasyona gerek kalmadan kimyasal debridman ve antibakteriyel bir medikamentin kanal içine uygulanması ile başlar. İşlemden sonra 2-4 hafta enfeksiyon bulgularının geçmesi beklenir. Nekroz ya da enfeksiyon nedeniyle gelişimi durmuş kök kanalında enfekte olmuş pulpa dokusuna kök hücrelerinin migrasyonu (göç), adezyonu ve proliferasyonu (çoğalma) mümkün değildir. Başarılı bir rejenerasyon protokolü kök kanalının dezenfekte edilmesini gerektirir. Enfekte olan kök kanalındaki ince dentin duvarları mekanik temizliğe uygun olmadığından kimyasal irrigasyon solüsyonlarının etkisi önemlidir. Kök kanalının dezenfeksiyonunu sağlarken kök hücrelerinin canlılığının korunması ve uyarılması önemlidir [35].

RET nemli ve kırılmaya daha az yatkın bir dentin oluşumunun sağlar. Pulpayı yaralanma sahasından ayırmak için reaksiyoner veya reperatif dentin formasyonu oluşması, Genç hastalarda ince dentin duvarlarını güçlendirmek ve uzun dönemdeki komplikasyonları önlemek için kök formasyonunun tamamlanması, sağlam periradiküler dokuların elde edilmesi, pulpa rejenerasyonunun konvansiyonel kök kanal tedavisine göre avantajlarıdır [36].

1.2. Kimyasal ve Mekanik Temizleme

Kök kanal preparasyonu işlemi, ilk olarak Grossman ve ark. tarafından tanımlanmış olup hem mekanik hem de biyolojik kavramları da içerisinde barındırması nedeniyle biyomekanik preperasyon olarak adlandırılmıştır [37]. Kök kanallarının temizlenmesi, irrigasyon ve dezenfeksiyon işlemlerini kapsar. Temizleme işlemiyle pulpa artıklarının, nekrotik dokuların, mikroorganizma ve yan ürünlerinin temizlenmesi ve şekillendirme işlemleri sırasında oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması amaçlanır [38]. Kök kanal preparasyonunda temizleme ve şekillendirme farklı kavramlar olarak tanımlansa da aralarında keskin bir sınır bulunmamaktadır.

1.3.. Kök Kanallarının İrrigasyonu

Karmaşık anatomi sebebiyle mikroorganizmaların mekanik aletler kullanılarak kök kanallarından tamamen uzaklaştırılması oldukça zordur. Mekanik enstrümanlarla tüm enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılmaya çalışılması diş yapısını zayıflatır. Bu nedenle kimyasal olarak aktif irrigasyon solüsyonları ve kanal içi medikamentler kullanılarak mikroorganizma ve yan ürünlerinin tamamen uzaklaştırılması hedeflenir. Kök kanalının mekanik preparasyonu; irrigasyon solüsyonlarının kök kanalındaki düzensiz alanlara nüfuz edebilmesi için bir giriş yolu sağlar. Ayrıca seanslar arası kanal içi medikament uygulanması ve sonrasında daimi kök kanal dolgusu için bir boşluk oluşturur [39].

1.4. Şelasyon Ajanları

Şelasyon ajanları organik maddeler ile metal iyonları arasında halka şeklinde bağlantılar oluşturmaktadırlar. Şelatörler, iyonlara bağlanma ve inaktive etme özelliğinden dolayı oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir [40]. Smear tabakasını oluşturan bileşenler asitlerle kolay bir şekilde çözülebilen küçük parçacıklardır. Bu nedenle kolay çözülebilen partikülleri yani smear tabakayı uzaklaştırmak için asitler ve şelasyon ajanları kullanılmaktadır [41].

1.4.1. Şelasyon Ajanlarının Dentin Üzerine Etkisi

Dentin; mineyi desteklemek, diş pulpasını korumak ve çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklılık sağlayan kendine özgü mekanik özelliklere sahip mineralize bir bağ dokusudur. Ayrıca hacimce en büyük yapısal bileşendir [42].

Dentin-mine birleşimi, manto dentin, primer dentin, sekonder dentin ve tersiyer dentin olarak oluşum evrelerine göre beş tipe ayrılır. Mineralize hücre dışı dentin ayrıca intertübüler ve peritübüler dentin olarak ikiye ayrılır. İntertübüler dentin, dentinogenez sırasında predentin mineralizasyonu yolu ile odontoblastlar tarafından oluşturulur. Peritübüler dentin, mineralize dentin içinde dentin tübüllerinin duvarlarında mineralizasyon ile oluşur ve pulpa yakınında bulunmayabilir [42].

Dentin, tübüller nedeniyle pöröz bir yapıya sahiptir. Koronal dentinde, mine-dentin bileşiminde 1 mm²'de 15000 ile 65000 arasında dentin tübülü bulunur [43]. Dentinin yoğunluğu ve tübüllerin çapları dentin mine sınırından pulpaya yaklaştıkça artar.

Dentinin geçirgenliği mine dentin sınırında en düşükken derinlerde en yüksektir. Dentin; kalınlığına, yaşına vb. değişkenlere göre bariyer veya geçirgen bir yapı olarak davranabilir. Dentin bu tübüler yapısı nedeniyle çözünen maddelerin geçişini sağlar. Dış kaynaklı organik ve inorganik etkenlerin dentini geçerek pulpaya ulaşabilmeleri büyük oranda dentin kalınlığına ve dentinin hidrolik iletkenliğine bağlıdır. İnce dentin varlığında diffüzyonel akış kalın dentine göre daha çok olmaktadır.

Kuron oluşumunu takiben, Hertwig epitel kök kılıfının epitel hücrelerinin, odontoblast farklılaşmasını başlatması ile kök dentini oluşumu başlar. Sement-dentin birleşiminden apikale doğru ilerledikçe dentin tübüllerinin düzeni ve yoğunluğu azalmaktadır [44]. Kökün dış çevresi daha geniş ve tübüller birbirinden uzaklaştığı için kök kanalına yakın tarafta mm^2 'ye düşen dentin tübülü sayısı daha fazladır. Dentin kalınlığına, mm^2 'ye düşen dentin tübül sayısına, çapına ve açıklığına bağlı olarak kök dentininin geçirgenliği değişmektedir [45]. İrrigasyon solüsyonlarının kullanılması da dentin tübüllerinin geçirgenliğini etkilemektedir. Dentin disklerinin %5'lik NaOCl'de 1 saat bekletilmesinin dentinin iletkenliğini %105 oranında arttırdığı bildirilmiştir [46]. Kök dentininin genel yapısı ve tübül yoğunluğu gözlenen bu çeşitlilikler; dentin dokusunun farklı bölgelerinde bakteriyel penetrasyona ve erozyona eğilim, geçirgenlik veya dental materyallerin adezyonu gibi özellikleri farklı oranlarda etkileyebilir.

Şelasyon ajanları, kök dentininin yapısında bulunan hidroksiapatit kristallerindeki Ca iyonlarıyla reaksiyona girmektedir. Bu reaksiyon dentinin yapısındaki temel bileşen elementler olan Ca ve fosfor oranında değişikliklere sebep olabilmektedir [47]. Bu değişiklikler dentin mikrosertliğinde azalmaya, kök kanal dentininin geçirgenliğinde ve çözünürlüğu ise artışa; neden olmaktadır. Cruz-Filho ve ark. şelasyon ajanlarıyla ilgili yaptıkları çalışmada, EDTA ve sitrik asitin dentin mikrosertliğini en fazla azaltan ajanlar olduğunu bildirmişlerdir [48].

1.4.2. Etilendiamintetraasetik Asit

EDTA; sodyum tuzları ve metalik iyonlarla iyonik olmayan şelatlar oluşturabilen içeriğinde kolloidal olmayan organik maddeler barındıran bir poliprotik asittir [49]. Genellikle %10 ile %17 arasında bir konsantrasyonda kullanılır ve şelatlama etkinliğini arttırmak için pH'ı 4'ten 7 ile 8 arasında bir değere değiştirilmiştir [50].

EDTA dentini beş dakikada 20-30 µm derinliğe kadar dekalsifiye etme yeteneğine de sahiptir [51]. Calt ve ark.'a göre EDTA solüsyonu kök kanal duvarının yüzeyine ulaşabiliyorsa, smear tabakasının inorganik bileşenlerini 1 dakikadan daha kısa sürede çıkarma yeteneğine sahiptir. Goldman ve ark. smear tabakasının esas olarak kalsifik bir yapı olduğunu ve sadece EDTA veya sitrik asit gibi şelasyon ajanlarının bu tabakayı kaldırabildiğini bulmuşlardır [52].

EDTA'nın antibakteriyel özelliği nispeten sınırlıdır ve temizleme kabiliyeti, esas olarak kanal duvarlarına yapışan biyofilmi ayırma kabiliyetinden kaynaklanmaktadır [49]. NaOCl antimikrobiyal etkinlik açısından kuvvetli olmasına rağmen Ca(OH)_2 uzaklaştırmada serum fizyolojiğe benzer şekilde etkisiz olduğu bu nedenle tedavide Ca(OH)_2 'in metalik iyonlarıyla (Ca) şelasyon yapabilen ajanın da mutlaka kullanılması gerektiği bildirilmiştir [53]. İrrigasyon solüsyonlarının Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma etkinliği birçok çalışmada incelenmiştir. Tek başına NaOCl kullanımının kök kanallarından Ca(OH)_2 'in kaldırılmasına yetersiz olduğu, EDTA ve NaOCl kullanımının kök kanallarından Ca(OH)_2 'i uzaklaştırmada daha etkili olduğunu gözlemlenmiştir [54]. Benzer şekilde, NaOCl veya EDTA'nın tek başlarına kullanımında kök kanallarındaki Ca(OH)_2 'i uzaklaştırılamadığını, bu solüsyonların birlikte kullanıldığında ise kök kanallarından Ca(OH)_2 'in daha etkili şekilde uzaklaştırılabildiğini bildirmişlerdir [19].

Calt ve ark. 1 dakika süreyle kullanılan EDTA'nın kalıntıları gidermede etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, 10 dakika boyunca EDTA uygulamasının, tübül çevresinde ve içinde aşırı dentin erozyonuna neden olduğunu bildirmiştir[55]. EDTA bazlı şelasyon ajanlarının yalnızca orta ve koroner üçte birlik bölümünde kök dentini yumuşattığından, ancak kanalın apikal üçte birlik bölümünde erozyona neden olmadığı rapor edilmiştir [56].

1.4.3. Sitrik Asit

Sitrik asit ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), sıvı halde kök kanal şelasyon ajanı olarak kullanılabilen organik bir asittir [57]. Antimikrobiyal özelliği de bildirilmiştir [58]. Ortama saldıgı hidrojen (H^+) iyonlarıyla, hidroksiapatit kristallerinin yüzeyinden bir dizi iyonik ayrılmaya yol açar. Bu, hidroksiapatit kristalinin çözünmesine neden olur. Antibakteriyel etki mekanizması iyi bilinmemektedir [59]. Sitrik asitin şelatlama etkinliği, artan

konsantrasyonla ve düşen pH ile artar [60]. Uygulama süresinin arttırılması da etkinliği bir dereceye kadar arttırır [61].

Bir çalışmada sitrik asit servikal kök dentini segmentlerine %5 (pH 2.2) ve %10 (pH 1.8) konsantrasyonlarda 5, 10 ve 15 dakika süreyle uygulanıp, demineralizasyonun önemli ölçüde zamana bağlı olduğu, ayrıca %10'luk solüsyonun dekalsifiye edici etkisinin %1'lik solüsyondan yaklaşık 2 kat daha fazla olduğu bulunmuştur [61].

Machado ve ark. %17 EDTA ve %10 sitrik asitin kökün koronal ve orta üçte birinde smear tabakasını etkin bir şekilde kaldırdığını ve kök kanal dolgusunun dentin tübüllerine penetrasyonunu artırdığını rapor etmiştir [62]. Başka bir çalışmada, sitrik asitin uygulandıktan 1 dakika sonra hem peritübüler hem de intertübüler dentin üzerinde ölçülebilir dentin erozyonuna neden olduğu bildirilmiştir [60].

Yapılan bir çalışmada sitrik asit hücre tutunmasını desteklerken, hem EDTA hem de sitrik asitin hücre çoğalması ve kök dentinine tutunma üzerinde hiçbir olumsuz etkisi gözlenmemiştir [63].

1.4.4. Etidronik Asit

1-hidroksietidilen-1, 1-bifosfonat (HEBP) olarak adlandırılan, proteolitik ve antimikrobiyal özellik gösteren zayıf bir şelasyon ajanıdır. HEBP'in osteoporoz ve Paget hastalığında sistemik olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bifosfonatlar, Ca^{+} iyonları ile şelasyon yapma özelliğine sahiptir. [64].

HEBP'in şelatör olmasının yanında antimikrobiyal etkinlik de gösterdiği ve NaOCl ile karıştırıldığında NaOCl'in antimikrobiyal özelliklerini değiştirmediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Bir çalışmada, EDTA, SA ve HEBP NaOCl ile karıştırılarak kullanılmış ve antimikrobiyal özellikleri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre EDTA ve sitrik asit, NaOCl ile negatif etkileşime girerken HEBP olumsuz bir etkileşime sebep olmamıştır [65]. Başka bir çalışmada; %2,5 NaOCl ile %9 HEBP ve %2,5 NaOCl ile %17 EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının dentin tübüllerindeki bakterilere karşı önemli bir antimikrobiyal aktivite sergileyerek bakteri sayısını azalttığı ve özellikle NaOCl/HEBP grubunda yüksek miktarda smear tabakasının ortadan kaldırıldığı gösterilmiştir [66]. NaOCl/HEBP kombinasyonunun avantajları; çözeltinin hidroklorik asitten daha iyi bir doku çözme kapasitesine sahip olması ve daha az sitotoksik olması, oluşan hipokloröz asidi dengede tutabilmesi ve rezilon kök kanal dolgularına bağlanmayı optimize edebilmesi olarak sayılabilir. Bunlara ek

olarak, döner sistemlerle çalışma sırasında kök kanalında dentin artıkları birikimini azaltabileceği bildirilmiştir [67]. Bir çalışmada, %2,5 NaOCl ve %9 HEBP'in dentin tübüllerinde *E. faecalis* biyofilmi üzerindeki antimikrobiyal etkinlikleri ayrı ayrı incelenmiş, NaOCl'in HEBP'e kıyasla önemli derecede antimikrobiyal etkinlik gösterdiği, HEBP'in bu etkisinin zayıf olduğu bildirilmiştir [68].

İnsan dentininde %18 HEBP, %9 HEBP ve %17 EDTA'nın smear tabakası kaldırma kinetiği incelenmiş, sonuçta hem %9 HEBP hem de %18 HEBP'in demineralizasyon kinetiğinin, %17 EDTA'ya göre önemli ölçüde daha yavaş olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada; EDTA'nın, smear tabakasını hızlı bir şekilde ortadan kaldırırken alt tabakalardaki sağlam dentini de olumsuz etkileyebilen güçlü bir şelatör olduğu, ancak HEBP'in, tüm enstrümantasyon süreci boyunca NaOCl ile birlikte uygulanabilen daha zayıf bir şelatör olduğu rapor edilmiştir [68].

%18 konsantrasyonda kullanılan HEBP'in kök kanal duvarlarından $\text{Ca}(\text{OH})_2$ temizleme etkinliğinin %17 EDTA ve %10 sitrik asite göre daha fazla olduğu ancak 5 dakikadan daha uzun kullanılmasının dentin duvarlarında erozyona neden olabileceği bildirilmiştir [53].

1.5. Erozyon Kavramı ve İrrigasyon Solüsyonlarının Erozyon Üzerindeki Etkileri

Erozyon, kimyasal veya elektrolitik olaylar sonucunda bir yüzeyin zaman ile yıkımı olarak tanımlanmaktadır. Dental erozyon ise, dişlerin sert yüzeylerinde iç veya dış kaynaklı asitler tarafından kademeli olarak meydana gelen yıkım olarak tanımlanmaktadır [69].

Diş kökünün fiziksel ve kimyasal işlemlerden sonra mekanik ve kimyasal yapısı zayıflamadan bütünlüğünün korunması, endodontik tedavinin en önemli amaçlarından biridir [70]. Yapılan çalışmalarda dentinin yüksek konsantrasyonlarda hipoklorite maruz bırakılmasının, dentinin torsiyonel dayanımını ve kırılabilirliğini olumsuz etkilediği gösterilmiştir [71]. EDTA, NaOCl ve sitrik asitin kemomekanik preparasyon sonrasında, dentin erozyonu üzerindeki etkileri araştırılmış ve EDTA veya sitrik asit uygulaması sonrasında, kısa süreli NaOCl uygulamasının kök kanal duvarlarında kuvvetli erozyon meydana getirdiği gösterilmiştir [72].

Kollojen matriks inorganik yapı içerisinde gömülmüş haldedir ve EDTA benzeri şelasyon ajanlarının kullanımı sonrasında demineralize olan inorganik matriks kollojen yapıyı desteksiz bırakmaktadır. Bu durum kollojen yapıların açığa çıkmasına sebep olur ve kollojen hipokloritin direk yıkıcı etkisine maruz kalabilmektedir. Sonuç olarak intraradiküler dentinde erozyon meydana gelmektedir [73]. Peritübüler dentin ve dentin kanal ağzlarında meydana gelecek erozyonun endodontik tedavinin başarısına olan etkisi henüz kesinlik kazanmamıştır. Ancak erozyonun etkilerinin, kök kanal dolgu patlarının kök dentinine penetrasyonunda olumsuz etkileri olabileceği bildirilmiştir [73].

1.5.1. Dentin Erozyonunun Tedavi Sonuçlarına Etkisi

NaOCl, kök kanal dentininin elastik modülünü ve eğilme mukavemetini azaltabilir [71]. Aslında, NaOCl irrigasyonunun ardından EDTA kullanımı, dentinde daha şiddetli bir erozyona sebep olur [74]. Kök kanal dentininin mekanik özelliklerindeki bu değişiklikler, irrigasyon solüsyonlarının neden olduğu kimyasal bileşimdeki değişiklikten kaynaklanabilir. Önceki çalışmalar, kök kanal dentininin organik elementlerinin NaOCl uygulamasıyla yıkıldığını, ardından EDTA kullanımıyla hidroksiapatit bileşeninin yıkıldığını bildirmiştir [75]. Uzun süreli EDTA kullanımının diş yapısının mekanik özelliklerini ve kırılma direncini olumsuz etkilediği rapor edilmiştir [76]. Bu etki, kök kırılma riski yüksek olan kök gelişimi tamamlanmamış daimi dişlerde daha da zararlı olabilir [77]. EDTA ve NaOCl'in dentinin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi geniş çapta çalışılmış olmasına rağmen diğer şelasyon ajanlarıyla ilgili yeterli literatür desteği yoktur [72, 78].

1.6. Açık Apeksli Dişlerde İrrigasyon Solüsyonlarının Kullanımı

Pulpa nekrozu, travmatik diş yaralanması veya bakteriyel kontaminasyondan sonra ortaya çıkabilir [79]. Literatürde, açık apeks olarak sınıflandırılacak minimum apikal kök ucu çapına ilişkin bir fikir birliği yoktur ve çeşitli yazarlar apeksi ölçmek için #40–#100 ISO boyutlu endodontik el eğelerin kullanılmasını önermektedir [80]. Amerikan Endodonti Derneği (AAE) vaka zorluk değerlendirme indeksine göre apikal çapı 1.5 mm den büyük olan dişleri yüksek zorluk derecesine sahip vakalar olarak sınıflandırmıştır ve bunların yönetimi özel endodontik beceriler gerektirir [81]. Etiyolojiden bağımsız olarak; apeksleri açık ve ince, kırılğan dentin duvarlarına sahip

kök gelişimi tamamlanmamış bir diş, geleneksel kök kanal tedavisi tekniklerinin kullanımını engeller [82].

Kök kanallarının dezenfekte edilmesi bu tür tedavide önemli bir faktör olarak kabul edilir. NaOCl'in apikal ekstrüzyonunun, bu prosedürün başarısını etkileyen kök hücrelere zarar verebileceği bildirilmiştir [83]. Olgunlaşmamış dişlerin büyük bir apikal açıklığı ve ince, paralel dentin duvarları vardır. Bu nedenle geleneksel şırınga irrigasyonu ile çok yüksek bir ekstrüzyon olasılığı vardır [84].

1.7. İrrigasyon Aktivasyonu

NaOCl'in geleneksel irrigasyon ile kullanıldığı çalışmalarda kök kanallarından gelen mikrobiyal yükü azalttığı gösterilmiştir [85]. Hem elle hem de motorla çalışan enstrümantasyon sistemleri kök kanal duvarının bütününe temas edemez. Temas edilmemiş duvarların pulpa kalıntısı ve biyofilm barındırabildiği gösterilmiştir [86].

Kök kanal irrigasyonundaki temel zorluklar kök kanal anatomisinin yapısı, enfeksiyonun biyofilm içeriği ve güncel enstrümantasyon ve irrigasyondaki yetersizlikleri içerir [18, 75]. Mikroorganizmaların kök kanal enfeksiyondaki rolü uzun zamandır bilinmektedir. Biyofilmler, kendi ürettikleri hücre dışı matrikslerinde kapsüllenmiş, organize, yapışkan mikroorganizma kütleleridir. Bakteri yokluğunda bile, tek başına biyofilm matriksi kronik enflamasyona neden olabilir. Bu da endodontide uygulanan antimikrobiyal ajanların biyofilm yapının bozulmasına neden olması gerektiğini göstermektedir [87].

Geleneksel olarak, irrigasyon solüsyonları kanala bir şırınga ve bir iğne ile iletilir. Bununla birlikte, apikal bölgede oluşan hava kabarcığı sıkışmasının (vapor lock etki) kök kanal sistemi boyunca irrigasyon solüsyonu değişimini engellediği bilinmektedir [88]. Bu durum hem *in vitro* hem de *in vivo* olarak gösterilmiştir [89], ancak klinik sonuçlar üzerinde doğrudan bir etkisi olup olmadığı belirsizliğini korumaktadır.

1.7.1. İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

İrrigasyon aktivasyonu; irrigasyon ajanlarının kimyasal ve mekanik olarak aktive edilerek, antimikrobiyal ve doku çözme etkinliklerini artırmayı amaçlayan yöntemleri kapsar. Bu sistemler temel olarak elle yapılan ve cihaz destekli yapılan aktivasyonlar olarak iki geniş kategoriye ayrılır [90].

1.7.2. El ile Yapılan Aktivasyon

1.7.2.1. Geleneksel İrrigasyon Yöntemi

Günümüz endodonti pratiğinde şırınga ve iğne kullanarak uygulanan geleneksel irrigasyon yaygın olarak kullanılan standart yöntemdir. Geleneksel şırınga irrigasyonu yöntemi, bir solüsyonun farklı boyutlardaki iğneler aracılığı ile pasif olarak kök kanallarına nazikçe ve yavaş bir şekilde uygulanmasıdır [91]. İrrigasyon solüsyonunun kök kanallarında etkili olması ve apikal dokulardan taşması sadece kök kanal anatomisine bağlı değildir. İğnelerin uç tipine, kanal içerisinde aşağı yukarı hareketine, bulundukları konuma, irrigasyon solüsyonunun hacmine, akışkanlığına ve pistonu uygulanan basınç gibi etkenlere de bağlıdır [92, 93].

İrrigasyon işleminde kullanılan iğneler uç kısmından açık ya da kapalı ve yan kısmından açık olacak şekilde tasarlanmıştır. Yan kısımdan irrigasyon yapan iğne uçları ile irrigasyon işleminin hidrodinamik aktivasyon etkinliği artar ve solüsyonun apikal dokulara taşma riski azalır [94].

