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

FARKLI İRRİGASYON TEKNİKLERİYLE KÖK KANALINDAN UZAKLAŞTIRILAN KALSİYUM HİDROKSİTİN KANAL DOLGU PATININ DENTİN TÜBÜLLERİNE PENETRASYONUNA ETKİSİNİN KONFOKAL LAZER MİKROSKOP (CLSM) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Fatma KANMAZ

UZMANLIK TEZİ

SİVAS
2017

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

FARKLI İRRİGASYON TEKNİKLERİYLE KÖK KANALINDAN UZAKLAŞTIRILAN KALSİYUM HİDROKSİTİN KANAL DOLGU PATININ DENTİN TÜBÜLLERİNE PENETRASYONUNA ETKİSİNİN KONFOKAL LAZER MİKROSKOP (CLSM) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Fatma KANMAZ
UZMANLIK TEZİ

Yrd. Doç. Dr. Demet ALTUNBAŞ
DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ

SİVAS
2017

ONAY SAYFASI

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından 13.10.2017 tarihinde Endodonti Anabilim Dalında uzmanlık tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Başkan: Prof. Dr. Kezban Meltem ÇOLAK

Üye: Doç. Dr. Kerem Engin AKPINAR

Üye: Yrd. Doç. Dr. Demet ALTUNBAŞ

Bu tez, 05.10.2017 tarih ve 29 sayılı Yönetim Kurulu Kararı ile belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof.Dr. İhsan HUBBEZOĞLU
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

Canım anneme ve canım babama ithaf ediyorum…

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ihtiyacım olduğu anda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, tez sürecim boyunca anlayışını benden esirgemeyen, klinik ve akademik anlamda kendimi geliştirmemde çok büyük bir katkısı olan, her konuda göstermiş olduğu titizliği ve azmini daima örnek alacağım, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum çok değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Demet ALTUNBAŞ'a

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 değerli hocam Sayın Doç. Dr. Kerem Engin AKPINAR'a,

Eğitimim ve tez sürecim boyunca bilgilerinden faydalandığım, manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, mesleki deneyimlerinin yanı sıra sosyal kişiliği ve yardımseverliği ile örnek aldığım sevgili hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Recai ZAN'a,

Tezimin istatistik çalışmalarında yardımlarını benden esirmeyen değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Hülya TOKER ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Ziynet ÇINAR'a,

En zor anlarımda yanımda olup bana destek olan, üzüntümüzü ve sevincimizi birlikte paylaştığımız, tez sürecim boyunca desteklerini ve yardımlarını bir an olsun benden esirgemeyen, dostluklarını her zaman hissettiğim değerli arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Zeliha UĞUR AYDIN ve Dt. Merve Nur AYDIN'a,

Tez sürecimin her aşamasında yardımını ve desteğini benden esirgemeyen Dt. Fatma KAYA başta olmak üzere, tanımaktan ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum bütün asistan arkadaşlarıma,

Hayatımın her döneminde bana olan inançlarını kaybetmeyen, benim için maddi ve manevi hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, attığım her adımda gösterdikleri sonsuz sevgi ve destekleri sayesinde varlıklarından güç aldığım ve şükrettiğim biricik annem, babam, abim ve ablama,

Tüm içtenliğim ve kalbimle teşekkür ediyorum.

ÖZET

FARKLI İRRİGASYON TEKNİKLERİYLE KÖK KANALINDAN UZAKLAŞTIRILAN KALSİYUM HİDROKSİTİN KANAL DOLGU PATININ DENTİN TÜBÜLLERİNE PENETRASYONUNA ETKİSİNİN KONFOKAL LAZER MİKROSKOP (CLSM) İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Fatma KANMAZ
Endodonti Anabilim Dalı
Sivas
2017

Bu in-vitro çalışmanın amacı, kalsiyum hidroksitin ($Ca(OH)_2$) farklı irrigasyon teknikleri ile kök kanalından uzaklaştırılmasının, kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonuna etkisinin konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM) ile değerlendirilmesidir.

Çalışmada 70 adet çekilmiş insan tek köklü premolar dişleri kullanıldı. Kök kanalları ProTaper Next Ni-Ti döner aletler ile X4'e kadar (.06/40) şekillendirildi. Örnekler her biri 10 dişten oluşan 7 farklı gruba rastgele ayrıldı. Kök kanal şekillendirme prosedürlerinden sonra kök kanalları $Ca(OH)_2$ patı ile dolduruldu. Tüm örnekler 1 hafta boyunca 37^oC'de %100 nemli bir ortamda bekletildi. Daha sonra $Ca(OH)_2$, farklı irrigasyon teknikleri (geleneksel irrigasyon, EndoActivator, EndoVac, pasif ultrasonik irrigasyon (PUI), neodymium:yttrium-aluminum-garnet (Nd:YAG) lazer, foton-indüklü fotoakustik dalgalanma (PIPS) tekniği) kullanılarak kök kanallarından uzaklaştırıldı. Kanallar kâğıt konlarla kurulandı ve Rhodamine B ile işaretlenmiş AH Plus kanal patı kullanılarak soğuk lateral kondensasyon yöntemi ile dolduruldu. Dişler apeksten 4, 8 ve 12 mm uzaklıkta yatay olarak kesildi ve patın dentin tübüllerindeki penetrasyon derinliği, penetrasyon alanı ve penetrasyon yüzdesi CLSM altında incelendi. Verilerin istatistiksel analizinde One-Way Anova, Tukey ve Bonferroni testleri kullanıldı.

Tüm irrigasyon tekniklerinin orta ve koronal bölgelerdeki dentin tübül penetrasyon derinliği, alanı ve yüzdesi değerleri apikal bölgeye göre daha yüksek bulundu. Maksimum penetrasyon derinliği açısından apikal ve koronal bölgede gruplar arasında istatistiksel olarak fark bulunamadı ($p>0,05$). EndoActivator ve kontrol gruplarının, orta bölgede geleneksel irrigasyondan anlamlı olarak farklı olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Penetrasyon alanı açısından, apikal bölgede gruplar arasında anlamlı fark bulunamadı ($p>0,05$). Kontrol grubu orta bölgede geleneksel irrigasyon, EndoVac, PUI ve Nd:YAG'dan anlamlı derecede farklı bulundu ($p<0,05$). Koronal bölgede ise EndoActivator'un geleneksel irrigasyon, PUI ve Nd:YAG'dan önemli ölçüde farklı olduğu görüldü ($p<0,05$). Ayrıca PIPS ile geleneksel irrigasyon arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Apikal ve orta bölgedeki pat penetrasyon yüzdesi gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermedi ($p>0,05$). Koronal bölgede ise EndoActivator'un, PUI'ye göre anlamlı olarak daha etkili olduğu tespit edildi ($p<0,05$).

Bu çalışmanın sınırlamaları dâhilinde, irrigasyon tekniklerinin tümünün dentin tübüllerinin yüzeyel bölgelerindeki $Ca(OH)_2$ medikamentini yeterince uzaklaştırdığı tespit edildi. EndoActivator ve PIPS tekniklerinin diğer deney gruplarına göre kök kanallarından $Ca(OH)_2$'i etkili bir şekilde uzaklaştırdığı görüldü.

Anahtar Sözcükler: Kalsiyum Hidroksit, İrrigasyon, Konfokal Mikroskop, Pat Penetrasyonu.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF CALCIUM HYDROXIDE REMOVED FROM THE ROOT CANAL WITH DIFFERENT IRRIGATION TECHNIQUES ON THE DENTIN TUBULE PENETRATION OF CANAL SEALER BY CONFOCAL LASER MICROSCOPY (CLSM)

Dt. Fatma KANMAZ

Department of Endodontics

Sivas

2017

The aim of this study was to evaluate the penetration of the canal sealer into dentin tubules after calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$) removed from the root canal using different irrigation techniques by confocal laser scanning microscopy (CLSM).

In the study seventy extracted single-rooted human mandibular premolar teeth were used. Root canals were instrumented with ProTaper Next Ni-Ti rotary files up to X4 (.06/40). Samples were randomly divided into 7 different groups of 10 teeth each. After the root canal shaping procedure, root canals were filled with $Ca(OH)_2$ paste except the control group. All specimens were stored in 37ºC at 100% relative humidity for 1 week. Afterwards $Ca(OH)_2$ were removed from the root canals using different irrigation techniques used: conventional irrigation, EndoActivator, EndoVac, passive ultrasonic irrigation (PUI), neodymium:yttrium-aluminum-garnet (Nd:YAG) laser, photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) technique. The canals were dried with paper points and obturated by using AH Plus sealer labeled with Rhodamine B with the cold lateral condensation technique. The teeth were horizontally sectioned at 4, 8, and 12 mm levels from the apex and examined under CLSM to determine the penetration depth, penetration area and penetration percentage of the sealer into the dentin tubules. The data were analysed statistically using One-Way Anova, Tukey and Bonferroni tests.

Maximum depth, area and percentage values of sealer penetration inside dentin tubules in the middle and coronal regions of all irrigation techniques were

higher than the apical region. There was no significantly difference between the groups in terms of maximum penetration depth in the apical and coronal regions ($p>0,05$). The EndoActivator and the control groups were found significantly different than the conventional irrigation in the middle region ($p<0,05$). In terms of penetration area, there was no significantly difference between the groups in the apical region ($p>0,05$). The control group were found significantly different than the conventional irrigation, EndoVac, PUI and Nd:YAG in the middle region ($p<0,05$). The EndoActivator was showed significantly different than the conventional irrigation, PUI and Nd:YAG in the coronal region ($p<0,05$). Furthermore, there was a statistically significant difference between PIPS and conventional irrigation ($p<0,05$). The percentage of sealer penetration in the apical and middle regions were showed no statistically significant difference between the groups ($p>0,05$). In the coronal region, the EndoActivator was found significantly more effective than PUI ($p<0,05$).

Within the limitations of this study, all of the irrigation techniques were found to be sufficient to remove the $Ca(OH)_2$ medicament in the superficial region of the dentin tubules. It was observed that EndoActivator and PIPS techniques effectively removed $Ca(OH)_2$ from the root canals than other experimental groups.

Keywords: Calcium Hydroxide, Irrigation, Confocal Microscopy, Sealer Penetration.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **v**
ABSTRACT ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xiii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xiv**
1. GİRİŞ **1**
2.GENEL BİLGİLER **3**
2.1. Kök Kanallarının Biyomekanik Şekillendirmesi 3
2.2. Kök Kanallarının İrrigasyonu 3
2.2.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl) 5
2.2.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA) 7
2.2.3. Sitrik Asit 7
2.2.4. Klorheksidin (CHX) 8
2.2.5. Mixture of Tetracycline, Acid and Detergent (MTAD) 8
2.3. İrrigasyonun Etkinliğini Artıran Yöntemler 9
2.3.1. El ile Yapılan Aktivasyon 9
2.3.1.1. Geleneksel İrrigasyon Yöntemi 9
2.3.1.2. Fırçaların Kullanılması 10
2.3.1.3. El ile Yapılan Dinamik İrrigasyon 11
2.3.2. Cihazlar ile Yapılan Aktivasyon 11
2.3.2.1. Döner Fırçalar 11
2.3.2.2. Eğeleme İşlemi Sırasında Devam Eden İrrigasyon 12
2.3.2.3. Sonik Sistemler ile Aktivasyon 12
2.3.2.4. Ultrasonik Cihazlar ile Aktivasyon 13
2.3.2.5. Basınç Değiştiren Sistemler 16
2.3.3. Lazer ile Aktivasyon 18
2.4. Kök Kanal Medikamentleri 22
2.4.1. Kalsiyum Hidroksit 23

2.4.1.1. Biyokimyasal Yapısı 24
2.4.1.2. Etki Mekanizması 24
2.4.1.3. Kimyasal Etkileşimleri 27
2.4.1.4. Kalsiyum Hidroksit Taşıyıcıları 28
2.4.1.5. Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanallarından Uzaklaştırılması 29
2.5. Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM) 30
3.GEREÇ VE YÖNTEM 32
3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması 32
3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi 33
3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması 34
3.4. Kök Kanallarının Kalsiyum Hidroksit ile Doldurulması 35
3.5. Kök Kanallarından Kalsiyum Hidroksitin Uzaklaştırılması 35
3.6. Kök Kanallarının Doldurulması 41
3.7. Kesit Alma 42
3.8. Kesitlerin CLSM ile İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması 44
3.9. İstatistiksel Yöntem 48
4.BULGULAR 49
4.1. Penetrasyon Derinliğine İlişkin Bulgular 49
4.2. Penetrasyon Alanına İlişkin Bulgular 51
4.3. Penetrasyon Yüzdesine İlişkin Bulgular 52
5. TARTIŞMA 55
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 72
7. KAYNAKLAR 74
8. ÖZGEÇMİŞ 100

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ark. **:** Arkadaşları

$BaSO_4$ **:** Baryum Sülfat

$Ca(OH)_2$ **:** Kalsiyum Hidroksit

CLSM **:** Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop

CHX **:** Klorheksidin glukonat

Ca **:** Kalsiyum

$CaCO_3$ **:** Kalsiyum Karbonat

CaO **:** Kalsiyum Oksit

CGRP **:** Calcitonin Gene-Related Peptid

cpm **:** Cycles per minute

dk **:** Dakika

EDTA **:** Etilen Diamin Tetraasetik Asit

Er:YAG **:** Erbium: Yttrium-Aluminum-Garnet

gr **:** Gram

Ho:YAG **:** Holmium: Yttrium-Aluminum-Garnet

Hz **:** Hertz

H **:** Hidrojen

HOCl **:** Hipokloröz Asit

H_2O **:** Su

H_2PO_4 **:** Dihidrojen Fosfat

H_2CO_3 **:** Karbonik Asit

HCO_3 **:** Bikarbonat

ISO **:** International Organization for Standardization

IL-1 **:** Interleukin-1

kHz **:** Kilohertz

LPS **:** Lipopolisakkarit

LTA **:** Lipoteikoik Asit

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

MDT **:** Master Delivery Tips

ml **:** Mililitre

mJ : Milijoule

mm : Milimetre

µm : Mikrometre

µl : Mikrolitre

Ncm : Newtonsantimetre

Ni-Ti : Nikel-Titanyum

Nd:YAG : Neodymium: Yttrium-Aluminum-Garnet

NaOCl : Sodyum Hipoklorit

nm : Nanometre

OH : Hidroksil

PUI : Pasif Ultrasonik İrrigasyon

PCA : Para-kloranilin

PIPS : Photon-Induced Photoacoustic Streaming

PGE2 : Prostoglandin E2

rpm : Revolutions per minute

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

SAF : Self Adjusting File

sn : Saniye

TNF : Tumour Necrosis Factor

UI : Ultrasonik İrrigasyon

W : Watt

ºC : Santigrat derece

% : Yüzde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Örnek dişlerin radyograflarla kontrol edilmesi..... 33
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan endomotor ve Ni-Ti sistem eğeleri. 34
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan 30 gauge'luk yandan açılan irrigasyon iğnesi..... 34
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan $Ca(OH)_2$ patı..... 35
Şekil 3.5. $Ca(OH)_2$ patı yerleştirildikten sonra alınan radyograflar..... 35
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan EndoActivator cihazı ve ucu..... 37
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan EndoVac seti ile makrokanül ve mikrokanül ucu. 37
Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan PUI cihazı ve paslanmaz çelik ultrasonik ucu 38
Şekil 3.9. Çalışmada PIPS tekniği ile birlikte kullanılan Er:YAG lazer cihazı ve uygulama parametreleri..... 39
Şekil 3.10. Er:YAG lazere ait 400 µm'lik PIPS fiber optik uç 39
Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan Nd:YAG lazer cihazı ve uygulama parametreleri. 40
Şekil 3.12. Nd:YAG lazere ait 200 µm'lik fiber optik uç..... 41
Şekil 3.13. Kök kanal dolumları için kullanılan malzemeler 42
Şekil 3.14. Kök kanal dolumları yapılmış örnek dişler 42
Şekil 3.15. Kök kanal dolumları yapılmış dişlerden alınan radyograflar. 42
Şekil 3.16. Örnekleri akrilik içerisine yerleştirmek için kullanılan silikon kalıp ve kök kısımları açıkta kalacak şekilde akrilik içerisine alınmış örnekler. . 43
Şekil 3.17. Kesit alma cihazı. 43
Şekil 3.18. Örneklerin lam üzerine yerleştirilmesi 44
Şekil 3.19. Kesitlerin incelendiği CLSM..... 45
Şekil 3.20. CLSM'den alınan farklı kesit görüntüleri..... 45
Şekil 3.21. CLSM'den alınmış görüntülerin Adobe Photoshop CS6 programında birleştirilerek tek bir görüntü elde edilmesi 46
Şekil 3.22. Maksimum penetrasyon derinliğinin ölçülmesi..... 47
Şekil 3.23. Penetrasyon alanının ölçülmesi 47
Şekil 3.24. Penetrasyon yüzdesinin ölçülmesi..... 48
Şekil 4.1. Grupların penetrasyon derinliğine ait değerlerin dağılımı..... 50
Şekil 4.2. Grupların penetrasyon alanına ait değerlerin dağılımı 51
Şekil 4.3. Grupların penetrasyon yüzdesine ait değerlerin dağılımı..... 53

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Grupların penetrasyon derinliğine ait değerler. 49
Tablo 4.2. Grupların penetrasyon alanlarına ait değerler 51
Tablo 4.3. Grupların penetrasyon yüzdelerine ait değerler 53

1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin başarısı; kök kanallarının uygun bir şekilde mekanik olarak şekillendirilmesi, irrigasyon solüsyonları ile dezenfeksiyonu ve apikalden koronale sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu olarak doldurulması işlemlerinden oluşan, literatürde "Endodontik Triad" olarak isimlendirilen üç ana prensibin uygulanmasına bağlıdır (1, 2).

Pulpal ve periapikal doku patolojilerinin en önemli sebebi olan mikroorganizmalar, sadece kök kanallarında değil, mekanik temizleme ile ulaşılamayan dentin tübüllerinde, apikal deltalarda, kanal anastomozlarında, aksesuar ve yan kanallarda bulunabilirler (3). Yapılan çalışmalarda kemomekanik şekillendirmenin kök kanalındaki mikroorganizmaları yeterince uzaklaştıramadığı gösterilmiştir (4, 5). Bu nedenle kök kanallarının daha iyi arındırılabilmesi için mekanik şekillendirmenin irrigasyon işlemi ile desteklenmesi ve seanslar arası kanal içi medikament kullanımı önerilmektedir (6, 7).

Kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) antimikrobiyal etkinliği, organik doku çözücü etkisi ve endotoksin inaktivasyonu gibi özelliklerinden dolayı en sık tercih edilen kanal içi medikamenttir (8-10). Bununla birlikte kök kanalında kalan $Ca(OH)_2$ parçacıkları kanal dolgu patlarının fiziksel özelliklerini ve dentin tübüllerine penetrasyonlarını olumsuz etkilemekte ve bitmiş kanal dolgusunda apikal sızıntı yaratabilmektedir (11). Bu nedenle kök kanallarının doldurulmasına geçmeden önce $Ca(OH)_2$'in kanaldan uzaklaştırılması gerekmektedir (11). Ancak farklı mekanik teknikler ve irrigasyon solüsyonları kullanılmasına rağmen, hiçbir tekniğin $Ca(OH)_2$'i kök kanalından tam olarak uzaklaştıramadığı pek çok çalışmada gösterilmiştir (12-14).

Literatürde kök kanalında kalan $Ca(OH)_2$ miktarı ve kanal patlarının dentin tübüllerine olan penetrasyonları ışık mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu ve konfokal lazer tarama mikroskobu ile incelenmiştir (15-18).

Bu çalışmanın amacı, farklı irrigasyon teknikleri (geleneksel irrigasyon, EndoActivator, EndoVac, pasif ultrasonik irrigasyon (PUI), neodymium:yttrium-

aluminum-garnet (Nd:YAG) lazer, foton-indüklü fotoakustik dalgalanma (PIPS) tekniği) ile kök kanalından uzaklaştırılan $Ca(OH)_2$'in, kanal patının dentin tübüllerine olan penetrasyon miktarı, penetrasyon derinliği ve kanal duvarlarına olan penetrasyon yüzdesine etkisinin konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM) kullanılarak değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

Başarılı bir kök kanal tedavisi; kron ve kök kanal sistemindeki pulpa dokusunun çıkarılması, kök kanallarının mekanik olarak şekillendirilmesi, mekanik ve kimyasal yöntemlerle mikroorganizmalardan arındırılarak kök ucuna kadar hermetik bir biçimde doldurulması işlemlerinden oluşur (19). Bu şekilde pulpa ve periapikal doku hastalığı olan dişlerin tedavi edilerek ağız içerisinde fonksiyonel olarak devamlılığının korunması amaçlanmaktadır (2).

Schilder (20) başarılı bir kök kanal tedavisi için temizleme ve şekillendirme işlemlerinin birlikte olması gerektiğini bildirmiştir. Kök kanallarının şekillendirilmesi ve irrigasyonu endodontinin temel ilkeleri olarak kabul edilmektedir ve başarılı bir kanal tedavisi için vazgeçilmez etkenlerdir (21).

2.1. Kök Kanallarının Biyomekanik Şekillendirmesi

Kök kanal preparasyonu hakkında genel tartışma, temizleme ve şekillendirmenin iki farklı aşama olduğu yönündedir. Yu ve Schilder (22) temizleme terimini debridman, şekillendirme terimini ise kanal dolgusuna son hazırlık anlamında kullanmışlardır. Tedavi sürecince bu iki işlem arasında keskin bir sınır bulunmamaktadır.

Kök kanalının mekanik şekillendirmesi, antibakteriyel irrigantların bütün kanal düzensizliklerine nüfuz edebilmesi için bir giriş yolu oluşturur. Ayrıca ara seanslarda kullanılan kanal içi medikamentleri ve kanal dolgusu için de bir boşluk teşkil eder. Kullanılan enstrümanlar kök kanalının tüm ayrıntılarına tamamen temas etmediğinden dolayı sadece mekanik yöntemle kanal içi dezenfeksiyon imkânsızdır. Ayrıca bütün enfekte dentini bu yöntemle uzaklaştırmaya çalışmak diş yapısının zayıflamasına yol açacaktır. Bu nedenle kimyasal olarak aktif olan irrigasyon solüsyonları kanal içi mikroorganizmaları yok etmek için kullanılmaktadır (19).

2.2. Kök Kanallarının İrrigasyonu

Kök kanallarının dezenfeksiyonu ve biyomekanik şekillendirilmesinde kanal aletlerinin tek başına kullanımı yetersiz kalmaktadır (23). Yapılan çalışmalarda

mekanik şekillendirmenin mikroorganizma sayısını belirgin ölçüde azalttığı ancak tek başına steril bir kök kanalı elde etmek için yetersiz kaldığı gösterilmiştir (24). Bu nedenle bakteri eliminasyonu, toksin inaktivasyonu, artık ve nekrotik dokuların uzaklaştırılması için mekanik genişletmenin yanında irrigasyon solüsyonları ile kök kanal medikamentlerinden yararlanılmaktadır (1).

Mekanik preparasyon ile irrigasyon solüsyonlarının eş zamanlı kullanılması, dentin tübüllerine ve kök kanal sisteminde bulunan isthmuslara, yan kanallara ve apikal delta gibi bölgelerde yaşayan bakteri veya mantarlara solüsyonun ulaşarak etki etmesini sağlar (25).

İrrigasyon solüsyonlarının endodontide kullanım amaçları (25, 26);

- Antibakteriyel özellikleri sayesinde kök kanalındaki mikroorganizmaları, enfekte materyalleri, yumuşak ve sert doku artıklarını uzaklaştırmak,
- Kök kanallarını ıslatıp kayganlaştırarak kanal aletlerinin daha rahat çalışmasını sağlamak,
- Kanal aletlerinin ulaşamadığı bölgeleri temizlemek ve dezenfekte etmek,
- Smear tabakasını ve dentin talaşlarını uzaklaştırabilmek,
- Ağartıcı özellik taşıyarak renkleşmiş dişlerin beyazlatılmasına yardımcı olmaktır.

Bu amaçlara ulaşabilmek için ideal irrigasyon solüsyonunun sahip olması gereken özellikler ise şu şekilde sıralanabilir (26, 27);

- Kök kanalındaki artık organik ve inorganik doku ve debrisleri eriterek uzaklaştırabilmeli,
- Lubrikasyon özelliği ile kanal aletlerinin kanalda rahat çalışmasını sağlamalı,

- Dişin çevre dokularına antijenik, toksik ve karsinojenik etki göstermemeli,
- Düşük yüzey gerilimi göstererek mekanik preparasyonla ulaşılamayan bölgelere etki edebilmeli,
- Kanalda kolay nötralize olmamalı,
- Kanal dolgu maddesine olumsuz etkisi olmamalı,
- Endotoksinleri etkisiz hale getirebilmeli,
- Smear tabakasını kaldırabilmeli,
- Dentin dokusuna olumsuz etkisi olmamalı,
- Mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki gösterebilmeli,
- Daimî restorasyonların pulpa odası duvarına bağlanma kuvvetine olumsuz etkisi olmamalı,
- Dişin rengini değiştirmemeli,
- Uygulanması kolay olmalı,
- Raf ömrü uzun ve maliyeti düşük olmalı.

Endodontik tedavilerde geçmişten günümüze kadar pek çok kök kanal irrigasyon solüsyonu kullanılmıştır. Bu solüsyonlar içerisinde; sodyum hipoklorit (NaOCl), etilen diamin tetraasetik asit (EDTA), klorheksidin (CHX), sitrik asit, mixture of tetracycline, acid and detergent (MTAD), hidrojen peroksit ve serum fizyolojik yaygın olarak kullanılan irriganlar arasında yer almaktadır (28).

2.2.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Endodontide NaOCl kullanımı ilk defa 1936 yılında Walker tarafından önerilmiştir (29). Antibakteriyel etkinliği, organik dokuları çözebilmesi, düşük yüzey gerilimi ile dentin duvarlarına diffüze olabilmesi ve kanal aletlerine kayganlaştırıcı etki

göstermesi sebebiyle endodonti pratiğinde en sık kullanılan irrigasyon solüsyonudur (30).

NaOCl yeşilimsi sarı renkli bir solüsyondur. NaOCl'e su ilave edildiğinde hipokloröz asit (HOCl) meydana gelir. HOCl organik dokularla temas ettiğinde çözücü olarak etki eden ve aktif klor içeren güçlü bir okside edici ajandır. HOCl, solüsyonun antibakteriyel etkinliğinden sorumludur. Mikroorganizmaların hücresel fonksiyonları üzerine etki ederek hücre ölümüne neden olur (31).

Genel olarak endodontide %0.5 ile %5.25 arası değişen konsantrasyonları kullanılmaktadır. Konsantrasyon artışı ile doku çözücü özelliği ve antibakteriyel etkinliği artmaktadır. Ancak solüsyon daha toksik hale gelmektedir (32). Klinik kullanımı sırasında enjektöre aşırı basınç uygulanması ve irrigasyon iğnesinin kanal içerisinde sıkışması ile solüsyon periapikal dokulara taşabilmektedir. Bunun sonucunda şiddetli ağrı, ödem, periapikal dokularda nekroz, hematom ve abse oluşumu gibi yan etkilere neden olabilmektedir (33, 34).