Geleneksel şırınga irrigasyonu yönteminin oluşturduğu mekanik irrigasyon etkisi daha zayıftır ve kök kanalındaki düzensizlikler ve aksesuar kanallar nedeniyle debris ve bakterilerin tamamı temizlenememektedir [95]. Bununla beraber geleneksel irrigasyon ile solüsyonun iğnenin ucundan sadece 1 mm daha derine ulaşabildiği bilinmektedir. Bu nedenle apikal bölge ve isthmus gibi karmaşık anatomiye sahip alanları temizlemek son derece zordur [96]. Geleneksel irrigasyonun etkinliğini artırmak için; kullanılan solüsyon hacmini artırmak, iğne ucunun mümkün olduğunca çalışma boyuna yakın konumlandırmak ve kök kanalının genişliğiyle uyumlu, daha küçük çapta iğne uçlarını seçmek uygulanabilecek seçeneklerdir [92, 97].

1.7.2.2. Manuel Fırçalar

Kök kanalı içerisindeki nekrotik doku artıklarının ve debrisin temizlenmesini sağlamak amacıyla irrigasyonda kullanılan iğnelerin fırçalarla kaplandığı aletler üretilmiştir.

NaviTip FX (Ultradent Products Inc, Utah, ABD) 30 gauge çapında fırçalara sahip bir sistemdir. Koronal üçte birde etkin bir şekilde debris kaldırmasına rağmen kök kanallarının orta ve apikal üçte birinde belirgin bir fark gösteremediği bildirilmiştir. İleri geri nazik hareketlerle kök kanalını fırçalayarak kullanılan bu fırça sisteminde bu

hareket esnasında fırça kıllarının kopmasına neden olduğu görülmüştür. Kopan parçaların ise kanal içerisinde kaldığında radyo opak görüntü vermemesinden dolayı bu durumun fark edilmeme ihtimali yüksektir [97].

1.7.2.3. Manuel Dinamik Aktivasyon

Manuel dinamik aktivasyon, kanal genişletme işlemi bittikten sonra son genişletmenin çapına uygun bir güta-perka konunun kanal içinde irrigasyon solüsyonu varken elle ileri geri hareket ettirilmesine dayalı bir yöntemdir. Bu ileri geri hareketle hidrodinamik etki elde edilir. Kanal içine solüsyon verildikten sonra, dakikada 100 vuruşla, çalışma boyuna uyumlu güta-perka kon ile 5 mm ileri geri hareket ile uygulanır [98]. Kolay ve ucuz bir yöntem olması tekniğin avantajı olup, solüsyon hacminin az olması ve işlemin yoruculuğu dezavantajıdır. Hidrodinamik etkiyle eğimli kanallarda vapor lock etkisiyle normalde solüsyonun erişemediği apikal bölgeye solüsyonların ulaşmasında fayda sağlayabileceği bildirilmiştir [99].

1.7.3. Mekanik Aktivasyon Yöntemleri

1.7.3.1. Mikro Fırçalar

Ruddle, prepare edilmiş kök kanallarından birikintileri gidermek için döner el aletine bağlı bir mikro fırça kullanarak makine destekli bir tür aktivasyon sistemi tanımlamıştır [100]. Mikro fırça 300 rpm'de dönerek kılların kanal duvarının düzensizlikleri içinde hareket etmesine neden olur, bu hareket debris kanalı dışına çıkarır. CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Almanya) döner hareketle veya elle kullanılabilir. Bununla birlikte, 600 rpm'de çalışan bir anguldruvaya takıldığında, daha etkili olduğu görülmüştür [90]. Weise ve ark. esnek ve küçük bir 'CanalBrush' kullanarak simüle edilmiş kanallardan ve kanal içindeki düzensiz alanlardan artıkların temizlenebildiğini bildirmiştir [101].

1.7.3.2. Döner Aletle Enstrümantasyon Sırasında Sürekli Irrigasyon

Quantec-E irrigasyon sistemi (SybronEndo, Orange, CA) Quantec-E Endo cihazına bağlı bağımsız sıvı çıkış ünitesi bulunduran bir sistemdir. Sistem bir pompa konsolu, iki sıvı rezervuarı ve egeleme sırasında devamlı irrigasyon sağlayacak tüpten oluşmaktadır [102]. Teorik olarak enstrümantasyon sırasında devamlı irrigasyon aktivasyonunun solüsyonun hacmini artıracığından penetrasyonunu kolaylaştıracağı

düşünülmüştür. Fakat Walters ve ark. yaptıkları çalışmada, şırınga irrigasyonu ile Quantec-E irrigasyon sistemi arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir [102].

Self-Adjusting File (SAF) (Re-Dent-Nova, Ra'anana, İsrail) üç boyutlu olarak kök kanallarının şekline uyum sağlayarak kanalları aynı anda hem şekillendiren hem de irrigasyon yaparak kanalların dezenfeksiyonunu sağlayan bir sistem olarak piyasaya sürülmüştür [103]. Yardımcı bir irrigasyon aparatı ile birlikte kullanılmaktadır. SAF, dikey yönde 0.4 mm'lik hafif hareket yaparak dakikada 3000-5000 titreşim ile çalışmaktadır [103]. Böylece preparasyon sırasında irrigasyon solüsyonunun kanal içine salınımı ile ilave bir basınç oluşmaz ve debris kanaldan uzaklaştırılır. İrrigasyon solüsyonunun kanal içinde sürekli olarak yenilenmesi ise bu süreci hızlandırmaktadır.

1.7.3.3. Basınçlı sistemler

RinsEndo (Dürr Dental, Bietigheim, Almanya) sistemi hidrodinamik basınç altında irrigasyon solüsyonunun kanallara uygulanıp eş zamanlı tekrar kanaldan geri aspire edilmesi prensibine dayanan otomatik bir sistemdir. İrrigasyon solüsyonu, 1.6 Hz. frekansta titreşim hareketi yapan özel bir enjektör ve ona bağlı uçlar ile kök kanalına verilir. Bu işlem dakikada yaklaşık 100 kez olacak şekilde devam eder ve solüsyon otomatik olarak aspire edilir[104].

EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA, ABD) irrigasyon solüsyonunu hem kök kanalına gönderen hem de kök kanalından geri çekerek çalışan negatif basınçlı bir sistemdir. İrrigasyon solüsyonunun negatif basınç ile periapikal dokulara taşmasını önler ve apikal bölgede etkin bir temizlik sağlar. EndoVac sisteminde geleneksel irrigasyon enjektörü yerine kendi enjektörü olan Master Delivery Tips (MDT) kullanılır. MDT giriş kavitesine yerleştirilmektedir. Bu parça aynı anda irrigasyon solüsyonunu giriş kavitesinin içine boşaltırken diğer taraftan bu solüsyonu tekrar tahliye etmektedir. Sistemin çalışması sırasında diş içerisinde sadece bir şırınga ucu olacağından hekimin görüş açısı kısıtlanmamaktadır [105].

1.7.3.4. Sonik Aktivasyon

Sonik aletler, ultrasonik aletlere (25000 Hz) kıyasla daha düşük bir frekans (1000-6000 Hz) kullanır. Ultrasonik eğelerin titreşim modeli, sonik enstrümanlarınkinden farklıdır. Ultrasoniklere göre daha küçük kesme gerilimi yaratırlar. Sonik

aktivasyonda döngüsel hareket görülmez, üretilen sinüzoidal salınım cihazdan aletin ucuna doğru iletilir [106]. EndoActivator sistemi (Dentsply-Sirona, ABD), sonik titreşimli (10.000 cpm'ye kadar) bir irrigasyon aktivasyon sistemidir. Pille çalışan bu sistem, bir sonik el aleti ve çeşitli boyutlarda polimer uçlardan oluşmaktadır. Bu uçların pürüzsüz yapısı ve esnek bileşimi nedeniyle, dentini kesme verimleri çok sınırlıdır. Bu uçların olası bir dezavantajı, radyolüsent olmalarıdır. Bu nedenle ucun bir kısmının kanal içinde kalıp kalmadığını belirlemek zor olacaktır [107].

Van der Sluis ve ark. EndoActivator'ün, hazırlanmış bir kanal içinde yapay olarak oluşturulan oluklardan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'yi çıkarmada etkili bir sistem olduğunu bildirmişlerdir [108].

Sonik aktivasyon sistemleri adı altında tanıtılan Vibringe (Cavex, Haarlem, Hollanda), elle aktivasyon ve sonik aktivasyonun bir arada kullanıldığı bir sistemdir. 10mL'lik şırıngaya uyumlu halka şeklinde bir piston vasıtasıyla çalışır. Çalıştığında iğnede yaklaşık 150 Hz. titreşim sıklığında vibrasyon meydana gelir. Şırınga, farklı boyutlarda irrigasyon iğneleriyle kombine bir şekilde kullanılabilir. Bu sistem irrigasyon solüsyonunun aynı anda sonik dağılımına ve aktivasyonuna izin verir [109].

EDDY (VDW, Munich, Almanya) sonik aktivasyon amacıyla üretilmiş bir sistemdir. 5000 ila 6000 Hz frekansla salınım yapar. Dentinden daha yumuşak poliamid uçlara sahiptir. Poliamid ucun avantajı hem kanal içinde çalışmaktayken kırılma riskini azalttığı hem de ucun dentine hasar vermesine engel olduğu belirtilmiştir. Yüksek frekanslı titreşim uca aktarıldığında uç yüksek genlikli salınım hareketi yapar. İrrigasyonun kendi içinde oluşturduğu kavitasyon ve akustik akım etkisi uç boyunca sarmal girdaplar yaratır [105].

1.7.3.5. Pasif Ultrasonik Aktivasyon

Ultrasonik cihazlar 1950'lerde diş hekimliğine tanıtılmış ve daha sonra hem dentini kesmek hem de irrigasyon solüsyonunu aktive etmek amacıyla endodontik uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Ultrasonik eğeler, insan işitme sınırının ötesinde 25-30 kHz'de salınım yapar ve enine titreşimde çalışır. Düşük frekanslı ultrasonik el aletleri (1-8 kHz), diş yüzeyinde daha az değişikliğe neden olacak şekilde daha düşük kesme gerilmeleri üretmek için geliştirilmiştir [110].

Literatürde iki tip ultrasonik irrigasyon tanımlanmıştır. İlki, eşzamanlı ultrasonik enstrümantasyon ve irrigasyon (UI), ikinci tip pasif ultrasonik irrigasyondur (PUI)

[111]. Dentinin kesilmesini kontrol etmenin zorluğu ve kanal şeklinde anormal değişiklik yapma olasılığı nedeniyle, birinci tip diş hekimliği pratiğinde daha az kullanılır.

Weller 1980 yılında, PUI terimini, enstrümantasyonun olmadığı veya kanal duvarlarının bir endodontik eğe veya alet ile herhangi bir kesme eyleminin olmadığı pasif bir irrigasyon yaklaşımı olarak ilk tanımlayan araştırmacı olmuştur [92, 112]. PUI, akustik enerjinin, salınan bir kanal eğesinden veya düz telden ultrasonik dalgalar aracılığıyla kök kanalındaki bir irrigasyon solüsyonuna iletilmesine dayanır. Bu eylem, irrigasyon solüsyonda akustik akış ve kavitasyonun oluşmasını sağlar [113].

Akustik akış, sıvının titreşen bir eğe etrafında dairesel veya girdap benzeri bir hareketle hızlı hareketidir. Akustik mikro akış, genellikle PUI uygularken meydana gelen ultrasonik irrigasyon sırasında kök kanalının içindeki irrigasyon solüsyonunun akustik akışdır [114]. Eğe serbestçe titreşemediğinde, akustik mikro akış daha az yoğun hale gelir, ancak tamamen durmaz [111].

Eğeye eğri bir kanalda kullanılmadan önce ön eğim verilmesi, daha güçlü akustik akış sağlar. Çalışmalar, eğe ne kadar ince olursa, eğenin frekansının, akış hızının ve yer değiştirme genliğinin o kadar yüksek olduğunu göstermiştir. Bu aynı zamanda daha güçlü bir akustik mikro akışla sonuçlanacaktır [108]. Akustik mikro akış tarafından üretilen kesme akışı, kanal duvarı boyunca, kanaldaki kalıntıları ve bakterileri kaldırabilen kayma gerilmeleri üretir. Jensen ve ark. eğenin kanal duvarlarına temas etme olasılığını azaltmak için yüksek güç ayarında küçük boyutlu titreşimli bir eğe kullanmayı önermiştir [115].

1.7.3.6. Lazer ile Aktivasyon

Son on yılda, kanal içi irrigasyon solüsyonlarının kavitasyonunu ve akustik akışını indüklemek için lazer enerjisinin kullanımı araştırılmış ve lazerler kullanılarak solüsyonun aktivasyonu için çeşitli klinik uygulamalar geliştirilmiştir. Lazer aktivasyonlu irrigasyon (LAI), lazer enerjisinin su tarafından yüksek oranda emilmesine dayanır. Irrigasyon solüsyonu içinde buhar ve hava kabarcıkları olduğundan, emilim fotoakustik ve fotomekanik etkiler üretir. Kabarcıkların zorla çökmesi, yüzeyleri etkileyen kesme kuvvetlerine, yüzey deformasyonuna neden olan patlamalara yol açar [116]. LAI üzerindeki çalışmaların çoğu, Er:YAG lazer (2940 nm

dalga boyu) ve Er,Cr:YSGG lazer (2780 nm dalga boyu) gibi su emiliminin en güçlü olduğu orta kızılötesi bölgede çalışan lazerler kullanılarak yapılmıştır [117].

- Lazer Doku Etkileşimi

Lazer ışığının insidansı, bir dokunun yüzeyinde fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirerek organik ve inorganik bileşenlerde değişikliklere neden olur. Doku tarafından emilen lazer ışığı yansiyabilir, iletilebilir, yayılabilir ve emilebilir. Kullanılan lazerin dalga boyuna ve tipine bağlı olarak fotomekanik enerji, fotokimyasal enerji veya fotoakustik enerji yoluyla lazerin en büyük endodontik terapötik etkisinden sorumludur [118].

Erbiyum lazer ailesinin (Er: YAG 2940 nm- Er, Cr: YSGG 2780 nm) enerjisinin dentinde bulunan su tarafından emilebildiği ve bu sayede ablasyon yoluyla kanalın temizlenmesine yardımcı olduğu gösterilmiştir [117]. Lazer ışığı bir kez emildiğinde fototermal, fotokimyasal ve fototermal-fotomekanik-akustik etkilere neden olabilir. Fototermal etki, dentin duvarı doğrudan ısındığında gerçekleşir. Tüm dalga boyları bu etkiye neden olur. Fotokimyasal etki, antibakteriyel etkinin üretilmesinden sorumlu ışığa duyarlı maddelerin görünür dalga boyunda (635 nm-675 nm) ve yakın kızılötesi (810 nm) lazerle etkinleştirilmesi nedeniyle oluşur. Bu etkinin bir örneği, fotoaktif dezenfeksiyondur. Fototermal ve fotomekanik-akustik etki, irrigasyon maddesinde büyük bir ajitasyon oluşturan orta kızılötesi lazerin (2.780 nm-2.940 nm) irrigasyon solüsyonundaki yüksek absorpsiyon nedeniyle LAI tarafından üretilir ve oluşan patlama ile birlikte "kavitasyon" olarak bilinen hava kabarcıklarının oluşumu ve patlamasından sorumludur [118].

Foton ile Uyarılmış Fotoakustik Dalgalanma (PIPS) tekniği, fotoakustik ve fotomekanik etkilerin bir sonucu olarak kanal içi kavitasyon ve şok dalgaları oluşturan bir teknik olarak tanımlanmaktadır [110]. sahip şerit şeklinde tasarlanmış bir uçla kullanılır. Bu teknikte ışık enerjisi sıvıya çarptığında termal etkiden ziyade fotomekanik bir etki yaratır [119]. Foto akustik ve foto mekanik olaylara dayanan bu teknikte düşük enerji seviyesi ve ardışık iç patlamalar ile yüksek güçte dalgalar üretilir. Diğer geleneksel lazer uygulamalarından farklı olarak PIPS ucu kanal sisteminin içine değil, pulpa odasına yerleştirilir. Peters ve ark. apikal üçte birde kök kanalı içindeki biyofilmin dezenfeksiyonu ve yapısal bozulmasını karşılaştırmıştır. PIPS'in biyofilmi PUİ'den daha iyi uzaklaştırdığını, ancak biyofilmi tamamen uzaklaştıramadığını

bulmuşlardır [119]. PIPS'in ayrıca smear tabakasını kaldırmada PUI'den daha etkili olduğu rapor edilmiştir [116]. İrrigasyon güvenliği üzerine yakın zamanda yapılan bir çalışma, PIPS kullanımı sırasında kök kanalında irrigasyon solüsyonunun apeksten taşmadığı bildirmiştir [120].

1.7.3.7. Multisonik Ultra Temizleme Sistemleri:

GentleWave (GW) sistemi (Sonendo Inc, Laguna Hills, CA, ABD), kök kanal temizliği ve dezenfeksiyonu için geliştirilmiş yeni bir endodontik cihaz türüdür. Aletin ucunun kök kanallarına girmesine gerek kalmadan irrigasyon solüsyonlarını kök kanal sistemine iletmek için yüksek hızlı bir sıvı dinamiği kullanır. Bu nedenle enstrümantasyon en aza indirgenebilir. Bu da diş yapısının korunup güçlü kalmasına olumlu katkıda bulunabilir [121, 122]. GW ve diğer birkaç irrigasyon sistemi tarafından doku çözünmesinin karşılaştırıldığı bir *in vitro* bir çalışmada, GW tarafından irrigasyon yapılan örneklerde diğer herhangi bir sistemden sekiz kat daha hızlı yumuşak doku çözünmesi tespit edilmiştir [122]. Ayrıca, GW sistemindeki tüm irrigasyon solüsyonları, pulpa odasına ve kök kanal sistemine gönderilmeden hemen önce gazdan arındırılır; bu, kavitasyon etkisinin, solüsyonlarla kullanılan "geleneksel" ultrasoniklere göre alet ucundan çok daha uzağa yayılmasını açıklayabilir [123].

1.8. Kök Kanal Tedavisinde Medikament Kullanımı

İki seans arasında kök kanallarına yerleştirilerek mikroorganizmaları elimine etmesi ve enfeksiyon tekrarının önlenmesi amacıyla kullanılan antimikrobiyal ajanlara medikament adı verilir [124]. Mekanik preparasyon ve irrigasyonla kanal içi düzensiz alanlardaki mikroorganizmaların tamamen elimine edilemediği bilindiğinden kanal içi medikamentlerin kullanımı önerilmiştir [125]. Ayrıca medikamentler ağrı, enflamasyonu, apikal eksudayı azaltmak ve enflamatuvar kök rezorpsiyonunu durdurmak ya da önlemek amacıyla kanal içine yerleştirilir. Çok seanslı tedavilerde geçici restorasyonun sızdırma ihtimaline karşı bir önlem olarak da medikamentler tercih edilir. Medikamentin kullanılmadığı çok seanslı tedavilerde seans arası süreçte kanal içindeki mikroorganizmaların sayıca arttığı gösterilmiştir [126].

1.8.1. Antibiyotik Patlar

Endodontik enfeksiyonda farklı türden bakterilerin bir arada bulunması nedeniyle kök kanal tedavisinde medikament olarak antibiyotik patları önerilmiştir. Üçlü antibiyotik patı (TAP) ilk olarak Hoshino tarafından üç farklı antibiyotiğin kombinasyonunu karşılaştıran *in vitro* çalışmalardan sonra rapor edilmiştir. TAP siprofloksasin, metronidazol ve minosiklinden oluşur [127, 128]. Metronidazol ve siprofloksasin, DNA sentezini inhibe ederek çalışır. Minosiklin protein sentezini hedefler. *In vitro* çalışmalar, 0.3 mg/ml üçlü antibiyotik patının endodontik bakteri yükünü önemli ölçüde azalttığını göstermiştir [129]. Ancak, TAP kullanımının da sınırlamaları vardır. Kanal içi antibiyotiklerin dentin renginde bozulma, demineralizasyon ve kök hücrelere sitotoksikite konusunda uzun bir geçmişi vardır. Minosiklin gibi tetrasiklinler, geri dönüşü olmayan dentin renk değişikliği nedeniyle gelişen dişlerde önerilmemektedir [130]. Son zamanlarda, sitotoksikite nedeniyle antibiyotiklerin kök hücreler üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. 1 mg/ml'nin üzerindeki konsantrasyonlar Apikal papilla kök hücrelerinde (SCAP) geri döndürülemez bir hasar göstermiştir ve bu nedenle RET için daha düşük konsantrasyonlar önerilmiştir [131].

İkili antibiyotikli patı (DAP), endodontide başarıyla kullanılan bir başka antibiyotik karışımıdır (metronidazol ve siprofloksasin) [132]. TAP'ta minosiklinin neden olduğu renklenmeyi önlemek için ikili kullanım önerilmiştir [82]. Antibakteriyel etki, antibiyotiğin bakteri hücrelerindeki temel enzimlere bağlanması ve büyümelerinin önlenmesi yoluyla gerçekleşir [133].

Son yıllarda yapılan çalışmalar; bu yüksek konsantrasyondaki antibiyotik patların dental papilla kök hücreleri, periodontal ligament fibroblastları, insan dental pulpa hücreleri ve apikal papilla hücreleri için doğrudan toksik olduğu gösterilmiştir [131, 134]. Bunun üzerine yapılan araştırmalarda modifiye düşük konsantrasyon (0,1-2 mg/ml) TAP (mTAP) veya mDAP'ın pulpa hücreleri üzerinde herhangi bir sitotoksik etkiye sahip olmadığı kanıtlanmıştır [131, 135]. Ayrıca 1 mg/ml mDAP dental pulpa kök hücrelerinin canlılığı, çoğalması ve mineralizasyonu üzerinde önemli bir olumsuz etki yaratmadan *E. faecalis* ve *P. intermedia* biyofilmlerine karşı önemli bir antibakteriyel etki göstermiştir [136].

1.8.2. Kalsiyum Hidroksit

Kalsiyum Hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kalsiyum karbonattan (CaCO_3) oluşan, dağlarda ve deniz suyunda bulunan doğal bir kaya olan kireçtaşıdan elde edilen inorganik bir bileşiktir [137]. Saf formda, doğal olarak güçlü alkali pH 12,5-12,8 olan beyaz, kokusuz bir tozdur [127]. 1920 yılında B.W. Herman tarafından pulpa kuafajında kullanılmak üzere tanıtılmıştır. Zamanla, seanslar arası kanal içi ilaçlar, endodontik patlar, apeksifikasyon ve pulpotomiler için çok amaçlı bir materyal haline gelmiştir [127].

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in antimikrobiyal etkileri, sulu bir ortamda hidroksil iyonları salma yeteneğine dayanır. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yaklaşık 12,5 pH değerine sahip alkali bir malzemedir. Bu pH değeri çoğu endodontik patojenin hayatta kalamadığı bir seviyedir [138]. Hidroksil iyonlarının sitoplazmik membrana zarar vererek, proteinlerin bozunmasını sağlar. Ayrıca DNA replikasyonunu ve hücre aktivitesini engelleyerek bakteri hücreleri üzerinde öldürücü etkiler gösterdiği bildirilmiştir [139]. Bu materyalin etkili olabilmesi için kök kanalı veya dentin içindeki bakterilerle doğrudan teması gereklidir [140].

Gram negatif bakteriler, lipopolisakkaritler (LPS) adı verilen hücre duvarlarına gömülü endotoksinlere sahiptir. Bu mikroorganizmalar hücre lizisine uğradığında hücre duvarı bozulur ve LPS dahil yapısal bileşenleri salınır. LPS, enflamatuvar yanıtı başlatabilen çok güçlü bir araçtır. $\text{Ca}(\text{OH})_2$; LPS'nin hücre içinde detoksifiye edilmesinde mevcut tüm irrigasyon çözeltilerine (Salin, CHX, NaOCl , etanol, EDTA), kıyasla üstün etkiler göstermiştir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in LPS'nin biyolojik özelliklerini değiştirdiği gösterilmiştir [141].

Faydalarına rağmen uzun süreli $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kullanmanın hidroksiapatit kristalleri ile kolajen ağ arasındaki bağlantıyı bozabileceği ve dentinin mekanik özelliklerini etkileyebileceği konusunda endişeler vardır. Dentin yapısını bozunmaya uğratarak, dişin kırılmaya daha yatkın olacağı sonucuna yol açmaktadır. Andresen ve ark. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in kırılma mukavemetini zamanla % 50 azalttığını bildirmişlerdir [142].

1.8.2.1. Kalsiyum Hidroksitin Kanallardan Uzaklaştırılması

Kök kanal sisteminin yapısının karmaşıklığı, kök kanalındaki aksesuar kanallar, anastomozlar ve düzensiz alanlar veya medikamentlerin dentin tübüllerine potansiyel penetrasyonu, irrigasyon ajanları tarafından kanal içi medikamentlerin

uzaklaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Medikamentlerin uzaklaştırılması amacıyla solüsyonların kabiliyetini geliştirmek için çeşitli yöntemlerin kullanılması önerilmiştir. En yaygın teknikler, irrigasyon solüsyonlarının kanal içi medikamenti çıkarma kabiliyetini artıran ultrasonik ve sonik aktivasyonlardır [143, 144]. Kanallardan medikamentin çıkarılmasına yönelik tavsiyeler, NaOCl ve EDTA'nın bol miktarda irrigasyonuna dayanmasına rağmen [145], AAE'nin son tavsiyeleri, apikal papilla kök hücrelerine NaOCl sitotoksitesini azaltmak için EDTA'nın NaOCl kullanılmadan tek başına kullanılmasını önermektedir [146].

İrrigasyon ajanlarının özellikle ultrasonik sistemlerle aktivasyonu, geleneksel şırınga irrigasyonuna kıyasla daha iyi kanal içi temizlik aktivitesi ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in daha iyi uzaklaştırılmasını sağlar [111].

Kök kanallarından temizlenemeyen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in, kanal patının tübüllere adaptasyonunu olumsuz etkilediği bildirilmiştir [54]. Rezin esaslı patların dentine bağlanmasını azalttığı, boyutsal olarak stabil olmadığından ve iyonlara ayrıştığından uzun dönemde mikro sızıntıyı arttırabileceği, çinko oksit ojenöl esaslı patlarla etkileşime girerek onları daha kırılğan ve granüler hale getirdiği bilinmektedir [19, 147, 148].

1.9. Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma Etkinliğini Değerlendirmede Kullanılan Yöntemler

Kök kanallarındaki mevcut $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarının ölçülmesi için yapılan çalışmalarda kanal duvarları ve kalan artıkların stereo mikroskop ile elde edilen görüntülerden yüzey alanının mm^2 cinsinden hesaplanması veya skorlama yöntemi, SEM analizi, ve bilgisayarlı tomografi ile hacimsel analiz gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır [20, 149-155].

Gelişimini tamamlamış dişlerde kanal içi medikament olarak kullanılan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in kök kanallarından uzaklaştırılmasını inceleyen çalışmaların varlığına rağmen literatürde simüle immatür dişlerde; rejeneratif endodontik tedavi prensiplerine uyularak medikamentin uzaklaştırılmasını ve meydana gelen dentin erozyonunu birlikte değerlendiren bir çalışma yoktur. Ayrıca HEBP şelasyon ajanının immatür dişlerde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliğini ve kök kanal dentininde erozyon potansiyelini değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı; farklı

irrigasyon aktivasyon teknikleri ile birlikte kullanılan EDTA, sitrik asit ve HEBP'in Ca(OH)_2 uzaklaştırma ve erozyon potansiyelini incelemektir.

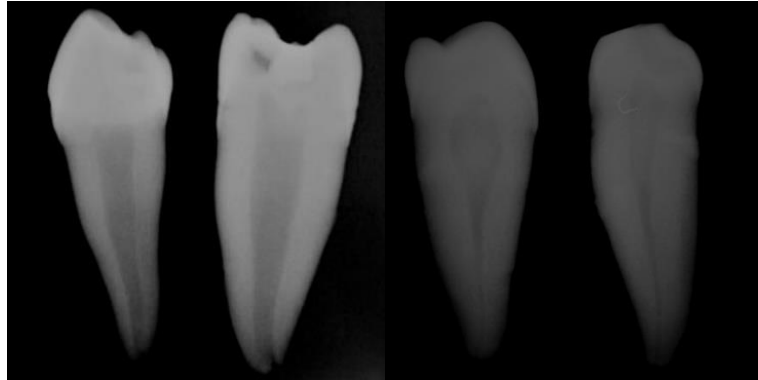


2.GEREÇ VE YÖNTEM

2.1 Örneklerin Seçimi ve Saklanması

Araştırma için gerekli olan etik kurul onayı Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulu'ndan 23.03.2022 tarihinde ve 2022.03.29 numaralı kararla alındı (Ek-1). Araştırmaya alınacak örneklem sayısını belirlemek için G* Power v3.1 (Heinrich Heine, Universität Düsseldorf) testi kullanıldı. Analiz sonuçlarına göre, etki büyüklüğü 0,40 alfa hata %5 ve güç %80 (1-beta hata) kriterlerine göre deney grupları için her bir gruplarında örnek sayısı en az 9 diş olacak şekilde belirlendi. Pozitif ve negatif kontrol grupları ile birlikte 85 adet diş çalışmaya dahil edildi.

Yapılan çalışmada kullanılan dişlerin standardizasyonun sağlamak için ortodontik ve periodontal sebeplerle çekilmiş, tek köklü ve tek kanal içeren dişler tercih edildi. Lup (Zumax, Jiangsu, China) yardımıyla 3X büyütmede yapılan inceleme sonrasında; çürük, internal ve eksternal kök rezorpsiyonu, birden fazla kök, çatlak ve kırık, önceden yapılmış restorasyon bulunan dişler çalışma dışında bırakıldı. Kalsifikasyon, rezorbsiyon ve çift kök kanalı olup olmadığının doğrulanması amacıyla dijital röntgen cihazı (Gendex Dental Systems, Hatfield, PA 19440 ABD) ve fosfor plak (Soredex, Helsinki, Finlandiya) kullanılarak bukkal-lingual ve mezio-distal yönde radyograflar alınarak incelendi (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Çalışmaya dahil edilen dişlerden alınan radyograflar

Çalışmaya dahil edilen dişler üzerindeki sert ve yumuşak eklentiler uzaklaştırıldı. Dişler deney aşamasına kadar %0.1'lik Timol (Galenik Ecza ve Kimyevi Maddeler Deposu, Menderes, İzmir) solüsyonunda bekletildi.

2.2. Kök Kanallarının Preparasyonu

Dişler, standardizasyonu sağlamak amacıyla apekten koronale 13 mm uzunluğunda ölçülüp, su soğutması altında steril 012 no'lu elmas fissur frez ile (Sunshine Diamonds, Langenhagen, Almanya) kronlarından uzaklaştırıldı. Kök kanalları; Fang ve ark. (2018) tarafından tarif edilen yöntemine göre #100 no'lu el eğesi kök ucundan 1 mm taşacak şekilde (Shenzhen D-Perfect Medical Instruments, Dublin 7, İrlanda, K files) genişletilerek apikal çapları 1 mm olan standart kesik koni biçiminde gelişimini tamamlamamış, açık apeksli kökler elde edildi (Şekil 2.2). Eğeler arasında irrigasyon solüsyonu olarak yalnızca %0,9 saline (Sodium chloride solution, Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Almanya) kullanıldı.



Şekil 2.2. El eğesi kullanılarak prepare edilen kök segmenti

Dişlerin preperasyon işlemi bittikten sonra klinik koşulların taklit edilebilmesi amacıyla apikal bölümleri modelaj mumu ile örtülerek kapalı kanal sistemleri elde edilmeye çalışıldı. Preperasyon ve irrigasyon işlemlerinin kolay uygulanabilmesi amacıyla dişler eppendorf tüpleri kullanılarak polivinil siloksan ölçü maddesi (Zetaplus, Zhermack Spa, Badia Polesine, Rovigo, İtalya) içerisine yerleştirildi ve sabitlendi. İşlem sırasında rahat çalışılabilmesi ve işlem bitiminde ölçü maddesi içerisinden kolaylıkla çıkarılabilmesi için kök segmentlerinin koronal kısmı ölçü maddesinden 2-3 mm dışarda kalacak şekilde yerleştirildi (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Dişlerin eppendorf tüplerine yerleştirilmesi

Kök ucundan yaklaşık 1 mm uzaklıkta konumlandırılan 25 gauge’luk tek kullanımlık plastik enjektörlerle (Berika Teknoloji Medikal, Meram/Konya) 20 ml %1,5 NaOCl ve 20 ml saline irrigasyonu genişletme sonrasında bütün dişlere uygulandı.

2.3. Kanal İçi Medikamentin Yerleştirilmesi

Kök kanallarının şekillendirme ve yıkama işlemleri tamamlandıktan sonra kanallar kâğıt konlarla (Diadent, Chongju, Kore) kurutuldu. Kontrol grubu için rastgele seçilen 4 örnek hariç diğer dişler UltraCal XS (Ultradent, USA) Ca(OH)_2 patı ile dolduruldu (Şekil 2.4). Kök kanallarının Ca(OH)_2 ile tamamen dolduğundan emin olmak için doldurulan tüm dişlerden radyograf alındı. Kanal ağızlarının koronal kısmına nemli pamuk pelet yerleştirildi ve 2 mm geçici dolgu maddesi Coltosol F (Coltene Whaledent, İsviçre) ile kapatıldı. Hazırlanan örnekler 37°C’de %100 nemli bir ortamda, klinik koşullarda iki seans arasında geçen zamanı temsilen 4 hafta boyunca etüvde bekletildi.



Şekil 2.4. Ultracal CS'nin dişlere uygulanması

2.4. Çalışma Gruplarının Belirlenmesi

85 adet diş içerisinde randomize olarak pozitif (n=2) ve negatif (n=2) kontrol grupları belirlendi. Kalan 81 diş uygulanacak şelasyon ajanı (%17 EDTA, %10 sitrik asit, %9 HEBP) türüne göre 3 ana gruba ayrıldı ve daha sonra her grup uygulanacak irrigasyon aktivasyonu yöntemine (GŞİ, PUI, PIPS) göre 3 alt gruba ayrıldı. Gruplar aşağıdaki belirtilmiştir:

Grup 1A: EDTA-GŞİ

Grup 1B: EDTA-PUI

Grup 1C: EDTA-PIPS

Grup 2A: Sitrik asit-GŞİ

Grup 2B: Sitrik asit-PUI

Grup 2C: Sitrik asit-PIPS

Grup 3A: HEBP-GŞİ

Grup 3B: HEBP-PUI

Grup 3C: HEBP-PIPS

Pozitif kontrol grubu için medikament uygulanıp herhangi bir şelasyon ajanı uygulanmadı.

Negatif kontrol grubu için herhangi bir medikament uygulaması ve şelasyon ajanı uygulaması yapılmadı.

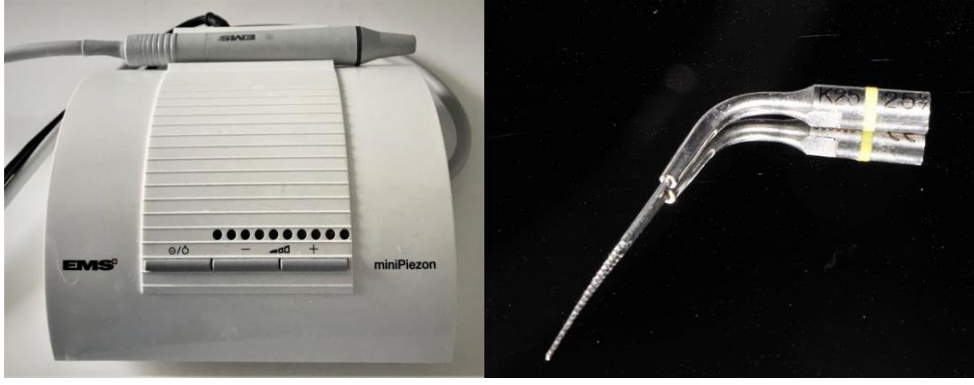
2.5. Kanal İçi Medikamentin Uzaklaştırılması

Her bir grupta geçici restoratif materyal el aleti ile uzaklaştırıldıktan sonra; GŞİ tekniği uygulanan gruplarda 2,5 mL'lik şırınga ile birlikte 27 gauge ebadında ucu kapalı ve yandan delikli endodontik irrigasyon iğnesi (Set Medikal, İstanbul) kullanıldı (Şekil 2.5). Çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kanal içerisine yerleştirildi. Apikal kısımda yavaş bir şekilde 4-5 mm ileri ve geri hareketlerle herhangi bir aktivasyon yapılmadan, gruba uygun şelasyon ajanıyla 5 dk. süresince irrigasyon yapıldı.



Şekil 2.5. İrrigasyon solüsyonlarının uygulandığı enjektör ucu

İrrigasyonun PUI ile aktive edildiği gruplarda ultrasonik cihazı (EMS miniPiezon SA CH-1260 Nyon, İsviçre) ve ultrasonik aktivasyon ucu (IF43727, K 25/25, Satelek, Acteon, Merignac Celdex-Fransa) kullanıldı (Şekil 2.6). Kök kanalına 25 gauge'luk tek kullanımlık plastik enjektörle gruba uygun şelasyon ajanı 20 ml. hacimde 5 dk. boyunca eş zamanlı uygulanırken, %50 güç modunda çalıştırılan ultrasonik uç ile, korono-apikal yönde 4-5 mm hareketle irrigasyon aktivasyonu yapıldı.



Şekil 2.6. Çalışmamızda kullanılan ultrasonik cihaz ve irrigasyon aktivasyon ucu

İrrigasyonun PIPS ile aktive edildiği gruplarda irrigasyon aktivasyonu için 2940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer cihazına (LightWalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenia) (Şekil 2.7) takılan 300 µm'lik fiber optik PIPS ucu kullanıldı (Şekil 2.8). Lazer cihazı, üretici firmanın tavsiyeleri dikkate alınarak parametreleri; 0,3 W, 20 mJ atım hızı; 15 Hz olacak şekilde ayarlandı (Şekil 2.9). 20 ml gruba uygun şelasyon ajanı 5 dk. boyunca eş zamanlı uygulanırken, kanal girişinden 1 mm apikale doğru olacak şekilde konumlandırılan PIPS ucu ile devamlı irrigasyon aktivasyonu uygulandı. İrrigasyon aktivasyonu boyunca optik fiber uç kök kanalının koronal kısmında sabit tutuldu.



Şekil 2.7. Çalışmada kullanılan fotona marka Er:YAG lazer

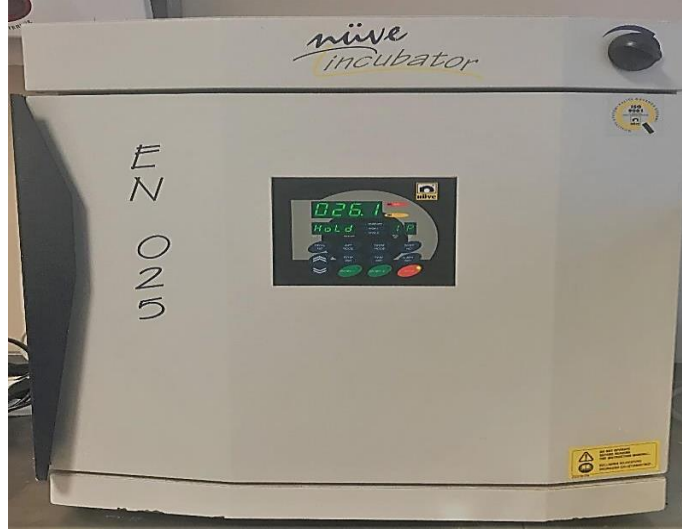


Şekil 2.8. Çalışmamızda kullanılan PIPS ucu



Şekil 2.9. Çalışmamızda kullanılan lazer parametreleri

Tüm örnekler 20 ml saline solüsyonuyla irrigasyon yapılarak steril kağıt konlarla (Meta Dental Co., Ltd., Korea) kurutuldu. Örnekler 37°C’de inkübatöre (Nüve EN 025, Ankara, Türkiye) yerleştirildi (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Örneklerin saklandığı etüv

2.6. SEM İçin Örneklerin Hazırlanması

Dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerine elmas separe ile su soğutması altında uzun eksene paralel oluklar açıldı. Elde edilen oluklara yerleştirilen 15 no'lu bisturi ucuna çekiç ile vurularak tek hamlede dişlerin ikiye ayrılması sağlandı (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. İkiye bölünmüş örnek

Elde edilen örnekler dehidratasyon için sırasıyla %50'lik etil alkolde 45 dk, %75'lik etil alkolde 30 dk, %90'lık etil alkolde 15 dk, %100'lük etil alkolde 5 dk bekletilip kâğıt koniler yardımıyla kurutuldu. SEM incelemesinin yapılması için kurutma işlemini takiben her örnek 300 Å kalınlığında altın-palladyum tabakası ile sputter cihazı (Balzers-SCd 050,Almanya) ile kaplandı (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Sputter cihazı (altın-palladyum kaplama cihazı)

Hazırlanan örnekler kök kanal yüzeyinden medikamentlerin kaldırılma miktarını tespit etmek ve dentin erozyonunu değerlendirmek için SEM cihazı (JSM-5600LV, JEOL, Tokyo, Japonya) ile 20 kV’da incelendi (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Çalışmamızda kullanılan SEM cihazı

2.7. Örneklerin Değerlendirilmesi

Her örnekte incelenen alanın standardize edilmesi için, SEM merkez ışını X20 büyütme altında operatör tarafından kök kanalının apikal, orta ve koronal üçte bir alanlarının merkezlerine yönlendirildi. Görüntüler apekse 3 mm, 6 mm ve 9 mm mesafeden alındı. (Şekil 2.14). Uzaklaştırılamayan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarının değerlendirilmesi için 2500X büyütmede, dentin yüzeyindeki erozyona bağlı değişimlerin değerlendirilmesi için 5000X büyütmede görüntüler elde edildi.



Şekil 2.14. SEM fotoğrafı alınacak bölgelerin işaretlenmesi

Kanal duvarlarından medikament uzaklaştırılmasını değerlendirmek için Salgado ve ark.'nın önerdiği skorlama yöntemi kullanıldı [154].

Skor 0 = Tamamen temiz

Skor 1 = İyi derecede temiz (<20%)

Skor 2 = Kısmen temiz (20–60%)

Skor 3 = Temiz değil (> 60%)

Dentin yüzey erozyonunu değerlendirmek için Torabinejad ve ark.'nın önerdiği skorlama yöntemi kullanıldı [156].

Skor 0 = Dentin yüzeyi debris kaplı birkaç tübül açık

Skor 1 = Erozyon yok tübüller açık ve tübüller olması gereken boyda

Skor 2 = Orta derece erozyon peritübüler dentin yıkılmış

Skor 3 = Yüksek derecede erozyon intertübüler dentin yıkılmış ve tübüller birleşmiş

Değerlendirmeler iki farklı araştırmacı tarafından, örneklerde hangi irrigasyon ve aktivasyon işleminin kullanıldığı bilinmeden birer hafta aralıklarla iki kez yapıldı. Skorlar karşılaştırıldı ve farklı skorların verildiği SEM görüntülerinde söz konusu görüntüler tekrar incelendi ve farkın olduğu örneklerde iki gözlemci arasında ortak bir skorda karar kılındı.

2.8. İstatiksel Analiz

Bu çalışmada elde edilen veriler lisanslı IBM SPSS 21(SPSS Inc, Chigaco, IL, ABD) paket programı ile analiz edildi. Değişkenlerin normal dağılımdan gelme durumları araştırılırken birim sayıları nedeniyle Shapiro Wilk's' ve/veya Kolmogorov Smirnov testlerinden yararlanıldı.

Gruplar arasındaki farklılıklar incelenirken değişkenlerin normal dağılımdan gelmemesi durumunda Kruskal Wallis-H Testinden yararlanıldı. Kruskal Wallis-H testinde anlamlı farklılıkların görülmesi durumunda Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney U testi ile gruplar arası farklılıklar belirlendi. Anlamlılık düzeyi olarak $p<0,05$ olarak kabul edildi.



3. BULGULAR

Çalışmada kök kanallarına yerleştirilen Ca(OH)_2 'in kullanılan şelasyon ajanları ve irrigasyon aktivasyon tekniğine göre kök kanallarından uzaklaştırılma ve neden oldukları dentin erozyon seviyeleri değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler SEM fotoğrafları üzerinde skorlama (likert ölçek) yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmanın bulguları aşağıda sunulmuştur.

3.1. Ca(OH)_2 Uzaklaştırmaya Ait Bulgular

İrrigasyon teknikleri ve kesit seviyeleri göz ardı edilerek şelasyon ajanlarının, şelasyon ajanları ve kesit seviyeleri göz ardı edilerek irrigasyon tekniklerinin, şelasyon ajanları ve irrigasyon teknikleri göz ardı edilerek kesit seviyelerinin Ca(OH)_2 uzaklaştırma yönünden karşılaştırmaları tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo3.1. Her bir değişkenin diğer değişkenler göz ardı edilerek Ca(OH)_2 uzaklaştırma yönünden karşılaştırması

		Ort±SS	Medyan	Min	Maks	p
Şelasyon ajanı	EDTA	1,47±1,01 ^A	2	0	3	0,119
	SA	1,44±0,94 ^A	1	0	3	
	HEBP	1,19±0,92 ^A	1	0	3	
İrrigasyon tekniği	GŞİ	2,25±0,66 ^A	2	1	3	0,001
	PUI	0,93±0,79 ^B	1	0	3	
	PIPS	0,93±0,75 ^B	1	0	2	
Kesit seviyesi	Apikal	1,77±0,99 ^A	2	0	3	0,001
	Orta	1,17±0,98 ^B	1	0	3	
	Koronal	1,2±0,78 ^B	1	0	3	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer, aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$). EDTA: Etilendiamintetraasetik asit, SA: Sitrik asit, HEBP: Etidronik asit, GŞİ: Geleneksel şırınga irrigasyonu, PUI: Pasif ultrasonik irrigasyon, PIPS: Fotonla indüklenmiş fotoakustik dalgalanma

Şelasyon ajanları arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla EDTA şelasyon ajanında, en az HEBP şelasyon ajanında gözlemlendi.

İrrigasyon teknikleri arasında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarı en fazla GŞİ yönteminde gözlemlendi. PUI ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), her iki aktivasyon tekniğinde elde edilen skor ortalamaları GŞİ tekniğine göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,05$).

Kesit seviyeleri arasında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarı en fazla apikal kesitte en az orta kesitte gözlemlendi. Koronal ve orta kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları apikal kesite göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,05$).