Doku çözücü özelliği ve antibakteriyel etkinliği konsantrasyon artışı dışında, solüsyonun ısısının artırılmasıyla da elde edilebilmektedir (35). Ayrıca lazerler ve ultrasoniklerle birlikte kullanılmasının etkinliğini artırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur (36, 37). Tamponlanmamış olarak pH 11'de ya da bikarbonatla tamponlanmış olarak pH 9'da kullanılmaktadır (38). NaOCl solüsyonlarına asetik asit, borik asit gibi asitler eklenerek pH 6.75 yapıldığında antimikrobiyal etkinlik artarken, doku çözücü etkinlik azalmaktadır (39). İrrigasyon etkinliğinde önemli diğer bir faktör ise solüsyonun uygulanma süresidir. NaOCl gibi hızlı etkili biyosidlerin bile potansiyeline ulaşması için yeterli çalışma zamanına ihtiyaç vardır (28).

NaOCl güçlü bir organik doku eritici olduğu halde, tek başına smear tabakasını ortadan kaldırmakta yetersizdir. Bu nedenle smear tabakasını kaldırmak için ilave olarak EDTA ya da sitrik asit gibi inorganik dokulara etki edebilecek şelasyon ajanları ile kullanılması önerilmektedir (29).

2.2.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

EDTA, endodontide ilk olarak 1957 yılında Nygaard-Østby tarafından kullanılmıştır. Kök kanal dentin yapısındaki kalsiyum (Ca^{+2}) ile şelasyon yaparak kök kanalında bulunan inorganik dokunun uzaklaştırılmasına yardımcı olmaktadır (40). Her şelat molekülü, tek bir Ca^{+2} iyonuna bağlandığından dolayı, bütün moleküller bağlandığında reaksiyon durur. Bu nedenle EDTA'nın demineralize edici etkisi kısıtlıdır (23).

EDTA endodontik tedaviler için %10 ile %17 arası konsantrasyonlarda kullanılabilse de en sıklıkla kulanılan konsantrasyonunun %17 olduğu belirtilmiştir (23, 41). Solüsyonun pH'sı ise EDTA'nın etkinliğinde rol oynayan en önemli etkendir (42). En iyi etkinliği alkali veya nötral pH'daki EDTA solüsyonları göstermektedir. Yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyon ve pH'lardaki EDTA'nın demineralizasyon etkisi incelenmiştir. %17'lik konsantrasyonda ve nötral pH'da uygulanan EDTA, %10 konsantrasyon ve pH 9'da uygulananla karşılaştırıldığında, dentinde daha fazla demineralizasyona neden olmuştur (43). EDTA'nın ayrıca toksisitesi oldukça düşüktür ve periapikal dokular için çok az irritandır (44).

Kök kanallarının NaOCl kullanımını takiben %17'lik EDTA solüsyonu ile irrigasyonu sonucunda, kök kanal duvarlarının iyi bir şekilde temizlendiği, smear tabakasının uzaklaştırıldığı ve dentin tübüllerinin net olarak görüldüğü bildirilmiştir (45). EDTA ve NaOCl'in kombine kullanımı sadece temizleme etkinliğini artırmamakta, aynı zamanda antimikrobiyal özelliklerin daha etkin hale gelmesini sağlamaktadır (46). Bu iki solüsyonun kombine kullanımı araştırmacılar tarafından önerilmesine rağmen, karıştırıldıklarında EDTA'nın Ca^{+2} ile şelat oluşturma özelliği değişmezken, NaOCl'ten salınan klorin miktarını azaltarak NaOCl'in antibakteriyal etkinliği ve doku çözme yeteneğinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır (47).

2.2.3. Sitrik Asit

EDTA'dan daha güçlü bir şelasyon ajanıdır ve smear tabakasını kaldırmak için EDTA'dan sonra kullanılabilen en iyi ajan olarak bilinmektedir. EDTA'ya benzer

şekilde serbest klorin miktarını azaltarak NaOCl'in etkinliğini azaltmaktadır. Antimikrobiyal etkinliği olmasına rağmen endodontide tek başına kullanımı yetersiz bulunmuştur (48, 49).

2.2.4. Klorheksidin (CHX)

CHX antiseptik ürünler arasında geniş etki spektrumu, cilde uyumluluğu ve irritasyon özelliğinin çok az olmasından dolayı çürük önlenmesi ile periodontal tedavi ve oral enfeksiyonlarda tedavi edici bir ajan olarak en çok kullanılan biyositlerden birisidir (23). Katyonik bisguaniddir. pH 5.5-7.0 aralığında optimum antimikrobiyal etki gösterir ve pH 8'in üzerinde çökelmeye başlar (50).

CHX, aerop ve anaeroplar da dâhil olmak üzere gram (+) ve gram (-) bakterilere, mantarlara, dermofitlere ve bazı lipofilik virüslere karşı etkili geniş antimikrobiyal etkinliğe sahiptir. CHX organik dokuları çözememektedir. Dolayısıyla organik doku varlığında ortamın pH derecesi CHX'in antimikrobiyal etkisini göstermesi için uygun olmamaktadır (51).

NaOCl ve CHX birbirleri içinde çözünmemektedir. Birbirleriyle karıştırıldıklarında demir iyonlarından dolayı kahverengi-turuncu renkli, para-kloranilin (PCA) olarak adlandırılan bir çökelti oluşmaktadır. Bu çökelti renkleşmeye neden olmakta, tıkamanın etkinliğini bozabilmekte ve karsinojen etki gösterebilmektedir (52).

2.2.5. Mixture of Tetracycline, Acid and Detergent (MTAD)

Torabinejad ve ark. (53) tarafından şelasyon ve antibakteriyel özellikleri olan bir irrigasyon solüsyonu elde etmek için geliştirilmiştir. %3 doksisiklin, %4.25 sitrik asit ve %.0.5 Tween 80 adı verilen yüzey aktif deterjanından oluşmaktadır. pH'sı yaklaşık 2.15'tir. Dentini dezenfekte ettiği ve smear tabakasını uzaklaştırdığı belirtilmiştir (54).

2.3. İrrigasyonun Etkinliğini Artıran Yöntemler

Kanalların şekillendirilmesi, irrigasyon işlemleri ve ilaç uygulamalarından sonra dentin kanalcıklarında bakteri varlığı devam edebilmekte, smear tabakası ve debrisler tamamen uzaklaştırılamamaktadır (23, 55). Bu nedenle kök kanallarının temizlenip şekillendirilmesinde genişletme ile birlikte, işlemlerin önemli bir bölümü olan irrigasyonun da etkili bir şekilde yapılması gerekmektedir (23).

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği solüsyonun kimyasal özelliklerinin yanında miktarına, ısısına, temas süresine, yüzey gerilimine, solüsyonun tazeliğine, irrigasyon iğnesinin tipine, çapına, yerleştirilme derinliğine ve uygulamayı etkinleştiren sistemlere bağlıdır (28). Kök kanalının tüm ayrıntılarına girerek tam bir dezenfeksiyon sağlamak ve solüsyonun etkinliğini artırmak için yeni uygulama sistemleri geliştirilmektedir.

2.3.1. El ile Yapılan Aktivasyon

2.3.1.1. Geleneksel İrrigasyon Yöntemi

Şırınga ve iğne kullanarak uygulanan geleneksel irrigasyon, günümüz endodonti pratiğinde rutin olarak kullanılan standart yöntemdir (56). Bu yöntem bir solüsyonun değişken ölçülerdeki iğneler aracılığı ile pasif olarak veya aşağı yukarı hareketi sonucu aktivasyonuyla kök kanallarına nazikçe ve yavaş bir şekilde uygulanması şeklindedir (57, 58). İrrigasyon solüsyonunun kök kanallarına penetrasyonu ve apikal dokulardan taşması sadece kök kanal anatomisine değil aynı zamanda iğnelerin uç tipine, kanal içerisinde aşağı yukarı hareketine, kanal içerisindeki konumuna, solüsyonun hacmine, akışkanlığına ve hekimin pistona verdiği basınç gibi faktörlere de bağlıdır (59).

Kök kanal tedavisi için kullanılan iğneler irrigasyon işlemini uç kısmından yapacak şekilde ya da uç kısımları kapalı ve irrigasyon işlemini yan taraftan yapacak şekilde tasarlanmışlardır (57, 58). Yan kısımdan irrigasyon yapan iğne uçları ile solüsyonun apikal dokulara taşma riski azalır ve irrigasyon işleminin hidrodinamik aktivasyon etkinliği artar (58, 60).

Geleneksel irrigasyonda kullanılan iğnelerin aktivasyon sırasında kanal içerisinde gevşek kalması önemlidir. Bu sayede kullanılan solüsyonun kanal ağzına geri gelmesi ve daha fazla debrisin koronal olarak yer değiştirmesi sağlanır (58). Aynı zamanda iğne ile irrigasyonda kök kanalına verilen solüsyon miktarının bilinmesi ve iğnenin kök kanalındaki penetrasyon derinliğinin kontrol edilebilmesi avantaj sağlamaktadır (61).

Bununla birlikte, geleneksel iğne ile yapılan irrigasyonun oluşturduğu mekanik irrigasyon etkisi daha zayıftır (58). Kök kanalındaki düzensizlikler ve aksesuar kanallar nedeniyle kanallar debris ve bakterilerden tamamen arındırılamamaktadır (58). İğne ucunun dar kanallarda koronal üçlüye, geniş kanallarda ise en fazla orta üçlüye kadar ulaşabilmesinden dolayı geleneksel irrigasyon işleminin etkinliği oldukça zayıf kalmaktadır (32). Ayrıca geleneksel irrigasyon ile solüsyonun iğnenin ucundan sadece 1 mm daha derine gidebildiği bilinmektedir (18). Bu nedenle apikal kısım ve isthmus gibi alanları temizlemek son derece kısıtlıdır (62). Geleneksel irrigasyonun etkinliği; kullanılan irrigasyon solüsyonunun miktarının fazla olması, iğne ucunun mümkün olduğunca apikale yakın konumlandırılması ve kök kanalının genişliğine uygun, daha küçük çapta iğne uçlarının kullanılmasıyla arttırılabilir (32, 58, 63).

2.3.1.2. Fırçaların Kullanılması

Kök kanal irrigasyonunda fırçalar, irrigasyona yardımcı olarak kök kanal duvarlarından ve kanal içi düzensizliklerden daha fazla debrisin uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (64).

Endobrush (C&S Microinstruments Ltd, Markham, Ontario, Kanada) spiral şekilli, naylon kıllarla kaplı bükülmüş tellerden ve bir tutma parçasından oluşmuş kanal fırçasıdır (65). Geniş çaplı olmasından dolayı tam çalışma boyunda kullanılamaz ve bu fırçalamadan sonra debrislerin apikale itilmesine neden olabilir (58).

NaviTip FX (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT) ise fırça ile kaplanmış 30 gauge'luk bir irrigasyon iğnesi olarak piyasa sürülmüştür. Yapılan bir

çalışmada, NaviTip FX ile irrigasyon ve aktivasyonun, fırça ile kaplı olmayan NaviTip ile yapılan irrigasyona göre kök kanallarının koronal kısmında daha iyi temizleme sağladığı gösterilmiştir (58). Fırçanın etkinliğini artırmak için mekanik olarak aktif bir şekilde fırçalama yapılması önerilmiştir (66).

2.3.1.3. El ile Yapılan Dinamik İrrigasyon

Manuel dinamik irrigasyon yöntemi, genişletilmiş ve içerisinde solüsyon bulunan bir kanala yüksek açılı guta-perkanın yerleştirilmesi ve guta-perkanın apikal alanda 2-3 mm'lik aşağı yukarı hareket ettirilerek hidrodinamik etki oluşturmasıdır.

Guta-perkanın el ile dinamik aktivasyonunun etkili olmasını sağlayan faktörler;

- Master guta-perka ile 30 saniyede 100 hareket yapılması ve 3.3 Hz'lik bir frekans ile kök kanalları içerisinde türbülans oluşumunu sağlamak,
- Kök kanalında sıkışan guta-perkanın aşağı yukarı yönde hareket ettirilmesiyle oluşan basınç ile solüsyonun şekillendirme sırasında erişilemeyen bölgelere ulaşmasına yardımcı olmak,
- Guta-perkanın aşağı yukarı yöndeki hareketi ile solüsyonun akışkanlığını artırmaktır (67).

2.3.2. Cihazlar ile Yapılan Aktivasyon

2.3.2.1. Döner Fırçalar

Kanal içerisindeki mekanik temizliği daha aktif hale getirmek için döner sistemle birlikte kullanılan fırçalar geliştirilmiştir.

Ruddle brush, Ruddle tarafından tasarlanmış ve endomotora takılan mikrofırçanın 300 rpm (*revolutions per minute*)'de çalıştırılması ile kanalın özellikle düzensiz alanlarının temizlenmesi amacıyla tasarlanan bir fırçadır (68). Bununla birlikte bu ürün, 2001 yılında patent onaylandığından beri piyasada bulunmamaktadır (58).

CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Almanya), hem elle hem de döner başlığa takılarak kullanılabilen diğer bir fırçadır. Polipropilenden yapılmıştır ve oldukça esnektir (69). Döner başlığa takılarak kullanıldığında 600 rpm'de çalışılması önerilmektedir (70).

2.3.2.2. Eğeleme İşlemi Sırasında Devam Eden İrrigasyon

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA), döner aletlerle şekillendirme yapılırken sürekli irrigasyon yapan bir sistemdir. İki adet solüsyon deposu, bir adet pompa ve solüsyonun başlığın ucuna iletimini sağlayan bir tüp sisteminden oluşmaktadır (71). Bu sistemin kullanılmasındaki amaç; kök kanal şekillendirilmesi yapılırken aynı zamanda irrigasyon yapılarak daha fazla solüsyonun kök kanalı ile temas süresini ve penetrasyon derinliğini arttırabilmektir (72).

Self-Adjusting File (SAF) (Re-Dent-Nova, Ra'anana, İsrail) kök kanallarının şeklini alarak kanalları üç boyutlu olarak aynı anda hem şekillendiren hem de irrige ederek dezenfeksiyonunu sağlayan bir sistem olarak tasarlanmıştır (73). VATEA adı verilen irrigasyon aparatı ile birlikte kullanılmaktadır. Sistem, dakikada 3000-5000 titreşim ile 0.4 mm'lik dikey yönde hafif vibrasyon yaparak çalışmaktadır (74). Böylece eğeleme işlemi yapılırken irrigasyonun kanal içine salınımı ile ilave bir basınç oluşmaz ve debris artıkları kanaldan uzaklaştırılır. İrrigasyonun kanal içinde devamlı yenilenmesi ise bu süreci hızlandırmaktadır (73-75).

2.3.2.3. Sonik Sistemler ile Aktivasyon

Endodontide ilk olarak 1985 yılında Tronstad ve ark. (76) tarafından kullanılan sonik irrigasyon sistemleri ultrasonik sistemlere göre daha düşük frekans (1-6 kHz) aralığında kullanılmaktadır. Sonik enerjide aletin ucunda ileri-geri yönde salınımın daha fazla olduğu görülmektedir.

Rispisonic eğeler (Medidenta International Inc, Woodside, NY) kök kanallarının şekillendirilmesinden sonra MM 1500 isimli başlığa takılarak kullanılmaktadır. Rispisonik uç değişken açılı ve çentikli bir yapıya sahiptir. Bu yapısından dolayı kanal duvarlarına zarar verebilmektedir (58).

EndoActivator (Dentslpy Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD), irrigasyon solüsyonlarını aktive etmek için 2-3 kHz aralığındaki frekanslar ile kullanılan sonik bir cihazdır (17). Taşınabilir bir başlık ve polimerden yapılmış uçlardan oluşur. Polimer yapıda olan uçlar sağlam ve esnek olması sebebi ile kolaylıkla kırılmazlar. Aynı zamanda yumuşak ve pürüzsüz bir yapıya sahip oldukları için dentini kesmezler. .02/15, .04/25, .04/35 çaplarında ve üç farklı renkten (sarı, kırmızı, mavi) oluşurlar (77).

EndoActivator, pulpa odası ve kök kanalları yıkama solüsyonu ile dolu iken 30-60 sn süresince ve 2000-6000-10000 devir/dakika hızda kullanılabilmektedir. Dakikada 10000 devir ile çalışması halinde smear tabakası ve biyofilmi en iyi şekilde uzaklaştırabildiği bildirilmiştir (58, 78). Uçlar apikal kısımdan 2 mm geride yerleştirilmelidir ve pasif bir biçimde çalıştırılmalıdır. Alet çalışırken aşağı yukarı yönde 2-3 mm'lik aralıklarla hareket ettirildiğinde hidrodinamik etki arttırılabilmektedir (78). EndoActivator uçlarının kanal içerisinde kırıldığı zaman radyolüsent olmalarından dolayı radyografik olarak tespit edilememeleri ise dezavantajlarıdır (58).

Bu cihazın, solüsyonların hidrodinamik aktivasyonu ile kök kanal sistemini, lateral kanallar ve apikal deltalar gibi morfolojik düzensizlikleri güvenli bir şekilde temizleyebildiği bildirilmiştir (17).

Vibringe (Vibringe BV Corp, Amsterdam, Hollanda), kablosuz bir anguldruva ve ona oturan özel tasarım 10 ml hazneli pistonu olan ve ucuna her türlü çapta ve modelde irrigasyon iğnesi takılabilen bir sistemdir (79). Bu sistem, irrigasyon solüsyonunun kök kanalına iletilmesini ve aktivasyonunu tek adımda gerçekleştirmeyi sağlamaktadır (80). Akustik akış ile birlikte sonik akış teknolojisi kullanılarak irrigasyon solüsyonunun düşük frekansta (2-3 kHz) sonik aktivasyonu için kullanılabilmektedir (81).

2.3.2.4. Ultrasonik Cihazlar ile Aktivasyon

Periodontolojide uzun süredir kullanılmakta olan ultrasonik cihazlar 1957'de Richman tarafından endodontide kanal temizliğinde kullanılması için tanıtılmıştır.

1980’de ise Martin ve ark. tarafından dizayn edilen bir ultrasonik ünite, endodontik kullanım için piyasaya sürülmüştür. Ultrasonik uçlar insan işitme limitinin üstünde olan (20 kHz üstü) 25-30 kHz ultrasonik frekansta salınım yapmak için tasarlanmıştır (58).

Sonik enerji ile karşılaştırıldığında bu sistem daha yüksek frekansta (25-30 kHz) fakat daha düşük dalga boyunda enerji oluşturmaktadır (82).

Literatürde iki tip ultrasonik irrigasyon yöntemi tanımlanmıştır;

A. Ultrasonik irrigasyon

B. Pasif ultrasonik irrigasyon

-Kesikli pasif ultrasonik irrigasyon

-Devamlı pasif ultrasonik irrigasyon (61).

A. Ultrasonik İrrigasyon

Ultrasonik irrigasyon (UI), ultrasonik uçlarla irrigasyon yapılırken eş zamanlı olarak şekillendirmenin de yapılmasıdır (83, 84). UI sırasında kanal aleti kök kanal duvarı ile temas halinde kullanılır. Yapılan çalışmalarda kök kanal sisteminden pulpa dokusunu ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği PUI’den daha başarısız bulunmuştur (85, 86). Bunun nedeninin UI esnasında ucun duvara temasının akustik dalgalanma ve kavitasyonda meydana getirdiği baskılayıcı etkiden olduğu iddia edilmiştir (87).

Kök kanal anatomisinin karmaşık yapısından dolayı kök kanal duvarları ile eğe hiçbir zaman tam anlamıyla temas edememektedir. Bu durumda UI etkin bir dezenfeksiyon etkisi göstermeden, kök kanal duvarlarının kontrolsüz bir şekilde kesimine neden olabilir ve apikal perforasyonlar ile düzensiz genişletmeler meydana gelebilir (61, 83, 84). Bu nedenle UI esnasında uygulanan preparasyonun geleneksel el ile yapılan preparasyona bir alternatif olmadığı belirtilmiştir (85, 88).

B. Pasif Ultrasonik İrrigasyon

İlk defa Weller ve ark. (85) tarafından kullanılan pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) terimi; kök kanallarında endodontik eğe veya enstrümanlar ile temas ve şekillendirme olmaksızın kök kanallarının irrigasyonu olarak tanımlanmaktadır (89). PUI'de ultrasonik dalgalar yoluyla iletilen enerji, titreşim yapan ultrasonik eğeden kök kanalları içerisindeki irrigasyon solüsyonuna aktarılmaktadır (58). İrrigasyon solüsyonunun aktif şekilde dalgalanma hareketine maruz kalması kök kanal duvarında daha fazla yüzeyle temasa geçmesini sağlamaktadır (61).

Kök kanal duvarlarına temas etmeden kullanılan ultrasonik uçlar incedir ve kesici kenarları yoktur. Kanal duvarlarına temas halinde kırılabileceğinden dolayı eğimli kanallarda dikkat edilmelidir (90). Bu sistem ile irrigasyon yapıldığında kök kanalları içerisinde defekt oluşma ihtimali azalmaktadır (58).

PUI, kök kanal sisteminden debrislerin, mikroorganizmaların ve organik dokuların uzaklaştırılmasında oldukça etkilidir (61). Kök kanallarının şekillendirilmesini takiben yapılan PUI'nin, geleneksel irrigasyon ile kıyaslandığı çalışmalarda kök kanallarında bulunan bakteri sayısında anlamlı bir azalma olduğu gösterilmiştir (91, 92).

PUI iki farklı teknikle uygulanmaktadır (93).

- Kesikli pasif ultrasonik irrigasyon
- Devamlı pasif ultrasonik irrigasyon

- Kesikli pasif ultrasonik irrigasyon

Kesikli pasif ultrasonik irrigasyon yapılırken, solüsyon kök kanalına enjektör yardımıyla verilir ve ultrasonik uç kullanılarak aktive edilir. Yapılan her aktivasyon uygulamasından sonra kanallar yeniden solüsyon ile doldurulur. Bu irrigasyon yönteminde enjektörün kök kanalındaki penetrasyon derinliği ve kök kanalına gönderilen solüsyon miktarı (61) ile solüsyonun apikalden taşması (58) kontrol edilebilmektedir.

- Devamlı pasif ultrasonik irrigasyon

Bu teknikte, devamlı irrigant iletimi uygulanırken ultrasonik cihaza iğne bağlanabilmesi için Nusstein tarafından bir adaptör geliştirilmiştir. İşlem için kullanılan "Nusstein iğnesi", bir ultrasonik başlık, iğne tutucu ve iğneden oluşmaktadır. Endodontik eğe yerine 25 gauge'luk irrigasyon iğnesi kullanılmaktadır. Alet çalıştığında bir yandan iğne titreşim yaparken bir yandan da kök kanalına iğnenin ucundan solüsyon verilmektedir (58). Ultrasonik cihaz kullanılırken sürekli bir şekilde irrigasyon devam eder ve kanal içerisindeki solüsyon yenilenmiş olur. Daha sonra kanaldaki artıkların uzaklaşması ve solüsyonun yenilenmesi için bu döngü tekrarlanır (61).

2.3.2.5. Basınç Değiştiren Sistemler

Geleneksel iğne ile yapılan irrigasyon işlemi sırasında iğne ucu apikal alana yaklaştıkça irrigasyon solüsyonunun periapikal alana taşma riski artmakta, koronale yakın konumlandırıldığında ise apikal 1/3'te yeterli bir temizlik sağlanamamaktadır. Bu kısıtlamalar ve yetersizlikler irrigasyon işlemi ile birlikte aspirasyon yaparak basıncı değiştiren cihazların geliştirilmesine neden olmuştur (58, 94).

EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA, ABD) irrigasyon solüsyonunu hem kök kanalına gönderen hem de kök kanalından tahliye ederek çalışan negatif basınçlı bir sistemdir. İrrigasyon solüsyonunun negatif basınç ile apikal bölgeden taşmasını önler ve bu bölgede etkin bir dezenfeksiyon sağlar (95).

EndoVac sistemi; *Master Delivery Tips* (MDT) denilen irrigasyon ucu, makrokanül (*macrocanul*), mikrokanül (*microcanul*) ile parçaların birbirine ve aspiratöre bağlanmasını sağlayan borucuklardan oluşmaktadır. Makrokanül ya da mikrokanül ucu, ince bir boru ile irrigasyon şırıngasına ve kuvvetli çekim yapabilen bir dental ünit aspirasyon cihazına bağlanmaktadır.

EndoVac sisteminde geleneksel irrigasyon enjektörü yerine kendi enjektörü olan MDT kullanılır. MDT giriş kavitesine yerleştirilmektedir. Bu parça bir taraftan irrigasyon solüsyonunu giriş kavitesinin içine boşaltırken diğer taraftan bu solüsyonu tekrar tahliye etmektedir. Kanal aletleri ile eğeleme yapılırken koronal kısma ve

pulpa odasına gelen debrisler MDT ile yapılan bol irrigasyon ile uzaklaştırılır. Bu sırada çalışma alanında sadece bir şırınga ucu olacağından görüş açısı engellenmemektedir.

Makrokanül plastikten yapılmıştır ve açık uçludur. Titanyum el başlığına takılarak kullanılır. Kanal genişletilmesi sonrasında kanalın genişliğine göre koronale ya da orta üçlüye yerleştirilerek kanal içerisindeki kök kanalı artıkları ve debrislerin uzaklaştırılmasında kullanılır. Kanülün ISO *(International Organization for Standardization)* standartlarına göre boyutu 55 numaralı endodontik eğeye denk gelir ve konikleşme miktarı .02'dir.

Mikrokanül paslanmaz çelikten yapılmış, uç kısmı kapalı ve apikal kısmında çapları 0.1 mm olan, lazerle açılmış 12 adet mini delikleri bulunan aparattır. Titanyum parmak başlığı ile kullanılır. ISO standartlarına göre boyutu 32 olduğu için mikrokanülün apikale ulaşabilmesi için apikal preparasyon çapı en az 35 numara olmalıdır. Final irrigasyonunda makrokanüllerin devamı olarak mikrokanüller çalışma uzunluğunda olacak şekilde apikal alana yerleştirilerek kullanılır (58, 95, 96).

Kök kanalı içerisine yerleştirilen makro ve mikrokanüller negatif basınç oluşturarak, irrigasyon solüsyonunun koronalden apikale doğru emerek iletilmesini sağlar. Böylece çalışma boyunda oluşan negatif basınç sayesinde devamlı yeni solüsyon akışı olur. Apikale ulaşan irrigasyon solüsyonu mikrokanül tarafından emilerek dışarı atıldığından dolayı solüsyonun periapikal alana taşma riskinin azaldığı da belirtilmektedir (58, 95).

Yapılan bir çalışmada geleneksel şırınga irrigasyonu ile EndoVac sisteminde eşit zamanlarda kullanılan irrigan hacmi ölçülmüş ve EndoVac sisteminin önemli ölçüde üstün olduğu görülmüştür (95).

RinsEndo (Dürr Dental, Bietigheim, Almanya) sistemi hidrodinamik basınç altında irrigasyon işlemiyle birlikte solüsyonun aspire edilmesi prensibine dayanan otomatik bir sistemdir (97). İrrigasyon solüsyonunun 65 µl'si 1.6 Hz frekansta titreşim hareketi yapan özel bir enjektör ve ona bağlı kanül ile kök kanalına verilir.