Her bir şelasyon ajanının farklı aktivasyon yöntemlerine göre ve her bir aktivasyon yönteminin farklı şelasyon ajanlarına göre karşılaştırmaları tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından irrigasyon teknikleri arasındaki farklılıklar

	GŞİ (Ort±SS)	PUI (Ort±SS)	PIPS (Ort±SS)	p*
EDTA	2,22+0,75 ^{aA}	1,04+1,06 ^{bA}	1,15+0,77 ^{bA}	0,001
SA	2,44+0,51 ^{aA}	0,93+0,62 ^{bA}	0,96+0,71 ^{bA}	0,001
HEBP	2,07+0,68 ^{aA}	0,82+0,62 ^{bA}	0,67+0,73 ^{bB}	0,001
p**	0,095	0,087	0,001	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. ($p<0,05$) Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. ($p<0,05$) p*- satırdaki p değeri, p** - sütundaki p değeri

EDTA, sitrik asit ve HEBP şelasyon ajanlarının farklı irrigasyon teknikleri ile kullanımı sonrası her bir şelasyon ajanı için irrigasyon teknikleri arasında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliği bakımından anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarı her üç şelasyon ajanında da en fazla GŞİ tekniğinde gözlemlendi. Tüm şelasyon ajanlarında PUI ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında anlamlı fark gözlenmezken ($p>0,05$), bu iki aktivasyon tekniğinde elde edilen skor ortalamaları GŞİ tekniğine göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,05$).

GŞİ ve PUI aktivasyon tekniklerinde, kullanılan farklı şelasyon ajanları arasında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliği bakımından anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), kök

kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı, GŞİ tekniğinde en fazla sitrik asit şelasyon ajanında en az HEBP şelasyon ajanında; PUİ aktivasyon tekniğinde en fazla EDTA şelasyon ajanında, en az HEBP şelasyon ajanında belirlendi. PIPS aktivasyon tekniğinde kullanılan farklı şelasyon ajanları arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından anlamlı fark bulunurken ($p<0.05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla EDTA şelasyon ajanında en az HEBP şelasyon ajanında gözlendi. EDTA ve sitrik asit şelasyon ajanları arasında anlamlı fark gözlenmezken ($p>0.05$), bu iki şelasyon ajanında elde edilen skor ortalamaları HEBP şelasyon ajanına göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0.05$).

Her bir şelasyon ajanının farklı kesit seviyelerine göre ve her bir kesit seviyesinin farklı şelasyon ajanlarına göre karşılaştırmaları tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından kesit seviyeleri arasındaki farklılıklar

	Apikal (Ort±SS)	Orta (Ort±SS)	Koronal (Ort±SS)	p*
EDTA	1,96+1,09 ^{aA}	1,09+1,01 ^{bA}	1,33+0,73 ^{aA}	0,006
SA	1,81+0,83 ^{aA}	1,26+1,06 ^{bA}	1,26+0,81 ^{bA}	0,04
HEBP	1,52+1,01 ^{aA}	1,14+0,9 ^{aA}	1+0,78 ^{aA}	0,095
p**	0,22	0,793	0,193	

Ort±SS: ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer. Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$) Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$) p*- satırdaki p değeri, p** - sütundaki p değeri

EDTA şelasyon ajanının kullanımı sonrası farklı kesit seviyelerinde Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte, en az orta kesitte belirlendi. Koronal ve apikal kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), bu iki kesitten elde edilen skor ortalamaları orta kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0.05$).

Sitrik asit şelasyon ajanının kullanımı sonrası farklı kesit seviyelerinde Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte belirlendi. Koronal ve orta kesitlerin skor ortalamaları arasında istatistiksel

olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), apikal kesitten elde edilen skor ortalaması koronal ve orta kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0.05$).

HEBP şelasyon ajanının kullanımı sonrası farklı kesit seviyelerinde Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte en az koronal kesitte belirlendi.

Apikal kesitte şelasyon ajanları arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla EDTA şelasyon ajanında, en az HEBP şelasyon ajanında gözlemlendi.

Orta kesitte şelasyon ajanları arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla sitrik asit şelasyon ajanında, en az EDTA şelasyon ajanında gözlemlendi.

Koronal kesitte şelasyon ajanları arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla EDTA şelasyon ajanında, en az HEBP şelasyon ajanında gözlemlendi.

Her bir irrigasyon tekniğinin farklı kesit seviyelerine göre ve her bir kesit seviyesinin farklı irrigasyon tekniğine göre karşılaştırmaları tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.4. Farklı kesit seviyelerinde skor ortalamaları bakımından aktivasyon grupları arasındaki farklılıklar

	Apikal (Ort±SS)	Orta (Ort±SS)	Koronal (Ort±SS)	p^*
GŞİ	2,70+0,47 ^{aA}	2,26+0,59 ^{aA}	1,78+0,58 ^{bA}	0,001
PÜİ	1,41+0,84 ^{aB}	0,49+0,51 ^{bB}	0,89+0,7 ^{bB}	0,001
PIPS	1,19+0,83 ^{aB}	0,67+0,62 ^{bB}	0,93+0,73 ^{bB}	0,001
p^{**}	0,032	0,004	0,001	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$). p^* - satırdaki p değeri, p^{**} - sütundaki p değeri

GŞİ tekniğinde ve PUİ ve PIPS aktivasyon tekniklerinde her bir teknik için Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı GŞİ tekniğinde en fazla apikal kesitte en az koronal kesitte gözlemlendi. Orta ve apikal kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$), bu iki kesitten elde edilen skor ortalamaları koronal kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$).

PUİ ve PIPS aktivasyon tekniklerinde kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte, en az orta kesitte gözlemlendi. Koronal ve orta kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$), bu iki kesitten elde edilen skor ortalamaları apikal kesite göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,05$).

Apikal kesitte aktivasyon teknikleri arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla GŞİ tekniğinde, en az PIPS aktivasyon tekniğinde gözlemlendi. PUİ ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$), bu iki aktivasyon tekniğinde elde edilen skor ortalamaları GŞİ tekniğine göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,05$).

Orta ve koronal kesitte aktivasyon teknikleri arasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla GŞİ tekniğinde, en az PUİ aktivasyon tekniğinde gözlemlendi. PUİ ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$), bu iki aktivasyon tekniğinde elde edilen skor ortalamaları GŞİ tekniğine göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0,05$).

EDTA şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırmaları tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.5. EDTA şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırmaları

		Ort±SS	Medyan	Min	Maks	<i>p</i>	
EDTA	GŞİ	Apikal	2,89+0,33 ^A	3	2	3	0,001
		Orta	2,11+0,78 ^A	2	1	3	
		Koronal	1,67+0,5 ^B	2	1	2	
	PUI	Apikal	1,89+1,05 ^A	2	0	3	0,004
		Orta	0,22+0,44 ^B	0	0	1	
		Koronal	1+0,87 ^A	1	0	2	
	PIPS	Apikal	1,11+0,93 ^A	1	0	2	0,642
		Orta	1+0,71 ^A	1	0	2	
		Koronal	1,33+0,71 ^A	1	0	2	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer. Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05)

EDTA şelasyon ajanının GŞİ tekniği ile uygulanması sonrasında Ca(OH)₂ uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken (p<0,05), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)₂ miktarı en fazla apikal kesitte, en az koronal kesitte gözlemlendi. Orta ve apikal kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken (p>0.05), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları koronal kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu (p<0.05),

PUI aktivasyon tekniğinde Ca(OH)₂ uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken (p<0,05), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)₂ miktarı en fazla apikal kesitte, en az orta kesitte gözlemlendi. Koronal ve apikal kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken (p>0.05), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları orta kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu (p<0.05),

PIPS aktivasyon tekniğinde Ca(OH)₂ uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken (p>0,05), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)₂ miktarı en fazla koronal kesitte, en az orta kesitte gözlemlendi.

Sitrik asit şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırmaları tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Sitrik asit şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar

		Ort±SS	Medya n	Mi n	Maks	<i>p</i>	
SA	GŞİ	Apikal	2,67+0,5 ^A	3	2	3	0,048
		Orta	2,56+0,53 ^A	3	2	3	
		Koronal	2,11+0,33 ^B	2	2	3	
	PUİ	Apikal	1,33+0,5 ^A	1	1	2	0,027
		Orta	0,56+0,53 ^B	1	0	1	
		Koronal	0,89+0,6 ^A	1	0	2	
	PIPS	Apikal	1,44+0,73 ^A	2	0	2	0,044
		Orta	0,67+0,5 ^B	1	0	1	
		Koronal	0,78+0,67 ^B	1	0	2	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer. Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$)

Sitrik asit şelasyon ajanının GŞİ tekniği ile uygulanması sonrasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte, en az koronal kesitte gözlemlendi. Orta ve apikal kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları koronal kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0.05$).

PUİ aktivasyon tekniğinde Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte, en az orta kesitte gözlemlendi. Koronal ve apikal kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları orta kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0.05$).

PIPS aktivasyon tekniğinde Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte, en az orta kesitte gözlemlendi. Koronal ve orta kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları orta kesite göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0.05$).

HEBP şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırmaları tablo 3.7’de verilmiştir

Tablo 3.7. HEBP şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar

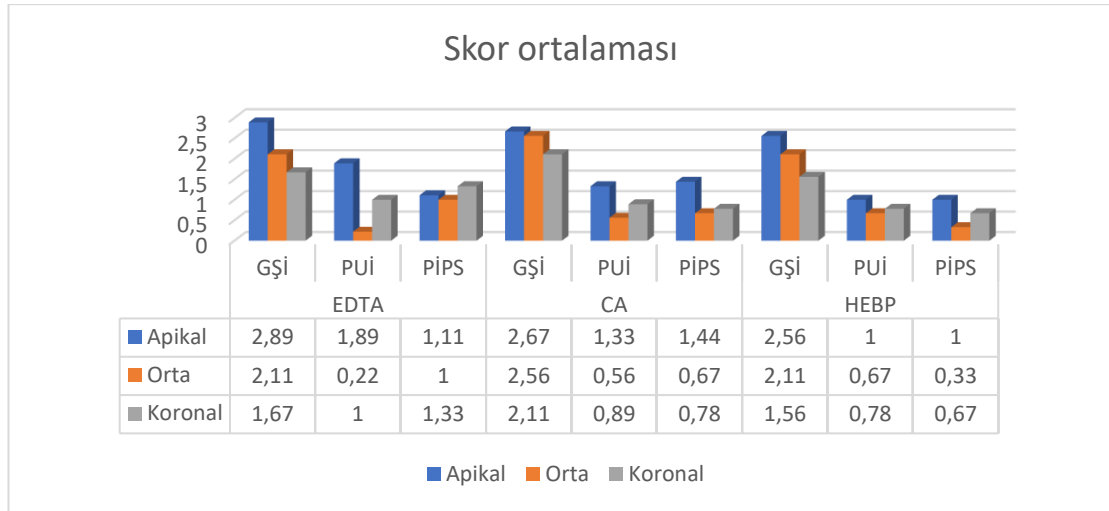
		Ort±SS	Medyan	Min	Maks	p	
HEBP	GŞİ	Apikal	2,56+0,53 ^A	3	2	3	0,008
		Orta	2,11+0,33 ^A	2	2	3	
		Koronal	1,56+0,73 ^B	1	1	3	
	PUI	Apikal	1+0,71 ^A	1	0	2	0,559
		Orta	0,67+0,5 ^A	1	0	1	
		Koronal	0,78+0,67 ^A	1	0	2	
	PIPS	Apikal	1+0,87 ^A	1	0	2	0,196
		Orta	0,33+0,5 ^A	0	0	1	
		Koronal	0,67+0,71 ^A	1	0	2	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer, aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$).

HEBP şelasyon ajanının GŞİ tekniği ile uygulanması sonrasında Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte, en az koronal kesitte gözlemlendi. Orta ve apikal kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları koronal kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0.05$).

PUI ve PIPS aktivasyon tekniklerinde Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), kök kanallarından uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte, en az orta kesitte gözlemlendi.

Çalışma gruplarında Ca(OH)_2 uzaklaştırma sonrası elde edilen skor ortalamaları kesit seviyelerine göre Şekil 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Çalışma Gruplarının Kesit Seviyelerine Göre Skor Ortalamaları

3.2. Dentin Erozyonu Bulguları

İrrigasyon teknikleri ve kesit seviyeleri göz ardı edilerek şelasyon ajanlarının, şelasyon ajanları ve kesit seviyeleri göz ardı edilerek irrigasyon tekniklerinin, şelasyon ajanları ve irrigasyon teknikleri göz ardı edilerek kesit seviyelerinin dentin erozyonu yönünden karşılaştırmaları tablo 3.8 'de verilmiştir. Smear tabakasının dentin erozyonunu değerlendirmeye izin vermediği örneklerde skora sıfır (0) olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.8. Her bir değişkenin diğer değişkenler göz ardı edilerek dentin erozyonu skor ortalaması yönünden karşılaştırmaları

		Ort±SS	Medyan	Min	Maks	p
Şelasyon ajanı	EDTA	0,31±0,66 ^A	0	0	3	0,251
	SA	0,26±0,65 ^A	0	0	3	
	HEBP	0,42±0,79 ^A	0	0	3	
İrrigasyon tekniği	GŞİ	0 ^A	0	0	0	0,001
	PUI	0,48±0,81 ^B	0	0	3	
	PIPS	0,51±0,82 ^B	0	0	3	
Kesit seviyesi	Apikal	0,12±0,33 ^{A,C}	0	0	1	0,011
	Orta	0,44±0,72 ^B	0	0	2	
	Koronal	0,42±0,89 ^{B,C}	0	0	3	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer, aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

Şelasyon ajanları arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken (p>0,05), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla HEBP şelasyon ajanında, en az sitrik asit şelasyon ajanında gözlemlendi.

İrrigasyon teknikleri arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla PIPS aktivasyon tekniğinde, en az GŞİ tekniğinde gözlemlendi. PUI ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), her iki aktivasyon tekniğinde elde edilen skor ortalamaları GŞİ tekniğine göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$).

Kesit seviyeleri arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla orta kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi. Hem koronal ve apikal kesitler arasında hem de koronal ve orta kesitler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), orta kesitte elde edilen skor ortalaması apikal kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$).

Her bir şelasyon ajanının farklı aktivasyon yöntemlerine göre ve her bir aktivasyon yönteminin farklı şelasyon ajanlarına göre karşılaştırmaları tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından aktivasyon grupları arasındaki farklılıklar

	GŞİ (Ort±SS)	PUI (Ort±SS)	PIPS (Ort±SS)	p^*
EDTA	0 ^{aA}	0,59+0,84 ^{bA}	0,33+0,88 ^{bA}	0,001
SA	0 ^{aA}	0,37+0,89 ^{bA}	0,41+0,78 ^{bA}	0,021
HEBP	0 ^{aA}	0,48+0,8 ^{bA}	0,78+0,97 ^{bA}	0,001
p^{**}	1	0,072	0,06	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$). Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$). p^* - satırdaki p değeri, p^{**} - sütundaki p değeri

EDTA, SA ve HEBP şelasyon ajanlarının farklı irrigasyon teknikleri ile kullanımı sonrası her bir şelasyon ajanı için irrigasyon teknikleri arasında erozyon oluşumu bakımından anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı EDTA şelasyon ajanında en fazla PUI aktivasyon tekniğinde, sitrik asit ve HEBP şelasyon ajanlarında en fazla PIPS aktivasyon tekniğinde gözlemlendi.

GŞİ grubundaki bütün örneklerde smear varlığı sebebiyle erozyon skorlaması '0' olarak belirlendi.

PUI aktivasyon tekniğinde kullanılan farklı şelasyon ajanları arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin

duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla EDTA şelasyon ajanında, en az sitrik asit şelasyon ajanında gözlemlendi.

PIPS aktivasyon tekniğinde kullanılan farklı şelasyon ajanları arasında erozyon oluşumu skor ortalamaları bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla HEBP şelasyon ajanında, en az EDTA şelasyon ajanında gözlemlendi.

Her bir şelasyon ajanının farklı kesit seviyelerine göre ve her bir kesit seviyesinin farklı şelasyon ajanlarına göre karşılaştırmaları tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. Şelasyon ajanlarında skor ortalamaları bakımından kesit seviyeleri arasındaki farklılıklar

	Apikal (Ort±SS)	Orta (Ort±SS)	Koronal (Ort±SS)	p^*
EDTA	0,15+0,36 ^{aA}	0,44+0,7 ^{aA}	0,33+0,83 ^{aA}	0,19
SA	0,04+0,19 ^{aA}	0,37+0,69 ^{aA}	0,37+0,84 ^{aA}	0,079
HEBP	0,19+0,4 ^{aA}	0,52+0,8 ^{aA}	0,56+1,1 ^{aA}	0,315
p^{**}	0,051	0,069	0,12	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$). Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0,05$) p^* - satırdaki p değeri, p^{**} - sütundaki p değeri

EDTA şelasyon ajanının kullanımı sonrası farklı kesit seviyelerinde erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla orta kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi.

Sitrik asit ve HEBP şelasyon ajanlarının kullanımı sonrası farklı kesit seviyelerinde erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla koronal kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi.

Apikal ve orta kesitlerde şelasyon ajanları arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla HEBP şelasyon ajanında, en az sitrik asit şelasyon ajanında gözlemlendi.

Koronal kesitte şelasyon ajanları arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla HEBP şelasyon ajanında, en az EDTA şelasyon ajanında gözlemlendi.

Her bir aktivasyon yönteminin farklı kesit seviyelerine göre ve her bir kesit seviyesinin farklı aktivasyon yöntemlerine göre karşılaştırmaları tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11. Farklı kesit seviyelerinde skor ortalamaları bakımından aktivasyon grupları arasındaki farklılıklar

	Apikal (Ort±SS)	Orta (Ort±SS)	Koronal (Ort±SS)	p*
GŞİ	0 ^{aA}	0 ^{aA}	0 ^{aA}	1
PUİ	0,15+0,36 ^{aA}	0,67+0,73 ^{bB}	0,63+1,18 ^{bB}	0,023
PIPS	0,22+0,42 ^{aB}	0,67+0,88 ^{bB}	0,63+1,01 ^{bB}	0,026
p**	0,043	0,001	0,005	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05). p*- satırdaki p değeri, p**,- sütundaki p değeri

GŞİ grubundaki bütün örneklerde kalıntı varlığı sebebiyle erozyon skorlaması ‘0’ olarak belirlendi.

PUİ ve PIPS aktivasyon tekniklerinde erozyon oluşumu bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken (p<0,05), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı orta kesitte en fazla, en az apikal kesitte gözlemlendi. Orta ve koronal kesitler arasında anlamlı fark bulunmazken (p>0.05), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları apikal kesite göre anlamlı düzeyde yüksek bulundu (p<0.05).

Apikal kesitte aktivasyon teknikleri arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken (p<0,05), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla PIPS aktivasyon tekniğinde gözlemlendi. GŞİ tekniği ve PUİ arasında anlamlı fark bulunmazken (p>0.05), bu iki teknikte elde edilen skor ortalamaları PIPS aktivasyon tekniğine göre anlamlı derecede düşük bulundu (p<0.05).

Orta kesitte aktivasyon teknikleri arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05). PUİ ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken (p>0.05), bu iki teknikte elde edilen skor ortalamaları GŞİ tekniğine göre anlamlı derecede yüksek bulundu (p<0.05).

Koronal kesitte aktivasyon teknikleri arasında erozyon oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (p<0,05). PUİ ve PIPS aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken (p>0.05), bu iki teknikte elde

edilen skor ortalamaları GŞİ tekniğine göre anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0.05$).

EDTA şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırması tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. EDTA şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar

		Ort±SS	Medyan	Min	Maks	p
EDTA	GŞİ	Apikal	0 ^A	0	0	1
		Orta	0 ^A	0	0	
		Koronal	0 ^A	0	0	
	PUİ	Apikal	0,11+0,33 ^A	0	0	0,044
		Orta	0,89+0,6 ^B	1	0	
		Koronal	0,78+1,2 ^A	0	0	
	PIPS	Apikal	0,33+0,5 ^A	0	0	0,676
		Orta	0,44+0,88 ^A	0	0	
		Koronal	0,22+0,67 ^A	0	0	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer, aynı sütunda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p<0.05$).

EDTA şelasyon ajanının GŞİ tekniği ile kullanıldığı bütün örneklerde smear varlığı sebebiyle erozyon skoru ‘0’ olarak belirlendi.

PUİ aktivasyon tekniğinde erozyon oluşumu bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p<0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla orta kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi. Apikal ve koronal kesitler arasında anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), bu iki kesitte elde edilen skor ortalamaları orta kesite göre anlamlı düzeyde düşük bulundu ($p<0.05$).

PIPS aktivasyon tekniğinde erozyon oluşumu bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla orta kesitte, en az koronal kesitte gözlemlendi.

SA şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırması tablo 3.13’ de verilmiştir.

Tablo 3.13. Sitrik asit şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar

		Ort±SS	Medyan	Min	Maks	p
SA	GŞİ	Apikal	0 ^A	0	0	1
		Orta	0 ^A	0	0	
		Koronal	0 ^A	0	0	
	PUI	Apikal	0 ^A	0	0	0,096
		Orta	0,67+0,87 ^A	0	0	
		Koronal	0,44+1,01 ^A	0	0	
	PIPS	Apikal	0,11+0,33 ^A	0	0	0,393
		Orta	0,44+0,73 ^A	0	0	
		Koronal	0,67+1 ^A	0	0	

Ort±SS: Ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer, aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

SA şelasyon ajanının GŞİ tekniği ile kullanıldığı bütün örneklerde smear varlığı sebebiyle erozyon skoru '0' olarak belirlendi.

PUI aktivasyon tekniği grubunda erozyon oluşumu bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken (p>0,05), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla orta kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi.

PIPS aktivasyon tekniği grubunda erozyon oluşumu bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken (p>0,05), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla koronal kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi.

HEBP şelasyon ajanının her bir aktivasyon yöntemiyle kullanımının kesit seviyeleri bakımından grup içi karşılaştırması tablo 3.14' de verilmiştir.

Tablo 3.14. HEBP şelasyon ajanında aktivasyon grubuna göre skor ortalamaları bakımından kesit seviyesi arasındaki farklılıklar

		Ort±SS	Medyan	Min	Maks	p
HEBP	GŞİ	Apikal	0 ^A	0	0	1
		Orta	0 ^A	0	0	
		Koronal	0 ^A	0	0	
	PUI	Apikal	0,33+0,5 ^A	0	0	0,944
		Orta	0,44+0,73 ^A	0	0	
		Koronal	0,67+1,12 ^A	0	0	
	PIPS	Apikal	0,22+0,44 ^A	0	0	0,096
		Orta	1,11+0,93 ^A	1	0	
		Koronal	1+1,12 ^A	1	0	

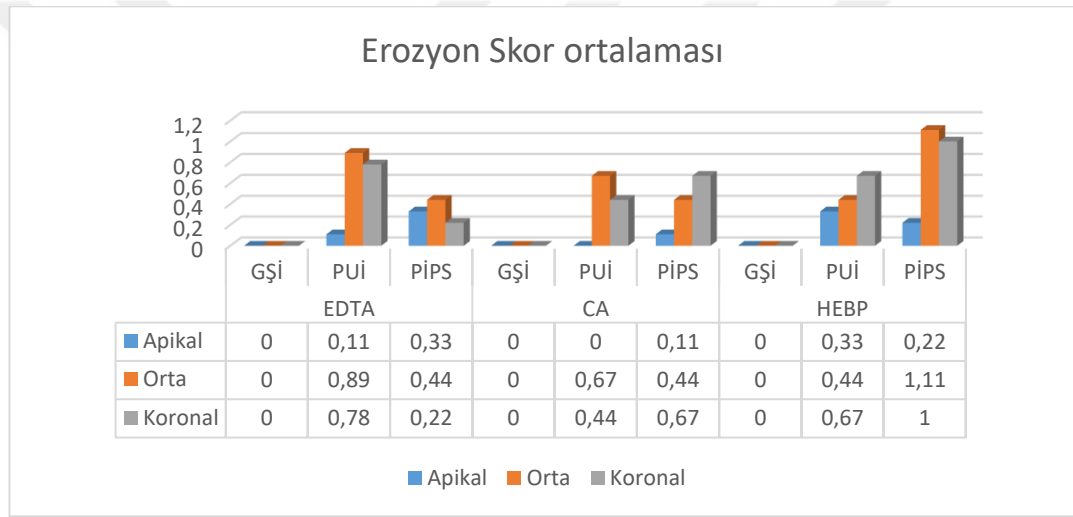
Ort±SS: ortalama ve standart sapma, Min: minimum değer, Maks: maksimum değer, aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p<0.05).