Bu işlem dakikada yaklaşık 100 kez olacak şekilde, solüsyonun otomatik olarak aspirasyonu ile devam eder (58).

EndoSafe (VPro; Vista Dental, Racine, WI, ABD) sisteminde geleneksel şırıngaya ek olarak özel bir bağlantı yolu ile ünit sakşını kullanılmaktadır. Geleneksel irrigasyona göre kanal içine daha fazla irrigasyon olanağı sağlayacağından dolayı teorik olarak daha etkin dezenfeksiyon beklenirken, Sarno ve ark.nın (98) molar dişlerde yaptıkları çalışmada, EndoSafe sistemi ile geleneksel şırınga arasında apikal alanı temizleme açısından istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir.

2.3.3. Lazer ile Aktivasyon

Lazer esas olarak ışık enerjisini ısı enerjisine dönüştüren, "*light amplification by stimulated emission of radiation*" kelimelerinin baş harflerinden oluşan bir düzenek ve ışık güçlendiricisidir. Lazer sistemi; lazer ortamı, optik rezonans odası ve rezonans odasına enerji yollayan pompa sistemi olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Lazer isimleri, lazer ortamının içindeki lazer aktif maddesine göre belirlenir (99). Lazer kaynağının ürettiği ışık tek bir dalga boyuna sahiptir (100).

Lazer enerjisi ile oluşan ışık, dokunun optik özellikleri ve lazerin dalga boyuna bağlı olarak doku içerisinde yansıma, absorbsiyon, transmisyon ve saçılma olmak üzere 4 farklı etki gösterir (101). Yansıma, oluşan ilk etkileşimdir ve lazer ışınının, uygulandığı hedef dokuda hiçbir etkisi olmadan yayılmasıdır. İkinci etkileşim hedeflenen dokunun lazer enerjisini absorbe etme özelliğidir. Lazer enerjisinin hedef dokuda hiçbir etki yaratmadan geçmesi, üçüncü etkileşim olan transmisyondur. Son etkileşim ise lazer ışığı enerjisinin uygulandığı bölgeye değil etrafa saçılma özelliğidir ve bu istenilen enerjiyi zayıflatır (99).

Diş hekimliğinin farklı uygulama alanlarında, değişik dalga boylarına sahip çeşitli lazer sistemleri kullanılmaktadır. Argon, CO_2, Diode, Dye, Er,Cr:YSGG, Er:YAG, Excimer, He-Ne, Ho:YAG, KTP, Nd:YAG ve Nd:YAP kullanılan lazerler arasındadır (99). Endodontide; kavite preparasyonu, çürüğün uzaklaştırılması, diş vitalitesinin belirlenmesi, anestezi oluşturulması, dentin hassasiyetinin giderilmesi,

amputasyon, pulpanın çıkarılması, dişlerin ağartılması, kök kanal preparasyonu ve dezenfeksiyonu gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır (102).

- **Argon Lazer**

488 nm (mavi) ve 514 nm (mavi-yeşil) olmak üzere iki farklı dalga boyu bulunan, aktif maddesi argon olan lazerdir. Su ve dental sert dokular tarafından emilimi azdır (103). Mine ve dentin tarafından absorbe edilmediği için diş beyazlatmada tercih edilebilen lazerlerdir (104). Literatürde argon lazerin kök kanal yüzeylerinde etkili bir dezenfeksiyon yaptığını bildiren çalışmalar mevcuttur (103, 105). Hemoglobin, melanin ve koyu pigmentli dokular tarafından daha iyi absorbe edildikleri için hemostatik etkileri yüksektir ve dişlere zarar vermeden yumuşak doku cerrahisinde kullanılabilirler (106).

- **Ho:YAG Lazer**

Dalga boyu 2120 nm, aktif maddesi yttrium-aluminum-garnet olan lazerdir. Diş sert dokuları tarafından absorbsiyonu düşüktür. Su tarafından emilimi iyi olduğu için yumuşak dokuda düzgün bir kesim sağlar. Pigmente dokulara afinitesi azdır. Kök kanal dezenfeksiyonu ve şekillendirilmesi, apikal rezeksiyon, implant mukozasının kaldırılması, frenektomi ve biyopsi alımı gibi uygulamalarda başarı ile kullanılabildiği gösterilmiştir (101, 107, 108).

- **CO_2 Lazer**

Aktif materyali gazdır ve dalga boyu 10600 nm'dir. Devamlı veya aralıklı modda kullanılabilirler. Yüksek dalga boyu ve temassız olarak kullanılması ile en hızlı doku uzaklaştıran lazer sistemidir. Su tarafından absorbe edilme oranları yüksektir. Doku yüzeyinde derin penetrasyon göstermeden emildiği için yüksek oranda su içeren yumuşak dokuyla ilgili uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedir (109, 110). Çürük oluşumunu önleme, pulpa kaplaması, dentin hassasiyetinin giderilmesi ve kök kanal dezenfeksiyonu amacıyla kullanılabilmektedir (111, 112). Sert dokular üzerinde yapılmış çalışmalar mevcuttur ancak termal zararlarından dolayı kullanımı sınırlıdır (111).

- **Diyot Lazer**

Katı aktif ortama sahip, 800 ile 980 nm arası dalga boyunda, yarı iletken lazerlerdir. Yumuşak doku cerrahisinde temaslı; derin koagülasyon sağlamak için temassız olarak çalışılmaktadır. Diş sert dokuları tarafından emilimi az, pigmente dokular tarafından emilimi yüksektir (113). Antimikrobiyal özelliklerinden dolayı son yıllarda endodontik tedavilerde kullanılmaya başlanmıştır. Diyot lazer ile kombine olarak şekillendirilen kök kanal duvarının, geleneksel şekillendirme ile karşılaştırıldığında daha fazla temizlendiği gösterilmiştir (114).

- **Nd:YAG Lazer**

Elektromanyetik spektrumun infrared bölümünde yer alan, 1064 nm dalga boyunda, aktif maddesi yttrium-aluminum-garnet kristali olan lazerdir (101, 115). Nd:YAG lazer fiber optik yolla, serbest atımlı ve genellikle doku ile temas edilerek kullanılmaktadır (116). Aftöz ülser tedavisi, pulpa hassasiyetini giderme ve hemostaz sağlamada temassız olarak kullanılırlar (117).

Suda ve hidroksiapatitte absorbsiyonu çok iyi değildir. Melanin ve hemoglobin tarafından yüksek oranda absorbe edilerek yumuşak dokuların koagüle edilmesi ve hemostazının sağlanmasında kullanılmaktadır (118).

Yapılan çalışmalarda düşük güçlerde kullanılan Nd:YAG lazerin istenilen bakteri dezenfeksiyonunu sağlayamadığı, yüksek güçlerde kullanıldığında ise kök yüzeylerinde ankiloz, sementte erimeler ve eksternal kök rezorpsiyonuna yol açabileceği bildirilmektedir (119).

Nd:YAG lazerlerin, apikal rezeksiyon, çürük dokunun buharlaştırılması, dentin hassasiyetinin azaltılması, dentinin kesilmesi, kök kırıklarının tedavisi ve kök kanal duvarlarının modifikasyonu gibi çeşitli amaçlarla da kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (120-122).

Goya ve ark. (123) tarafından yapılan bir çalışmada, Nd:YAG lazerin kök kanallarında uygulanması ile smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği ve apikal sızıntıya etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak lazer uygulanan grup kontrol

grubuna göre smear tabakasının uzaklaştırılması ve apikal sızıntının azlığı açısından daha üstün bulunmuştur.

Minamisako ve ark. (124) yaptıkları çalışmada Nd:YAG lazerin debris, smear tabakası ve pulpa dokularını uzaklaştırmada etkili olduğunu göstermişlerdir. Levy (125) kök kanallarının şekillendirilmesi üzerine yaptığı çalışmasında, Nd:YAG lazerin geleneksel yöntemlere göre daha etkili dezenfeksiyon sağladığını ve bunun nedeninin Nd:YAG lazerin debrisi ve dentin tübüllerini tıkayan maddeleri buharlaştırması olduğunu bildirmiştir.

- **KTP Lazer**

Görünür yeşil ışın yayan, dalga boyu yarıya indirilmiş bir Nd:YAG lazer ile görünür kırmızı ışın yayan yardımcı lazer kaynağından oluşan bir sistemdir. Dalga boyu 532 nm'dir. Lazer ışını uygulanacak dokuya 200 μm çapında bir fiber optik kablo ile iletilir. KTP lazerler endodontide; pulpanın ve pulpa poliplerinin uzaklaştırılması, kök kanallarının sterilizasyonu ve diş beyazlatılması gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (126, 127).

- **Er:YAG Lazer**

2940 nm dalga boyuna sahip, aktif ortamı erbium ile kombine edilmiş yttrium-aluminum-garnet kristali içeren lazerlerdir. Su ve hidroksiapatit tarafından emilimi oldukça iyidir. Ancak melanin ve hemoglobin gibi pigmente yapılar tarafından emilim göstermezler (128).

Yumuşak dokularda su oranının fazla olmasına bağlı olarak geniş uygulama alanı bulmuştur. Fakat hemostatik özelliği sınırlıdır (117). Çürük temizlenmesi, sert doku tedavileri, kavite preparasyonları, dentin hassasiyetinin giderilmesi, kök kanal dezenfeksiyonu, yumuşak doku cerrahisi, kemik cerrahisi ve apikal rezeksiyon gibi pekçok uygulama alanı bulunmaktadır (100, 129, 130).

Er:YAG lazer ışığı, dokudaki ve organik yapı içeriğindeki su molekülleri tarafından iyi şekilde absorbe edilir. Absorbe edilen enerjinin oluşturduğu iç basınç ile ablasyon olarak tanımlanan, çevre dokularda mikro patlamalar ve birbirini takip

eden doku parçalanmaları meydana gelir. Çürük dentin içerisindeki su oranının artması ile çürük dokusu ablasyona yatkın hale gelmektedir. Er:YAG lazerin çürük dokusunu uzaklaştırmasındaki başarısının nedeni budur (131). Sert doku uygulamaları sırasında bir miktar ısı artışı oluşmaktadır. Bu ısının çevre dokuya verebileceği zararı engellemek için sisteme su soğutması ilave edilmiştir (132).

Son yıllarda kök kanal tedavisi uygulamaları için, Er:YAG lazer sistemleri ile birlikte kullanılan **‘‘Foton-İndüklü Fotoakustik Dalgalanma’’ (Photon-Induced Photoacoustic Streaming, PIPS)** prensibi ile çalışan bir yöntem geliştirilmiştir. Fotoakustik ve fotomekanik aktiviteler bu tekniğin diğer tekniklerden farkı olarak gösterilmektedir. Er:YAG lazer, radyal bir ateşleme ucu ve poliamid kılıfı ile yeni dizayn edilmiş özel uçlar kullanılarak uygulanmaktadır (133, 134). Fiber uç, kök kanal duvarlarıyla temasının önlenmesi için pulpa odasına yerleştirilir (135). Güçlü fotoakustik şok dalgası, baloncuk şeklinde patlamalar oluşturur ve kanal içinde bulunan irrigasyon solüsyonunun üç boyutlu olarak hareket etmesini sağlar. Bu nedenle PIPS tekniği, geleneksel irrigasyon yöntemlerinden daha iyi kök kanal dezenfeksiyon etkisi gösterir (134).

Li ve ark. (14) PIPS tekniği ile geleneksel, ultrasonik ve sonik irrigasyonun kök kanallarından $Ca(OH)_2$ uzaklaştırma etkinliklerini incelemişler ve PIPS tekniğinin diğerlerine oranla daha fazla $Ca(OH)_2$ uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Güneşer ve ark. (135) yaptıkları çalışmada, NaOCl’in PIPS tekniği ile aktivasyon yapıldığı grubun, hiç aktivasyon yapılmayan gruba göre daha etkili olduğunu göstermişlerdir.

2.4. Kök Kanal Medikamentleri

Biyomekanik şekillendirme ve kullanılan antimikrobiyal irrigasyon solüsyonları, kök kanallarının dezenfekte edilmesini sağlamaktadır. Bazı araştırmacılar ise bunların tek başına kök kanalını dezenfekte etmede yetersiz kaldığını ve sonrasında kök kanal medikamentlerinin kullanılması gerektiğini bildirmektedir (136).

Geçmişte kanal içi medikament olarak peroksitler, aldehitler, kalsiyum hidroksit, fenol bileşikleri, dört değerli amonyum bileşikleri, iyodoform, gümüş

nitrat, ozon, sülfanamidler, antibiyotikler, kortikosteroidler gibi çok sayıda farklı materyal kullanılmasına rağmen, günümüzde halen $Ca(OH)_2$ kullanımı güncelliğini korumaktadır (137).

2.4.1. Kalsiyum Hidroksit

Kalsiyum hidroksitin ($Ca(OH)_2$) endodontide yaygın olarak kullanımı 1920 yılında Hermann tarafından pulpa kaplama ajanı olarak önerilmesiyle başlamıştır (138). Günümüzde direkt ve indirekt pulpa kaplaması, apeksogenezis, apeksifikasyon, kök kanal medikamenti, kök kırıkları, kök rezorpsiyonları ve perforasyonları gibi birçok amaç için kullanılmaktadır (139).

$Ca(OH)_2$'in etki mekanizması tam olarak anlaşılamamasına rağmen, kalsiyum (Ca^{+2}) ve hidroksil (OH^-) iyonlarına ayrılması ile oluşan biyolojik özellikleriyle ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Yüksek pH ve iyonik aktivitesinin iyileşme sürecine etkisi, apikal mikrosızıntıya etkisi, dentin tübüllerine difüzyonu, kanala yerleştirildikten sonra görülebilen alevlenmelerle ilişkisi, vital ve devital pulpa tedavilerinde prognoza etkisi gibi özellikleri değerlendirilmiştir (138, 140). $Ca(OH)_2$'ten salınan OH^- iyonlarının dentin tübüllerine diffüze olması, antibakteriyel etkinliğin artmasını sağlar. Aynı zamanda $Ca(OH)_2$'i kanala yerleştirme tekniği ve kanalda kalma süresi de etkinliğini değiştirebilen faktörlerdendir (141).

$Ca(OH)_2$ yavaş salınımlı antiseptik bir ajandır ve kök kanallarındaki bakterileri elimine edebilmek için uzun süreli olarak uygulanması gerekmektedir (50). Ancak bu sürenin ne kadar olması gerektiği halen tartışılmaktadır.

$Ca(OH)_2$'in kök kanal medikamenti olarak tercih edilmesinin nedenleri;

- Enfekte kök kanallarında antibakteriyel etki gösterebilmesi,
- Bakterisid etki gösterebilmesi,
- Nekrotik doku artıklarını eritebilmesi,
- Bakteriyel endotoksinleri etkisiz hale getirebilmesi,

- Etkisini OH^- iyonlarının salınımı ile ortam pH'sını alkali hale çevirerek gösterebilmesi, olarak sıralanabilir.

2.4.1.1. Biyokimyasal Yapısı

$Ca(OH)_2$, kalsiyum karbonattan ($CaCO_3$) oluşan kireçtaşının 900-1200°C'ye kadar ısıtılmasıyla ortaya çıkan kalsiyum oksitin (CaO), su (H_2O) ile birleşmesi sonucu oluşmaktadır. Renksiz, kokusuz, kristal veya beyaz toz şeklinde bulunur. %54.11'i Ca^{+2}, %45.89'u OH^-'dir (142). Molekül ağırlığı 74.08 gr (40 gr Ca^{+2}, 34.08 gr OH^-) olup, pH'sı 12.5-12.8'dir. Alkolde çözünmezken suda düşük çözünürlüğe sahiptir ve sıcaklığın artması ile çözünürlüğü azalmaktadır. (7, 143). Tek başlarına radyografik görüntü vermedikleri için baryum sülfat ($BaSO_4$) ile 1/4-1/8 oranında karıştırılarak kullanılırlar (144).

2.4.1.2. Etki Mekanizması

- **Mineralizasyon Etkisi**

$Ca(OH)_2$'in sert doku bariyeri oluşturmadaki mekanizması hala tam olarak açıklanamamaktadır. Ancak, temas ettiği dokuda yüksek alkalen özelliği sayesinde yüzeysel bir nekroz alanı oluşturduğu, daha sonra bu dokunun altında hafif bir irritasyon geliştirerek inflamatuar cevabı başlattığı ve dentin köprüsü yapımı için uyarıcı bir etki oluşturduğu ileri sürülmektedir (145).

Mineralizasyon sırasında görev alan Ca^{+2} iyonlarının, $Ca(OH)_2$'ten değil, sistemik dolaşım ile bölgeye geldiği ileri sürülmüştür (139). Bu durum $Ca(OH)_2$'in mineralizasyon için esas kaynak olmadığını, daha çok bu oluşumu stimule eden bir aracı olduğunu göstermektedir (146).

$Ca(OH)_2$ yüksek alkalen özelliği sayesinde dokudaki pH'yı arttırarak, enflame dokudaki asidik ortamın tamponlanmasını sağlar. Osteoklastlar tarafından üretilen laktik asidi nötralize eder ve doku yıkımının ilerlemesine engel olur. Ayrıca sert doku oluşumunda rol oynayan alkalen fosfataz enzimini, sahip olduğu yüksek pH ile aktive eder (146).

Seltzer ve Bender (147) yaptıkları bir çalışmada, $Ca(OH)_2$ ile uygulanan direkt pulpa kaplaması veya pulpotominin sonucunda kök kanalının tamamen kalsifiye olması ve inflamasyonun indüklenmesiyle internal rezorpsiyonun gelişmesi gibi istenmeyen etkilerin ortaya çıkabileceğini bildirmişlerdir.

- **Antimikrobiyal Etki**

$Ca(OH)_2$'in antimikrobiyal özelliği Ca^{+2} ve OH^- iyonlarına ayrışmasıyla ortaya çıkmaktadır. $Ca(OH)_2$'ten ayrışan OH^- iyonları, bakterilerin sitoplazmik membranlarına zarar vererek protein denatürasyonuna ve bakterilerin DNA yapısının bozulmasına neden olurlar (7).

Bakterilerin sitoplazmik membranına hasar vermesi: $Ca(OH)_2$'in OH^- iyonları, lipit peroksidasyonunu uyararak, hücresel membrandaki fosfolipitlerin yıkımına neden olmaktadır. OH^- iyonları doymamış yağ asitlerindeki hidrojen (H^-) atomunu uzaklaştırarak, serbest bir lipid radikali oluşmasına sebep olur. Lipid radikalinin, oksijen ile reaksiyona girerek dönüştüğü lipid peroksit radikali, başka bir H^- atomunu söker. Böylece peroksitler, serbest bir radikal gibi davranarak otokatalitik bir zincirleme reaksiyon başlatırlar. Sonuçta ciddi sitoplazmik membran hasarı oluşur (7).

Protein denatürasyonu: Hücresel metabolizma, enzimatik aktivitelere bağlıdır. Nötral bir pH aralığında enzimler ideal aktivite ve stabilite gösterirler. $Ca(OH)_2$'in oluşturduğu alkalen ortam, proteinlerin tersiyer yapısındaki iyonik bağların yıkımına neden olur. Sonuç olarak, enzim aktivitesi sonlanarak hücresel metabolizmanın bozulmasına sebep olur (7).

DNA hasarı: OH^- iyonları bakteri DNA'sı ile reaksiyona girer ve dizilimin ayrılmasıyla genlerin kaybına sebep olur. Sonuçta DNA replikasyonu inhibe olarak hücresel aktivite bozulur (7).

- **Antiendotoksin Etki**

Periapikal lezyonların oluşması ve ilerlemesindeki esas etken bakteri endotoksini olan lipopolisakkaritlerdir (LPS). LPS'ler gram (-) bakterilerin hücre duvarlarında

bulunur ve periapikal kemik rezorbsiyon sürecinde rol alırlar (148). LPS'ler Lipit A yapıları sayesinde konak hücrelerinden *tumour necrosis factor* (TNF), *interleukin-1* (IL-1), IL-5, IL-8, *alpha interferon, prostoglandin E2* (PGE2) ve *calcitonin gene-related peptid* (CGRP) gibi inflamatuar mediyatörlerin salınmasına neden olurlar (149, 150). $Ca(OH)_2$'in, LPS'nin toksik kısmı olan Lipit A'yı hidrolize ettiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (148, 151). Nelson-Filho ve ark. (152) bakteriyel endotoksinlerin periapikal lezyonlara neden olduğunu ancak $Ca(OH)_2$ ile temas ettiğinde bu endotoksinlerin inaktive olduğunu bildirmişlerdir.

E. faecalis gibi gram (+) bakteriler ise, LPS yerine lipoteikoik asit (LTA) salgılarlar. LTA ve LPS'nin yapısal ve immünolojik özellikleri benzerdir. Baik ve ark. (153) $Ca(OH)_2$ uygulamasının LTA'nın inflamatuar aktivitesini inaktive ettiğini göstermişlerdir.

- **Antifungal Etki**

Mantarlar, endodontik enfeksiyonlarda yer alarak periradiküler hastalıkların oluşmasına neden olabilmektedirler. En sık izole edilen türü *C. albicans*'tır (154). Sıklıkla kök kanal tedavisinin başarısız olduğu dişlerin kanallarından izole edilirken, primer kök kanal enfeksiyonlarında da bulunabilirler (155).

Mantarlar çok geniş pH aralığında yaşayabilirler. Ayrıca $Ca(OH)_2$ patından salınan Ca^{+2} iyonları mantarların büyümesine neden olabildiği için (154), $Ca(OH)_2$'in *C. albicans*'a karşı yeterince etkili olmadığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (156).

- **Biyofilmlere Karşı Etki**

Biyofilm; birbirine ve/veya bulundukları yüzeye yapışarak ince bir tabaka halinde bulunan hücrelerin oluşturduğu mikroorganizma kümesidir. Biyofilmler nekrotik, enfekte, pulpalı veya pulpasız kök kanal sistemlerinde bulunmaktadır (157). Endodontik tedavisi yapılmadan çekilen apikal periodontitisli dişler incelendiğinde, kök kanallarının tamamında bakteri penetrasyonu olduğu gözlemlenmiştir (158).

Yapılan çalışmalarda $Ca(OH)_2$ endodontik patojenlerin çoğuna karşı etkiliyken *E. faecalis* ve *C. albicans*'a karşı etkisinin daha az olduğu, biyofilmlere karşı etkisinin ise tartışmalı olduğu bildirilmiştir (8).

2.4.1.3. Kimyasal Etkileşimleri

- **Dentinin Kalsiyum Hidroksit Üzerine Tamponlama Etkisi**

$Ca(OH)_2$, yeterli konsantrasyondaki OH^- iyonunun dentin tübülleri içerisine diffüze olması ile tübüllerdeki bakterilere etki edebilmektedir. Dentinin tamponlama özelliği, hidroksiapatitin hidrate tabakasında bulunan dihidrojen fosfat ($H_2PO_4^-$), karbonik asit (H_2CO_3) ve bikarbonat (HCO_3) gibi proton kaynakları ile sağlanır (141). $Ca(OH)_2$'in iyonik difüzyonu dentin tamponlama hızından fazla ve pH düzeyi bakterileri yok edebilecek seviyede olduğunda, dentin tübüllerinde antibakteriyel etki sağlanabilmektedir (7).

Haapasalo ve ark. (159) dentin tozunu kullanarak yaptıkları çalışmada, dentinin kök kanal irrigasyon solüsyonları ve medikamentleri üzerinde yavaşlatıcı etkisi olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada $Ca(OH)_2$'in *E. faecalis* üzerindeki etkisinin dentin tozu varlığında tamamen ortadan kalktığı bildirilmiştir (159).

- **Kalsiyum Hidroksitin NaOCl ve CHX ile Sinerjitik Etkisi**

Kök kanal sistemindeki mikroorganizmalar ve doku artıklarını kök kanal sisteminden uzaklaştırmak için $Ca(OH)_2$ ve NaOCl birlikte kullanılabilmektedir. Wadachi ve ark. (160), NaOCl ve $Ca(OH)_2$'in birlikte kullanımlarının ayrı ayrı uygulanmalarına göre debris miktarını önemli ölçüde azalttığını göstermişlerdir.

$Ca(OH)_2$ ve CHX'in birlikte kullanılmalarının nasıl bir etki yarattığı konusu ise tartışmalıdır. Yapılan bir çalışmada $Ca(OH)_2$ ve CHX'in birlikte kullanımının antibakteriyel etkinlikleri üzerinde artış yaratmadığı aksine $Ca(OH)_2$'in etkisi aynı kalırken CHX'in etkisinin azaldığı gösterilmiştir (161, 162). Buna karşın CHX/$Ca(OH)_2$ patının, *E. faecalis*'in üremesini engelleme ve inhibisyon zonu oluşturma açısından etkili bir kombinasyon olduğu da bildirilmiştir (163).

- **Kalsiyum Hidroksitin Dentin Üzerine Etkisi**

Dentinin kırılmaya yatkın hale gelmesinin nedeni, esnekliğinden sorumlu olan hidroksiapatit ve kollajen ağ arasındaki bağlantının etkilenmesidir (164). Uzun dönemler boyunca $Ca(OH)_2$ ile doldurulan immatür dişlerde kırıkların çok sık görüldüğü rapor edilmiştir. Andreasen ve ark. (164) bunun nedeni olarak bir yıl boyunca $Ca(OH)_2$ ile temas eden dişlerin kırılma dirençlerinin yarı yarıya azalması olduğunu bildirmişlerdir. Doyon ve ark. (165) tarafından yapılan çalışmada da diş kök dentinlerinin $Ca(OH)_2$ ile 6 ay boyunca temas ettiğinde, kırılma dirençlerinin belirgin oranda azaldığı gösterilmiştir.

2.4.1.4. Kalsiyum Hidroksit Taşıyıcıları

$Ca(OH)_2$ tozu çeşitli taşıyıcılar ile karıştırılarak endodontide yaygın olarak kullanılmaktadır. İdeal bir $Ca(OH)_2$ taşıyıcısı, Ca^{+2} ve OH^- iyonlarının salınımını yavaş ve aşamalı bir şekilde yapmalı, sert dokularda yan etkiye sebep olmamalı ve doku sıvılarında yavaşça difüzyona uğramalıdır. Akışkan, visköz veya yağlı tip olmak üzere üç tip taşıyıcı vardır (138).

Aköz tip taşıyıcılar; su, serum fizyolojik, lokal anestezik solüsyon (tercihen vazokonstriktörsüz), Ringer's solüsyonu, metil selüloz ve anyonik deterjanlardır. Dokularla veya doku sıvılarıyla temas ettiğinde hızlı bir şekilde çözünür ve makrofajlar tarafından rezorbe edilirler. Bunun sonucunda kök kanalı kısa bir süre içinde boşalır ve iyileşme sürecinin olumsuz etkilenmesine neden olur (138).