HEBP şelasyon ajanının GŞİ tekniği ile kullanıldığı bütün örneklerde smear varlığı sebebiyle erozyon skoru '0' olarak belirlendi

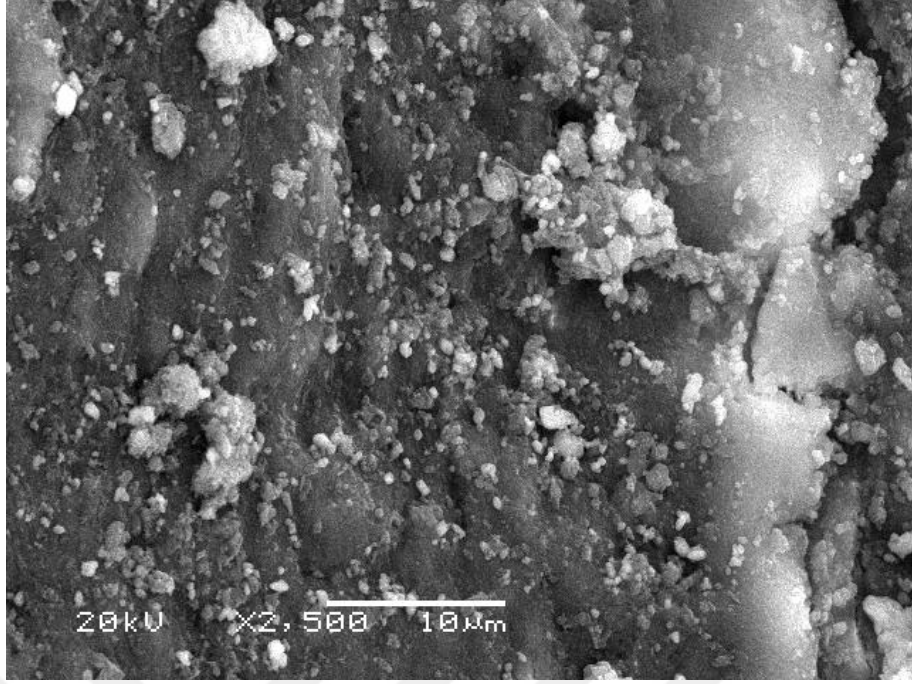
PUI aktivasyon tekniği grubunda erozyon oluşumu bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla koronal kesitte, en az apikal kesitte gözlemlendi.

PIPS aktivasyon tekniği grubunda erozyon oluşumu bakımından kesit seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0,05$), dentin duvarlarında oluşan erozyon miktarı en fazla orta kesitte, en düşük apikal kesitte gözlemlendi.

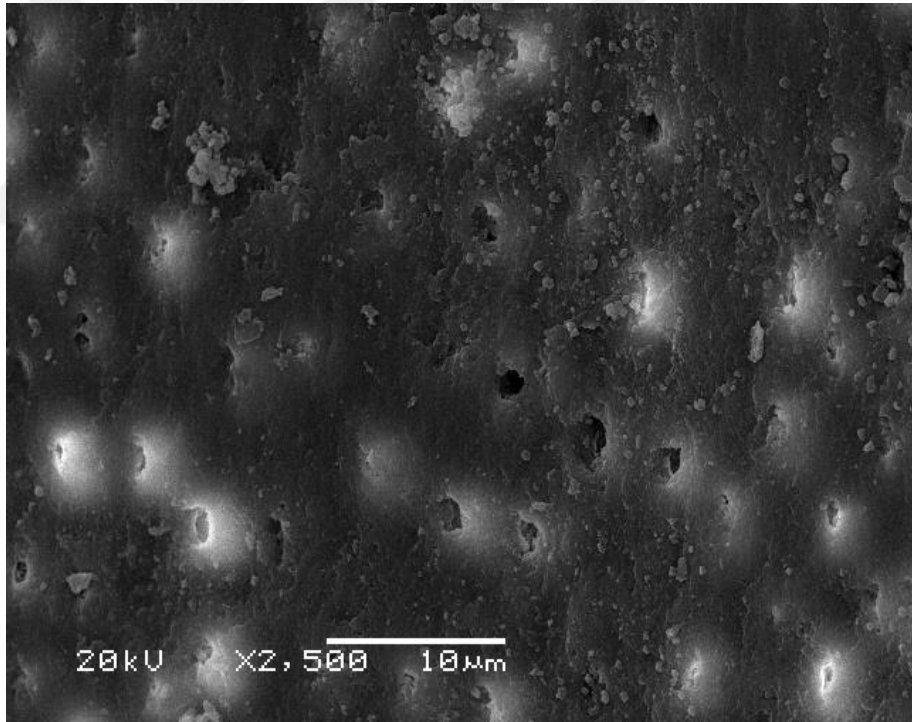
Çalışma gruplarında dentin duvarlarında oluşan erozyon skor ortalamaları kesit seviyelerine göre Şekil 3.2' de sunulmuştur.



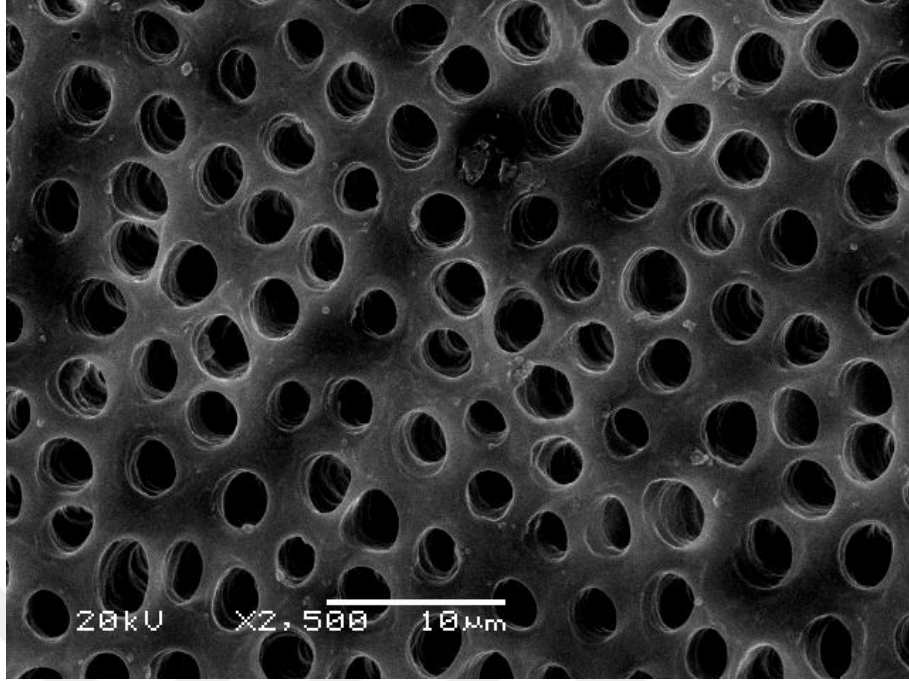
Şekil 3.2. Gruplara Göre Kesit Seviyelerine Göre Erozyon Skor Ortalamaları



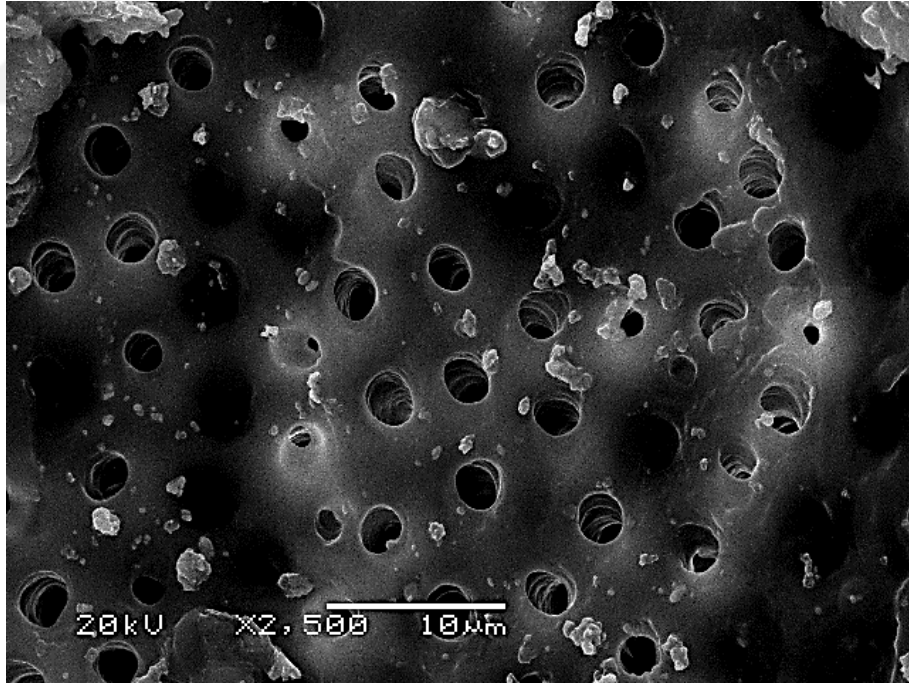
Şekil 3.3. Pozitif kontrol grubuna ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü



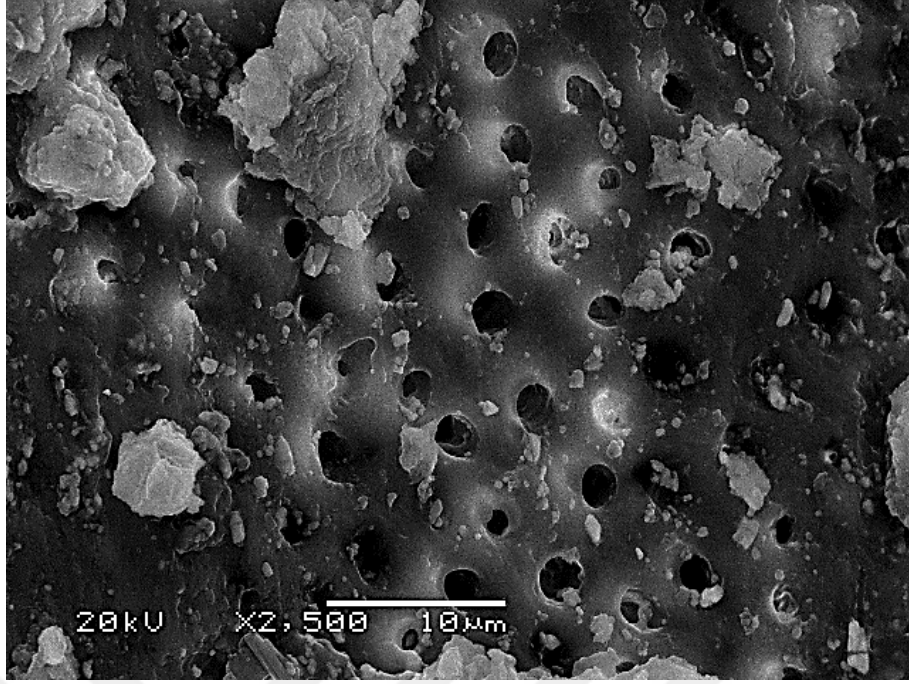
Şekil 3.4. Negatif kontrol grubuna ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü



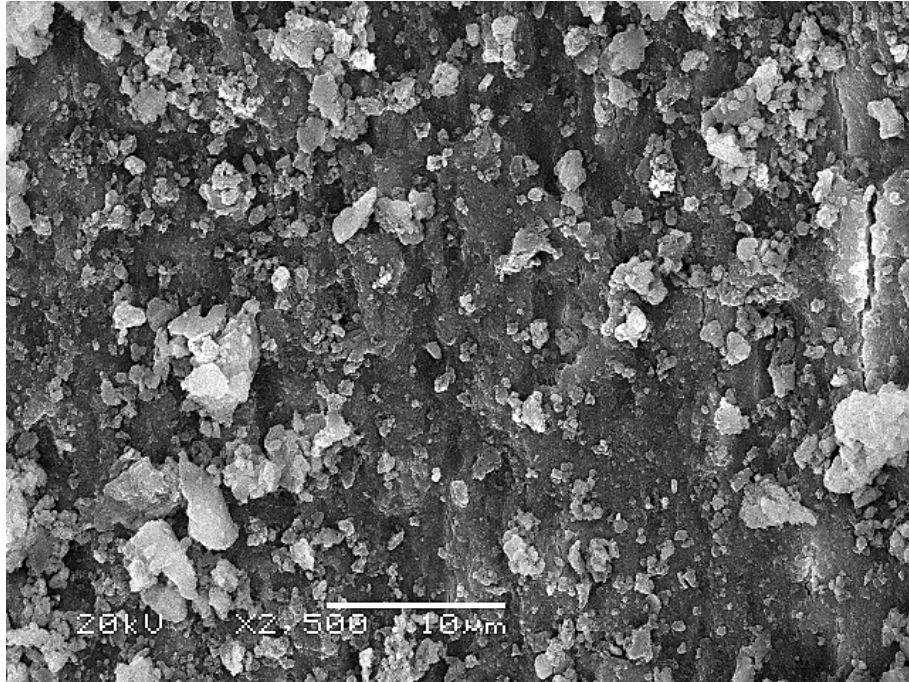
Şekil 3.5. Ca(OH)_2 uzaklaştırma skorlamasında skor 0 olarak değerlendirilen örneğe ait 2500X büyütmede altındaki SEM görüntüsü



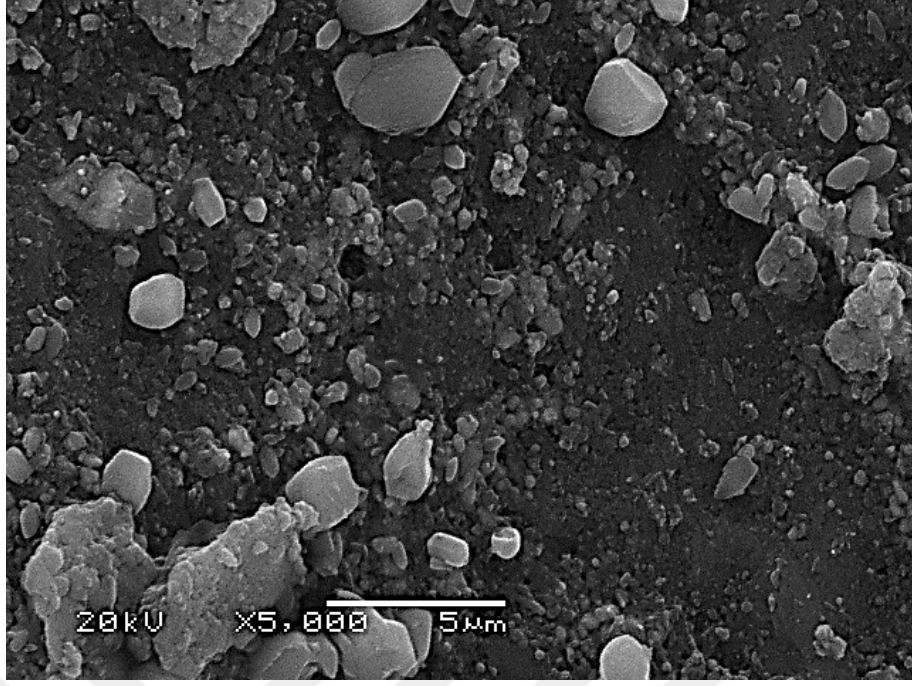
Şekil 3.6. Ca(OH)_2 uzaklaştırma skorlamasında Skor 1 olarak değerlendirilen örneğe ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü



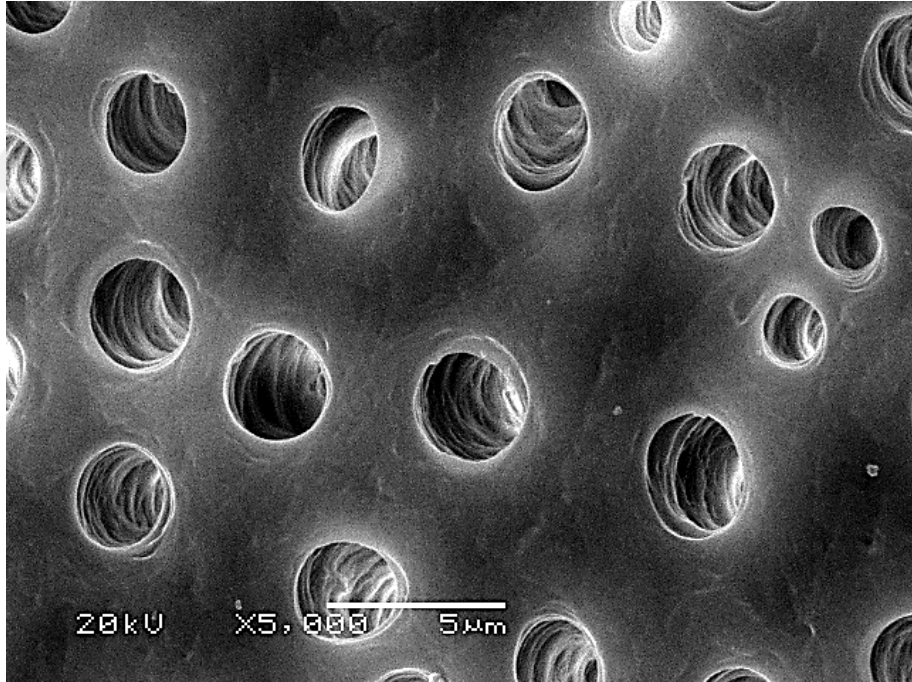
Şekil 3.7. Ca(OH)_2 uzaklaştırma skorlamasında Skor 2 olarak değerlendirilen örneğe ait 2500X büyütme altındaki SEM görüntüsü



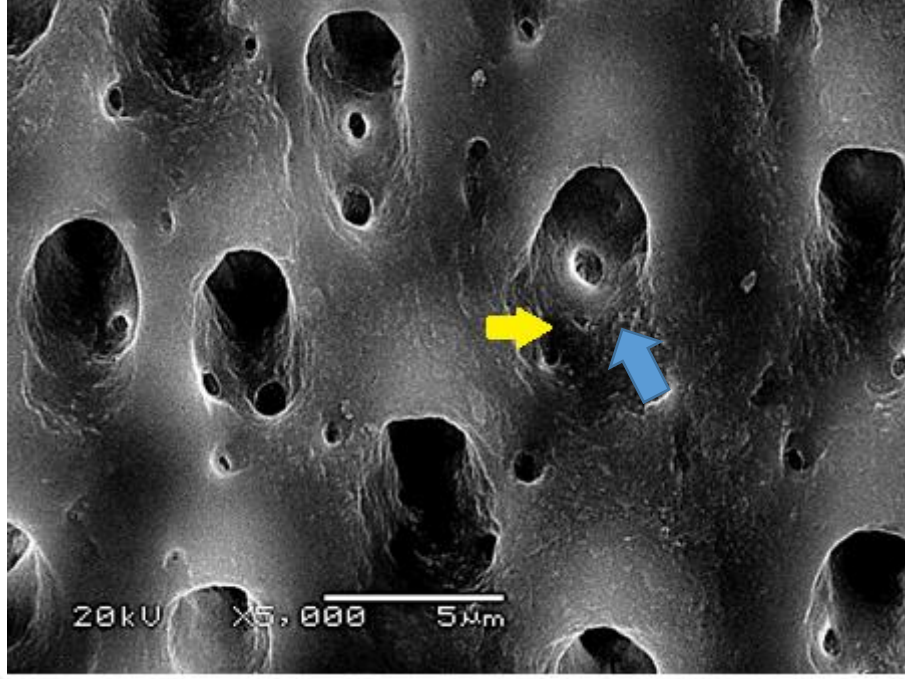
Şekil 3.8. Ca(OH)_2 uzaklaştırma skorlamasında Skor 3 olarak değerlendirilen örneğe ait x2500 büyütme altındaki SEM görüntüsü



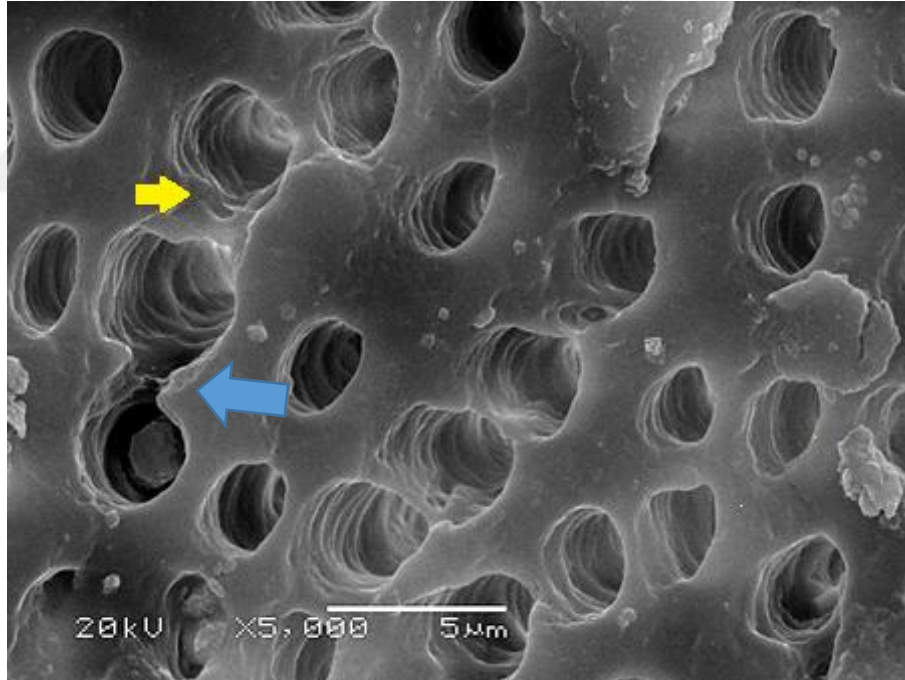
Şekil 3.9. Erozyon skorlamasında skor 0 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü



Şekil 3.10. Erozyon skorlamasında skor 1 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü



Şekil 3.11. Erozyon skorlamasında skor 2 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü (ok işareti: peritübüler dentinde yıkımı gösteriyor)



Şekil 3.12. Erozyon skorlamasında skor 3 olarak değerlendirilen örneğe ait x5000 büyütme altındaki SEM görüntüsü (ok işareti: intertübüler dentin yıkımını gösteriyor))

4.TARTIŞMA

Kök kanallarında seanslar arası medikament kullanımı dişin prognozu açısından bakıldığında klinik önemi yüksek bir uygulamadır. Ca(OH)_2 'in antibakteriyel ve antirezorptif bir materyal olması nedeni ile kanal içi medikament olarak kullanımı önerilmişti. Yüksek pH özelliği ile bakteri membranında ve bakteri hücre membranında yıkıcı etki oluşturarak antibakteriyel etki sağlar [157]. Behnen ve ark (2001), yaptıkları çalışmada mekanik şekillendirme ve NaOCl ile irrigasyonu takiben kök kanallarına Ca(OH)_2 uygulamışlar ve 24 saat sonunda medikament uygulanan dişlerde yalnızca mekanik şekillendirme ve irrigasyondan daha başarılı bir kök kanal dezenfeksiyonu elde edildiğini rapor etmişlerdir [158].

Kanal içi medikament olarak seçilen materyalin yerleştirilmesi kadar etkin bir şekilde uzaklaştırılabilmesi de tedavi başarısı açısından önemlidir Kök kanal sisteminden etkin şekilde uzaklaştırılamayan Ca(OH)_2 'in kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engellediği, kullanılan patlarla etkileşime girerek fiziksel özelliklerini bozduğu ve kök kanalının hermetik dolumunu tıkama fonksiyonunu etkilediği bilinmektedir. Bu sebeple Ca(OH)_2 'in kök kanal dolgusundan önce etkin bir şekilde uzaklaştırılması pek çok araştırmacı tarafından önerilmiştir [19, 152]. Bu sayede patların dentin tübüllerine yayılımı artacak ve iyi bir tıkamanın yanında pat ile dentin arasındaki bağlanma da kuvvetlenecektir [159].

Kök gelişimini tamamlamamış dişler, geniş apikal açıklık ve kökte zayıf dentin duvarlarına sahip olmaları nedeniyle yüksek kırılma riskine sahiptir. Bu sebeple kök gelişimini tamamlamamış dişler nekroz olduklarında uygulanacak endodontik ve restoratif işlemler, gelişimini tamamlamış dişlere göre daha zor olacaktır [160].

Bu dişlerde; kök kanal boyunun belirlenmesi, irrigasyon solüsyonlarının apikalden taşması, Ca(OH)_2 ve antibiyotikli patların kullanım sıklığı ve kullanım süresinin ayarlanması, ideal restoratif sistemin seçimi gibi birtakım güçlüklerle karşılaşılacaktır [12].

Kök kanalının irrigasyonu sırasında kullanılan solüsyonlar; pulpa dokusu artıklarını, nekrotik dokuyu ve bakteri kalıntılarını kanaldan uzaklaştırabilmelidir [161]. Tüm bunları sağlayabilen tek bir irrigasyon ajanı günümüzde bulunmamaktadır [162]. NaOCl etkili bir organik doku çözücü ajandır ancak smear tabakasında inorganik doku yoğunluğu oldukça fazladır [163]. Bu sebeple kök kanalı sisteminin etkili temizliğini sağlamak için destekleyici ajanlara ihtiyaç duyulur. Bu noktada şelasyon ajanlarından yararlanılır. Şelatörler, dentinde bulunan hidroksiapatit kristalleri içerisindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek dentinde bulunan kalsiyumu uzaklaştırır [55]. Bu ajanlar irrigasyonda tek başına kullanılmamakta, NaOCl ile kombine kullanımda etkili sonuçlar vermektedir [66].

Açık apeksli nekrotik daimi dişlerin tedavisinde en çok tercih edilen yöntem olan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ apeksifikasyonudur ve ilk kez Frank tarafından tanıtılmıştır [164]. Geleneksel apeksifikasyon tedavisi olarak bilinen bu yöntemde kullanılan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile periapikal bölgede iyileşme ve sert doku oluşumu oranının %79-96 olduğu bildirilse de [23], daha sonra yapılan çalışmalarda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uzun süreli kullanımının dentini zayıflatığı ve kırılma riskini arttırdığı bildirilmiştir [142, 165].

Tek seans MTA apeksifikasyonu yönteminde açık olan kök apeksi biyolojik bir materyal olan MTA ile tıkaç oluşturup, kök kanal dolgusunun sızdırmaz bir şekilde yapılabilmesi amaçlanır [166]. Ancak bu uygulama ile fizyolojik olarak apikal tıkama ve kök dentininde kalınlaşma sağlanamamaktadır [142].

Nekrotik pulpalı veya lezyonlu olan açık apeksli dişlerin endodontik tedavisi tek seansta bitirilememektedir. Apikal periodontitis olgularında kök kanalı, dentin tübülleri ve periodontal dokular anaerobik ve gram negatif mikroorganizmalar tarafından enfekte edilmiş durumdadır [18]. Kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunda ilk adım mekanik preparasyondur fakat rejeneratif endodontik tedavi tercih edildiyse, kanalların mümkün olduğunca az preparasyonu veya hiç mekanik preparasyon yapılmaması önerilmektedir [19]. Bu sebeple mikroorganizmaların etkinliklerini azaltmak için irrigasyon solüsyonlarının daha uzun süreli antibakteriyel etkinliğe sahip olması beklenmektedir [20].

Yapılan çalışmalar NaOCl'in bakterisidal, bakteriyostatik ve doku çözücü özellikleri nedeniyle ideal kök kanal irrigasyon solüsyonu olduğunu göstermesine rağmen, bu irrigasyon solüsyonunun konsantrasyona bağlı olarak fibroblastlara, periodontal

ligament kök hücrelerine karşı sitotoksik olduğu bildirilmiştir [16, 17]. Yapılan çalışmalar neticesinde kök hücre sağ kalımı ve antibakteriyel etki dengesi göz önüne alındığında AAE'nin belirttiği tedavi protokolüne uyularak çalışmamızda ilk seansta; %1,5 NaOCl 20 ml ve 20 ml distile su ile 5 dakika süresince geleneksel iğne yöntemi ile irrigasyon yapılmıştır [81].

RET'lerde topikal antibiyotik kullanımına ilişkin kanıt eksikliği sebebiyle rejeneratif endodontide antibiyotik olmayan bir kanal içi ilaç rejimini savunulmuştur [167]. Ca(OH)₂, kanal içi medikament olarak kullanıldığında antibiyotiklere karşı direnç gelişmemesi ve kronda renklenme yapmaması yönüyle avantajlıdır [168]. Ayrıca kanal içi ilaç olarak önceden karıştırılmış Ca(OH)₂'in kullanılmasıyla, koronalde MTA retansiyonunun antibiyotik patlara göre daha iyi olması [169], önceden karıştırılmış Ca(OH)₂'in, rejeneratif endodontinin biyo-mühendislik sürecinin anahtarı olan apikal papilla kök hücresinin (SCAP) hayatta kalması üzerinde hiçbir zararlı etki göstermemesi diğer avantajları olarak sıralanabilir [131].

Önceden karıştırılmış Ca(OH)₂ ile klinik olarak kullanılan 0.1 mg/ml TAP konsantrasyonu karşılaştırıldığında antibakteriyel olarak benzer etkinlikte olması Ca(OH)₂'in TAP'a göre avantajlıdır [170]. Ayrıca yakın zamanlı bir meta analiz; kanal içi medikament olarak antibiyotik patları kullanıldığında kök kanal dentini kalınlaşmasının daha fazla olduğu bununla beraber Ca(OH)₂ kullanılan vakalarda apikal açıklığın daha fazla kapandığını bildirmiştir [171].

AAE, inatçı enfeksiyon görülen vakalarda ek tedavi süresini de göz önüne alınarak 1-4 hafta arası kanal içi medikament uygulanmasını önermiştir [27]. Çalışmamızda kanal içi medikament uygulama süresi 4 hafta olarak belirlenmiş, Ca(OH)₂ yerleştirilen örnekler bu süre boyunca 37°C ve %100 nemli ortamda saklanmıştır.

Kök kanal duvarlarında kalan medikament, rejeneratif endodontik tedavinin başarısını olumsuz etkileyebilir, bu nedenle kök kanallarında kanama veya iskele uygulaması yapılmadan önce mümkün olduğunca çıkarılmalıdır [172]. Mevcut çalışmadaki kök kanalları daha önce sodyum hipoklorite maruz kaldığı için organik dokular artık bir engel değilken, medikamentle bütünleşen inorganik dokular ana engeldir. NaOCl ile karşılaştırıldığında EDTA gibi şelatör ajanlar Ca(OH)₂ uzaklaştırmada oldukça etkilidir. Bu etkileri ajanların Ca iyonları ile şelasyon yapma özelliğinden kaynaklanmaktadır. Ca(OH)₂'i kanallardan uzaklaştırmak TAP'a göre daha kolaydır,

özellikle salin veya farklı sıvılarla elle karıştırılan formları önceden karıştırılmış formlara göre çok daha kolay uzaklaştırılabilir [173].

RET'lerde EDTA, kök kanalının $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile dezenfeksiyonundan sonra son irrigasyon solüsyonu olarak yaygın kullanılmaktadır. EDTA, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in ve kanal enstrümantasyonu esnasında üretilen smear tabakasının çıkarılmasına yardımcı olabilir. Önceki çalışmalar, kök kanal dentininin EDTA ile yıkanmasının, apikal papilladan gelen kök hücrelerin hayatta kalmasını ve DPSC'lerin (dental pulpa kök hücresi) bağlanmasını ve farklılaşmasını desteklediğini bildirmiştir [84, 174]. Lee ve ark. rejeneratif endodontik tedavi uygulamalarında kanal içerisine yerleştirilen medikamentlerin 20 ml. %17 EDTA solüsyonu ve salinle yıkanarak uzaklaştırılması gerektiğini bildirmişlerdir [175]. AAE 2016 yılı rejeneratif endodontik tedavi uygulama rehberinde de kanal içi medikamentlerin 20 ml. %17 EDTA solüsyonu ile uzaklaştırılması gerektiği bildirilmiştir [176]. Çalışmamızda kök kanallarına uyguladığımız $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uzaklaştırılmasında altın standart olan 20 ml %17 EDTA solüsyonu kullanıp, solüsyonu uzaklaştırmak amacıyla 2 ml serum fizyolojik ile final irrigasyonu yapıldı.

Sitrik asit; oda sıcaklığında beyaz kristal toz görünümünde olan, metal iyonlarıyla non iyonik şelat oluşturabilen zayıf bir organik asittir. Diş hekimliğinde sitrik asit, diş sert dokularına etki eden, özellikle dentinde demineralizasyon yapan ve smear tabakası uzaklaştırılmasında kullanılan hafif bir aşındırıcı olarak bilinmektedir. Qian ve ark. sitrik asitin smear tabakası uzaklaştırma üzerindeki etkinliğinin EDTA'ya benzer olduğunu bildirmiştir [41]. Machado-Silveiro ve ark. %10 konsantrasyonda sitrik asitin, dentin demineralizasyonunda EDTA'dan ve %1'lik sitrik asitten daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir [42]. Prado ve ark. %10'luk sitrik asitin, test edilen diğer irrigasyon solüsyonlarıyla karşılaştırıldığında hücreler üzerine daha az sitotoksik olduğunu bildirmişlerdir [43]. Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda %10 konsantrasyonda sitrik asit kullanılmıştır.

EDTA'ya alternatif olabilecek irrigasyon solüsyonlarıyla ilgili son yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. HEBP'in endodontide kullanımı ile ilgili çalışmalar giderek yaygınlaşmaktadır. HEBP endodontide; %7, %9 ve %18 konsantrasyonlarda kullanılmıştır [6, 65, 177-179]. Şelasyon ajanlarının antibakteriyel etkinliklerini değerlendiren bir çalışmada; %17 EDTA ve %10 sitrik asit, NaOCl 'in antibakteriyel etkinliğini azaltırken %7 HEBP'in NaOCl 'in antibakteriyel etkinliğini değiştirmediği

tespit edilmiştir [65]. Başka bir çalışmada; %17 EDTA'ya göre %9 HEBP'in NaOCl ile birlikte kullanıldığında *E. faecalis* üzerinde daha yüksek antibakteriyel etkinliği olduğu bildirilmiştir [180]. Yapılan çalışmalarda; %9 HEBP'in %17 EDTA'ya göre dentinden daha yüksek miktarda TGF- β (transforme edici büyüme faktörü- β 1) salınımı yaptığı, hücre migrasyonunda daha etkili olduğu ve daha fazla VEGF (Vasküler endotelyal büyüme faktörü-A) salınımına sebep olduğu bildirilmiştir [177]. Bu nedenle HEBP Rejeneratif endodontide genellikle %9 konsantrasyonda kullanılmıştır[177,181]. Bu sonuçlar çalışmamızda %9 konsantrasyonda HEBP şelasyon ajanının seçilmesinde etkili olmuştur.

Simüle açık apeksli dişlerle yapılan *in vitro* çalışmalarda; dişlerin tek köklü, tek kanallı ve kök uçlarının kapatılarak çalışılması önerilmektedir. Çalışma sonuçlarını değiştirebilecek herhangi bir çürük, kron-kök kırığı, çatlak hattı, kalsifikasyon, daha önceden yapılmış kanal tedavisi ya da kök rezorbsiyonu gibi durumların bulunmaması gerekmektedir [182, 183]. Daha önce kapalı kanal sistem modeli kullanıldığında kök kanalının apikal bölümünün irrigasyon solüsyonları ile yeterince temizlenemediği belirtilmiştir [184]. Ancak kapalı kanal modeli, gerçek klinik koşulları açık kanal sistem modelinden daha başarılı bir şekilde taklit eder. Çalışmada kullanılan dişler bu kriterlere uygun olarak seçilmiştir.

Simüle immatür diş modelinin temel avantajı; uygun genişlik ve uzunluk ile standardize edilmiş kök kanallarının kolay karşılaştırılabilir olmasıdır. Bununla birlikte, bu modelin dezavantajı; karmaşık kök anatomisini taklit edememesidir. Bu nedenlerden dolayı, Ca(OH)₂'i simüle edilmiş açık apeksli dişlerden çıkarmak klinik koşullarla kıyaslandığında daha kolay olabilir.

Yapılan çalışmalarda; örneklerin preparasyonu sırasında Gates glidden frezleri, endomotor eğeleri ve el eğeleri kullanılmıştır [185]. Zayıf ve ince olan kök dentin duvarları nedeniyle RET uygulamalarında döner alet eğeleri hiç kullanılmamakta ya da el eğeleriyle minimal preparasyon yapılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada klinik uygulamalara paralel olması nedeniyle el eğeleri kullanılmıştır. Rejeneratif endodontik tedavinin başarılı olması açısından; hastanın yaşı, pulpa nekrozunun etiyolojisi ve periapikal radyölüsensinin boyutu gibi birçok etkenin yanında apikal çap boyutunun da önemli olduğu görülmüştür. 0.5-1 mm apikal açıklığa sahip dişlerde rejenerasyonun başarı oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir [186]. Bu durumdaki dişlerde Ca(OH)₂'in kök kanallarından uzaklaştırılması başarısını değerlendirebilmek için kritik

apikal açıklık göz önüne alınarak bu çalışmada #100 no'lu el eğesine kadar genişletme yapılmıştır [187].

Geleneksel yöntemlerle kök kanalından Ca(OH)_2 'in tamamen uzaklaştırılması zordur. Bu nedenle, bu çalışmada GŞİ tekniğine kıyasla simüle edilmiş açık apeks kök kanallarından Ca(OH)_2 'i uzaklaştırmak için PUİ ve PIPS aktivasyon tekniği kullanılmıştır.

Aktivasyon genel olarak salınan ucun titreşimleri tarafından üretilen enerjiyi kanal içindeki irrigasyon solüsyonlarına aktararak solüsyonların hızını artırır. Böylece irrigasyon solüsyonlarının çoğu anatomik açıdan temizlenmesi zor bölgelere ulaşabilir ve kök kanalı içindeki irrigasyon solüsyonu yenilenir [152]. Özellikle PUİ, irrigasyon solüsyonunda akustik akış ve kavitasyon etkileri oluşturarak kanalların pasif sonik irrigasyona (SI) göre daha iyi temizlenmesini sağlar [188].

Sonik ve ultrasonik aktivasyonun karşılaştırıldığı çalışmalarda PUİ aktivasyon tekniğinin sonik aktivasyon yöntemlerine göre apikal bölgede Ca(OH)_2 uzaklaştırmada daha başarılı olduğu tespit edilmiştir [189, 190]. Ancak Schoeffel ve ark. yaptıkları çalışmada aktivasyon ucunun apikalde oluşan gaz kabarcığı ile temasının oluşan akustik akımı ve kavitasyon etkisini ortadan kaldırarak, temizleme etkinliğini azalttığını bildirmiştir [191].

Termal hasar yaratmamak için kök kanallarında ultrasonik irrigasyonun orta düzeyde güç ayarları ile birlikte uygulanması önerilmektedir [192]. Bu çalışmada PUİ için ultrasonik sistemdeki güç ayarı üretici firma önerileri doğrultusunda kanal irrigasyonu modunda olacak şekilde ayarlanmıştır. Malki ve ark. yaptıkları çalışmada çalışma boyundan 1 ve 2 mm kısa yerleştirilen ultrasonik ucun 3, 4 ve 5 mm kısa yerleştirilen ultrasonik uçlara oranla daha etkili şekilde dezenfeksiyon sağladığını bildirilmiştir [193]. Diğer gruplarla standardize edebilmek için araştırmamızda da çalışma boyundan 2 mm kısa yerleştirilen 25 numaralı ultrasonik uç, kök kanallarına temas ettirilmeden 4-5 mm boyunca korono-apikal yönde hareketle kullanılmıştır.

PIPS tekniğini diğer aktivasyon tekniklerinden farklı kılan fotoakustik ve fotomekanik olaylardır. Bu teknik, tepe güç artışları oluşturmak için düşük enerji seviyeleri ve kısa mikro saniye darbe hızları (50 ls) kullanır. Bu teknikte; her darbe su molekülleri ile etkileşime girerek, güçlü bir sıvı akışının oluşmasını sağlar. Irrigasyon solüsyonunun üç boyutlu hareketini kolaylaştıran ardışık şok dalgaları yaratır. [119, 194]. Geleneksel

lazer uygulamalarına kıyasla PIPS ucunun kök apeksine ulaşması gerekmez ve sadece kök kanalının koronal rezervuarına yerleştirilir. Bu nedenle, bu teknik kök kanalının minimal invaziv hazırlanmasına izin verir. Etki, lazer aktivasyonu ile artan sıvı reaksiyon kinetiği ile açıklanabilir [116]. Çalışmamızda kullandığımız dişlerin koronal rezervuar kısmı olmadığı için kullanılan irrigasyon solüsyonunu aktivasyon süresi boyunca koronal kısımda sürekli solüsyon olacak şekilde yeniledik.

Araştırmalarda, taramalı elektron mikroskopunun $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in kök kanal duvarlarından uzaklaştırılmasının tespiti konusunda güvenilir bir yöntem olduğu vurgulanmıştır [153, 155]. SEM yöntemi, diğer tekniklerle kıyaslandığında dentin tübüllerini ve tübüllerde meydana gelen erozyonu net gösterebilmesi özelliğinden dolayı avantajlıdır. Bu nedenle kök kanallarından uzaklaştırılamayan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i ve kök kanal dentininde oluşan erozyonu değerlendirmek için çalışmamızda taramalı elektron mikroskopu, tercih edilmiştir.

Çalışmamız açık apeks olarak simüle edilmiş tek köklü ve tek kanallı insan dişleri üzerinde EDTA, sitrik asit ve HEBP şelasyon ajanlarının GŞİ, PUI ve PIPS irrigasyon aktivasyon teknikleri ile kullanımının kök kanallarında dentin yüzeyinden $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma başarısını ve oluşan erozyon miktarını değerlendirmek üzere tasarlanmıştır. Çalışmada klinik şartları daha iyi yansıtmayı amacıyla insan dişleri tercih edilmiştir.

Çalışmanın bulgularına göre, irrigasyon aktivasyon tekniklerinden ve kök kesitlerinden bağımsız değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmamakla birlikte %9 HEBP şelasyon ajanı %17 EDTA ve %10 sitrik asit göre dentin yüzeyinden daha fazla miktarda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırmıştır. Chockattu ve ark. 2017 yılında yaptıkları çalışmada %17 EDTA, %10 sitrik asit ve %18 HEBP'in kök kanallarının apikal bölgesinde oluşturulan yapay oluklarda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmişler ve HEBP'i EDTA ve sitrik asit şelasyon ajanlarına göre anlamlı derecede başarılı bulmuşlardır. Ayrıca araştırmacılar kanal içindeki $\text{Ca}(\text{OH})_2$ medikamentinin yüksek alkali pH seviyesi sebebiyle sitrik asit şelasyon ajanını nötralize ettiği ve bu sebeple sitrik asitin temizleme etkinliğinin düşebileceğini bildirmiştir. Yüksek asidik pH seviyesi sebebiyle HEBP'in bu nötralizasyondan daha az etkilendiğini savunmuştur [63]. Bizim bulgularımız da bu çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Şelasyon ajanları ve kök kesitleri göz ardı edilerek yalnız irrigasyon tekniklerinin etkinliklerine bakıldığında kullanılan irrigasyon teknikleri arasında PUI ve PIPS aktivasyon teknikleri kontrol grubu olarak belirlenen ve klinik olarak yaygın kullanılan GŞİ tekniğine kıyasla Ca(OH)_2 'i kök kanallarından uzaklaştırmada daha başarılı bulundu. PUI ve PIPS aktivasyon teknikleri tarafından irrigasyon solüsyonu üzerinde oluşturulan yüksek akış hızı kök kanallarından Ca(OH)_2 uzaklaştırmadaki etkinliği açıklayabilir. Bu aktivasyon teknikleriyle kök kanalları içerisindeki solüsyonlarda hem akustik etki hem kavitasyon meydana getirmektedir. Ayrıca PIPS ve PUI'nin etkinliği irrigasyon solüsyonunun yenilenmesi ile daha da artar [195].

Şelasyon ajanlar ve irrigasyon aktivasyon teknikleri göz ardı edilerek yalnız kök kanal kesitlerine bakıldığında koronal orta ve apikal kesitlerde irrigasyon aktivasyon işlemlerinden sonra arda kalan Ca(OH)_2 miktarı en fazla apikal kesitte gözlenmiştir. Çalışmamızda geleneksel şırınga irrigasyonu tekniğinin uygulanmasında luer lock bir şırınga ile 27 G'luk ucu kapalı yandan delikli bir iğne kullanılmıştır. Bu yöntem ile uygulanan irrigasyon solüsyonlarının iğne ucundan yalnızca 1 mm ileriye ulaşabildiği ve çalışma boyuna kadar uygun sıvı dağılımı sağlanamadığı daha önce yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir [123]. Apikal bölgenin irrigasyonu değerlendirilirken 'vapor lock etkisi' adı verilen fenomenin de dikkate alınması gerekmektedir. Kök kanal sistemi periodonsiyum ile çevrili ucu kapalı bir boru sistemi gibi düşünülebilir ve bu nedenle apikal üçte bir bölgesinde gaz kabarcığı oluşumu gerçekleşebilir. Böylece apikal bölgeye tam bir irrigasyon solüsyonu akışı önlenerek etkin bir temizleme işleminin yapılabilmesi de güçleşir.

Ca(OH)_2 'i kanallardan uzaklaştırmada şelasyon ajanı ve irrigasyon tekniğinin birlikte kullanımında en etkili sonuç HEBP şelasyon ajanı ile PIPS aktivasyon tekniğinin birlikte kullanılması ile elde edilirken, en az etkili sonuç ise sitrik asit ve GŞİ irrigasyon yönteminin bir arada kullanımında gözlenmiştir. Irrigasyon solüsyonlarının karşılaştırılmasında HEBP şelasyon ajanının, aktivasyon tekniklerinin karşılaştırılmasında PIPS aktivasyon tekniğinin en iyi sonuçları vermesi bir arada kullanımlarında da CaOH_2 'in uzaklaştırılmasında en iyi sonucun alınmasında etkili olmuştur.

Rödig ve ark. farklı irrigasyon ajanlarının kök kanal duvarlarından Ca(OH)_2 uzaklaştırılmasındaki etkinliğini karşılaştırmış, en iyi sonuçların EDTA ve SA ile irrigasyon yapılan gruplarda bulunduğu sonucuna varmışlardır [151]. Çalışmada Ca(OH)_2 'in uzaklaştırılması açısından irrigasyon solüsyonlarının kombine kullanılmasının herhangi bir avantaj sağlamadığı bildirilmiştir.