Visköz tip taşıyıcılar; gliserin, polietilenglikol ve propilenglikol gibi ajanlardır. Bu gruptaki taşıyıcılar suda düşük oranda çözünürler. Yüksek molekül ağırlıkları sayesinde daha yavaş ve uzun süreli salınım yaparlar. Bu özellikleri sayesinde dokuyla temasında çok az çözünür ve istenilen bölgede uzun süre kalırlar. Kök kanalında 2-4 ay süreyle kalabildiklerinden dolayı seans sayısı ve pansuman yenileme ihtiyacını azaltırlar (138).

Yağlı tip taşıyıcılar; zeytin yağı, silikon yağı, kafurlu paraklorofenol, linoleik asit gibi ajanlardır. Suda çözünmezler. Dokularda diğer taşıyıcılara göre düşük çözünürlük ve difüzyon gösterip, kök kanalında daha uzun süre kalırlar (138).

2.4.1.5. Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanalından Uzaklaştırılması

Geçmişte yapılan çalışmalara göre, $Ca(OH)_2$ ile geçici bir süre bekletilen kök kanallarında, kanal dolgusunun bağlanmasının artacağı ve sızıntısının azalacağı düşünülüyordu (166, 167). Ancak Wu ve ark. (168) $Ca(OH)_2$'in, araştırmalarda kullanılan metilen mavisini çözdüğünü, bu nedenle yapılan sızıntı çalışmalarından alınan sonuçların şüpheli olduğunu bildirmişlerdir. Metilen mavisinin renginin birçok materyal tarafından açıldığı gösterildikten sonra, bazı araştırmacıların $Ca(OH)_2$'in kanal dolgu patlarının bağlanmalarını arttırarak sızıntıyı azaltacağı görüşlerinin yanlış olduğu kabul edilmiş ve metilen mavisinin kullanılması bırakılmıştır (169).

Margelos ve ark. (170) daimi kanal dolgu patları ile $Ca(OH)_2$ patı arasında etkileşim meydana geldiğini, Hosoya ve ark. (171) ise kök kanalında kalan $Ca(OH)_2$ parçacıklarıyla etkileşime giren kanal dolgu patlarının fiziksel özelliklerinde değişiklikler meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada $Ca(OH)_2$'in çinko oksit öjenol esaslı patlarla etkileşime girerek şelat oluşumunu inhibe ettiği ve patın içinde sertleşmemiş, granüllü artık öjenol kalmasına neden olduğu görülmüştür (170).

Çalt ve Serper (172) tarafından yapılan çalışmada tek başına kullanılan NaOCl'in, $Ca(OH)_2$'i kök kanal yüzeylerinden tamamen kaldıramadığı ve patların dentin tübüllerine penetre olmadığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada EDTA ile birlikte uygulanan NaOCl ile irrigasyonda, $Ca(OH)_2$'in uzaklaştırıldığı ve patların dentin tübüllerine penetrasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada kök kanallarından uzaklaştırılamayan $Ca(OH)_2$'in, kanal dolgu patının dentin tübüllerine penetrasyonuna engel olduğu da bildirilmiştir (176).

Lambrianidis ve ark. (173) farklı taşıyıcılar kullanarak kök kanallarına yerleştirilen $Ca(OH)_2$'i farklı irrigasyon solüsyonları ile beraber geleneksel eğeleme

ile uzaklaştırdıkları çalışmada, irrigantların $Ca(OH)_2$'i kök kanallarından uzaklaştırma etkinlikleri arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Yücel ve ark. (174) farklı ultrasonik irrigasyon sistemleri ile geleneksel irrigasyonun $Ca(OH)_2$'i kök kanallarından uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmış ve geleneksel irrigasyonun diğer gruplara göre $Ca(OH)_2$'i uzaklaştırmada yetersiz kaldığı görülmüştür.

Kuştarcı ve ark. (175) ise yaptıkları çalışmada $Ca(OH)_2$'i kök kanallarından uzaklaştırmak için uyguladıkları lazer sisteminin, geleneksel irrigasyona göre daha başarılı olduğunu göstermişlerdir.

2.5. Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM)

Konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM), floresan boyalar ile işaretlenmiş doku ve hücrelerin, üç boyutlu şekilde görüntülenmesini sağlamaktadır (176).

Konvansiyonel mikroskop ile bulanık görüntü veren nesnelerden daha net bir görüntü elde edebilmek için geliştirilmiştir. CLSM, incelenen örneğin nokta nokta ışıklandırılması ve odak düzlemi dışında gelen ışığın, örnek üzerinde elimine edilmesi prensibi ile çalışmaktadır. Konvansiyonel mikroskopla alınan görüntüye göre kontrastı daha iyi ve daha az bulanık bir görüntü elde edilir. Lazerler ile daha geniş dalga boyu aralıkları incelenebilmektedir. CLSM ile ulaşılabilecek en yüksek ışık mikroskobu çözünürlüğü sayesinde hücre yapısından temiz bir şekilde görüntü alınabilmektedir. (177). Örnek üzerinde tek noktanın ışıklandırılması, herhangi bir anda tek noktadan yakalanabilen foton sayısının daha az olmasına neden olur. Bu nedenle görüntünün doğru bir ölçümle elde edilebilmesi için her noktanın uzun süre ışıklandırılması bir dezavantaj yaratmaktadır (176).

Endodontide CLSM, patların dentin tübül penetrasyonlarının incelemesinde (178, 179), çeşitli irrigasyon solüsyonlarının antibakteriyel etkinlikleri (180) ile dentin tübül penetrasyonlarını (181) saptamada ve kök kanal doldurma tekniklerinin karşılaştırılmasında (182) kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; geleneksel irrigasyon yöntemi, EndoVac, EndoActivator, PUI, Nd:YAG ve PIPS teknikleri ile kök kanallarından uzaklaştırılan $Ca(OH)_2$'in kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonuna etkisinin CLSM ile karşılaştırmalı olarak incelenmesidir.

Çalışmamızın sıfır hipotezi, $Ca(OH)_2$'in kök kanallarından uzaklaştırılmasında kullanılan irrigasyon tekniklerinin, kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonuna etkileri arasında fark olmayacağıdır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

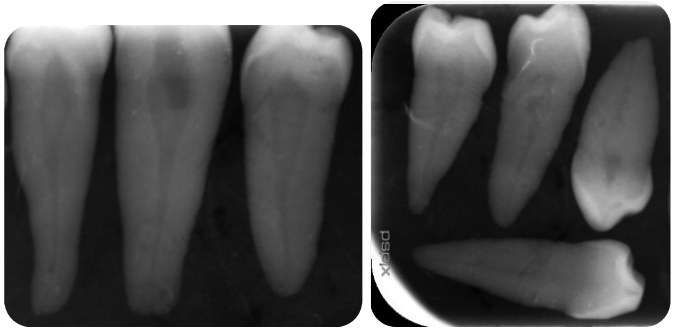
Çalışmaya, Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı'ndan 03.05.2016 tarih ve 2016-05/07 sayılı etik kurul onayı alındıktan sonra başlandı.

3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması

Örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde $\alpha=0.05$, $\beta=0.10$, $(1-\beta)=0.90$ alındığında çalışmanın her bir grubunun 10 dişten oluşmasına karar verildi ve testin gücü $p=0.90364$ olarak bulundu.

Çalışmada, ortodontik veya periodontal nedenlerden dolayı çekilmiş 70 adet tek köklü ve tek kanallı alt premolar insan dişi kullanıldı. Dişler, yüzeylerindeki organik birikintilerden arındırılması için 15 dk boyunca %5.25'lik NaOCl'te bekletildikten sonra yüzeylerinde kalmış olan yumuşak ve sert doku artıkları periodontal küret ile temizlenerek uzaklaştırıldı. Çalışma süresine kadar distile su içerisinde bekletildi. Dişlerin tek köklü olduklarını tespit etmek amacıyla bukkolingual ve mesiodistal yönlerden preoperatif radyograflar alındı (Şekil 3.1). Kullanılacak dişlerin; kanallarında kalsifikasyon olmamasına, çürük olmamasına, apikal gelişimini tamamlamış olmasına, kırık ve çatlak veya kök rezorbsiyonu bulundurmamasına dikkat edildi.

Dişlere yüksek hızlı bir motorla giriş kavitesi açıldı. 10 numaralı K tipi eğe ile apikal açıklık kontrol edildi ve 15 numaralı K tipi eğenin apikal foramenden çıkmadığı dişler çalışmaya dahil edildi. Standart bir çalışma boyutu elde edilebilmesi için, dişlerin koronal kısımları su soğutması altında elmas fissür frez ile kesildi ve uzunlukları 18 ± 0.5 mm olacak şekilde ayarlandı.



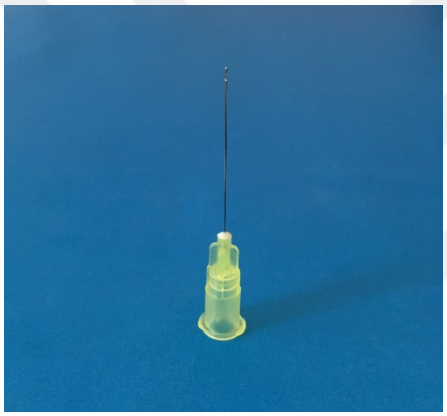
Şekil 3.1. Örnek dişlerin radyograflarla kontrol edilmesi.

3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

15 numaralı K tipi kanal eğesi dişlerin apikal foramenlerinde görüldükten sonra her bir kök kanalının çalışma boyutu, ölçümden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Endo-Mate TC (NSK, Nakanishi Inc., Tokyo, Japonya) endodontik motor (Şekil 3.2) 300 rpm hız ve 2.2 Ncm tork ile kullanıldı. Kök kanalları, ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner alet sistemine ait X1 (.04/17), X2 (.06/25), X3 (.07/30) ve X4 (.06/40) eğeleri (Şekil 3.2) sırasıyla kullanılarak şekillendirildi. Eğeler çalışma boyunda, saat yönünde sürekli rotasyonla ve fırçalama hareketi yapılarak kullanıldı. Çalışmada kullanılan her eğe yalnızca 3 kanalı şekillendirmek için kullanıldı.

Kök kanallarının genişletilmesi sırasında, her alet değişiminden sonra ve preparasyonu takiben kök kanalları 30 gauge'luk yandan açılan özel endodontik irrigasyon iğnesi (Şekil 3.3) yardımıyla 2 ml %2.5'lik NaOCl ile yıkandı. Preparasyon tamamlandığında 5 ml %17'lik EDTA ile 1 dk süresince irrigasyon yapıldı ve ardından 5 ml %2.5'lik NaOCl kullanıldı. Son yıkama olarak, artık irrigasyon solüsyonu bırakmamak için kanallar 5 ml distile su ile yıkandı.

Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan endomotor ve Ni-Ti sistem eğeleri.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan 30 gauge'luk yandan açılan irrigasyon iğnesi.

3.3. Deney Gruplarının Oluşturulması

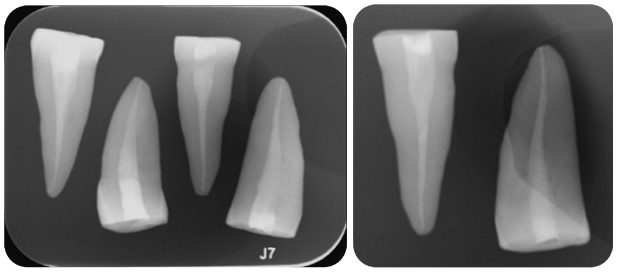
Preparasyonun tamamlanmasını takiben tüm örnekler her bir grupta 10 adet olacak şekilde rastgele 7 farklı gruba ayrıldı.

- Grup 1. Kontrol Grubu
- Grup 2. Geleneksel İrrigasyon Grubu
- Grup 3. EndoActivator Grubu
- Grup 4. EndoVac Grubu
- Grup 5. Pasif Ultrasonik İrrigasyon Grubu
- Grup 6. PIPS Grubu
- Grup 7. Nd:YAG Grubu

3.4. Kök Kanallarının Kalsiyum Hidroksit ile Doldurulması

Kök kanallarının şekillendirme ve yıkama işlemleri tamamlandıktan sonra kanallar kâğıt konlarla (Diadent, Chongju, Kore) kurutuldu. Kontrol grubu için rastgele seçilen 10 örnek hariç diğer dişler $Ca(OH)_2$ (Metapaste; Meta Biomed Co, Ltd, Chungbuk, Kore) patı (Şekil 3.4) ile dolduruldu. Kök kanallarının $Ca(OH)_2$ ile tamamen dolduğundan emin olmak için radyograflar alındı (Şekil 3.5). Kanal ağızlarının koronal kısmına nemli pamuk pelet yerleştirildi ve 2 mm geçici dolgu ile kapatıldı. Hazırlanan örnekler 37°C de %100 nemli bir ortamda, ağız ortamında iki seans arasında geçen zamanı temsilen 1 hafta boyunca etüvde bekletildi.

Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan $Ca(OH)_2$ patı.



Şekil 3.5. $Ca(OH)_2$ patı yerleştirildikten sonra alınan radyograflar.

3.5. Kök Kanallarından Kalsiyum Hidroksitin Uzaklaştırılması

Tüm deney gruplarında kanallar ilk olarak 1 ml %2.5'lik NaOCl ile irrige edildi ve preparasyon sırasında kullanılan son eğe (X4) ile çalışma boyuna girildi.

- **Kontrol Grubu**

Kontrol grubuna $Ca(OH)_2$ yerleştirilmediği için, uzaklaştırma işlemi olmadan irrigasyon prosüdürleri gerçekleştirildi. 30 gauge'luk yandan açılan irrigasyon iğnesi çalışma uzunluğunun 2 mm gerisinde yerleştirilerek 1 dk boyunca 5 ml NaOCl kanal içerisinde yavaşça ve ileri geri hareketlerle irrige edildi. Bunu takiben aynı işlemler 5 ml EDTA ile 1 dk süresince uygulandı. Kanal içerisinde kalan artık solüsyonun uzaklaştırılması amacıyla kanallar 5 ml distile su ile yıkandı ve kâğıt konlarla kurulandı.

- **Geleneksel İrrigasyon Grubu**

1 ml %2.5'lik NaOCl ve son kullanılan eğe ile çalışma boyuna gidildikten sonra kontrol grubunda yapılan tüm işlemler aynı şekilde uygulandı.

- **EndoActivator Grubu**

Bu grupta EndoActivator (Dentsply, Tulsa, OK, ABD) cihazı ve kırmızı (.04/25) EndoActivator ucu (Şekil 3.6) kullanılarak çalışma uzunluğunun 2 mm gerisinde ve 2-3 mm'lik dikey vuruşlar yapılarak, 10000 cpm'de aktivasyon yapıldı. Tek bir EndoActivator uç tek bir kök kanalının aktivasyonu için kullanıldı. 5 ml %2.5'lik NaOCl kanala 60 sn'de gönderildi. İlk 20 sn'de kanala 1.7 ml'si verildi. 20 sn EndoActivator aktivasyonu yapıldı. Aktivasyondan sonra kanala ikinci kez 20 sn'de 1.7 ml NaOCl gönderildi. Sonrasında tekrar 20 sn aktivasyon yapıldı. Kalan solüsyon 20 sn'de tekrar kanala gönderilerek 3. kez 20 sn boyunca aktivasyon yapıldı. Daha sonra aynı uygulama prosedürü 5 ml EDTA için uygulandı.

Sonuç olarak bir kanalda 1 dk boyunca toplam 5 ml NaOCl ve 1 dk boyunca 5 ml EDTA kullanılmış oldu. Kalan artık solüsyonun uzaklaştırılması amacıyla kanallar 5 ml distile su ile yıkandı ve kâğıt konlarla kurulandı.

Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan EndoActivator cihazı ve ucu.

- **EndoVac Grubu**

EndoVac sistemine ait MDT ile 2.5 ml NaOCl giriş kavitesi içine verilirken, kanallar önce makrokanül uç ile orta ve koronal bölgede, ileri geri hareketler yapılarak 30 sn süresince yıkandı. Daha sonra aynı sistemin mikrokanül ucu 6 sn çalışma boyunda, 6 sn çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde 2.5 ml NaOCl ile 30 sn yıkandı. Mikrokanül kullanımı bu sıra ile 5 defa, toplam 30 sn tekrarlandı. Aynı prosedür EDTA için uygulandı ve kanallar 5 ml distile su ile yıkanarak, kâğıt konlarla kurulandı. Her beş kök kanalından sonra EndoVac seti (Şekil 3.7) değiştirildi.

Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan EndoVac seti ile makrokanül ve mikrokanül ucu.

- **Pasif Ultrasonik İrrigasyon Grubu**

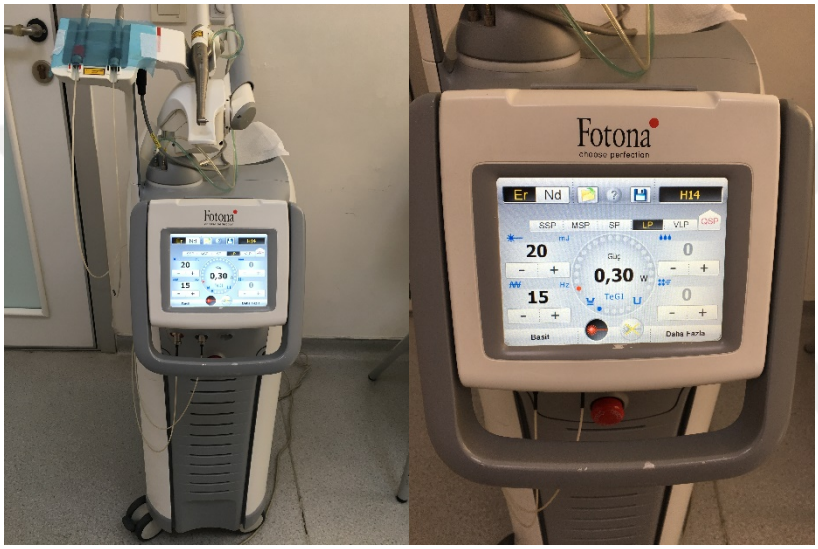
VDW.ULTRA ultrasonik cihaza (VDW, Münih, Almanya), Irri-S 20 numaralı endodontik irrigasyon ucu (Satelec Inc, NJ, ABD) takıldı (Şekil 3.8). Tek bir ultrasonik uç beş farklı kök kanalı için kullanıldı. Cihaz üretici firmanın önerileri doğrultusunda IRRI modunda 20 güç ayarına getirildi. Ultrasonik uç çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde yerleştirildi ve kanal duvarlarına temas etmeden, ileri geri hareketler ile kullanıldı. 20 sn'lik periyotlarla 3 kez 1 dk süresince aktivasyon yapıldı. 5 ml NaOCl ile irrigasyon işlemi ise yine EndoActivator grubundaki gibi uygulandı. Daha sonra aynı uygulama prosedürüne 5 ml EDTA ile devam edildi ve kalan artık solüsyonunun uzaklaştırılması amacıyla kanallar 5 ml distile su ile yıkanarak kâğıt konlarla kurulandı.

Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan PUI cihazı ve paslanmaz çelik ultrasonik ucu.

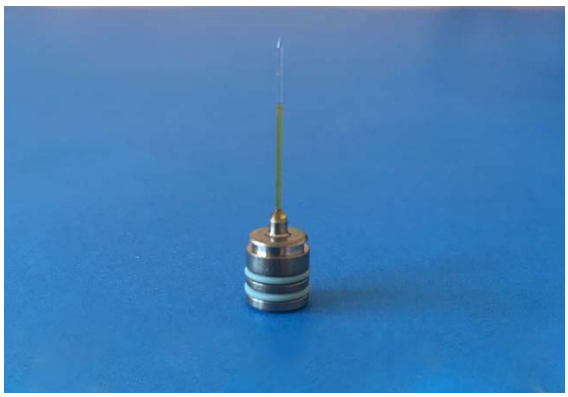
- **PIPS Grubu**

Er-YAG lazerin (Fidelis AT; Fotona, Ljubljana, Slovenya) (Şekil 3.9) ucuna 14 mm uzunluğunda, 400 µm çaplı kuartz tip konik fiber uç (PIPS) (Şekil 3.10) geçirildi. Lazer cihazının parametreleri 0.3 W enerji, 15 Hz frekans hızı ve 20 mJ atım hızı olacak şekilde ayarlandı (Şekil 3.9). İşlem sırasında hava ile su sistemi kapalı tutuldu. Lazer uygulamasının negatif etkilerinden korunmak amacıyla koruyucu gözlük kullanıldı.

PIPS aktivasyonu esnasında solüsyon kanaldan hemen uzaklaştığı için bu grupta bir yandan lazer ile aktivasyon yapılırken diğer yandan kanal içerisine solüsyon verildi. Işınlama boyunca fiber uç kök kanalının koronal kısmına yerleştirildi ve kanal ağzına temas etmeksizin çalıştırıldı. 5 ml NaOCl kanal ağzından 20 sn'lik periyotlarla toplamda 1 dk boyunca verilirken PIPS ile aktivasyon yapıldı. Her tekrarda 20 sn ara verildi. Aynı işlemler EDTA için uygulandı ve kanallar distile su ile yıkanıp, kâğıt konlarla kurulandı.



Şekil 3.9. Çalışmada PIPS tekniği ile birlikte kullanılan Er:YAG lazer cihazı ve uygulama parametreleri.



Şekil 3.10. Er:YAG lazere ait 400 µm'lik PIPS fiber optik uç.

- **Nd:YAG Grubu**

Nd:YAG lazere (Smarty A10; Deka, İtalya) (Şekil 3.11) takılan 200 µm'lik fiber optik uç (Şekil 3.12) kullanılarak aktivasyon yapıldı. Lazer cihazı parametreleri 1.5 W enerji, 15 Hz frekans hızı ve 100 mJ atım hızı olacak şekilde ayarlandı (Şekil 3.11). Lazer uygulamasının negatif etkilerinden korunmak amacıyla koruyucu gözlük kullanıldı. Fiber uç çalışma boyundan 3-4 mm kısa olacak şekilde yerleştirildi. Işınlama boyunca kanal duvarlarına temas etmeksizin, apikal kısımdan koronale doğru, dairesel ve spiral bir hareketle uygulandı. 5 ml NaOCl solüsyonu EndoActivator grubundaki gibi uygulandı. Daha sonra aynı uygulama prosedürüne 5 ml EDTA ile devam edildi ve kalan artık solüsyonunun uzaklaştırılması amacıyla kanallar 5 ml distile su ile yıkanarak kâğıt konlarla kurulandı.

Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan Nd:YAG lazer cihazı ve uygulama parametreleri.

Şekil 3.12. Nd:YAG lazere ait 200 µm'lik fiber optik uç.

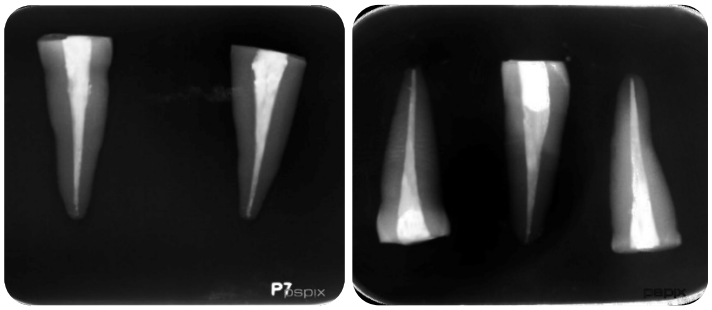
3.6. Kök Kanallarının Doldurulması

İrrigasyon prosedürlerini takip ederek $Ca(OH)_2$'in kök kanallarından uzaklaştırılmasından sonra CLSM'de floresan görüntü alabilmek için AH Plus (Dentsply DeTrey, GmbH, Konstanz, Almanya) kanal patına, üretici firmanın önerisi doğrultusunda hazırlanan %0.1'lik Rhodamine B (Merck, Darmstadt, Almanya) boyası, her örnekte kullanılacak olan pata insülin enjektörü ile ölçülerek eşit miktarda eklendi (Şekil 3.13).

Kanal patı, çalışma boyundan 1 mm kısa yerleştirilen 40 numaralı kâğıt konlarla 5 sn ileri geri pompalama hareketi ile kanala uygulandı. Patın kanala gönderilmesinden önce çalışma boyunda *tug back* hissi alınarak uyumluluğu kontrol edilen ana konlar, uçları pata bulanarak kanala yerleştirildi. 25 numaralı spreader ve 20 numaralı guta-perkalar (Diadent, Chongju, Kore) kullanılarak kanal içinde boşluk kalmayacak şekilde soğuk lateral kondensasyon tekniği ile kök kanal dolumları tamamlandı. Giriş kavitesindeki fazla guta-perkalar ısıtılmış aletler yardımıyla uzaklaştırıldı. Kaviteler geçici dolgu maddesi ile kapatıldı. Kanal tedavileri tamamlanan örnek dişlerden (Şekil 3.14) yapılan kök kanal dolumlarının kalitesini ve boşlukların var olup olmadıklarının kontrolü amacıyla radyograflar alındı (Şekil 3.15). Dişler kök kanal dolgu patlarının sertleşmesi için 1 hafta boyunca 37°C'de %100 nemli bir ortamda bekletildi.

Şekil 3.13. Kök kanal dolumları için kullanılan malzemeler.

Şekil 3.14. Kök kanal dolumları yapılmış örnek dişler.

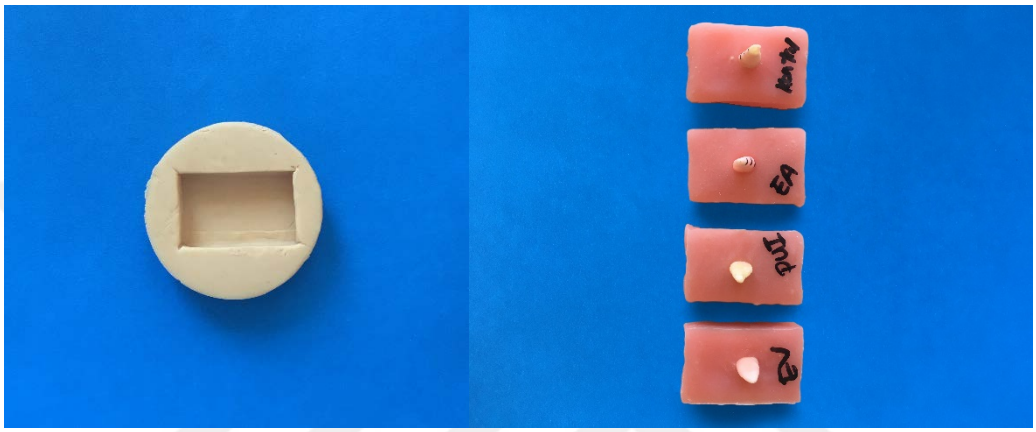


Şekil 3.15. Kök kanal dolumları yapılmış dişlerden alınan radyograflar.

3.7. Kesit Alma

Hazırlanan örnekler silikon kalıplar kullanılarak hazırlanan soğuk akrilik içerisine, koronal kısmı akrilik içinde kalacak şekilde gömüldü (Şekil 3.16). Isomet cihazı

(Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) kullanılarak (Şekil 3.17), düşük hızda dönen 0.3 mm kalınlığında elmas diskler ile su soğutması altında, kök apeksinden 4, 8 ve 12 mm uzaklıkta olacak şekilde, elmas diskin kalınlığı da dikkate alınarak 1 mm'lik diskler halinde kesildi. Silikon karbid zımparalarla cilalanarak, cam bir lam üzerine yerleştirildi (Şekil 3.18). Örnekler lokalizasyonuna göre apikal (4 mm), orta (8 mm), koronal (12 mm) olmak üzere 3 alt gruba ayrıldı.