EDTA, HEBP ve perasetik asit'in Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada apikal üçte birde solüsyonlar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda da anlamlı fark olmamasına rağmen HEBP, EDTA'ya göre apikal üçte birde daha etkili bulunmuştur. Çalışmada her grupta 3 ml irrigasyon solüsyonu kullanmış olup total aktivasyon süresi ise 30 saniyedir. Bizim çalışmamızda ise daha fazla irrigasyon solüsyonu (20 ml) kullanılmış olup, ayrıca aktivasyon süresi daha uzun tutulmuştur. Bu iki çalışma arasındaki fark toplam irrigasyon hacminin ve aktivasyon sürelerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Ballal ve ark. yaptıkları çalışmada ultrasonik aktivasyon tekniği kullanarak %10 sitrik asit, %17 EDTA ve %7 maleik asit'in Ca(OH)_2 uzaklaştırılmadaki etkinliğini karşılaştırmışlar ve irrigasyon ajanlarının hiçbirinin Ca(OH)_2 – iyodoform – silikon yağı karışımını tamamen uzaklaştırmadığı sonucuna varmışlardır. Toplamda %7 maleik asit ve %10 sitrik asit, Ca(OH)_2 karışımını %17 EDTA'dan önemli ölçüde daha iyi uzaklaştırmıştır [78].

C-şekilli kök kanallarından Ca(OH)_2 'in uzaklaştırılmasını mikro-BT kullanarak değerlendiren bir çalışmada apikal bölge incelendiğinde, GŞİ, Endoaktivatör ve ultrasonik aktivasyonda kanal duvarlarının sırasıyla; %68, %28 ve %31'inin Ca(OH)_2 'den tam olarak temizlenemediğini tespit etmişlerdir [196]. GŞİ ve PUI'nin apikal bölgede Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliği sonuçları, çalışmamızın bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Wang ve ark. kavisli kök kanallarından Ca(OH)_2 uzaklaştırılmasının etkinliğini in vitro olarak incelemişler ve bir Ca(OH)_2 uzaklaştırma protokolü önermişlerdir. Araştırmacılar, bunu kök kanal sisteminden Ca(OH)_2 uzaklaştırılması için kararlı ve etkili bir yöntem olarak tanımlamışlardır. Endoaktivatör veya PUI ile %17 EDTA veya %10 sitrik asit kullanılmasını önermişler ancak etkin temizlik için 10 ml'den fazla irrigasyon solüsyonu kullanılmasını tavsiye etmişlerdir [197].

Arslan ve ark. kanal içi medikamentin uzaklaştırılma etkinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve distile su ile hazırladıkları pat kıvamındaki medikamenti 5 ml %17'lik EDTA kullanarak PIPS, EndoActivator, PUİ ve GŞİ yöntemleri ile uzaklaştırmışlar ve elde edilen bulgularda PIPS aktivasyon tekniğinin en etkili yöntem olduğunu rapor etmişlerdir [198] Yukardaki sonuçlarla benzer olarak çalışmamızda PIPS aktivasyon tekniği GŞİ'ye göre anlamlı düzeyde başarılı bulunmuştur.

Lloyd ve ark. PIPS, PUİ ve GŞİ'nin; %17 EDTA kullanarak $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırmadaki etkinliklerini mikro-BT ile inceledikleri çalışmada PIPS aktivasyon tekniğini PUİ ve GŞİ'ye göre anlamlı düzeyde etkin bulmuştur. PUİ grubundaki örneklerin hiçbirinde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tam olarak uzaklaştırılamamıştır [199]. Çalışmamızda EDTA grubu kendi içinde değerlendirildiğinde PUİ ve PIPS aktivasyon teknikleri GŞİ tekniğine göre $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırmada daha etkili bulunmuştur.

Ekim ve Erdemir yaptıkları çalışmada, geleneksel irrigasyon, PUİ, EndoVac, Diode, Nd:YAG, Er:YAG ve PIPS tekniklerinin smear tabakası kaldırmadaki etkinlerini SEM'de incelemişler ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında PIPS tekniğinin PUİ, EndoVac, Er:YAG ve Nd:YAG'dan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.. En düşük smear skorlarının koronal bölgede PIPS, orta bölgede Er:YAG ve apikal bölgede EndoVac gruplarında olduğu tespit edilmiştir [76]. Çalışmamızda da her ne kadar smear ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ medikamenti yapısı gereği farklı olsa da PIPS'in kök kanalında koronal üçte birde daha başarılı olduğu sonucuna varılabilir.

Li ve ark. yaptıkları çalışmada PUİ yönteminin ana kanal ve isthmuslardan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliğini PIPS ve sonik irrigasyon teknikleri ile karşılaştırmış ve örnekleri mikro-BT ve SEM ile ayrı ayrı inceleyerek değerlendirmiştir. Sonuç olarak PUİ ve PIPS tekniklerinin sonik ve GŞİ yöntemlerine göre daha etkili olduğu, ancak birbirleri ile karşılaştırılmalarında aralarında anlamlı fark bulunmadığı bildirilmiştir. Ayrıca bu yöntemler ile kanalların apikal bölgelerinden $\text{Ca}(\text{OH})_2$ medikamentinin tamamen uzaklaştırılamadığı da rapor edilmiştir [95]. Sonuçlar tez çalışmamızın sonuçlarıyla uyumludur. Çalışmamızın bulgularında da $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliği açısından PUİ ve PIPS tekniği arasında anlamlı fark gözlemlenmemiştir. Bu benzerlik ultrasonik enerjinin irrigasyon solüsyonuna iletildiğinde kök kanallarında oluşan hızlı dairesel hareket sonucu meydana gelen yüksek kesme geriliminden ve PIPS ucunun koronal bölüme yerleştirilmesinden dolayı sıvıya transfer edilen enerjinin bir kısmının apikal üçlüye ulaşmaya kadar kaybolmasından kaynaklanabilir.

Bununla birlikte bazı araştırmacılar, sonik veya ultrasonik aktivasyon sırasında aktive edilen eğenin sıvıya teması kesildiğinde apikal bölümde buhar kilidi etkisinin meydana geldiğini ve eğenin apikaldeki bu gaz kabarcığı ile temas ettiği durumlarda akustik akım ve kavitasyon etkisinin ortadan kalktığını iddia etmişlerdir. Bu etki kök kanallarından kanal içi medikamentin tamamen uzaklaştırılamamasını açıklayabilir [200].

İrrigasyon aktivasyon tekniklerinden ve kök kesitlerinden bağımsız değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmamakla birlikte %10 sitrik asit, %17'lik EDTA ve %9'luk HEBP şelasyon ajanlarına göre kök kanalında daha az dentin erozyonuna neden olmuştur. Sitrik asitin organik yapısı sebebiyle kök kanallarındaki mevcut Ca(OH)_2 tarafından tamponlanma etkisi, Ca(OH)_2 uzaklaştırma etkinliğinde olduğu gibi erozyon miktarını da benzer şekilde etkileyip kök dentininde daha az erozyon oluşmasına sebep olmuş olabilir.

Şelasyon ajanlarından ve kök kesitlerinden bağımsız değerlendirildiğinde kullanılan irrigasyon teknikleri arasında PUI ve PIPS aktivasyon teknikleri dentinde meydana gelen erozyon bakımından GŞİ tekniğine göre daha fazla erozyona neden olmuştur. Kök kanallarından Ca(OH)_2 'i uzaklaştıran kavitasyon ve akustik etki burada da dentinde meydana gelen daha fazla erozyondan sorumlu olabilir.

Şelasyon ajanlarından ve irrigasyon aktivasyon tekniklerinden bağımsız değerlendirildiğinde kök kanallarının koronal orta ve apikal kesitlerinde irrigasyon aktivasyon işlemlerinden sonra meydana gelen dentin erozyon miktarı en fazla orta kesitte gözlenmiştir. Koronal kesit ve orta kesitler arasında anlamlı fark gözlenmemiştir. Apikal bölgede daralan kanal çapı ve buhar kilidi sebebiyle şelasyon ajanlarının bu bölgede etkinlikleri kısıtlanmış ve bu da oluşacak erozyon miktarını azaltmış olabilir.

Bütün gruplar içinde en fazla dentin erozyonu HEBP şelasyon ajanı ve PIPS aktivasyon tekniğinin bir arada kullanımı ile gözlenmiştir. Bu durum HEBP' nin yüksek asiditesi ve PIPS' in akustik patlama etkilerinin birlikte etkili olmasından kaynaklanabilir. İrrigasyon solüsyonlarının demineralize edici etkisinin, ıslanabilirliklerini belirleyen yüzey gerilimlerine bağlı olduğu bildirilmiştir [201]. Bir sıvının bir yüzeye yayılma yeteneği olarak tanımlanan ıslanabilirliğin; irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine nüfuz etmesine katkıda bulunan önemli bir faktör

olduğu öne sürülmüştür. Bununla birlikte, yüzey gerilimi ve penetrasyon derinliğine ek olarak diğer parametreler şelatörlerin aşındırıcı potansiyelini etkileyebilir [202]. EDTA ve HEBP ile irrigate edilen örnekler, apikal bölgede sitrik asite göre erozyon seviyesi için daha fazla skor 1 olarak puanlandı. Skor 1, smear tabakası ve erozyon olmaksızın açık dentin tübüllerini temsil ettiğinden; sonuçlar, diğer şelatörlerin kök kanallarının apikal üçte birinden smear tabakasını çıkarmada sitrik asite üstünlüğünü bildiren önceki çalışmaların bulgularını desteklemektedir [53, 203].

İrrigasyon maddelerinin neden olduğu dentin erozyonu literatürde geniş çapta incelenmiştir ve şelasyon ajanlarından sonra NaOCl kullanımı ile ilişkilendirilmiştir [204, 205]. EDTA'dan önce NaOCl kullanıldığında, hidroksiapatit tabakanın kolajen liflerini NaOCl'in çözme etkisinden koruduğu görülmektedir. NaOCl, şelasyon ajanlarından sonra kullanıldığında, daha önce demineralize edici ajan tarafından açıkta bırakılan kolajeni doğrudan parçalayabilir [206].

Bu çalışmada, EDTA, sitrik asit ve HEBP grupları, aktivasyon teknikleriyle birlikte kullanıldığında Ca(OH)_2 'i temizlemede ve dentin tübüllerini açmada etkili bulundu. Ancak bu irrigasyon aktivasyon tekniklerinin diğer çalışmalarla uyumlu olarak dentin tübüllerinde erozyona neden olduğu gözlemlendi. Öte yandan; farklı bir bakış açısı olarak sınırlı seviyede erozyonun, kanal duvarının temizlenmesini optimize etmeye yardımcı olabileceği ve tübüllere penetre olmuş birikintileri ve bakterileri ortadan kaldıracaklığı da literatürde rapor edilmiştir [207].

HEBP ve EDTA grupları, sitrik asit gruplarıyla karşılaştırıldığında dentin tübüllerinde daha fazla erozyona neden olduğu gözlemlenmiştir. Ancak araştırmacılar bu durumun dentin mikrosertliğinde önemli bir değişim meydana getirmediğini bildirmişlerdir [208]. Saghiri ve ark.'a göre, irrigasyon ajanlarının penetrasyon derinliği anahtar faktör olabileceğinden, dentin sertliğinde azalmanın ana nedeni erozyon değildir [209]. Lottanti ve ark. HEBP ve EDTA'nın kanal duvarındaki tübüllerin açılma bölgelerini genişlettiğini ve dekalsifikasyona sebep olduğunu bildirmiştir. Perasetik asit veya sitrik asit gibi organik asitlerin kullanımının tübüllerde daha az dekalsifiye alana yol açtığı gözlemlenmiştir [8].

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Simüle edilmiş açık apeksli dişlerle gerçekleştirilen bu çalışmada PIPS, PUI ve GŞİ tekniklerinin EDTA, sitrik asit ve HEBP ile birlikte kullanımının kök kanal sisteminden $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliği ve kök kanal dentininde oluşturduğu erozyon incelendi ve aşağıdaki sonuçlar elde edildi.

1. Çalışmada kullanılan yöntemlerin hiçbirinin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ medikamentini kök kanallarından tam olarak uzaklaştıramadığı,
2. PIPS ve PUI tekniklerinin kök kanallarından $\text{Ca}(\text{OH})_2$ medikamentini uzaklaştırmada benzer etki göstererek GŞİ tekniğine kıyasla daha üstün olduğu,
3. PIPS ve PUI aktivasyon tekniklerinin şelasyon ajanından bağımsız olarak, kök kanal dentininde erozyona sebep olduğu ve en fazla erozyonun PIPS aktivasyon tekniği ve HEBP şelasyon ajanının birlikte kullanımı sonrası olduğu,
4. Kök gelişimi tamamlanmış ve tamamlanmamış dişlerde irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin ve şelasyon ajanlarının $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma ve dentin erozyonu açısından karşılaştırılması konusunda literatür desteğinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir.
5. HEBP şelasyon ajanının güvenli kullanımı açısından farklı konsantrasyonlarının farklı irrigasyon aktivasyon tekniğiyle kullanıldığı ve kök kanallarından $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i mümkün olan en fazla miktarda uzaklaştırırken, dentin erozyonunu kabul edilebilir seviyede tutabilecek irrigasyon protokollerinin belirlenmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Endodontology, E.S.o., *Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology*. International endodontic journal, 2006. **39**(12): p. 921-930.
2. Giuliani, V., et al., *The use of MTA in teeth with necrotic pulps and open apices* 1. Dental Traumatology, 2002. **18**(4): p. 217-221.
3. Wigler, R., et al., *Revascularization: a treatment for permanent teeth with necrotic pulp and incomplete root development*. Journal of endodontics, 2013. **39**(3): p. 319-326.
4. Gelman, R. and H. Park, *Pulp revascularization in an immature necrotic tooth: a case report*. Pediatric dentistry, 2012. **34**(7): p. 496-499.
5. Aggarwal, V., S. Miglani, and M. Singla, *Conventional apexification and revascularization induced maturogenesis of two non-vital, immature teeth in same patient: 24 months follow up of a case*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2012. **15**(1): p. 68.
6. Tartari, T., et al., *A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness*. International Journal of Dentistry, 2013. **2013**.
7. Slutzky-Goldberg, I., R. Liberman, and I. Heling, *The effect of instrumentation with two different file types, each with 2.5% NaOCl irrigation on the microhardness of root dentin*. Journal of endodontics, 2002. **28**(4): p. 311-312.
8. Lottanti, S., et al., *Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer*. International endodontic journal, 2009. **42**(4): p. 335-343.
9. Cruz-Filho, A.M., et al., *Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin*. J Endod, 2011. **37**(3): p. 358-62.
10. Uzunoglu, E., et al., *Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures*. J Endod, 2012. **38**(8): p. 1110-3.
11. El Nesr, N. and J. Avery, *Development of the teeth: root and supporting tissues*. Oral Development and Histology, 2006.
12. Rafter, M., *Apexification: a review*. Dental Traumatology, 2005. **21**(1): p. 1-8.
13. Berkovitz, B., G. Holland, and B. Moxham, *Development of the root and periodontal ligament*. Oral Anatomy, Embryology and Histology, 2002.
14. Ford, T.P. and S. Shabahang, *Management of incompletely formed roots*, in *Principles and practice of endodontics*. 2003, Saunders. p. 388-404.

15. Fuks, A.B., *Pulp therapy for the primary and young permanent dentitions*. Dental clinics of north america, 2000. **44**(3): p. 571-596.
16. Flores, M.T., et al., *Guidelines for the management of traumatic dental injuries. I. Fractures and luxations of permanent teeth*. Endodontic Topics, 2006. **14**(1): p. 102-110.
17. Holland, R., et al., *Root canal treatment with calcium hydroxide: I. Effect of overfilling and refilling*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1979. **47**(1): p. 87-92.
18. Weisenseel Jr, J.A., M.L. Hicks, and G.B. Pelleu Jr, *Calcium hydroxide as an apical barrier*. Journal of Endodontics, 1987. **13**(1): p. 1-5.
19. Margelos, J., et al., *Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem*. Journal of Endodontics, 1997. **23**(1): p. 43-48.
20. Lambrianidis, T., J. Margelos, and P. Beltes, *Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal*. Journal of Endodontics, 1999. **25**(2): p. 85-88.
21. Urban, K., et al., *Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation*. Clin Oral Investig, 2017. **21**(9): p. 2681-2687.
22. Uzunoglu-Özyürek, E., Ö. Erdoğan, and S.A. Türker, *Effect of calcium hydroxide dressing on the dentinal tubule penetration of 2 different root canal sealers: a confocal laser scanning microscopic study*. Journal of endodontics, 2018. **44**(6): p. 1018-1023.
23. Cvek, M., *Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study*. Dental Traumatology, 1992. **8**(2): p. 45-55.
24. Andreasen, J., et al., *Effect of treatment delay upon pulp and periodontal healing of traumatic dental injuries—a review article*. Dental traumatology, 2002. **18**(3): p. 116-128.
25. Torabinejad, M., M. Parirokh, and P.M. Dummer, *Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part II: other clinical applications and complications*. International endodontic journal, 2018. **51**(3): p. 284-317.
26. Rossmesl, R., et al., *A study of freeze-dried (lyophilized) dentin used as an apical barrier in adult monkey teeth*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1982. **53**(3): p. 303-310.
27. Roberts Jr, S.C. and J.D. Brilliant, *Tricalcium phosphate as an adjunct to apical closure in pulpless permanent teeth*. Journal of Endodontics, 1975. **1**(8): p. 263-269.

28. TÜLOĞLU, D.N., Ş. Bayrak, and A.G.Z. ERİŞGİN, *İki farklı kök ucu dolgu materyali tarafından oluşturulan bağ doku reaksiyonlarının değerlendirilmesi*. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2012. **2012**(3): p. 264-271.
29. Lin, L.M. and B. Kahler, *A review of regenerative endodontics: current protocols and future directions*. J Istamb Univ Fac Dent, 2017. **51**(3 Suppl 1): p. S41-s51.
30. Parirokh, M. and M. Torabinejad, *Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action*. Journal of endodontics, 2010. **36**(3): p. 400-413.
31. Sawyer, A.N., et al., *Effects of calcium silicate-based materials on the flexural properties of dentin*. Journal of endodontics, 2012. **38**(5): p. 680-683.
32. Moreno-Hidalgo, M., et al., *Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis*. International endodontic journal, 2014. **47**(4): p. 321-331.
33. Huang, G.T.-J., et al., *The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering*. Journal of endodontics, 2008. **34**(6): p. 645-651.
34. NYGAARD-ÖSTBY, B. and O. HJORTDAL, *Tissue formation in the root canal following pulp removal*. European Journal of Oral Sciences, 1971. **79**(3): p. 333-349.
35. Ring, K.C., et al., *The comparison of the effect of endodontic irrigation on cell adherence to root canal dentin*. Journal of endodontics, 2008. **34**(12): p. 1474-1479.
36. Galler, K., *Clinical procedures for revitalization: current knowledge and considerations*. International endodontic journal, 2016. **49**(10): p. 926-936.
37. Langeland, K., et al., *A histopathologic and histobacteriologic study of 35 periapical endodontic surgical specimens*. Journal of endodontics, 1977. **3**(1): p. 8-23.
38. Johnson, W.T. and W.T. Johnson, *Color atlas of endodontics*. 2002: WB Saunders.
39. Pitt, W.G., *Removal of oral biofilm by sonic phenomena*. Am J Dent, 2005. **18**(5): p. 345-52.
40. Hülsmann, M., M. Heckendorff, and A. Lennon, *Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use*. International endodontic journal, 2003. **36**(12): p. 810-830.
41. Pashley, D.H., *The effects of acid etching on the pulpodentin complex*. Operative dentistry, 1992. **17**(6): p. 229-242.

42. Tjäderhane, L., et al., *Dentin basic structure and composition—an overview*. Endodontic topics, 2009. **20**(1): p. 3-29.
43. Garberoglio, R. and M. Brännström, *Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules*. Archives of oral biology, 1976. **21**(6): p. 355-362.
44. Linde, A. and M. Goldberg, *Dentinogenesis*. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine, 1993. **4**(5): p. 679-728.
45. Pashley, D.H., *Clinical correlations of dentin structure and function*. The Journal of prosthetic dentistry, 1991. **66**(6): p. 777-781.
46. Barbosa, S., K. Safavi, and L. Spångberg, *Influence of sodium hypochlorite on the permeability and structure of cervical human dentine*. International Endodontic Journal, 1994. **27**(6): p. 309-312.
47. De-Deus, G., S. Paciornik, and M. Mauricio, *Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine*. International Endodontic Journal, 2006. **39**(5): p. 401-407.
48. Cruz-Filho, A.M., et al., *Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin*. Journal of endodontics, 2011. **37**(3): p. 358-362.
49. Zehnder, M., *Root canal irrigants*. J Endod, 2006. **32**(5): p. 389-98.
50. Saquy, P.C., et al., *Evaluation of chelating action of EDTA in association with Dakin's solution*. Braz Dent J, 1994. **5**(1): p. 65-70.
51. von der Fehr, F.R. and B.N. Östby, *Effect of edtac and sulfuric acid on root canal dentine*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 1963. **16**(2): p. 199-205.
52. Goldman, M., et al., *New method of irrigation during endodontic treatment*. Journal of endodontics, 1976. **2**(9): p. 257-260.
53. Chockattu, S.J., B. Deepak, and K.M. Goud, *Comparison of efficiency of ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid, and etidronate in the removal of calcium hydroxide intracanal medicament using scanning electron microscopic analysis: An in-vitro study*. Journal of conservative dentistry: JCD, 2017. **20**(1): p. 6.
54. Çalt, S. and A. Serper, *Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide*. Journal of endodontics, 1999. **25**(6): p. 431-433.
55. Calt, S. and A. Serper, *Time-dependent effects of EDTA on dentin structures*. Journal of endodontics, 2002. **28**(1): p. 17-19.
56. Perez, F. and N. Rouqueyrol-Pourcel, *Effect of a low-concentration EDTA solution on root canal walls: a scanning electron microscopic study*. Oral

Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2005. **99**(3): p. 383-387.

57. Yamaguchi, M., et al., *Root canal irrigation with citric acid solution*. J Endod, 1996. **22**(1): p. 27-9.
58. Georgopoulou, M., E. Kontakiotis, and M. Nakou, *Evaluation of the antimicrobial effectiveness of citric acid and sodium hypochlorite on the anaerobic flora of the infected root canal*. International Endodontic Journal, 1994. **27**(3): p. 139-143.
59. Basrani, B. and M. Haapasalo, *Update on endodontic irrigating solutions*. Endodontic topics, 2012. **27**(1): p. 74-102.
60. Reis, C., et al., *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): p. 1608-1615.
61. Machado-Silveiro, L., S. González-López, and M. Gonzalez-Rodriguez, *Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate*. International Endodontic Journal, 2004. **37**(6): p. 365-369.
62. Machado, R., et al., *Evaluation of 17% EDTA and 10% citric acid in smear layer removal and tubular dentin sealer penetration*. Microsc Res Tech, 2018. **81**(3): p. 275-282.
63. Atesci, A.A., et al., *Effect of different dentin conditioning agents on growth factor release, mesenchymal stem cell attachment and morphology*. Journal of endodontics, 2020. **46**(2): p. 200-208.
64. Chun, Y.H.P., et al., *Bisphosphonate modulates cementoblast behavior in vitro*. 2005.
65. Zehnder, M., et al., *Chelation in root canal therapy reconsidered*. Journal of endodontics, 2005. **31**(11): p. 817-820.
66. Morago, A., et al., *Dentine tubule disinfection by different irrigation protocols*. Microscopy research and technique, 2019. **82**(5): p. 558-563.
67. Paqué, F., A. Al-Jadaa, and A. Kfir, *Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars*. International endodontic journal, 2012. **45**(5): p. 413-418.
68. De-Deus, G., et al., *Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model*. Journal of endodontics, 2008. **34**(1): p. 71-75.
69. Imfeld, T., *Dental erosion. Definition, classification and links*. European journal of oral sciences, 1996. **104**(2): p. 151-155.