Şekil 3.16. Örnekleri akrilik içerisine yerleştirmek için kullanılan silikon kalıp ve kök kısımları açıkta kalacak şekilde akrilik içerisine alınmış örnekler.

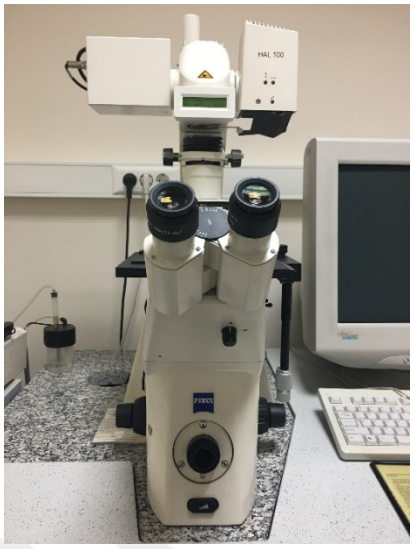
Şekil 3.17. Kesit alma cihazı.

Şekil 3.18. Örneklerin lam üzerine yerleştirilmesi.

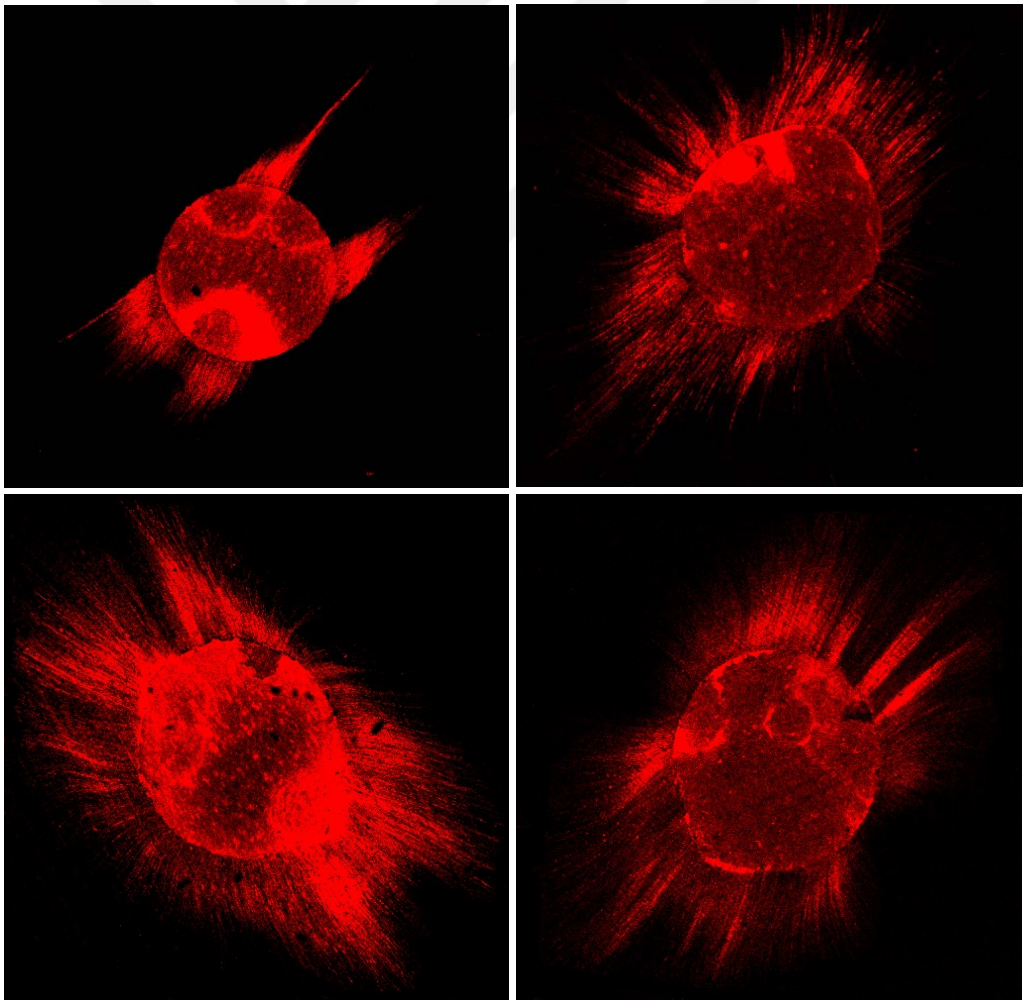
3.8. Kesitlerin CLSM ile İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması

Örnekler Orta Doğu Teknik Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Biyoteknoloji AR-GE Merkezi bünyesinde bulunan CLSM (Zeiss LSM 510, Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Göttingen, Almanya) (Şekil 3.19) ile incelendi. Işık kaynağı olarak 543 nm dalga boyu olan Helyum-Neon lazer kullanıldı. Görüntüler x4 büyütme ile 512x512 çözünürlükte kaydedildi (Şekil 3.20). CLSM ile yapılan inceleme sırasında görme alanının küçük olması nedeniyle bazı parçalar ekrana sığdırılamadı. Bu örnekler üzerinde çalışabilmek için, aynı örneğin farklı bölgelerinden görüntüler alındı ve bu görüntüler Adobe Photoshop CS6 programında birleştirilerek tek bir görüntü haline getirildi (Şekil 3.21). Birleştirilen bu görüntüler Image J, diğer görüntüler ise Zeiss LSM Image Browser 4.2.0 programına aktarılarak değerlendirildi.

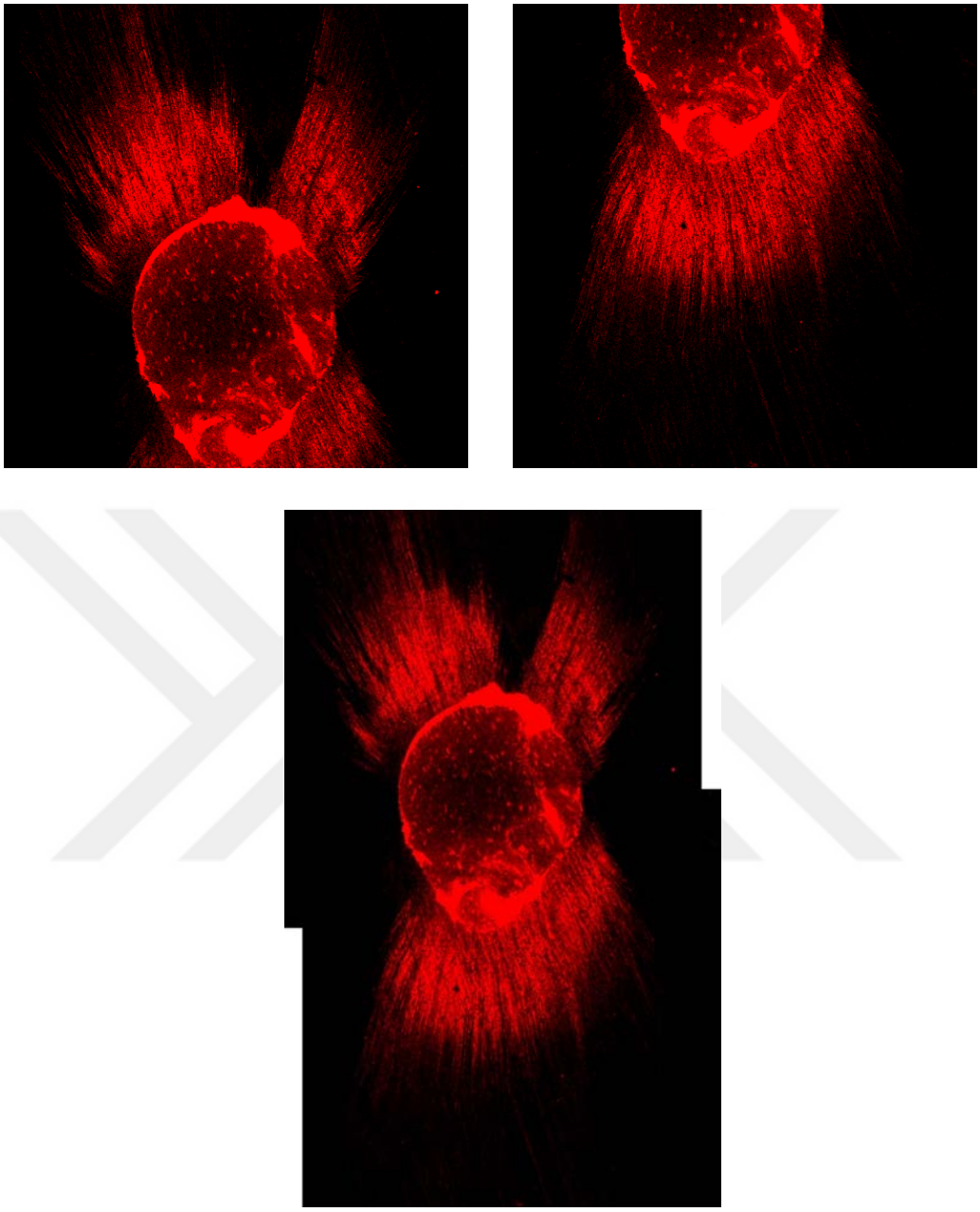
Programlar içerisinde bulunan çizim araçlarının yardımı ile görülen maksimum penetrasyon derinliği, kanal duvarından penetrasyonun olduğu en uzak nokta arasındaki mesafenin ölçülmesi ile hesaplandı (Şekil 3.22). Penetrasyon alanı, patın penetre olduğu bölgelerin etrafının çizilerek ölçüldüğü alandan, kök kanal alanının çıkarılması ile hesaplandı (Şekil 3.23). Son olarak kanal çevresi üzerinde sadece pat penetrasyonun görüldüğü bölgelerin uzunluğunun, kanal duvarının toplam çevre uzunluğuna bölünmesi ile penetrasyon yüzdeleri elde edildi (Şekil 3.24) ve tüm veriler kaydedildi.



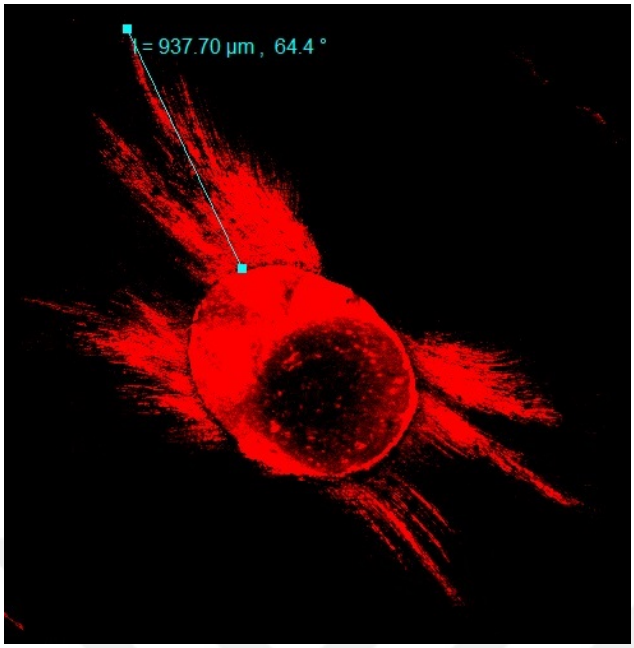
Şekil 3.19. Kesitlerin incelendiği CLSM.



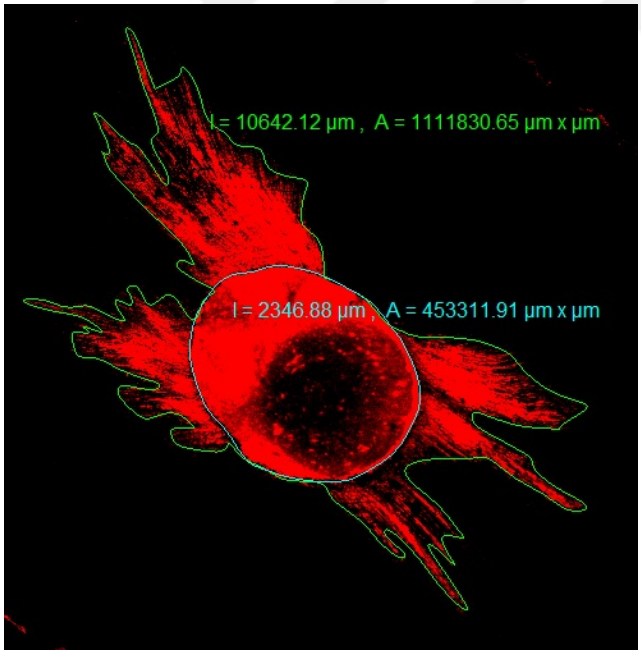
Şekil 3.20. CLSM'den alınan farklı kesit görüntüleri.



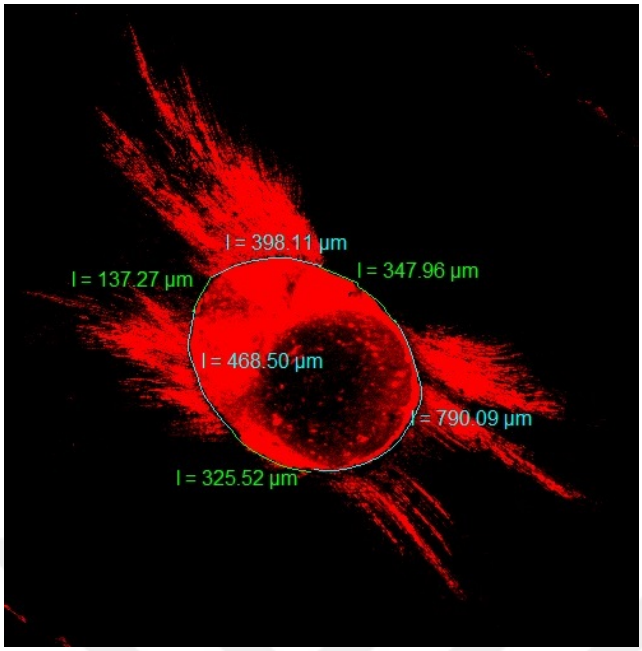
Şekil 3.21. CLSM'den alınmış görüntülerin Adobe Photoshop CS6 programında birleştirilerek tek bir görüntü elde edilmesi.



Şekil 3.22. Maksimum penetrasyon derinliğinin ölçülmesi.



Şekil 3.23. Penetrasyon alanının ölçülmesi.



Şekil 3.24. Penetrasyon yüzdesinin ölçülmesi.

3.9.İstatistiksel Yöntem

Çalışmamızda elde edilen veriler SPSS v22.0 (SPSS Inc, New York, ABD) programına yüklenerek verilerin değerlendirilmesinde parametrik test varsayımları yerine getirildiğinden (Kolmogorov-Smirnov) varyans analizi, Tukey testi, tekrarlı ölçümlerde varyans analizi, Bonferroni testi kullanılmış ve yanılma düzeyi 0,05 olarak alınmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmamızda elde edilen veriler değerlendirilerek kanal patının dentin tübüllerine maksimum penetrasyon derinliği, penetrasyon alanı ile penetrasyon yüzdesi incelenmiş ve aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

4.1. Penetrasyon Derinliğine İlişkin Bulgular

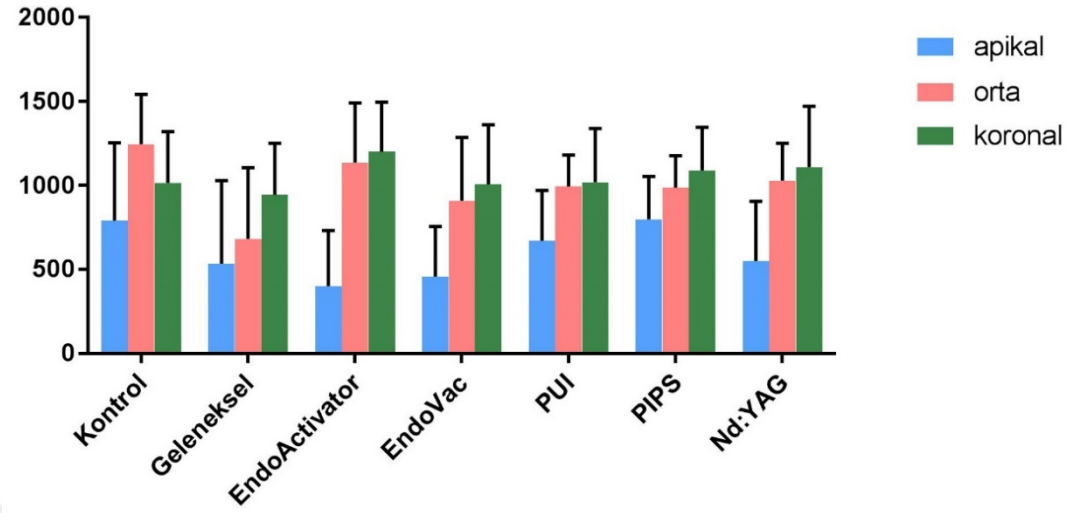
Deney grupları ve kontrol grubuna ait penetrasyon derinliği ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 4.1 ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Grupların penetrasyon derinliğine ait değerler (µm).

Grup \ Bölge	Apikal		Orta		Koronal	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Kontrol	791,51^{Aa}	462,57	1246,33^{ACa}	295,93	1016,07^{Aa}	304,86
Geleneksel	534,17^{Aa}	494,86	682,53^{BCab}	423,13	943,63^{Ab}	306,78
EndoActivator	400,63^{Aa}	332,14	1135,98^{ACb}	356,12	1201,55^{Ab}	293,67
EndoVac	456,90^{Aa}	299,12	908,85^{Cb}	376,43	1007,82^{Ab}	352,26
PUI	671,16^{Aa}	299,00	994,67^{Cb}	185,54	1018,87^{Aab}	320,61
PIPS	798,51^{Aa}	256,07	988,27^{Ca}	188,55	1089,925^{Aa}	255,83
Nd:YAG	551,27^{Aa}	353,82	1029,86^{Cb}	220,88	1109,67^{Ab}	362,05

Aynı sütunda farklı üst simge büyük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Aynı satırda farklı üst simge küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.1. Grupların penetrasyon derinliğine ait değerlerin dağılımı.

Gruplara ilişkin elde edilen veriler değerlendirildiğinde; apikal ve koronal bölgedeki penetrasyon derinliği yönünden gruplar arasındaki farklılık anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$).

Orta bölgedeki penetrasyon derinliği yönünden gruplar arası farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplara ilişkin derinlik ölçümü ikişerli karşılaştırıldığında, geleneksel irrigasyon grubu, kontrol ve EndoActivator gruplarına göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Diğer gruplar arasındaki farklılık ise anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$).

Gruplar arasında en fazla penetrasyon derinliğinin apikal bölgede PIPS; orta ve koronal bölgede EndoActivator'de olduğu tespit edilmiştir.

Her grubun kendi içerisinde apikal, orta ve koronal bölgeleri değerlendirildiğinde; kontrol ve PIPS grubunda apikal, orta ve koronal bölgeler arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Geleneksel irrigasyon grubunda apikal ve koronal bölge; PUI grubunda apikal ve orta bölge arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir ($p<0,05$). EndoActivator, EndoVac ve Nd:YAG gruplarında ise apikal bölge ile orta ve koronal bölge arasında anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

4.2. Penetrasyon Alanına İlişkin Bulgular

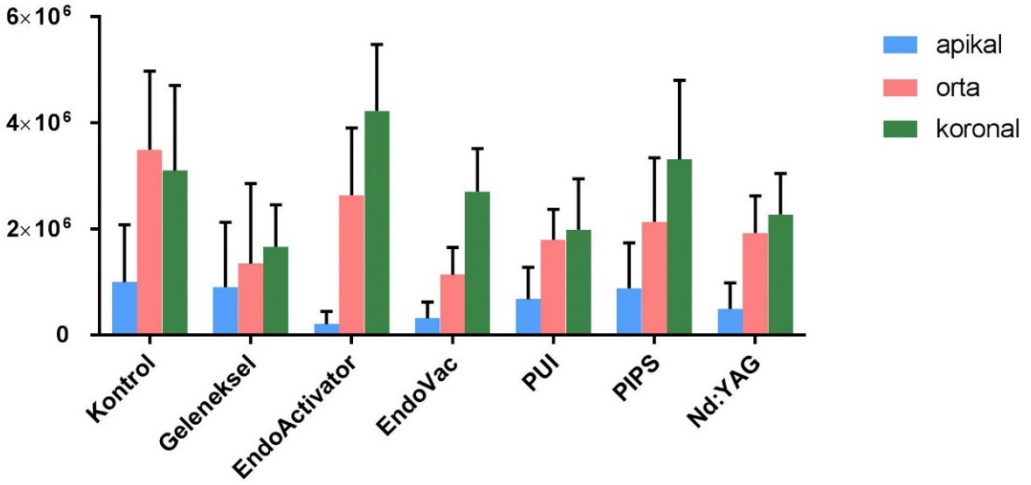
Deney grupları ve kontrol grubuna ait penetrasyon alanı ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 4.2 ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Grupların penetrasyon alanlarına ait değerler (µm²).

Grup \ Bölge	Apikal		Orta		Koronal	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Kontrol	995586,80^{Aa}	1087330,54	3498373,00^{Ab}	1477061,86	3104196,00^{Aab}	1605779,40
Geleneksel	901830,10^{Aa}	1226196,02	1347825,00^{Ba}	1509747,31	1660396,00^{BAa}	799263,29
EndoActivator	206241,70^{Aa}	239350,96	2639972,00^{CABb}	1268769,55	4226532,00^{CADb}	1256325,04
EndoVac	319371,50^{Aa}	301615,12	1139774,00^{Bb}	511274,01	2705527,00^{Ac}	811631,76
PUI	675502,00^{Aa}	602967,94	1798395,00^{Bb}	575268,52	1985248,00^{BADb}	959899,05
PIPS	884984,60^{Aa}	851295,97	2137580,00^{CABab}	1205103,22	3311332,00^{DAb}	1493886,29
Nd:YAG	491520,40^{Aa}	491664,78	1926764,00^{Bb}	699474,21	2279216,00^{BADb}	766369,80

Aynı sütunda farklı üst simge büyük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Aynı satırda farklı üst simge küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.2. Grupların penetrasyon alanına ait değerlerin dağılımı.

Gruplara ilişkin elde edilen veriler değerlendirildiğinde; apikal bölgede penetrasyon alanı yönünden gruplar arası farklılık anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$).

Orta bölgedeki penetrasyon alanı ölçümleri değerlendirildiğinde; gruplar arası farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplara ilişkin orta bölgedeki penetrasyon alanı değerleri ikişerli karşılaştırıldığında; kontrol grubunun geleneksel irrigasyon, EndoVac, PUI ve Nd:YAG grupları ile arasındaki istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Deney gruplarının birbirleriyle arasındaki farklılık ise anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$).

Koronal bölgedeki penetrasyon alanı ölçümleri karşılaştırıldığında; gruplar arası farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplara ilişkin koronal bölgedeki penetrasyon alanı ölçümü ikişerli karşılaştırıldığında; EndoActivator grubu ile PUI, geleneksel irrigasyon ve Nd:YAG grupları arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). PIPS grubunda ise penetrasyon alanı geleneksel gruba göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Gruplar arasında en fazla penetrasyon alanı değerlerini apikal bölgede geleneksel irrigasyon ve PIPS; orta ve koronal bölgede ise EndoActivator ve PIPS göstermiştir.

Her grubun kendi içerisinde apikal, orta ve koronal bölgeleri değerlendirildiğinde; kontrol grubunda apikal ve orta, PIPS grubunda apikal ve koronal bölgeler arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Geleneksel irrigasyon grubunda bölgeler arasında anlamlı fark gözlenmezken ($p>0,05$); EndoVac grubunda bütün bölgelerin birbirleriyle arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). EndoActivator, PUI ve Nd:YAG gruplarında ise apikal bölge ile orta ve koronal bölgeler arasında anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

4.3. Penetrasyon Yüzdesine İlişkin Bulgular

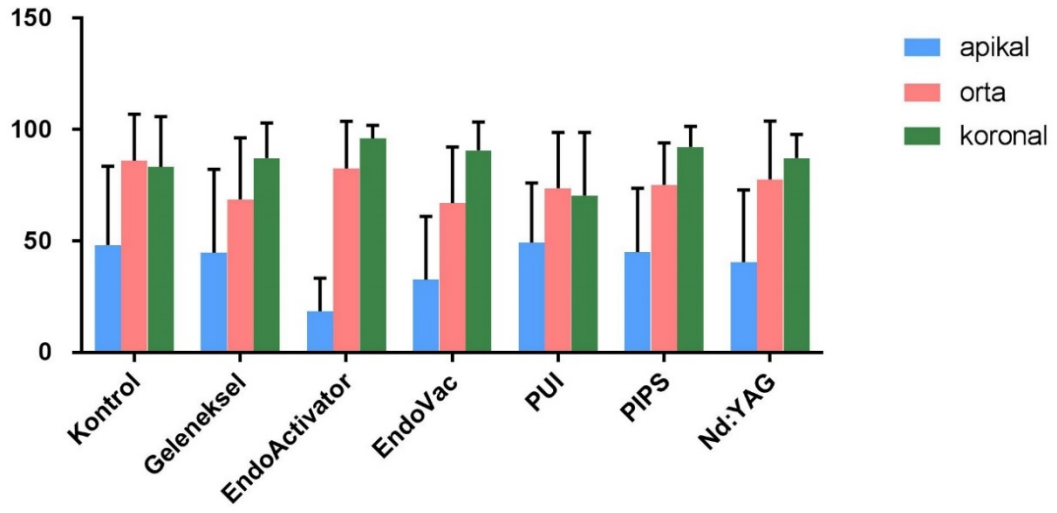
Deney grupları ve kontrol grubuna ait penetrasyon yüzdesi ortalamaları ve standart sapmaları Tablo 4.3 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Grupların penetrasyon yüzdelerine ait değerler (%).

Grup \ Bölge	Apikal		Orta		Koronal	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Kontrol	48,13^{Aa}	35,49	86,12^{Aab}	20,87	83,37^{ABb}	22,42
Geleneksel	44,86^{Aa}	37,27	68,74^{Aab}	27,61	87,17^{ABb}	15,75
EndoActivator	18,62^{Aa}	14,74	82,62^{Ab}	21,07	96,06^{Ab}	5,91
EndoVac	32,64^{Aa}	28,48	67,03^{Ab}	25,16	90,73^{ABb}	12,67
PUI	49,37^{Aa}	26,74	73,66^{Aa}	25,05	70,47^{Ba}	28,20
PIPS	45,06^{Aa}	28,67	75,16^{Aab}	18,90	92,21^{ABb}	9,22
Nd:YAG	40,51^{Aa}	32,43	77,65^{Ab}	26,20	87,15^{ABb}	10,68

Aynı sütunda farklı üst simge büyük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Aynı satırda farklı üst simge küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.3. Grupların penetrasyon yüzdesine ait değerlerin dağılımı.

Gruplara ilişkin elde edilen veriler değerlendirildiğinde; apikal ve orta bölgede penetrasyon yüzdesi yönünden gruplar arası farklılık anlamsız bulunmuştur ($p>0,05$).

Koronal bölgedeki penetrasyon yüzdesi ölçümleri karşılaştırıldığında; gruplar arası farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplara ilişkin penetrasyon yüzdesi ölçümü ikişerli karşılaştırıldığında; EndoActivator grubu PUI grubuna göre anlamlı derecede farklı bulunmuştur ($p<0,05$).

Gruplar arasında en fazla penetrasyon yüzdesi değerleri apikal bölgede PUI'de; orta ve koronal bölgede ise EndoActivator'de görülmüştür.

Her grubun kendi içerisinde apikal, orta ve koronal bölgeleri değerlendirildiğinde; kontrol, geleneksel irrigasyon ve PIPS gruplarında apikal ve koronal bölge arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). EndoActivator, EndoVac ve Nd:YAG gruplarında apikal bölge ile orta ve koronal bölgeler arasında anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). PUI grubunda ise bölgeler arasında anlamlı fark olmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$).

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin başarılı olabilmesi için, kök kanal sisteminde bulunan vital ve nekrotik pulpa artıklarının, inorganik dokuların, mikroorganizmaların ve toksinlerinin kök kanalından uzaklaştırılmasının ardından üç boyutlu bir şekillendirme yapılarak sızıntıya neden olmayacak şekilde doldurulması gerekmektedir (23, 58).

Kök kanal anatomisinin karmaşık yapısı, kanal içinde sıklıkla bulunan düzensizlikler, lateral kanallar, dentin tübülleri gibi oluşumlardan dolayı biyomekanik şekillendirme ve irrigasyon işlemleri ile kök kanalının bütünüyle dezenfeksiyonunu sağlamak mümkün değildir (3). Bu nedenle kök kanallarının daha iyi arındırılabilmesi için seanslar arası kanal içi medikament kullanımı (7) ve kök kanal sisteminin dentin tübüllerine penetre olarak bu tübüllerde kalmış bakterileri etkisiz hale getirebilen kanal dolgu patları ile doldurulması önerilmektedir (183).

Endodonti pratiğinde antimikrobiyal etkinliği ve biyouyumluluğundan dolayı en sık tercih edilen kanal içi medikament $Ca(OH)_2$'tir (18). $Ca(OH)_2$ patı kök kanal sisteminin tamamını dezenfekte edebilmek için uygulanmakta ve endodontik tedavinin başarılı olmasına büyük ölçüde katkıda bulunmaktadır. Ancak kanal dolumundan önce ana ve yan kanallarda kalan $Ca(OH)_2$ parçacıkları kök kanal duvarları ile uygulanan kanal patı arasındaki bağlanma kuvvetini azaltmakta, apikal sızıntıyı ise artırmaktadır. Bu nedenle $Ca(OH)_2$'in kök kanallarından tamamen uzaklaştırılması kritik bir öneme sahiptir (18).

Çalışmamızda, $Ca(OH)_2$'in farklı irrigasyon teknikleri ile kök kanalından uzaklaştırıldıktan sonra kök kanal dolumu yapılmış örneklerde kullanılan patın dentin tübüllerine penetrasyonunun CLSM altında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tüm deney aşamaları tek bir hekim tarafından yapılmış, böylece kişiler arası beceri, teknik ve el hassasiyeti bakımından farklılıklar standardize edilmeye çalışılmıştır.

Deney gruplarında kullanılacak olan dişlere ait boyutsal farklılıkların çalışmayı etkilememesi için kök uzunluğu ve anatomileri benzer tipte olan, tek kök ve tek kanallı insan alt premolar dişleri çalışmaya dahil edilmiştir. Tüm dişlerden radyograf alınarak kök kanalında ilerlemeyi önleyen kalsifikasyonlu, tıkalı, geniş kök kanal morfolojisine sahip, birden fazla kanalı olan veya apeksi açık dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Tüm deney gruplarındaki örnekler kök uzunlukları birbirine yakın olan dişlerden seçilerek, diş boylarını standardize etmek amacıyla kronların okluzal bölgesinden ince bir elmas fissür frez yardımıyla aşındırılmış ve boyutsal farklılıklar elimine edilmeye çalışılmıştır.

Gharib ve ark. (184) yaptıkları çalışmada, kullanacakları dişleri %6'lık NaOCl'te 15 dk bekletmişlerdir. Miller ve ark. (185) ise %5.25'lik NaOCl'te 30 dk bekletmişler, kök yüzeylerindeki diştaşları ve yumuşak dokuları uzaklaştırdıktan sonra dişleri serum fizyolojikte muhafaza etmişlerdir. Çalışmamızda ise çekilmiş dişler 15 dk %5.25'lik NaOCl'te bekletildikten sonra yüzeylerindeki eklentiler uzaklaştırılmış ve saklama ortamından olumsuz etkilenmemeleri için çalışma sürecine kadar distile suda muhafaza edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, Ni-Ti döner eğe sistemlerinin geleneksel yöntemlere göre kök kanallarında daha etkin bir şekillendirme sağlaması, daha yuvarlak kesitli kanal şekli elde etmesi ve çalışma süresini kısaltması gibi avantajlarının olduğu bildirilmiştir (186, 187). Çalışmamızda da gruplar arasında farklılığa yol açmamak için tüm gruplarda kök kanalları aynı döner sistem aletleri ile aynı şekillendirme yöntemi kullanılarak genişletilmiştir.

Kullanılan irrigasyon teknikleri arasındaki farklılıkları optimum seviyede karşılaştırmak ve benzer çalışma prosedürüne sahip diğer araştırmalarla kıyaslayabilmek amacıyla mekanik genişletme için son eğe olarak ProTaper Next sisteminin X4 (.06/40) eğesi kullanılmıştır. Kanalların apikal çapının 40 numaraya kadar genişletilmiş olmasının bir sebebi kullanılan irrigasyon solüsyonlarının 35 numaradan daha küçük apikal çaplarda kök kanallarında yeterli derinliğe ulaşabilmesinin zorlaşmasıdır (188). Diğer bir sebebi ise kullanılan sistemlerden

EndoVac'ın mikrokanülünün çapının 0.32 mm olmasından dolayı kanalların apikal çapının en az 0.35 mm olacak şekilde hazırlanmasının gerekmesidir (185, 189).

Endodontide kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkin bir şekilde kök kanallarını temizleyebilmesi, periradiküler dokulara taşmadan basınçsız olarak kök kanalınının apikal üçlüsüne kadar uzanabilmesi gerekmektedir (190). Özel olarak üretilmiş ucu kapalı kanüllerin ucu açık kanüllere göre kök kanallarında kullanımı daha güvenlidir. Ucu kapalı kanülün yapısından dolayı solüsyon duvara dik olarak verilir ve apikal alana geçmeden, apikal 1 mm'ye kadar ilerletilerek kullanılabilirler (26). Bu nedenle diğer çalışmalarda olduğu gibi (17, 18, 191) bu çalışmamızda da 30 gauge'luk yandan açılan özel irrigasyon iğneleri kullanılmıştır.

Endodontik tedavi sırasında smear tabakasının uzaklaştırılması veya korunması tartışmalı bir konu olmasına rağmen, uzaklaştırılmasının kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonuna izin vererek, patın kanal duvarlarına adezyonunun sağlanmasına yardımcı olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (192). Bu nedenle çalışmamızda, standart bir dentin yüzeyi elde ederek, $Ca(OH)_2$ medikamenti ve kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunu ve bağlanmasını sağlamak için smear tabakası kök kanal duvarlarından uzaklaştırılmıştır.

Kök kanallarında smear tabakasının hem organik hem de inorganik içeriklerini aynı anda uzaklaştırabilen bir solüsyon bulunmamaktadır. Bu nedenle kök kanallarının irrigasyonunda organik ve inorganik çözücülerin birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir (193). Bu amaçla kliniklerde en sık olarak NaOCl ve EDTA solüsyonları kullanılmaktadır. NaOCl smear tabakasının organik kısmını, EDTA ise inorganik kısmının uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (194).

Yapılan bir çalışmada NaOCl'in dentin tübüllerine penetrasyonunun solüsyonun sıcaklığı, temas süresi ve konsantrasyonu ile değişkenlik gösterebileceği, aynı zamanda anatomik özellikler ve farklılıkların dentin tübül penetrasyonunda sınırlayıcı faktörler oldukları bildirilmiştir (58). Bu nedenle literatürde, kök kanal tedavisinde kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının hangi konsantrasyon, hacim, sıcaklık, süre ve pH'da daha etkin olduklarını araştıran pek çok çalışma vardır (195-198).

Yamashita ve ark. (197) tarafından yapılan bir çalışmada, %2.5'lik NaOCl ile %17'lik EDTA'nın ve %2.5'lik NaOCl ile %2'lik CHX'in birlikte kullanımının smear tabakası üzerindeki etkinlikleri değerlendirilmiştir. %2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanılmasının en iyi sonucu verdiği bildirilmiştir. Aynı şekilde kök kanallarındaki smear tabakayı uzaklaştırmada %2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının birlikte kullanımının etkin konsantrasyonlar olduğu yapılan diğer çalışmalarda da gösterilmiştir (175, 199, 200). Bu nedenle çalışmamızda, benzer araştırmalar ile kıyaslanabilirlik açısından %2.5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA sırasıyla uygulandıktan sonra artık solüsyonun kanaldan uzaklaştırılması için son yıkama işlemi distile su ile yapılmıştır.

Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının miktar, volüm ve süresinin, yapılan çalışmaların doğruluğu ve etkinliği açısından önemli olduğu bildirilmiştir (201). Araştırmamızda tüm gruplarda standart bir protokol uygulanabilmesi için, aynı hacimlerde kullanılan irrigasyon solüsyonları, ayrı ayrı toplam 1 dk irrigasyon ve toplam 1 dk aktivasyon olacak şekilde uygulanmıştır. Böylelikle gruplar arasında, kullanılan irrigasyon teknikleri dışında bir değişken olmaması sağlanmıştır.

Literatürde kimyasal $Ca(OH)_2$ tozunun yanı sıra, hazır olarak kullanıma sunulmuş $Ca(OH)_2$ preparatlarının kök kanallarından uzaklaştırılma etkinlikleri pek çok çalışmada incelenmiştir (202-204). $Ca(OH)_2$ tozunun uygun bir solüsyonla karıştırılarak $Ca(OH)_2$ patı haline getirilmesinin zaman kaybına neden olduğu, ayrıca standart bir kıvam ve oran elde edebilmenin daha zor olmasından dolayı önceden hazırlanmış enjektör sistemli $Ca(OH)_2$ patının kullanılmasına karar verilmiştir.

Günümüzde kök kanallarının dezenfeksiyonunda kısa süreli olarak $Ca(OH)_2$ uygulanması önerilmektedir. Yapılan çalışmalarda $Ca(OH)_2$'in etkisini 1-4 haftada gösterdiği bildirilmiştir (7). Çalışmamızda ise uzun süreli uygulamalar sonucu dentinde oluşabilecek olumsuz etkilerden kaçınmak ve $Ca(OH)_2$'in etkisinden optimum düzeyde faydalanmak için kanal içi uygulama süresi 1 hafta olarak planlanmıştır.

$Ca(OH)_2$'in kök kanalından uzaklaştırılmasında kullanılabilecek en etkili yöntem konusu hala tartışmalıdır. Yaptığımız çalışmada $Ca(OH)_2$'in uygulanmadığı

bir kontrol grubu ile geleneksel irrigasyon, EndoActivator, EndoVac, PUI, PIPS ve Nd:YAG lazerden oluşan irrigasyon tekniklerinin etkinlikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma literatürde bu değerlendirme metodu kullanılarak yapılmış ilk çalışmadır.

Geleneksel irrigasyon yönteminde 30 gauge'luk yandan açılan irrigasyon iğneleri kullanılmıştır. İrrigasyon ve aktivasyon süreleri diğer gruplarla aynı olacak şekilde düzenlenmiştir. Gruplar arasında standardizasyonu sağlayabilmek ve karşılaştırma yapabilmek için çalışma uzunluğundan 2 mm kısa olarak yıkama yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda EndoActivator ucu apikal çapla temas etmeyecek boyutta ve çalışma uzunluğundan 2 mm kısa yerleştirilecek şekilde seçilmiştir (205, 206). Çalışmamızda da EndoActivator'un .04/25 boyutundaki ucu ile 10000 cpm (*cycles per minute*)'de ve çalışma uzunluğundan 2 mm geride aktivasyon yapılmıştır.

EndoVac irrigasyon yönteminde, Miller ve ark. (185) ile Topçuoğlu ve ark.nın (191) yaptıkları çalışmalar dikkate alınmıştır. EndoVac grubu ile diğer deney gruplarında kullanılan solüsyon miktarı ve süresi aynı olacak şekilde, MDT, makrokanül ve mikrokanül kullanımı aynı döngüyle kullanılarak irrigasyon prosedürüne dağıtılmıştır.

Literatürde, kök kanallarında termal hasar yaratmamak için ultrasonik irrigasyonun orta düzeyde güç ayarları ile birlikte uygulanması önerilmektedir (207). Bu çalışmada PUI için ultrasonik sistemdeki güç ayarı firma önerileri doğrultusunda kanal irrigasyonu modunda olacak şekilde ayarlanmıştır. Malki ve ark.nın (208) yaptıkları çalışmada çalışma boyundan 1 ve 2 mm kısa yerleştirilen ultrasonik ucun 3, 4 ve 5 mm kısa yerleştirilen ultrasonik uçlara oranla daha etkin şekilde dezenfeksiyon sağladığı bildirilmiştir. Li ve ark. (18) yaptıkları çalışmada PUI grubunda 20 numaralı ultrasonik uç ile çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde, 20 sn'lik aktivasyonlarla toplam 60 sn uygulama yapmışlardır. Diğer gruplarla standardize edebilmek için araştırmamızda da çalışma boyundan 2 mm kısa yerleştirilen 20 numaralı ultrasonik uç, kök kanallarına temas etmeksizin, 20 sn'lik aktivasyonlarla 3 kez kullanılmıştır.

Yapılan çalışmalarda PIPS tekniğinin, smear tabakasını etkin bir şekilde kaldırabilme (209), $Ca(OH)_2$ (14) ve antibiyotik (210) gibi medikamentleri kök kanal sisteminden uzaklaştırabilme gibi avantajları olduğu bildirilmiştir. Güneşer ve ark.nın (135) yaptıkları çalışmada PIPS tekniği ile uygulanan Er:YAG lazer cihazı 0.3 W, 15 Hz, 20 mJ değerlerinde ayarlanmış, hava/su sistemi kapatılmış ve irrigasyon için 400 µm'lik kuartz tip uç koronal kısma yerleştirilerek kullanılmıştır. Çalışmamızda da Güneşer ve ark.nın (135) önerdikleri güç seviyesi ve uç çapı kullanılmıştır. PIPS tekniğinde her lazer atımı sırasında kanalda solüsyon kalmamasından dolayı irrigasyon ve aktivasyon işlemleri eş zamanlı olarak yapılmıştır. Solüsyonun toplam uygulanma süresi ve hacmi diğer deney gruplarıyla aynı olacak şekilde ayarlanmıştır.

Literatürde Nd:YAG lazer ile ilgili farklı parametreler ve farklı çapta fiber optik uçlar kullanılarak yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Ekim ve Erdemir (209) yaptıkları çalışmada 1.5 W, 100 mJ ve 15 Hz değerleri ile 300 µm'lik fiber uç kullanırken; Kasić ve ark. (211) aynı değerlerde 200 µm'lik fiber uç; Topçuoğlu ve Köseoğlu (212) ise 1 W, 100 mJ ve 10 Hz değerleriyle 200 µm'lik uç kullanmışlardır. Çalışmamızda ise 1.5 W, 100 mJ ve 15 Hz parametreleri ile 200 µm'lik fiber uç, Topçuoğlu ve Köseoğlu'nun (212) yaptıkları çalışmada önerdikleri gibi çalışma boyundan 3-4 mm kısa yerleştirilerek, kök kanal duvarlarına temas etmeden spiral bir hareketle uygulanmıştır.

$Ca(OH)_2$'in kök kanallarından uzaklaştırılmasından sonra örneklerin kök kanal dolguları yapılmıştır. Balguerie ve ark.nın (16) beş farklı kanal patının dentin tübüllerine penetrasyon ve adaptasyonlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında en iyi sonuçların AH Plus kanal patının kullanıldığı grupta olduğu bildirilmiştir. Dentin tübüllerine penetrasyonunun iyi ve endodonti pratiğinde sıklıkla tercih ediliyor olmasından dolayı çalışmamızda kök kanal patı olarak AH Plus kullanılmıştır.

Soğuk lateral kondensasyon tekniği, kök kanalındaki guta-perkanın kontrollü bir şekilde yerleştirilmesini sağladığı ve düşük maliyetli olduğu için sıklıkla tercih edilen kök kanal dolum yöntemidir. De Deus ve ark.nın (213) tek kon tekniği, lateral kondensasyon tekniği ve sıcak vertikal kondensasyon tekniğini karşılaştırdıkları

çalışmada, tek kon ve lateral kondensasyon teknikleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Çalışmamızda Rhodamine B ile işaretlenmiş patlar standardizasyonu sağlamak amacı ile kağıt konlarla kök kanallarına uygulanmış ve kanal dolgusu soğuk lateral kondensasyon tekniği ile tamamlanmıştır.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, patların dentin tübüllerine olan penetrasyonunu incelemek için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (214), ışık mikroskopu (15) ve CLSM (184) gibi farklı teknikler kullanılmıştır. Çalışmamızda ise görüntüleme tekniği olarak CLSM tercih edilmiştir.

SEM yönteminde örneklerin altın kaplaması gibi özel bir işleme tabi tutulması gerekmekedir. Yüksek büyütmelerde dentin tübülleri ve pat penetrasyonu detaylı olarak incelenebilir ancak tüm örnek yüzeyinin genel görünümünün incelenmesine izin vermediği için sistemik analizlerin yapılması güç hale gelmektedir (214). Işık mikroskobunda ise pat penetrasyonunu dentin görüntüsünden ayırt edebilmek zordur.

CLSM'de görüntüleme için özel ek uygulamalar gerekmemektedir. Artefakt oluşturma potansiyelleri oldukça düşüktür. Küçük büyütmeler ile tüm örnek yüzeyinin incelenmesine ve üç boyutlu görüntü elde edilmesine olanak sağlar. Penetrasyon derinliği direkt ölçülebilir ve kalın örneklerden dahi seri kesitler alınabilir. İnsan dişi örneklerinin hidrate olmasından dolayı SEM'de inceleme yapılmadan önce örneklerin yüksek vakumda bir kurutma işlemi yapılması gerekmektedir ancak CLSM'de örneklerin dehidrate edilmesine gerek kalmadan görüntü alınabilmektedir (178).

Literatürde patların dentin tübüllerine olan penetrasyonunun incelendiği çalışmalarda kesitler; örneklerin bukkolingual yönde uzunlamasına ikiye bölünmesiyle (15, 172) veya dişin uzun aksına dik olacak şekilde alınmıştır (184, 214). Mamootil ve Messer (214) penetrasyon çalışmalarında penetrasyon derinliklerinin değişken olmasının, kesit alma yöntemlerinin farklılığından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki kesitler CLSM'de incelemeye olanak sağlayacak şekilde dişlerin uzun aksına dik olarak alınmıştır.

Kuçi ve ark.nın (179) farklı kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunu CLSM'de inceledikleri çalışma ile Alturaiki ve ark.nın (215) üç farklı irrigasyon yönteminin $Ca(OH)_2$'i uzaklaştırma etkinliklerini SEM'de inceledikleri çalışmada, örnek kesitleri apikalden 4, 8 ve 12 mm uzaklıkta alınmıştır. Çalışmamızda kök boyları da dikkate alındığında apikal, orta ve koronal bölgelerden alınan kesit aralıklarının 4, 8 ve 12 mm olmasına karar verilmiştir.

CLSM ile görüntü elde edebilmek için kullanılan kanal patları Rhodamine B gibi floresan boyalar ile işaretlenmektedir. Böylece, örneklerden alınan yatay kesitler üzerinden kök kanal dolgu maddesinin penetrasyonu ve adaptasyonu net bir şekilde görüntülenebilmektedir (184, 216). Gharib ve ark. (184) yaptıkları çalışmada kullanılan pata farklı konsantrasyonlarda Rhodamine B eklemişler ve %0.1'den daha yüksek konsantrasyonda karıştırılan Rhodamine B'nin aşırı floresan görüntülere neden olduğunu göstermişlerdir. %0.1'lik Rhodamine B'nin düşük konsantrasyonda olduğu ve uygun miktarda karıştırıldığında kanal patlarının kimyasal ve mekanik özelliklerini etkilemediği bildirilmiştir (184).

Çalışmamızda incelenen kesit örneklerinde, Kuçi ve ark.nın (179) yaptıkları çalışmada elde ettikleri bulgulara benzer şekilde, patların mesial ve distal yönlere oranla bukkal ve lingual yönlerde daha fazla penetrasyon gösterdiği izlenmiştir. Bunun nedeninin, kök kanal lümeninin mesial ve distal bölgelerindeki tübüller boyunca artmış skleroz sonucu ortaya çıkan, kök kesitlerinde kelebek benzeri bir görüntü olarak ortaya çıkan "kelebek etkisi *(butterfly effect)*"nden kaynaklandığı düşünülmektedir (179).

Çalışmamız sonucunda elde edilen bulgulara göre, kanal patının penetrasyon derinliği, penetrasyon alanı ve penetrasyon yüzdesi değerleri incelendiğinde, koronal ve orta bölgeden alınan kesitlerde apikal bölgeden alınan kesitlere göre genel olarak daha yüksek değerler elde edildiği gözlenmiştir. Bu sonuç $Ca(OH)_2$'in kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra, apikal bölgedeki artık $Ca(OH)_2$ miktarının koronal ve orta bölgeye göre daha fazla saptandığını bildiren çalışmalarla benzerlik göstermektedir (18, 174).

Penetrasyon alanının apikal, orta ve koronal bölgede farklılık göstermesi patın penetre olabileceği dentin tübül sayısının ve total dentin miktarının bu bölgelerde farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Normal şartlar altında koronal bölgede orta bölgeden, orta bölgede ise apikal bölgeden daha fazla penetrasyon alanı elde edilmesi beklenmektedir. Akçay ve ark.nın (217) farklı irrigasyon tekniklerini kullanarak farklı kanal patlarının dentin tübül penetrasyon alanına etkisini CLSM ile inceledikleri çalışmada her kök kanalında koronal üçlü orta üçlüden, orta üçlü ise apikal üçlüden istatistiksel olarak anlamlı ve daha büyük penetrasyon alanı göstermiştir.

Çalışmamızda, deney gruplarından geleneksel irrigasyon grubunda penetrasyon alanı açısından apikal, orta ve koronal bölgeler arasında anlamlı fark tespit edilmemişken orta bölgedeki penetrasyon derinliği ve alanı değerleri kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiş ve daha düşük bulunmuştur. Koronal bölgedeki penetrasyon derinliği ve alanı açısından ise diğer gruplara göre en düşük değerleri vermiştir. Bu bulgular geleneksel irrigasyonun penetrasyon alanı açısından orta ve koronal bölgelerde $Ca(OH)_2$ medikamentini iyi uzaklaştıramadığını göstermektedir. PIPS grubunda apikal bölge ile orta bölge, orta bölge ile koronal bölge arasında anlamlı bir fark olmaması ile tüm bölgelerde penetrasyon derinliği, alanı ve yüzdesi açısından kontrol grubu ile arasında anlamlı bir fark olmaması PIPS'in apikaldeki etkinliğinin orta bölge kadar, orta bölgedeki etkinliğinin ise koronal bölge kadar iyi olduğunu göstermektedir. PUI grubunda ise penetrasyon alanı açısından orta ve koronal bölge arasında fark olmaması PUI'nin koronal bölgedeki etkinliğinin az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bulgu, PUI'nin penetrasyon yüzdesi ve alanı değerlerinin kontrol grubuna göre daha düşük olması ile desteklenmektedir.

Apikal, orta ve koronal bölgedeki penetrasyon yüzdesine ait bulgular değerlendirildiğinde, PUI hariç tüm gruplarda apikal bölgede koronale göre anlamlı derecede daha az penetrasyon yüzdesi elde edilmiştir. Apikal ve orta bölge arasındaki fark ise sadece EndoActivator, EndoVac ve Nd:YAG gruplarında anlamlı bulunmuştur. Bu bulgular patın kanal çevresindeki tüm tübüllere penetrasyonunun orta ve koronal bölgelerde apikal bölgeye göre daha iyi olduğunu göstermektedir.

Apikal, orta ve koronal bölgedeki maksimum penetrasyon derinliğine ait bulgular değerlendirildiğinde ise; kontrol, PUI ve PIPS grubu hariç tüm gruplarda apikal bölgede koronal bölgeden anlamlı miktarda daha az penetrasyon derinliği elde edilmiştir. Apikal ve orta bölge arasındaki fark ise EndoActivator, EndoVac, PUI ve Nd:YAG gruplarında anlamlı bulunmuştur. Penetrasyon derinliği, alanı ve yüzdesi açısından apikal, orta ve koronal bölgeler arasındaki bu farklılıkların, koronal ve orta bölgede irrigasyon solüsyonunun dentinle temasının daha iyi olması, irrigasyon etkinliğinin ve dentin tübül sayısının koronalden apikale doğru giderek azalması ile apikalde bulunan sklerotik dentin tübül sayısının daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (181, 217).

Çalışmamızda deney gruplarının aksine sadece kontrol grubunda orta bölgede gözlenen penetrasyon ortalamaları istatistiksel olarak anlamlı olmasa da koronal bölgeden daha fazladır. Benzer sonuçlar bildiren diğer çalışmalara göre, orta bölgede tübül ağızlarının yeterince açık olması ve kök kanal dolumu sırasında yapılan lateral kondensasyon sırasında en fazla kuvvetin bu bölgeye uygulanması bu duruma neden olabilmektedir (172, 218). Deney gruplarında ise penetrasyon değerlerinin koronal bölgede orta bölgeye göre daha yüksek değerlerde olmasının, orta bölgede uzaklaştırılamayan $Ca(OH)_2$ parçacıkları kalabileceğinden ve koronal bölgede irrigasyon etkinliği ile $Ca(OH)_2$ medikamentinin daha iyi temizlenebileceğinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Tuncer ve Tuncer (181) yaptıkları çalışmada, farklı son irrigasyon ajanlarının kök kanal patının dentin tübül penetrasyon derinliği ve yüzdesi üzerine etkilerini CLSM ile incelemişlerdir. Kontrol grubu %2.5'lik NaOCl; deney grupları ise %17'lik EDTA ile %2.5'lik NaOCl, %7'lik maleik asit ile %2.5'lik NaOCl ve %10'luk sitrik asit ile %2.5'lik NaOCl olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, penetrasyon yüzdesi açısından en yüksek değerin koronal bölgeden alınan kesitlerde olduğu, apikal ve orta bölgeden alınan kesitler arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Maksimum penetrasyon derinliği açısından ise apikal üçlü koronal bölgeden anlamlı derecede farklı ve daha düşük bulunmuştur. Ayrıca tüm deney gruplarında apikal ve orta bölgeden alınan kesitler arasında anlamlı bir farklılık olduğu gösterilmiştir.