70. Haapasalo, M., et al., *Irrigation in endodontics*. Dental Clinics, 2010. **54**(2): p. 291-312.
71. Mareending, M., et al., *Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation*. International endodontic journal, 2007. **40**(10): p. 786-793.
72. Niu, W., et al., *A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions*. International endodontic journal, 2002. **35**(11): p. 934-939.
73. Mancini, M., et al., *A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions: a scanning electron microscopy evaluation*. Journal of endodontics, 2009. **35**(6): p. 900-903.
74. Rajasingham, R., et al., *The effect of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid irrigation, individually and in alternation, on tooth surface strain*. International Endodontic Journal, 2010. **43**(1): p. 31-40.
75. Driscoll, C., et al., *Effects of sodium hypochlorite solution on root dentine composition*. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 2002. **13**(2): p. 219-223.
76. Uzunoglu, E., et al., *Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures*. Journal of endodontics, 2012. **38**(8): p. 1110-1113.
77. Desai, S. and N. Chandler, *The restoration of permanent immature anterior teeth, root filled using MTA: a review*. journal of dentistry, 2009. **37**(9): p. 652-657.
78. Ramírez-Bommer, C., et al., *Estimated depth of apatite and collagen degradation in human dentine by sequential exposure to sodium hypochlorite and EDTA: a quantitative FTIR study*. International Endodontic Journal, 2018. **51**(4): p. 469-478.
79. Chen, X., et al., *Regenerative endodontic treatment of an immature permanent tooth at an early stage of root development: a case report*. J Endod, 2013. **39**(5): p. 719-22.
80. Kim, Y.J. and N. Chandler, *Determination of working length for teeth with wide or immature apices: a review*. International endodontic journal, 2013. **46**(6): p. 483-491.
81. Guidelines., A.E.C.D.A.F.a., 2017.
82. Trope, M., *Treatment of the immature tooth with a non–vital pulp and apical periodontitis*. Dental clinics, 2010. **54**(2): p. 313-324.

83. Hargreaves, K.M., A. Diogenes, and F.B. Teixeira, *Treatment options: biological basis of regenerative endodontic procedures*. Pediatric dentistry, 2013. **35**(2): p. 129-140.
84. Trevino, E.G., et al., *Effect of irrigants on the survival of human stem cells of the apical papilla in a platelet-rich plasma scaffold in human root tips*. J Endod, 2011. **37**(8): p. 1109-15.
85. Vertucci, F.J., *Root canal anatomy of the human permanent teeth*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1984. **58**(5): p. 589-99.
86. Siqueira, J.F., Jr., et al., *What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy*. Int Endod J, 2018. **51**(5): p. 501-508.
87. Ramirez, T., A. Shrestha, and A. Kishen, *Inflammatory potential of monospecies biofilm matrix components*. Int Endod J, 2019. **52**(7): p. 1020-1027.
88. Tay, F.R., et al., *Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery*. J Endod, 2010. **36**(4): p. 745-50.
89. Vera, J., A. Arias, and M. Romero, *Dynamic movement of intracanal gas bubbles during cleaning and shaping procedures: the effect of maintaining apical patency on their presence in the middle and cervical thirds of human root canals-an in vivo study*. J Endod, 2012. **38**(2): p. 200-3.
90. Gu, L.S., et al., *Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices*. J Endod, 2009. **35**(6): p. 791-804.
91. Kahn, F.H., P.A. Rosenberg, and J. Gliksberg, *An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes*. Journal of Endodontics, 1995. **21**(5): p. 277-280.
92. Gu, L.-s., et al., *Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices*. Journal of endodontics, 2009. **35**(6): p. 791-804.
93. Boutsoukakis, C., et al., *Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles*. International Endodontic Journal, 2007. **40**(7): p. 504-513.
94. Hauser, V., A. Braun, and M. Frentzen, *Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®)*. International endodontic journal, 2007. **40**(8): p. 644-652.
95. Li, D., et al., *Efficacy of needle, ultrasonic, and endoactivator irrigation and photon-induced photoacoustic streaming in removing calcium hydroxide from the main canal and isthmus: an in vitro micro-computed tomography and scanning electron microscopy study*. Photomedicine and laser surgery, 2015. **33**(6): p. 330-337.

96. Chow, T., *Mechanical effectiveness of root canal irrigation*. Journal of endodontics, 1983. **9**(11): p. 475-479.
97. Sedgley, C., et al., *Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro*. International Endodontic Journal, 2005. **38**(2): p. 97-104.
98. Huang, T.Y., K. Gulabivala, and Y.L. Ng, *A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation*. International endodontic journal, 2008. **41**(1): p. 60-71.
99. Caron, G., et al., *Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals*. Journal of endodontics, 2010. **36**(8): p. 1361-1366.
100. Ruddle, C.J., *Cleaning and shaping the root canal system*. Pathways of the Pulp, 2002.
101. Weise, M., et al., *Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals: a SEM evaluation*. Int Endod J, 2007. **40**(12): p. 979-1007.
102. Walters, M.J., J.C. Baumgartner, and J.G. Marshall, *Efficacy of irrigation with rotary instrumentation*. Journal of Endodontics, 2002. **28**(12): p. 837-839.
103. Metzger, Z., et al., *The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy—a new concept of endodontic files and its implementation*. Journal of Endodontics, 2010. **36**(4): p. 679-690.
104. McGill, S., et al., *The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model*. International endodontic journal, 2008. **41**(7): p. 602-608.
105. Parente, J., et al., *Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system*. International endodontic journal, 2010. **43**(11): p. 1001-1012.
106. Ahmad, M., T.R.P. Ford, and L.A. Crum, *Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved*. Journal of Endodontics, 1987. **13**(3): p. 93-101.
107. Ruddle, C., *Endodontic disinfection-tsunami irrigation*. Endodontic Practice, 2008. **11**(1): p. 7.
108. van der Sluis, L.W., et al., *Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature*. Int Endod J, 2007. **40**(6): p. 415-26.
109. Ricardo, S. and B. Nursasongko, *Comparison of Apical Third Cleanliness of Smear Layer Using Endoactivator® and Vibringe®*. Journal of International Dental & Medical Research, 2016. **9**(3).

110. Ahmad, M., et al., *The vibratory pattern of ultrasonic files driven piezoelectrically*. International endodontic journal, 1993. **26**(2): p. 120-124.
111. Van der Sluis, L., et al., *Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature*. International endodontic journal, 2007. **40**(6): p. 415-426.
112. Weller, R.N., J.M. Brady, and W.E. Bernier, *Efficacy of ultrasonic cleaning*. Journal of Endodontics, 1980. **6**(9): p. 740-743.
113. Ahmad, M., R. Roy, and A. Kamarudin, *Observations of acoustic streaming fields around an oscillating ultrasonic file*. Dental Traumatology, 1992. **8**(5): p. 189-194.
114. ROY*, R., M. AHMAD*, and L. Crum, *Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file*. International endodontic journal, 1994. **27**(4): p. 197-207.
115. Jensen, S.A., et al., *Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals*. Journal of Endodontics, 1999. **25**(11): p. 735-738.
116. De Groot, S., et al., *Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization*. International endodontic journal, 2009. **42**(12): p. 1077-1083.
117. George, R., I.A. Meyers, and L.J. Walsh, *Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal*. Journal of endodontics, 2008. **34**(12): p. 1524-1527.
118. Moritz, A. and F. Beer, *Oral laser application*. 2006: Quintessence Publishing Company.
119. Peters, O.A., et al., *Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming*. J Endod, 2011. **37**(7): p. 1008-12.
120. Peeters, H.H. and L. Mooduto, *Radiographic examination of apical extrusion of root canal irrigants during cavitation induced by Er, Cr: YSGG laser irradiation: an in vivo study*. Clinical oral investigations, 2013. **17**(9): p. 2105-2112.
121. Charara, K., et al., *Assessment of apical extrusion during root canal irrigation with the novel GentleWave system in a simulated apical environment*. Journal of endodontics, 2016. **42**(1): p. 135-139.
122. Haapasalo, M., et al., *Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite*. J Endod, 2014. **40**(8): p. 1178-81.
123. Haapasalo, M., et al., *Irrigation in endodontics*. British dental journal, 2014. **216**(6): p. 299-303.

124. Weine, F.S., *Endodontic therapy*, ed. 2, St. Louis: CV Mosby Co, 1976: p. 444.
125. Nair, P.R., *Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures*. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine, 2004. **15**(6): p. 348-381.
126. Byström, A. and G. Sundqvist, *Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy*. Scand J Dent Res, 1981. **89**(4): p. 321-8.
127. Athanassiadis, B., P. Abbott, and L.J. Walsh, *The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics*. Australian dental journal, 2007. **52**: p. S64-S82.
128. Sato, I., et al., *Sterilization of infected root-canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline in situ*. International endodontic journal, 1996. **29**(2): p. 118-124.
129. Sato, T., et al., *In vitro antimicrobial susceptibility to combinations of drugs of bacteria from carious and endodontic lesions of human deciduous teeth*. Oral microbiology and immunology, 1993. **8**(3): p. 172-176.
130. Petrino, J.A., et al., *Challenges in regenerative endodontics: a case series*. Journal of endodontics, 2010. **36**(3): p. 536-541.
131. Ruparel, N.B., et al., *Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla*. Journal of endodontics, 2012. **38**(10): p. 1372-1375.
132. Iwaya, S.i., M. Ikawa, and M. Kubota, *Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract*. Dental Traumatology, 2001. **17**(4): p. 185-187.
133. Ings, R.M., J.A. McFadzean, and W.E. Ormerod, *The mode of action of metronidazole in Trichomonas vaginalis and other micro-organisms*. Biochemical pharmacology, 1974. **23**(9): p. 1421-1429.
134. Althumairy, R.I., F.B. Teixeira, and A. Diogenes, *Effect of dentin conditioning with intracanal medicaments on survival of stem cells of apical papilla*. Journal of endodontics, 2014. **40**(4): p. 521-525.
135. Phumpatrakom, P. and T. Srisuwan, *Regenerative capacity of human dental pulp and apical papilla cells after treatment with a 3-antibiotic mixture*. Journal of endodontics, 2014. **40**(3): p. 399-405.
136. McIntyre, P.W., et al., *The antimicrobial properties, cytotoxicity, and differentiation potential of double antibiotic intracanal medicaments loaded into hydrogel system*. Clinical oral investigations, 2019. **23**(3): p. 1051-1059.
137. Alliet, P. and H. Vande Voorde, *Le rôle de l'hydroxyde de calcium en Endodontie*. Revue Belge de Médecine Dentaire, 1988. **43**: p. 24-39.

138. Siqueira Jr, J. and H. Lopes, *Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review*. International endodontic journal, 1999. **32**(5): p. 361-369.
139. Tronstad, L., et al., *pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide*. Journal of endodontics, 1981. **7**(1): p. 17-21.
140. Pereira, J. and H. Stanley, *Pulp capping: influence of the exposure site on pulp healing-histologic and radiographic study in dogs' pulp*. Journal of endodontics, 1981. **7**(5): p. 213-223.
141. Nelson-Filho, P., et al., *Radiographic evaluation of the effect of endotoxin (LPS) plus calcium hydroxide on apical and periapical tissues of dogs*. Journal of endodontics, 2002. **28**(10): p. 694-696.
142. Andreasen, J.O., B. Farik, and E.C. Munksgaard, *Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture*. Dental Traumatology, 2002. **18**(3): p. 134-137.
143. Arslan, H., et al., *Efficacy of needle irrigation, EndoActivator, and photon-initiated photoacoustic streaming technique on removal of double and triple antibiotic pastes*. Journal of endodontics, 2014. **40**(9): p. 1439-1442.
144. Arslan, H., et al., *Efficacy of various irrigation protocols on the removal of triple antibiotic paste*. International endodontic journal, 2014. **47**(6): p. 594-599.
145. Phillips, M., S. McCLANAHAN, and W. Bowles, *A titration model for evaluating calcium hydroxide removal techniques*. Journal of applied oral science, 2015. **23**: p. 94-100.
146. Endodontists, A.A.o., *Clinical considerations for a regenerative procedure*. 2015, American association of Endodontists Chicago.
147. Kim, S. and Y. Kim, *Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal*. International endodontic journal, 2002. **35**(7): p. 623-628.
148. Cohen, S. and R. Burns, *Pathways of the pulp 8th ed*. St Louis Mosby, 2002. **2**.
149. Kenee, D.M., et al., *A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques*. Journal of endodontics, 2006. **32**(6): p. 563-565.
150. Balvedi, R., et al., *A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals*. International endodontic journal, 2010. **43**(9): p. 763-768.
151. Rödiger, T., et al., *Comparison of ultrasonic irrigation and RinsEndo for the removal of calcium hydroxide and Ledermix paste from root canals*. International endodontic journal, 2011. **44**(12): p. 1155-1161.

152. Van der Sluis, L., M. Wu, and P. Wesselink, *The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies*. International Endodontic Journal, 2007. **40**(1): p. 52-57.
153. Kuga, M.C., et al., *Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study*. Brazilian dental journal, 2010. **21**: p. 310-314.
154. Salgado, R.J.C., et al., *Comparison of different irrigants on calcium hydroxide medication removal: microscopic cleanliness evaluation*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2009. **107**(4): p. 580-584.
155. Nandini, S., N. Velmurugan, and D. Kandaswamy, *Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study*. Journal of Endodontics, 2006. **32**(11): p. 1097-1101.
156. Torabinejad, M., et al., *The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer*. J Endod, 2003. **29**(4): p. 233-9.
157. Yang, S.-F., et al., *Anaerobic tissue-dissolving abilities of calcium hydroxide and sodium hypochlorite*. Journal of endodontics, 1995. **21**(12): p. 613-616.
158. Behnen, M.J., et al., *Antimicrobial activity of several calcium hydroxide preparations in root canal dentin*. Journal of endodontics, 2001. **27**(12): p. 765-767.
159. Bodrumlu, E., et al., *The effects of calcium hydroxide removal methods on bond strength of Epiphany SE with two irrigation protocols*. Acta Odontologica Scandinavica, 2013. **71**(3-4): p. 989-993.
160. Wilkinson, K.L., T.J. Beeson, and T.C. Kirkpatrick, *Fracture resistance of simulated immature teeth filled with resilon, gutta-percha, or composite*. Journal of Endodontics, 2007. **33**(4): p. 480-483.
161. Goldman, M., et al., *The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2*. Journal of endodontics, 1982. **8**(11): p. 487-492.
162. Baumgartner, J.C. and C.L. Mader, *A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens*. Journal of endodontics, 1987. **13**(4): p. 147-157.
163. Cergneux, M., et al., *The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation*. International Endodontic Journal, 1987. **20**(5): p. 228-232.
164. Frank, A.L., *Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation*. The Journal of the American Dental Association, 1966. **72**(1): p. 87-93.

165. Rosenberg, B., P.E. Murray, and K. Namerow, *The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength*. Dental Traumatology, 2007. **23**(1): p. 26-29.
166. Parirokh, M., et al., *Comparison of the effect of various irrigants on apically extruded debris after root canal preparation*. Journal of endodontics, 2012. **38**(2): p. 196-199.
167. Montero-Miralles, P., et al., *Effectiveness and clinical implications of the use of topical antibiotics in regenerative endodontic procedures: a review*. International endodontic journal, 2018. **51**(9): p. 981-988.
168. Segura-Egea, J., et al., *Antibiotics in Endodontics: a review*. International endodontic journal, 2017. **50**(12): p. 1169-1184.
169. Amin, S.A.W. and S.I. Gawdat, *Retention of BioAggregate and MTA as coronal plugs after intracanal medication for regenerative endodontic procedures: an ex vivo study*. Restorative Dentistry & Endodontics, 2018. **43**(3).
170. Latham, J., et al., *Disinfection efficacy of current regenerative endodontic protocols in simulated necrotic immature permanent teeth*. Journal of endodontics, 2016. **42**(8): p. 1218-1225.
171. Báez, V., et al., *"Meta-analysis of regenerative endodontics outcomes with antibiotics pastes and calcium hydroxide. The apex of the iceberg"*. Journal of oral biology and craniofacial research, 2022. **12**(1): p. 90-98.
172. Galler, K.M., *Clinical procedures for revitalization: current knowledge and considerations*. Int Endod J, 2016. **49**(10): p. 926-36.
173. Nandini, S., N. Velmurugan, and D. Kandaswamy, *Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study*. J Endod, 2006. **32**(11): p. 1097-101.
174. Galler, K.M., et al., *Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics*. J Endod, 2011. **37**(11): p. 1536-41.
175. Lee, B.N., et al., *A review of the regenerative endodontic treatment procedure*. Restor Dent Endod, 2015. **40**(3): p. 179-87.
176. Endodontists, A.A.o., *AAE clinical considerations for a regenerative procedure*. 2016, American association of Endodontists Chicago, IL, USA.
177. Khan, J.A., et al., *Effect of natural and artificial dentin conditioners on the release of vascular endothelial growth factor*. Journal of Endodontics, 2021. **47**(5): p. 800-805.
178. Tartari, T., et al., *Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness*. Journal of Applied Oral Science, 2013. **21**: p. 409-415.

179. Boessler, C., O.A. Peters, and M. Zehnder, *Impact of lubricant parameters on rotary instrument torque and force*. Journal of endodontics, 2007. **33**(3): p. 280-283.
180. Álvarez-Sagües, A., et al., *Efficacy of EDTA and HEDP chelators in the removal of mature biofilm of enterococcus faecalis by PUI and XPF file activation*. Dentistry Journal, 2021. **9**(4): p. 41.
181. Deniz Sungur, D., et al., *Effect of dentine conditioning with phytic acid or etidronic acid on growth factor release, dental pulp stem cell migration and viability*. International Endodontic Journal, 2019. **52**(6): p. 838-846.
182. Stuart, C.H., S.A. Schwartz, and T.J. Beeson, *Reinforcement of immature roots with a new resin filling material*. Journal of Endodontics, 2006. **32**(4): p. 350-353.
183. Hatibovic-Kofman, S., et al. *Mineral trioxide aggregate in endodontic treatment for immature teeth*. in *2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2006. IEEE.
184. O'Connell, M.S., et al., *A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA*. J Endod, 2000. **26**(12): p. 739-43.
185. Widbiller, M., et al., *Ultrasonic activation of irrigants increases growth factor release from human dentine*. Clinical oral investigations, 2017. **21**(3): p. 879-888.
186. Fang, Y., et al., *Influence of apical diameter on the outcome of regenerative endodontic treatment in teeth with pulp necrosis: a review*. Journal of Endodontics, 2018. **44**(3): p. 414-431.
187. Huang, G.T.-J., *Dental pulp and dentin tissue engineering and regeneration—advancement and challenge*. Frontiers in bioscience (Elite edition), 2011. **3**: p. 788.
188. Plotino, G., et al., *Ultrasonics in endodontics: a review of the literature*. Journal of endodontics, 2007. **33**(2): p. 81-95.
189. Cheung, G. and C. Stock, *In vitro cleaning ability of root canal irrigants with and without endosonics*. International Endodontic Journal, 1993. **26**(6): p. 334-343.
190. Lee, S.J., M.K. Wu, and P. Wesselink, *The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls*. International Endodontic Journal, 2004. **37**(10): p. 672-678.
191. Schoeffel, G.J., *The EndoVac method of endodontic irrigation, Part 3: System components and their interaction*. Dentistry today, 2008. **27**(8): p. 106-111.
192. Cameron, J.A., *The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study*. J Endod, 1983. **9**(7): p. 289-92.

193. Malki, M., et al., *Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy*. J Endod, 2012. **38**(5): p. 657-61.
194. DiVito, E., O.A. Peters, and G. Olivi, *Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation*. Lasers Med Sci, 2012. **27**(2): p. 273-80.
195. Do, Q.L. and A. Gaudin, *The efficiency of the Er: YAG laser and photoninduced photoacoustic streaming (PIPS) as an activation method in endodontic irrigation: a literature review*. Journal of lasers in medical sciences, 2020. **11**(3): p. 316.
196. Wigler, R., et al., *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*. International endodontic journal, 2017. **50**(7): p. 700-705.
197. Wang, Y., et al., *An in vitro study on the efficacy of removing calcium hydroxide from curved root canal systems in root canal therapy*. International journal of oral science, 2017. **9**(2): p. 110-116.
198. Arslan, H., et al., *An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide*. International Endodontic Journal, 2015. **48**(3): p. 246-251.
199. Lloyd, A., et al., *Removal of calcium hydroxide from Weine Type II systems using photon-induced photoacoustic streaming, passive ultrasonic, and needle irrigation: a microcomputed tomography study*. Journal of Applied Oral Science, 2016. **24**: p. 543-548.
200. Dioguardi, M., et al., *Passive Ultrasonic Irrigation Efficacy in the Vapor Lock Removal: Systematic Review and Meta-Analysis*. The Scientific World Journal, 2019. **2019**: p. 6765349.
201. Giardino, L., et al., *The in vitro Effect of Irrigants with Low Surface Tension on Enterococcus faecalis*. Iran Endod J, 2015. **10**(3): p. 174-8.
202. Wang, Z., et al., *The effect of detergents on the antibacterial activity of disinfecting solutions in dentin*. J Endod, 2012. **38**(7): p. 948-53.
203. Kaushal, R., R. Bansal, and S. Malhan, *A comparative evaluation of smear layer removal by using ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study*. J Conserv Dent, 2020. **23**(1): p. 71-78.
204. Qian, W., Y. Shen, and M. Haapasalo, *Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion*. Journal of endodontics, 2011. **37**(10): p. 1437-1441.
205. Aranda-Garcia, A.J., et al., *Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin*. Microsc Res Tech, 2013. **76**(10): p. 1079-83.

206. Sayin, T.C., et al., *The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2007. **104**(3): p. 418-424.
207. Niu, W., et al., *A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions*. Int Endod J, 2002. **35**(11): p. 934-9.
208. Baldasso, F.E.R., et al., *Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin*. Brazilian oral research, 2017. **31**.
209. Saghiri, M.A., et al., *A study of the relation between erosion and microhardness of root canal dentin*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 2009. **108**(6): p. e29-e34.



EKLER

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ

GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Tarihi: 23/03/2022

Toplantı Sayısı: 2022/05

Karar No: 2022.03.29

Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulu 23/03/2022 tarihinde Çarşamba günü saat 10.00'da Prof. Dr. Sema ZERGEROĞLU'nun başkanlığında toplanmıştır.

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ'ın danışmanlığında yürütülecek olan Arş. Gör. Dr. Orhan KILIÇASLAN'ın uzmanlık tezi "**Farklı İrrigasyon Aktivasyonu Yöntemleriyle Kullanılan EDTA, Sitrik Asit ve Etidronik Asit'in Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma ve Dentin Erozyonu Üzerine Etkisi**" isimli başvurusu Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkeleri gereğince değerlendirilmiştir.

KARAR: Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ'ın danışmanlığında yürütülecek olan Arş. Gör. Dr. Orhan KILIÇASLAN'ın uzmanlık tezi "**Farklı İrrigasyon Aktivasyonu Yöntemleriyle Kullanılan EDTA, Sitrik Asit ve Etidronik Asit'in Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırma ve Dentin Erozyonu Üzerine Etkisi**" isimli başvurusu Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkelerine uygun bulunmuştur.

ÖZGEÇMİŞ

Orhan Kılıçaslan, yılındade doğdu. İlköğrenimini, Kırıkkale Cumhuriyet İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise eğitimini Kırıkkale Anadolu Lisesi'nde bitirdi. 2007-2012 yılları arasında Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde lisans eğitimini tamamladıktan sonra 2018 DUS ile yerleştiği Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.