Aynı şekilde Generali ve ark.nın (17) yaptıkları çalışmada geleneksel irrigasyon, EndoActivator, Irrisafe, SAF ve EndoVac irrigasyon tekniklerinin kanal patının penetrasyon derinliği ve yüzdesine etkisi değerlendirilmiş ve çalışmamıza benzer şekilde apikal bölge değerlerinin orta ve koronal bölgeye göre anlamlı ve daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Balguerie ve ark. (16) ise 5 farklı kök kanal patının anatomik apeksten 2, 5 ve 8 mm uzaklıklarda ki penetrasyon derinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, kanal patlarının 5 ve 8 mm uzaklıklarda 2 mm'ye göre daha fazla penetrasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu bulgu da çalışmamızı desteklemektedir.

Yaptığımız çalışmada apikal bölgeden alınan kesitlerde, penetrasyon derinliği, alanı ve yüzdesi incelendiğinde, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Tüm apikal bölge bulgularına göre; kanal içerisinde $Ca(OH)_2$ medikamenti uygulanması kontrol grubuyla aralarında farklılık bulunmadığı için kanal patının apikalde dentin tübüllerine penetrasyon miktarını derinlik, yüzde ve alan açısından etkilemediği görülmüştür.

Literatürde $Ca(OH)_2$'in kanal patının dentin tübül penetrasyonuna etkisini CLSM ile değerlendiren çalışma bulunmamaktadır. Fakat $Ca(OH)_2$'in kanaldan uzaklaştırılmasını değerlendiren diğer çalışmalarda (18, 219) çalışmamızın aksine apikal bölgede farklı irrigasyon teknikleri arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışmamızda ise apikal bölgede EndoActivator ve EndoVac diğer gruplara göre daha düşük penetrasyon değerleri göstermesine rağmen bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Çapar ve ark. (219) kök kanallarının apikal bölümünde hazırladıkları oluklardan $Ca(OH)_2$ uzaklaştırılması için geleneksel irrigasyon, SAF, EndoVac ve PUI tekniklerini uygulamışlardır. Son irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl ve NaOCl ile birlikte EDTA'nın kullanıldığı alt gruplar oluşturulmuştur. Sonuç olarak, tek başına NaOCl ile PUI aktivasyonu yapıldığında, diğer tekniklere göre anlamlı bir farklılık göstererek daha fazla $Ca(OH)_2$ uzaklaştığı bildirilmiştir. NaOCl/EDTA grubunda ise PUI ve SAF, EndoVac ve geleneksel irrigasyona göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir. Bunlarla birlikte, kullanılan irrigasyon

solüsyonu farketmeksizin EndoVac grubunun çalışmamızda olduğu gibi apikalde yetersiz temizleme yaptığı tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada EndoVac grubunun etkinliğinin apikal bölgede yetersiz olmasının mikrokanülün $Ca(OH)_2$'e ait artık parçacıklarla tıkanmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (191).

Çalışmamızda orta bölgedeki penetrasyon derinliği bulgularına göre, geleneksel irrigasyon ile elde edilen maksimum penetrasyon derinliğinin kontrol ve EndoActivator gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı miktarda daha düşük olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmamızın sıfır hipotezi reddedilmiştir. Penetrasyon alanı açısından kontrol grubu değerlerinin EndoVac, PUI, Nd:YAG ve geleneksel irrigasyon gruplarından anlamlı ve daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. EndoActivator ve PIPS'in kontrol grubuyla arasında anlamlı fark olmaması $Ca(OH)_2$'i kaldırarak dentin tübüllerinin derinliklerine etkisinin diğer gruplara göre istatistiksel fark olmasa da daha fazla olduğunu düşündürmektedir. Penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında ise orta bölgede gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu bulguyla birlikte orta bölgede deney grupları değerlerinin kontrol grubuyla benzer olması, kanallara gönderilen $Ca(OH)_2$ medikamentinin dentin tübüllerinin yüzeyel bölgelerinden tüm tekniklerle etkili bir şekilde kaldırıldığını düşündürmektedir.

Ahmetoğlu ve ark. (220) PUI, SAF ve geleneksel şırınga irrigasyonunun kök kanallarından $Ca(OH)_2$'i uzaklaştırma etkinliklerini SEM ile araştırdıkları çalışmada hiçbir tekniğin $Ca(OH)_2$'i tam olarak uzaklaştıramadığını, PUI'nin apikal ve orta bölgede geleneksel irrigasyondan daha üstün olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise apikal ve orta bölgede PUI ile geleneksel irrigasyon arasında anlamlı bir fark olmasa da PUI'nin penetrasyon değerlerinin geleneksel irrigasyondan daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Akçay ve ark. (217) PIPS, PUI ve geleneksel irrigasyon tekniklerini kullanarak, farklı kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyon alanına etkilerini CLSM ile değerlendirmişlerdir. Kullanılan kanal patı farketmeksizin PIPS ve PUI gruplarının, geleneksel irrigasyonun uygulandığı grup ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiş ancak PIPS ve PUI arasındaki farkın anlamlı olmadığı

görülmüştür. Çalışmada PIPS ve PUI aktivasyonuyla oluşan akustuk enerji ve yüksek hızlı sıvı hareketinin yüksek penetrasyon oranı elde edilmesine neden olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda ise apikal, orta ve koronal bölgede PIPS ve PUI arasında anlamlı bir fark bulunmamış, PIPS ve PUI'nin geleneksel irrigasyona göre orta ve koronal bölgede daha fazla penetrasyon alanı değerleri gösterdikleri tespit edilmiştir.

Topçuoğlu ve ark. (191) kök kanal duvarlarının orta 1/3'ünde oluşturdukları iç rezorbsiyon kavitesinden $Ca(OH)_2$'in uzaklaştırılması için geleneksel irrigasyon, CanalBrush, PUI, SAF, EndoActivator ve EndoVac sistemlerini kullanmışlardır. Çalışmada PUI ve SAF'ın kullanıldığı grupların en etkin olduğu, diğer gruplar arasında ise anlamlı bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Çalışmamızda da orta bölgede penetrasyon alanı açısından EndoVac'ın kontrol grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ve anlamlı bir farklılık olmasa da penetrasyon yüzdesi ve alanı açısından diğer deney gruplarına göre daha düşük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda koronal bölgedeki penetrasyon derinliği açısından gruplar arasındaki farklılık anlamlı değildir. Penetrasyon alanına ait bulgular karşılaştırıldığında koronal bölgede EndoActivator'un geleneksel irrigasyon, Nd:YAG ve PUI'den; PIPS'in ise sadece geleneksel irrigasyondan daha etkili olduğu görülmüştür. Penetrasyon yüzdelerine bakıldığında EndoActivator PUI'den koronal bölgede yine daha etkili bulunmuştur. EndoVac grubu ise penetrasyon yüzdesi açısından apikal ve orta bölgede kontrol, geleneksel irrigasyon, PUI ve Nd:YAG gruplarından daha düşük değerlere sahipken; koronal bölgede aynı gruplarla karşılaştırıldığında anlamlı olmasa da daha yüksek değerler gösterdiği tespit edilmiştir.

Alturaiki ve ark. (215) farklı tekniklerle kök kanallarından $Ca(OH)_2$'in uzaklaştırılmasını SEM'de inceledikleri çalışmada grupların hiçbirinin $Ca(OH)_2$ patını tamamen temizleyemediğini bildirmişlerdir. Ayrıca, EndoActivator grubu apikal, orta ve koronal bölgede geleneksel irrigasyona göre anlamlı derecede daha fazla $Ca(OH)_2$ temizlemiştir. EndoVac geleneksel irrigasyona göre apikal bölgede anlamlı bir fark gösterirken, koronal ve orta bölgedeki farklılık anlamsız

bulunmuştur. Devamlı ultrasonik irrigasyon grubu ise geleneksel irrigasyona göre hiçbir bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir.

Yapılan bir çalışmada, sonik bir frekansta NaOCl ve EDTA'nın harekete geçirilmesinin irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma ve dezenfeksiyon etkilerini artırdığı gösterilmiştir (221). Çapar ve Aydınbelge (222) farklı irrigasyon tekniklerinin smear tabakası ve debris kaldırmadaki etkinliklerini SEM'de inceledikleri çalışmada, debris uzaklaştırma açısından EndoActivator grubu ile PUI arasında anlamlı bir fark bulunmadığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ise koronal bölgede EndoActivator grubunun PUI'ye göre penetrasyon yüzdesi ve alanı açısından daha etkili olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada smear tabakasını kaldırma etkinlikleri incelendiğinde ise, apikal bölgede gruplar arasında anlamlı bir fark gözlenmezken; koronal ve orta bölgede EndoActivator geleneksel irrigasyona göre daha etkili bulunmuştur (222). Bu sonuçlar çalışmamızda apikal bölgede EndoActivator ve geleneksel irrigasyon arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması, ayrıca orta ve koronal bölgede EndoActivator'un geleneksel irrigasyon grubuna göre daha iyi penetrasyon değerleri göstermesi ile paraleldir.

Gu ve ark. (58) farklı irrigasyon tekniklerinin irrigant ve patın dentin tübüllerine penetrasyonunu CLSM ile inceledikleri çalışmada, sonik irrigasyonla aktive edilen grubu ultrasonik irrigasyonla aktive edilen gruba göre anlamlı olmasa da daha etkili bulmuşlardır. Çalışma sonucunda ultrasonik irrigasyon etkinliğinin düşük olmasının, aktivasyon süresinin kısa olması ve ultrasonik uç ile kanal duvarları arasında yanlışlıkla oluşabilecek temastan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Bu bulgu çalışmamızda koronal bölgede penetrasyon alanı ve yüzdesi açısından EndoActivator'un PUI'ye göre istatistiksel olarak anlamlı ve daha yüksek değerler göstermesi ile benzerdir.

Bolles ve ark. (206) EndoActivator, Vibringe ve geleneksel irrigasyonunun pat penetrasyonuna etkisini CLSM ile inceledikleri çalışmada, kemomekanik şekillendirme sonrası kontrol grubu olarak 3 ml salini 1 dk, deney gruplarında ise 3 ml %6'lık NaOCl ve 3 ml %17'lik EDTA'yı ayrı ayrı 30 sn süre ile uygulamışlardır. Sonuç olarak EndoActivator ve Vibringe ile yapılan sonik aktivasyon ve geleneksel

irrigasyon arasında anlamlı bir farklılık gözlenmezken, EndoActivator grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir. Bu bulgular ile çalışmamızdaki bulgular arasındaki farklılığın yapılan çalışmada $Ca(OH)_2$ kullanılmaması, irrigasyon solüsyonlarının miktarlarının az ve uygulama süresinin kısa olması ile kontrol grubunda irrigasyon solüsyonu olarak sadece salin kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Türkel ve ark. (201) üç farklı irrigasyon aktivasyon tekniğinin, smear tabakasını kaldırma ve dentin tübül penetrasyonuna etkisini CLSM ile incelemişlerdir. PIPS grubunun orta bölgede EndoVac grubu ile arasında anlamlı bir farklılık gözlenmezken, geleneksel irrigasyon ile anlamlı ve daha yüksek bir farklılık olduğu bildirilmiştir. Apikal ve koronal bölgede, her üç grup arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Çalışmamızda da PIPS grubunun koronal bölgede penetrasyon alanı açısından geleneksel irrigasyon ile arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Penetrasyon derinliği ve yüzdesi açısından ise anlamlı olmasa da PIPS grubu oldukça yüksek penetrasyon değerleri göstermiştir.

Arslan ve ark. (223) kök kanallarının apikal bölgelerinde hazırlanan oluklardan $Ca(OH)_2$'in uzaklaştırılması ile ilgili yaptıkları çalışmada, PIPS tekniğini 300 µm fiber uç ve 0.9 W, 30 Hz, 30 mJ parametrelerini kullanarak 5 ml %17'lik EDTA'nın 60 sn aktivasyonu şeklinde uygulamışlardır. Elde edilen örnekler stereomikroskop ile incelenmiştir. Sonuçta PIPS tekniği sonik, ultrasonik ve geleneksel irrigasyona göre daha etkin bulunmuştur. Li ve ark. (18) ise PIPS, EndoActivator, ultrasonik ve geleneksel irrigasyonun $Ca(OH)_2$'in uzaklaştırma etkinliklerini SEM'de incelemişlerdir. PIPS grubunda, 0.3 W, 15 Hz, 20 mJ parametreleri ve 300 µm fiber uç ile 6 ml %3'lük NaOCl'i 3 kez 20 sn periyotlarla toplam 60 sn uygulamışlardır. EndoActivator ve ultrasonik uçlarını .02/20 olarak belirlemiş ve çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde yerleştirerek, aynı miktarda NaOCl'i aynı sürede aktive etmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre; koronal ve orta bölgede gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken apikal bölgede PIPS ve ultrasonik irrigasyonun, EndoActivator ve geleneksel irrigasyondan anlamlı miktarda fazla $Ca(OH)_2$ uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda bu bulgulara benzer olarak apikal bölgede gruplar arasında

anlamlı bir fark olmasa da en düşük penetrasyon değerlerinin EndoActivator grubunda olduğu görülmüştür. Çalışmada, apikal bölgede sıkışan havanın, sıvı hareketi ve alışverişini engelleyen bir buhar kilidi *(vapor lock)* ve bloğu oluşturması ile apikal bölgeye yeterli miktarda irrigantı ulaştıramayan ve kavitasyon eksikliği bulunan EndoActivator'un, $Ca(OH)_2$'i uzaklaştırma etkinliğinin apikal bölgede düşük olmasına sebep olabileceği düşünülmektedir (18).

Lloyd ve ark. (224) PIPS, PUI ve geleneksel irrigasyonun $Ca(OH)_2$'in uzaklaştırılmasındaki etkilerini micro-CT ile inceledikleri çalışmada irrigasyon tekniklerinin uygulanmasından sonra kalan artık $Ca(OH)_2$ miktarının PUI ve geleneksel irrigasyonda PIPS'e göre daha fazla olduğu olduğu bildirilmiştir. PUI grubundaki örneklerin hiçbiri $Ca(OH)_2$'ten tam olarak temizlenememiştir. Bu bulgulara benzer şekilde çalışmamızda da penetrasyon alanı açısından orta bölgede PUI grubunda kontrol grubundan anlamlı derecede daha az penetrasyon gözlenmiştir. PIPS grubunun ise orta bölgede kontrol grubuyla arasında fark bulunmazken koronal bölgede geleneksel irrigasyondan daha fazla penetrasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

Sathe ve ark. (225) çalışmalarında PIPS ve Nd:YAG lazeri ayrı ayrı NaOCl ve EDTA aktivasyonununda kullanarak smear tabakasının kaldırılmasını SEM'de incelemişlerdir. PIPS tekniğini 400 µm uç ile 20 Hz ve 40 mJ; Nd:YAG lazeri 200 µm uç ile 1.5 W ve 15 Hz ayarlarında kullanmışlardır. Her iki grup da kanalda EDTA varken aktivasyon yapıldığında daha fazla smear kaldırmış, en yüksek değerlerin ise PIPS tekniğinin %17'lik EDTA ile uygulandığı grupta olduğu bildirilmiştir.

Çalışmamızda anlamlı olmasa da Nd:YAG lazer apikal ve orta bölgede EndoVac grubuna göre daha yüksek; orta ve koronal bölgede ise penetrasyon alanı açısından PIPS ve EndoActivator'den daha düşük değerler vermiştir.

Moon ve ark. (226) eğri kök kanallarında Nd:YAG lazer ile irrigasyonun pat penetrasyon yüzdesine etkisini CLSM'de inceledikleri çalışmada, NaOCl ve EDTA'yı ayrı ayrı Nd:YAG lazerle aktivasyon yapılarak ve yapılmadan uygulamışlardır. Lazerle aktive edilen gruplar ile tek başına EDTA'nın kullanıldığı grup, tek başına NaOCl'in kullanıldığı gruba göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık

göstermiştir. Nd:YAG lazerin dezenfeksiyon etkinliğini, ardışık lazer atışları ile oluşan baloncukların sekonder kavitasyon baloncukları oluşturarak artırdığı tahmin edilmektedir (226).

Ekim ve Erdemir (209) yaptıkları çalışmada, geleneksel irrigasyon, PUI, EndoVac, Diode, Nd:YAG, Er:YAG ve PIPS tekniklerinin smear tabakası kaldırmadaki etkinlerini SEM'de incelemişlerdir. Sonuç olarak gruplar arasındaki fark anlamlı olmasa da smear tabakasının uzaklaştırılmasında PIPS tekniğinin PUI, EndoVac, Er:YAG ve Nd:YAG'dan daha etkili olduğu gözlenmiştir. Deney grupları karşılaştırıldığında en yüksek smear skorlarını geleneksel irrigasyon göstermiş ve Diode lazer ile arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. En düşük smear skorlarının koronal bölgede PIPS, orta bölgede Er:YAG ve apikal bölgede EndoVac gruplarında olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda ise smear tabakasının kaldırılması incelenmemesine rağmen irrigasyon etkinliği bakımından EndoVac ile aktivasyonun apikal bölgede anlamlı olmasa da EndoActivator grubundan daha iyi, diğer tüm gruplardan ise daha düşük etkinlik gösterdiği görülmüştür (101).

Patın tübüler penetrasyonunun genel olarak az olduğu örneklerde tek bir tübüldeki veya bölgedeki derin penetrasyon nedeniyle maksimum penetrasyon derinliği değerinin yüksek çıkması, pat penetrasyon çalışmalarında değerlendirmede kullanılan bu parametrenin yetersiz olduğunu düşündürmektedir. Çalışmamızda penetrasyon alanı ve penetrasyon yüzdesi değerleri yönünden bazı gruplar arasında fark olmasına rağmen penetrasyon derinliğinde o gruplar arasında böyle bir farkın görülmemesi; penetrasyon alanının veya yüzdesinin kontrol grubundan düşük olduğu gruplarda ise penetrasyon derinliğinin kontrol grubuna göre çok yakın veya yüksek değerde olması bu düşüncemizi desteklemektedir. Bu nedenle pat penetrasyon alanı ve yüzdesinin bu tür çalışmalarda daha değerli bir parametre olduğu görüşündeyiz.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgulara dayanarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Çalışmamızda kullanılan tüm irrigasyon tekniklerinin orta ve koronal bölgelerdeki temizleme etkinlikleri apikal bölgeye göre daha iyi bulunmuştur.

2. Geleneksel grubunun orta bölgedeki penetrasyon değerlerinin kontrol grubuna göre düşük olması, temizleme etkinliğinin bu bölgede yetersiz olduğunu göstermiştir. Koronal bölgedeki penetrasyon alanı açısından etkinliği ise EndoActivator ve PIPS gruplarına göre daha düşük bulunmuştur.

3. EndoActivator grubu apikal bölgede anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen kontrol grubu ve diğer deney gruplarına göre daha düşük penetrasyon değerleri gösterirken orta ve koronal bölgede deney gruplarına göre daha iyi temizleme etkinliği göstermiştir.

4. EndoVac grubunun apikal, orta ve koronal bölgelerde deney gruplarıyla arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

5. PUI grubu orta bölgede kontrol grubundan, koronal bölgede ise EndoActivator'den daha düşük penetrasyon değerleri göstermiştir.

6. PIPS grubu koronal bölgede geleneksel irrigasyona göre daha iyi penetrasyon değerleri göstermiştir. Genel olarak ise kontrol grubuna yakın penetrasyon değerleri elde edildiği için temizleme etkinliğinin tüm bölgelerde iyi olduğu görülmüştür.

7. Nd:YAG grubunun apikal ve orta bölgelerde deney gruplarıyla arasında anlamlı bir fark bulunmazken, penetrasyon değerlerinin kontrol grubuna göre düşük olması, temizleme etkinliğinin bu bölgelerde yetersiz olduğunu göstermiştir. Koronal bölgede ise EndoActivator'den daha düşük penetrasyon değerleri gösterdiği bulunmuştur.

8. Kanal patının maksimum penetrasyon derinliği değerinin sadece tek bir noktadan ölçülüyor olması, irrigasyon tekniklerinin değerlendirilmesinde penetrasyon alanı ve yüzdesine göre yetersiz bir parametre olduğunu göstermiştir.

9. Penetrasyon yüzdesine ait bulgular incelendiğinde kullanılan irrigasyon tekniklerinin kontrol grubuna göre benzer değerler vermesi bu tekniklerin, dentin tübüllerinin yüzeyel bölgelerini $Ca(OH)_2$ medikamentinden yeterince arındırdığını göstermiştir.

10. Penetrasyon alanı değerlerine bakıldığında, EndoActivator ve PIPS ile aktivasyon tekniğinin koronal bölgede diğer tekniklere ve kontrol grubuna göre; orta bölgede ise deney gruplarına göre yüksek değerler vermesi $Ca(OH)_2$'i kaldırma etkinliğinin ve dentin tübüllerinin derinliklerine etkisinin daha iyi olduğunu göstermiştir.

11. Elde ettiğimiz bulgulara göre kök kanalına $Ca(OH)_2$ medikamenti gönderilen durumlarda geleneksel irrigasyonun orta ve koronal bölgede medikamentin uzaklaştırılmasında yetersiz kalmasından dolayı, endodonti pratiğinde sıklıkla kullanılan geleneksel irrigasyon tekniğinin diğer irrigasyon teknikleri ile kombine olarak kullanılmasını önermekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Seltzer S, Bender I. Cognitive dissonance in endodontics. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 20(4):505-516,1965.

2. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. Journal of Endodontics, 32(4):281-290,2006.

3. Siqueira JF, De Uzeda M, Fonseca MEF. A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. Journal of Endodontics, 22(6):308-310,1996.

4. Möller ÅJ, Fabricius L, Dahlén G, Sundqvist G, Happonen RP. Apical periodontitis development and bacterial response to endodontic treatment. Experimental root canal infections in monkeys with selected bacterial strains. European Journal of Oral Sciences, 112(3):207-215,2004.

5. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. European Journal of Oral Sciences, 89(4):321-328,1981.

6. Gulabivala K, Patel B, Evans G, Ng YL. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. Endodontic Topics, 10(1):103-122,2005.

7. Siqueira J, Lopes H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. International Endodontic Journal, 32(5):361-369,1999.

8. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. International Endodontic Journal, 44(8):697-730,2011.

9. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. Journal of Endodontics, 14(3):125-127,1988.

10. Tanomaru J, Leonardo M, Tanomaru Filho M, Bonetti Filho I, Silva L. Effect of different irrigation solutions and calcium hydroxide on bacterial LPS. International Endodontic Journal, 36(11):733-739,2003.

11. Kim S, Kim Y. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. International Endodontic Journal, 35(7):623-628,2002.

12. Ricucci D, Langeland K. Incomplete calcium hydroxide removal from the root canal: a case report. International Endodontic Journal, 30(6):418-421,1997.

13. Taşdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli K, Yeşilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. International Endodontic Journal, 44(6):505-509,2011.

14. da Silva JM, Silveira A, Santos E, Prado L, Pessoa OF. Efficacy of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid and phosphoric acid in calcium hydroxide removal from the root canal: a microscopic cleanliness evaluation. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 112(6):820-824,2011.

15. Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coulinho-Filho T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. Australian Endodontic Journal, 30(1):23-28,2004.

16. Balguerie E, van der Sluis L, Vallaeys K, Gurgel-Georgelin M, Diemer F. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. Journal of Endodontics, 37(11):1576-1579,2011.

17. Generali L, Cavani F, Serena V, Pettenati C, Righi E, Bertoldi C. Effect of Different Irrigation Systems on Sealer Penetration into Dentinal Tubules. Journal of Endodontics, 43(4):652-656,2017.

18. Li D, Jiang S, Yin X, Chang JWW, Ke J, Zhang C. 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, 33(6):330-337,2015.

19. Ford TP, Rhodes JS, Ford HP. Endodontics: problem-solving in clinical practice. The Livery House, Londra:147-208,2004.

20. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dental Clinics of North America, 18:269-296,1974.

21. Haga CS. Microscopic Measurements of Root Canal Preparations Following In strumentation. International Endodontic Journal, 2(3):41-46,1968.

22. Yu D, Schilder H. Cleaning and shaping the apical third of a root canal system. General Dentistry, 49(3):266-270,2000.

23. Alaçam T. Endodonti. Özyurt Matbaacılık, Ankara:529-588,2012.

24. Aşçı SK. Endodonti. Quintessence International, İstanbul:415-436,2014.

25. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp. Elsevier Health Sciences:659-854,2015.

26. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 94(6):658-666,2002.

27. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 85(1):86-93,1998.

28. Zehnder M. Root canal irrigants. Journal of Endodontics, 32(5):389-398,2006.

29. Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 94(6):756-762,2002.

30. Alaçam T. Endodonti, 2. Baskı. Fakülte Kitabevi, Ankara:289-312,2000.

31. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. Dental clinics of North America, 54(2):291-312,2010.

32. Chow T. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. Journal of Endodontics, 9(11):475-479,1983.

33. Crincoli V, Scivetti M, Di Bisceglie MB, Pilolli GP, Favia G. Unusual case of adverse reaction in the use of sodium hypochlorite during endodontic treatment: a case report. Quintessence International, 39(2):70-73,2008.

34. Paschoalino MA, Hanan A, Marques A, Garcia LF, Garrido A, Sponchiado Jr E. Injection of sodium hypochlorite beyond the apical foramen--a case report. General Dentistry, 60(1):16-19,2011.

35. Retamozo B, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M. Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate Enterococcus faecalis. Journal of Endodontics, 36(3):520-523,2010.

36. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, ark. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. Journal of Endodontics, 36(2):282-285,2010.

37. Cheng X, Chen B, Qiu J, He W, Lv H, Qu T, ark. Bactericidal effect of Er: YAG laser combined with sodium hypochlorite irrigation against

Enterococcus faecalis deep inside dentinal tubules in experimentally infected root canals. Journal of Medical Microbiology, 65(2):176-187,2016.

38. McDonnel G. Antiseptics and disinfectants: activity, action and resistance. Clinical Microbiology Reviews, 12:147-179,1999.

39. Rossi-Fedele G, Guastalli AR, Dogramaci EJ, Steier L, De Figueiredo JA. Influence of pH changes on chlorine-containing endodontic irrigating solutions. International Endodontic Journal, 44(9):792-799,2011.

40. Hulsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. International Endodontic Journal, 36(12):810-830,2003.

41. Serper A, Calt S. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. Journal of Endodontics, 28(7):501-502,2002.

42. O'Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. Journal of Endodontics, 26(12):739-743,2000.

43. Serper A, Çalt S. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. Journal of Endodontics, 28(7):501-502,2002.

44. Harrison J. Irrigation of the root canal system. Dental Clinics of North America, 28(4):797-808,1984.

45. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. Journal of Endodontics, 28(1):17-19,2002.

46. Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 53(1):74-77,1982.

47. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. International Endodontic Journal, 36(12):810-830,2003.

48. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. Journal of Endodontics, 31(11):817-820,2005.

49. Eldeniz AU, Erdemir A, Belli S. Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. Journal of Endodontics, 31(2):107-110,2005.

50. Greenstein G, Berman C, Jaffin R. Chlorhexidine: an adjunct to periodontal therapy. Journal of Periodontology, 57(6):370-377,1986.

51. Russell A, Day M. Antibacterial activity of chlorhexidine. Journal of Hospital Infection, 25(4):229-238,1993.

52. Basrani BR, Manek S, Fillery E. Using diazotization to characterize the effect of heat or sodium hypochlorite on 2.0% chlorhexidine. Journal of Endodontics, 35(9):1296-1299,2009.

53. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho JB, Ben Johnson W, Bozhilov K, ark. A new solution for the removal of the smear layer. Jounal of Endodontics, 29(3):170-175,2003.

54. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. Journal of Endodontics, 29(4):233-239,2003.

55. Zmener O, Pameijer C, Banegas G. Effectiveness in cleaning oval-shaped root canals using Anatomic Endodontic Technology, ProFile and manual instrumentation: a scanning electron microscopic study. International Endodontic Journal, 38(6):356-363,2005.

56. Yao K, Satake K, Watanabe S, Ebihara A, Kobayashi C, Okiji T. Effect of Laser Energy and Tip Insertion Depth on the Pressure Generated Outside the Apical Foramen During Er: YAG Laser-Activated Root Canal Irrigation. Photomedicine and Laser Surgery:1-6,2017.

57. Kahn FH, Rosenberg PA, Gliksberg J. An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. Journal of Endodontics, 21(5):277-280,1995.

58. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. Journal of Endodontics, 35(6):791-804,2009.

59. Boutsioukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. International Endodontic Journal, 40(7):504-513,2007.

60. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). International Endodontic Journal, 40(8):644-652,2007.

61. Van der Sluis L, Versluis M, Wu M, Wesselink P. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. International Endodontic Journal, 40(6):415-426,2007.

62. Duque JA, Duarte MAH, Canali LCF, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, ark. Comparative effectiveness of new mechanical irrigant agitating devices for debris removal from the canal and isthmus of mesial roots of mandibular molars. Journal of Endodontics, 43(2):326-331,2017.

63. Sedgley C, Nagel A, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. International Endodontic Journal, 38(2):97-104,2005.

64. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. Journal of Endodontics, 32(12):1181-1184,2006.

65. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. Journal of Endodontics, 16(7):323-327,1990.

66. Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Palo RM, Iglesias EF. Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing post instrumentation canal smear layer and debris in curved root canals. Journal of Endodontics, 35(9):1270-1273,2009.

67. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film'from an ex vivo model. International Endodontic Journal, 41(7):602-608,2008.

68. Ruddle CJ. Microbrush for endodontic use. Washington, DC: United States Patent 6,179,617,2001.

69. Johannes Roggendorf M, Kraus F, Lohbauer U, Frankenberger R, Petschelt A, Ebert J. Apical debris removal of CanalBrushes with different tip modifications. Quintessence International, 46(10):853-860,2015.

70. Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals-a SEM evaluation. International Endodontic Journal, 40(12):991-992,2007.

71. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. Journal of Endodontics, 28(12):837-839,2002.

72. Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. Oral Surgery,

Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 96(5):614-617,2003.

73. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy—a new concept of endodontic files and its implementation. Journal of Endodontics, 36(4):679-690,2010.

74. Hof R, Perevalov V, Eltanani M, Zary R, Metzger Z. The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis. Journal of Endodontics, 36(4):691-696,2010.

75. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M. The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer—a scanning electron microscope study. Journal of Endodontics, 36(4):697-702,2010.

76. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. Dental Traumatology, 1(2):69-76,1985.

77. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. Journal of Endodontics, 36(1):143-146,2010.

78. Ruddle CJ. Endodontic disinfection: Tsunami irrigation. Saudi Endodontic Journal, 5(1):1-12,2015.

79. Rödig T, Bozkurt M, Konietschke F, Hülsmann M. Comparison of the vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. Journal of Endodontics, 36(8):1410-1413,2010.

80. Dumani A, Guvenmez HK, Yilmaz S, Yoldas O, Kurklu ZGB. Antibacterial efficacy of calcium hypochlorite with vibringe sonic irrigation system on

enterococcus faecalis: an in vitro study. BioMed Research International, 2016:5 pages,2016.

81. Küçükkaya Eren S, Aksel H, Parashos P. A novel model for testing the efficiency of removal of calcium hydroxide from complex root canal anatomies. Australian Endodontic Journal, 43(1):5-10,2017.

82. Walmsley A, Williams A. Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. Journal of Endodontics, 15(5):189-194,1989.

83. Walmsley A, Murgel C, Krell K. Canal markings produced by endosonic instruments. Dental Traumatology, 7(2):84-89,1991.

84. Lumley P, Walmsley A, Walton R, Rippin J. Effect of precurving endosonic files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals. Journal of Endodontics, 18(12):616-619,1992.

85. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. Journal of Endodontics, 6(9):740-743,1980.

86. Ahmad M. Effect of ultrasonic instrumentation on Bacteroides intermedius. Dental Traumatology, 5(2):83-86,1989.

87. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. Journal of Endodontics, 13(3):93-101,1987.

88. Abbott P, Heijkoop P, Cardaci S, Hume W, Heithersay G. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. International Endodontic Journal, 24(6):308-316,1991.

89. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. Journal of Endodontics, 25(11):735-738,1999.

90. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. Journal of Endodontics, 33(2):81-95,2007.

91. Spoleti P, Siragusa M, Spoleti MJ. Bacteriological evaluation of passive ultrasonic activation. Journal of Endodontics, 29(1):12-14,2003.

92. Weber CD, McClanahan SB, Miller GA, Diener-West M, Johnson JD. The effect of passive ultrasonic activation of 2% chlorhexidine or 5.25% sodium hypochlorite irrigant on residual antimicrobial activity in root canals. Journal of Endodontics, 29(9):562-564,2003.

93. Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. Journal of Endodontics, 14(11):554-559,1988.

94. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation–literature review and case reports. International Endodontic Journal, 33(3):186-193,2000.

95. Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. Journal of Endodontics, 33(5):611-615,2007.

96. Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure alteration techniques in endodontics-a review of literature. Journal of Clinical and Diagnostic Research, 9(3):ZE01-06,2015.

97. Rödig T, Hirschleb M, Zapf A, Hülsmann M. Comparison of ultrasonic irrigation and RinsEndo for the removal of calcium hydroxide and Ledermix paste from root canals. International Endodontic Journal, 44(12):1155-1161,2011.

98. Sarno MU, Sidow SJ, Looney SW, Lindsey KW, Niu L-n, Tay FR. Canal and isthmus debridement efficacy of the VPro EndoSafe negative-pressure irrigation technique. Journal of Endodontics, 38(12):1631-1634,2012.

99. Alaçam T. Endodonti. Özyurt Matbaacılık, Ankara:1149-1170,2012.

100. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. Dental Clinics of North America, 48(4):751-770,2004.

101. Pick R, Powell G. Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. Dental Clinics of North America, 37(2):281-296,1993.

102. Nagpal R, Goel M. Lasers in endodontics-a review. Indian Journal of Dental Sciences, 5(4):133-135,2013.

103. Moshonov J, Sion A, Kasirer J, Rotstein I, Stabholz A. Efficacy of argon laser irradiation in removing intracanal debris. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 79(2):221-225,1995.

104. Sun G. The role of lasers in cosmetic dentistry. Dental Clinics of North America, 44(4):831-850,2000.

105. Matsuoka E. Morphological studies on structural changes of root canal wall after instrumented by files and irradiated by argon laser. The Journal of Japan Endodontic Association, 17:185-189,1996.

106. Coluzzi DJ. An overview of laser wavelengths used in dentistry. Dental Clinics of North America, 44(4):753-765,2000.

107. Gouw-Soares S, Gutknecht N, Conrads G, Lampert F, Matson E, Eduardo C. The bactericidal effect of Ho: YAG laser irradiation within contaminated root dentinal samples. Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery, 18(2):81-87,2000.

108. Kautzky M, Susani M, Steurer M, Schenk P. Soft-tissue effects of the holmium: YAG laser: An ultrastructural study on oral mucosa. Lasers in Surgery and Medicine, 20(3):265-271,1997.

109. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics: a preliminary investigation. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, 31(3):416-420,1971.

110. Cobb CM. Lasers in periodontics: a review of the literature. Journal of Periodontology, 77(4):545-564,2006.

111. Le Goff A, Dautel-Morazin A, Guigand M, Vulcain J-M, Bonnaure-Mallet M. An evaluation of the CO_2 laser for endodontic disinfection. Journal of Endodontics, 25(2):105-108,1999.

112. Goodis HE, Fried D, Gansky S, Rechmann P, Featherstone JD. Pulpal safety of 9.6 μm TEA CO_2 laser used for caries prevention. Lasers in Surgery and Medicine, 35(2):104-110,2004.

113. Wakabayashi H, Hamba M, Matsumoto K, Tachibana H. Effect of irradiation by semiconductor laser on responses evoked in trigeminal caudal neurons by tooth pulp stimulation. Lasers in Surgery and Medicine, 13(6):605-610,1993.

114. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J-I, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. Photomedicine and Laser Surgery, 23(6):575-581,2005.

115. Kutsch VK. Lasers in dentistry: comparing wavelengths. The Journal of the American Dental Association, 124(2):49-54,1993.

116. Pick RM. Using lasers in clinical denial practice. The Journal of the American Dental Association, 124(2):37-47,1993.

117. Miller M, Truhe T. Lasers in dentistry: an overview. The Journal of the American Dental Association, 124(2):32-35,1993.

118. Barbakow F, Peters O, Havranek L. Effects of Nd: YAG lasers on root canal walls: a light and scanning electron microscopic study. Quintessence International, 30(12):837-845,1999.

119. Berkiten M, Berkiten R, Okar İ. Comparative evaluation of antibacterial effects of Nd: YAG laser irradiation in root canals and dentinal tubules. Journal of Endodontics, 26(5):268-270,2000.

120. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. International Endodontic Journal, 33(3):173-185,2000.

121. Stabholz A, Khayat A, Ravanshad SH, McCarthy DW, Neev J, Torabinejad M. Effects of Nd: YAG laser on apical seal of teeth after apicoectomy and retrofill. Journal of Endodontics, 18(8):371-375,1992.

122. Stabholz A, Khayat A, Weeks D, Neev J, Torabinejad M. Scanning electron microscopic study of the apical dentine surfaces lased with Nd: YAG laser following apicectomy and retrofill. International Endodontic Journal, 25(6):288-291,1992.

123. Goya C, Yamazaki R, Tomita Y, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of pulsed Nd: YAG laser irradiation on smear layer at the apical stop and apical leakage after obturation. International Endodontic Journal, 33(3):266-271,2000.

124. Minamisako MC, Kinoshita J-I, Matsumoto K, Stolf DP, Marques JLL. A Study on Root Canal Cleansing by Nd: YAG Laser with Black Dye Solution. Journal of Oral Laser Applications, 9(2):101-109,2009.

125. Levy G. Cleaning and shaping the root canal with a Nd: YAG laser beam: a comparative study. Journal of Endodontics, 18(3):123-127,1992.

126. Machida T, Wilder-Smith P, Arrastia AM, Liaw L-HL, Berns MW. Root canal preparation using the second harmonic KTP: YAG laser: a thermographic and scanning electron microscopic study. Journal of Endodontics, 21(2):88-91,1995.

127. Kuştarci A, Sümer Z, Altunbaş D, Koşum S. Bactericidal effect of KTP laser irradiation against Enterococcus faecalis compared with gaseous ozone: an ex

vivo study. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 107(5):e73-79,2009.

128. van As G. Erbium lasers in dentistry. Dental Clinics, 48(4):1017-1059,2004.

129. Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium: YAG laser. Journal of Periodontology, 65(12):1097-1106,1994.

130. Coluzzi DJ, Convissar RA. Lasers in clinical dentistry. Dental Clinics, 48(4):xi-xii,2004.

131. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. Lasers in Surgery and Medicine, 9(4):338-344,1989.

132. Wigdor H, Abt E, Ashrafi S, Walsh JT. The effect of lasers on dental hard tissues. The Journal of the American Dental Association, 124(2):65-70,1993.

133. DiVito E, Peters O, Olivi G. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. Lasers in Medical Science, 27(2):273-280,2012.

134. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, DiVito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. Journal of Endodontics, 37(7):1008-1012,2011.

135. Guneser MB, Arslan D, Usumez A. Tissue dissolution ability of sodium hypochlorite activated by photon-initiated photoacoustic streaming technique. Journal of Endodontics, 41(5):729-732,2015.

136. Cohen S, Burns R. Pathways of the pulp (2002). Trans Fadaei B, Borounoosh P Tehran: Hayan-abasaleh Publications:611-624,2003.

137. Çalışkan MK. Endodontide Tanı ve Tedaviler. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul:373-400,2006.

138. Fava L, Saunders W. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. International Endodontic Journal, 32(4):257-282,1999.

139. Farhad A, Mohammadi Z. Calcium hydroxide: a review. International Dental Journal, 55(5):293-301,2005.

140. Siqueira JF, Magalhães KM, Rôças IN. Bacterial reduction in infected root canals treated with 2.5% NaOCl as an irrigant and calcium hydroxide/camphorated paramonochlorophenol paste as an intracanal dressing. Journal of Endodontics, 33(6):667-672,2007.

141. Nerwich A, Figdor D, Messer HH. pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. Journal of Endodontics, 19(6):302-306,1993.

142. Estrela C, Pesce HF. Chemical analysis of the liberation of calcium and hydroxyl ions from calcium hydroxide pastes in connective tissue in the dog. Part I. Brazilian Dental Journal, 7(1):41-46,1996.

143. Cvek M. Calcium hydroxide in the treatment of traumatized teeth. Scania Dental, Knivsta, İsveç, 8(3):11-27,1989.

144. Alaçam T, Görgül G, Ömürlü H. Evaluation of diagnostic radiopaque contrast materials used with calcium hydroxide. Journal of Endodontics, 16(8):365-368,1990.

145. Bidar M, Disfani R, Gharagozloo S, Khoynezhad S, Rouhani A. Medication with calcium hydroxide improved marginal adaptation of mineral trioxide aggregate apical barrier. Journal of Endodontics, 36(10):1679-1682,2010.

146. Foreman P, Barnes I. A review of calcium hydroxide. International Endodontic Journal, 23(6):283-297,1990.

147. Seltzer S, Bender IB. The dental pulp: biologic considerations in dental procedures. Philadelphia, J B Lippincott Co, 252-266,1976.

148. Safavi KE, Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. Journal of Endodontics, 19(2):76-78,1993.

149. Westphal O. Bacterial endotoxins (part 1 of 2). International Archives of Allergy and Immunology, 49(1-2):1-21,1975.

150. Leonardo MR, Silva RABd, Assed S, Nelson-Filho P. Importance of bacterial endotoxin (LPS) in endodontics. Journal of Applied Oral Science, 12(2):93-98,2004.

151. Barthel C, Levin L, Reisner H, Trope M. TNF-α release in monocytes after exposure to calcium hydroxide treated Escherichia coli LPS. International Endodontic Journal, 30(3):155-159,1997.

152. Nelson-Filho P, Leonardo MR, Silva LAB, Assed S. Radiographic evaluation of the effect of endotoxin (LPS) plus calcium hydroxide on apical and periapical tissues of dogs. Journal of Endodontics, 28(10):694-696,2002.

153. Baik JE, Jang K-S, Kang S-S, Yun C-H, Lee K, Kim B-G, ark. Calcium hydroxide inactivates lipoteichoic acid from Enterococcus faecalis through deacylation of the lipid moiety. Journal of Endodontics, 37(2):191-196,2011.

154. Siqueira JF, Sen BH. Fungi in endodontic infections. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 97(5):632-641,2004.

155. Baumgartner JC, Watts CM, Xia T. Occurrence of Candida albicans in infections of endodontic origin. Journal of Endodontics, 26(12):695-698,2000.

156. Waltimo T, Ørstavik D, Siren E, Haapasalo M. In vitro susceptibility of Candida albicans to four disinfectants and their combinations. International Endodontic Journal, 32(6):421-429,1999.

157. Nair P, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 99(2):231-252,2005.

158. Sen B, Piskin B, Demirci T. Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. Dental Traumatology, 11(1):6-9,1995.

159. Haapasalo H, Siren E, Waltimo T, Orstavik D, Haapasalo M. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. International Endodontic Journal, 33(2):126-131,2000.

160. Wadachi R, Araki K, Suda H. Effect of calcium hydroxide on the dissolution of soft tissue on the root canal wall. Journal of Endodontics, 24(5):326-330,1998.

161. Haenni S, Schmidlin P, Mueller B, Sener B, Zehnder M. Chemical and antimicrobial properties of calcium hydroxide mixed with irrigating solutions. International Endodontic Journal, 36(2):100-105,2003.

162. Ercan E, Dalli M, Dülgergil ÇT. In vitro assessment of the effectiveness of chlorhexidine gel and calcium hydroxide paste with chlorhexidine against Enterococcus faecalis and Candida albicans. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 102(2):e27-e31,2006.

163. de Almeida Gomes BPF, Vianna ME, Sena NT, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of calcium hydroxide combined with chlorhexidine gel used as intracanal medicament. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 102(4):544-550,2006.

164. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. Dental Traumatology, 18(3):134-137,2002.

165. Doyon GE, Dumsha T, von Fraunhofer JA. Fracture resistance of human root dentin exposed to intracanal calcium hydroxide. Journal of Endodontics, 31(12):895-897,2005.

166. Porkaew P, Retief DH, Barfield RD, Lacefield WR, Soong S-j. Effects of calcium hydroxide paste as an intracanal medicament on apical seal. Journal of Endodontics, 16(8):369-374,1990.

167. Weisenseel JA, Hicks ML, Pelleu GB. Calcium hydroxide as an apical barrier. Journal of Endodontics, 13(1):1-5,1987.

168. Wu M-K, Kontakiotis E, Wesselink P. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. Journal of Dentistry, 26(7):585-589,1998.

169. Kontakiotis E, Wu MK, Wesselink P. Effect of calcium hydroxide dressing on seal of permanent root filling. Dental Traumatology, 13(6):281-284,1997.

170. Margelos J, Eliades G, Verdelis C, Palaghias G. Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. Journal of Endodontics, 23(1):43-48,1997.

171. Hosoya N, Kurayama H, Iino F, Arai T. Effects of calcium hydroxide on physical and sealing properties of canal sealers. International Endodontic Journal, 37(3):178-184,2004.

172. Çalt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. Journal of Endodontics, 25(6):431-433,1999.

173. Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. Journal of Endodontics, 25(2):85-88,1999.

174. Yücel AÇ, Gürel M, Güler E, Karabucak B. Comparison of final irrigation techniques in removal of calcium hydroxide. Australian Endodontic Journal, 39(3):116-121,2013.

175. Kuştarcı A, Er K, Siso SH, Aydın H, Harorlı H, Arslan D, ark. Efficacy of laser-activated irrigants in calcium hydroxide removal from the artificial grooves in root canals: an ex vivo study. Photomedicine and Laser Surgery, 34(5):205-210,2016.

176. Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. Scanning, 10(4):128-138,1988.

177. Semwogerere D, Weeks ER. Confocal microscopy. Encyclopedia of Biomaterials and Biomedical Engineering, 23:1-10,2005.

178. Chandra SS, Shankar P, Indira R. Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. Journal of Endodontics, 38(10):1412-1416,2012.

179. Kuçi A, Alaçam T, Yavaş Ö, Ergul-Ulger Z, Kayaoglu G. Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: a confocal laser scanning microscopic study. Journal of Endodontics, 40(10):1627-1631,2014.

180. Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. Journal of Endodontics, 40(12):1999-2002,2014.

181. Tuncer AK, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. Journal of Endodontics, 38(6):860-863,2012.

182. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Bernardineli N, Graeff MS, Garcia RB, de Moraes IG, ark. A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in

mesial root canals of mandibular molars. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 108(6):961-968,2009.

183. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. Journal of Endodontics, 22(5):257-259,1996.

184. Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. Journal of Endodontics, 33(8):957-961,2007.

185. Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. Journal of Endodontics, 36(3):509-511,2010.

186. Versluis A, Messer H, Pintado M. Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. International Endodontic Journal, 39(12):931-939,2006.

187. Glosson CR, Haller RH, Dove SB, Carlos E. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, and K-Flex endodontic instruments. Journal of Endodontics, 21(3):146-151,1995.

188. Munoz HR, Camacho-Cuadra K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. Journal of Endodontics, 38(4):445-448,2012.

189. Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. Dentistry Today, 27(1):82-87,2008.

190. Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. Journal of Endodontics, 1(4):127-135,1975.

191. Topçuoğlu H, Düzgün S, Ceyhanlı K, Aktı A, Pala K, Kesim B. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. International Endodontic Journal, 48(4):309-316,2015.

192. Kokkas AB, Boutsioukis AC, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. Journal of Endodontics, 30(2):100-102,2004.

193. Tatsuta CT, Morgan LA, Baumgartner JC, Adey JD. Effect of calcium hydroxide and four irrigation regimens on instrumented and uninstrumented canal wall topography. Journal of Endodontics, 25(2):93-98,1999.

194. Teixeira C, Felippe M, Felippe W. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. International Endodontic Journal, 38(5):285-290,2005.

195. Perez F, Rouqueyrol-Pourcel N. Effect of a low-concentration EDTA solution on root canal walls: a scanning electron microscopic study. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology, 99(3):383-387,2005.

196. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. Journal of Endodontics, 36(9):1558-1562,2010.

197. Yamashita J, Tanomaru Filho M, Leonardo M, Rossi M, Silva L. Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. International Endodontic Journal, 36(6):391-394,2003.

198. Van der Sluis L, Gambarini G, Wu M, Wesselink P. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. International Endodontic Journal, 39(6):472-476,2006.

199. Kok D, Duarte MAH, Da Rosa RA, Wagner MH, Pereira JR, Só MVR. Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. Microscopy Research and Technique, 75(9):1277-1280,2012.

200. Guidotti R, Merigo E, Fornaini C, Rocca J-P, Medioni E, Vescovi P. Er: YAG 2,940-nm laser fiber in endodontic treatment: a help in removing smear layer. Lasers in Medical Science, 29(1):69-75,2014.

201. Turkel E, Onay EO, Ungor M. Comparison of Three Final Irrigation Activation Techniques: Effects on Canal Cleanness, Smear Layer Removal, and Dentinal Tubule Penetration of Two Root Canal Sealers. Photomedicine and Laser Surgery:1-10,2017.

202. Türker SA, Koçak MM, Koçak S, Sağlam BC. Comparison of calcium hydroxide removal by self-adjusting file, EndoVac, and CanalBrush agitation techniques: An in vitro study. Journal of Conservative Dentistry: JCD, 16(5):439,2013.

203. Van der Sluis L, Wu M, Wesselink P. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. International Endodontic Journal, 40(1):52-57,2007.

204. Rödig T, Vogel S, Zapf A, Hülsmann M. Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. International Endodontic Journal, 43(6):519-527,2010.

205. Rödig T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. Journal of Endodontics, 36(12):1983-1987,2010.

206. Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN. Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. Journal of Endodontics, 39(5):708-711,2013.

207. Cameron J. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. Journal of Endodontics, 9(7):289-292,1983.

208. Malki M, Verhaagen B, Jiang L-M, Nehme W, Naaman A, Versluis M, ark. Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy. Journal of Endodontics, 38(5):657-661,2012.

209. Akyuz Ekim SN, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. Microscopy Research and Technique, 78(3):230-239,2015.

210. Arslan H, Akcay M, Capar ID, Ertas H, Ok E, Uysal B. Efficacy of needle irrigation, EndoActivator, and photon-initiated photoacoustic streaming technique on removal of double and triple antibiotic pastes. Journal of Endodontics, 40(9):1439-1442,2014.

211. Kasić S, Knezović M, Beader N, Gabrić D, Ivanišević Malčić A, Baraba A. Efficacy of three different lasers on eradication of enterococcus faecalis and candida albicans biofilms in root canal system. Photomedicine and Laser Surgery:1-6,2017.

212. Topçuoğlu HS, Köseoğlu M. Effect of Er: YAG and Nd: YAG lasers on the mineral content of root canal dentin. Lasers in Medical Science, 30(2):809-813,2015.

213. De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coutinho-Filho T. Influence of the filling technique on depth of tubular penetration of root canal sealer: a scanning eletron microscopy study. Brazilian Journal of Oral Sciences, 3(9):433-438,2004.

214. Mamootil K, Messer H. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. International Endodontic Journal, 40(11):873-881,2007.

215. Alturaiki S, Lamphon H, Edrees H, Ahlquist M. Efficacy of 3 different irrigation systems on removal of calcium hydroxide from the root canal: a scanning electron microscopic study. Journal of Endodontics, 41(1):97-101,2015.

216. Paulo HD, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Use of fluorescent compounds in assessing bonded resin-based restorations: a literature review. Journal of Dentistry, 34(9):623-634,2006.

217. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA Fillapex, and GuttaFlow Bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: a confocal microscopic study. Lasers in Surgery and Medicine, 48(1):70-76,2016.

218. Weis MV, Parashos P, Messer H. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. International Endodontic Journal, 37(10):653-663,2004.

219. Capar ID, Ozcan E, Arslan H, Ertas H, Aydinbelge HA. Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. Journal of Endodontics, 40(3):451-454,2014.

220. Ahmetoğlu F, Şimşek N, Keleş A, Ocak MS, Er K. Efficacy of self-adjusting file and passive ultrasonic irrigation on removing calcium hydroxide from root canals. Dental Materials Journal, 32(6):1005-1010,2013.

221. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. Journal of Endodontics, 35(6):891-895,2009.

222. Çapar İD, Ari Aydinbelge H. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. Scanning, 36(6):640-647,2014.

223. Arslan H, Akcay M, Capar I, Saygili G, Gok T, Ertas H. An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. International Endodontic Journal, 48(3):246-251,2015.

224. Lloyd A, Navarrete G, Marchesan MA, Clement D. 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, 24(6):543-548,2016.

225. Sathe S, Hegde V, Jain PA, Ghunawat D. Effectiveness of Er: YAG (PIPS) and Nd: YAG activation on final irrigants for smear layer removal-SEM observation. Journal of Dental Lasers, 8(1):8-13,2014.

226. Moon Y-M, Kim H-C, Bae K-S, Baek S-H, Shon W-J, Lee W. Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd: YAG laser on sealer penetration in curved root canals. Journal of Endodontics, 38(4):531-535,2012.

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, Soyadı: Fatma, KANMAZ

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 3 Eylül 1988, Kadirli

Medeni Durumu: Bekâr

Yabancı Dil: İngilizce

Tel: +90 346 219 10 10

Fax: +90 346 219 10 10

e-mail: kanmazfatma@gmail.com

Yazışma Adresi: Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı Merkez/SİVAS

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Uzmanlık Eğitimi	Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hek. Fak.	2014-halen
Yüksek Lisans	Çukurova Üniversitesi Diş Hek. Fak.	2012
Lise	İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi, Adana	2006