

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON YÖNTEMLERİNİN İKİ FARKLI
KÖK KANAL DOLGU PATİNİN DENTİN TÜBÜL PENETRASYONUNA
ETKİSİNİN LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt.Fatma KAPLAN

ENDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ali ERDEMİR

2020-KIRIKKALE

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI İRRİGASYON AKTİVASYON YÖNTEMLERİNİN İKİ FARKLI
KÖK KANAL DOLGU PATİNİN DENTİN TÜBÜL PENETRASYONUNA
ETKİSİNİN LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt.Fatma KAPLAN

ENDODONTİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ali ERDEMİR

**Bu Tez, TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Programı (Proje no: 318S243)
ile desteklenmiştir.**

2020-KIRIKKALE

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖNSÖZ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	4
1.1 Smear Tabakası.....	5
1.2 Smear Tabakasının Uzaklaştırılması.....	7
1.2.1 Sodyum Hipoklorit (NaOCl).....	8
1.2.2 Şelasyon Ajanları	10
1.2.2.1 Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA).....	11
1.2.3 Klorheksidin (CHX).....	13
1.2.4 Solüsyonlar arası etkileşimler.....	14
1.3 İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri.....	14
1.3.1 Geleneksel İrrigasyon Yöntemi.....	15
1.3.2 Manuel-Dinamik İrrigasyon.....	15
1.3.3 Endodontik Fırçalar	16
1.3.4 Egeleme İle Birlikte Yapılan İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri.....	17
1.3.5 Sonik Sistemler İle Aktivasyon.....	18

1.3.6 Ultrasonik Sistemler İle Aktivasyon.....	19
1.3.7 Negatif Basınç Prensibi İle Çalışan İrrigasyon Yöntemleri.....	20
1.3.7.1 Endovac.....	21
1.3.8 Lazerle İrrigasyon Aktivasyonu.....	23
1.3.8.1 Lazerin Fiziği.....	23
1.3.8.2 Lazer Doku Etkileşimi.....	24
1.3.8.3 Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	25
1.3.8.4 Diş Hekimliğinde Lazerlerin Kullanım Alanları	26
1.3.8.5 Endodontide Kullanılan Lazerler	27
1.3.8.5.1 Erbium-doped yttrium aluminum garnet (Er:YAG) lazerler.....	27
1.3.8.5.2 Er:Cr:YSGG Lazer.....	28
1.4 Kök Kanal Dolgusu.....	29
1.5 Kök Kanal Dolgu Patlarının Dentine Olan Adaptasyonu ve Penetrasyonunu İncelemede Kullanılan Yöntemler	33
1.5.1 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	34
1.5.2 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM).....	35
2. GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
2.1 Etik Kurul Onayı.....	38
2.2 Power Analizi.....	38
2.3 Dişlerin Seçimi.....	38
2.3.1 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi.....	40
2.3.2 Örneklerin Hazırlanması.....	48
2.3 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM) İle Patların Dentin Tübül Penetrasyonunun Değerlendirilmesi.....	50

2.4 Verilerin İstatistiksel Analizi.....	54
3.BULGULAR.....	55
3.1 Maksimum penetrasyon derinliğinin değerlendirilmesi.....	55
3.2 Ortalama Penetrasyon Derinliğinin Değerlendirilmesi.....	60
3.3 Dentin tübül penetrasyon yüzdesinin değerlendirilmesi.....	67
3.4 Dentin tübül penetrasyon alanının değerlendirilmesi.....	73
3.5 İrrigasyon aktivasyon gruplarında farklı bölgelerdeki kanal dolgu patlarının karşılaştırılması.....	79
3.5.1 Kontrol gruplarında kanal dolgu patlarının karşılaştırılması.....	79
3.5.2 PUI grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması.....	82
3.5.3 EndoVac grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması.....	85
3.5.4 Er:YAG lazer aktivasyon grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması.....	88
3.5.5 Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması.....	91
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	98
KAYNAKLAR.....	113
EKLER.....	136
ÖZGEÇMİŞ.....	137

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim boyunca bana yol gösteren, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım ve yararlanmaya devam edeceğim, çalışmalarımın bütün aşamalarında desteğiyle her zaman yanımda olan, her daim saygı duyacağım çok değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Ali ERDEMİR'e,

Tez izleme komitesindeki saygıdeğer hocalarım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Ali Türkyılmaz ve Sn. Doç.Dr. Meltem Hendek'e,

Çalışmamıza verdiği maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a,

Bir arada olmaktan mutluluk duyduğum Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Ana Bilim Dalı'ndaki çalışma arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca ilgilerini ve desteklerini hep hissettiğim, her koşulda benimle birlikte olan, çok sevdiğim canım aileme,

Hayatımı güzel ve anlamlı kılan, yanımda olan herkese,

Saygı, sevgi ve en derin duygularıyla teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Ar: Argon

Cl₂: Klorin

CLSM: Laser Scanning Confocal Microscope.

CO₂: Karbondioksit

EDTA: Ethylenediamine Tetra-acetic Acid

Er,Cr:YSGG: Erbium Chromium Yttrium Scandium Gallium Garnet

Er:YAG: Erbium yttrium aluminum garnet

Ga-As: Galyum-Arsenide

He-Ne: Helium-Neon

Hz: Hertz

HOCl: Hipoklorik asit

Ho: YAG: Holmium yttrium aluminum garnet

ISO: International Organization for Standardization

J: Joule

LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

LAI: Laser activated irrigation

Max. pen.: Maksimum penetrasyon derinliği

mJ: Milijoule

ml: Mililitre

mm: Milimetre

µm: Mikrometre

MTAD: Mixed tetracycline acid detergent v

NaOCl: Sodyum hipoklorit

NaOH: Sodyum hidroksit

Ni-Ti: Nikel Titanyum

Nd:YAG: Neodymium yttrium aluminum garnet

nm: Nanometre

Ort. pen.: Ortalama penetrasyon derinliği

P: Fosfor

Pen. alanı: Penetrasyon alanı

Pen. yüzdesi: Penetrasyon yüzdesi

PIPS: Photon Induced Photoacoustic Streaming

PUI: Pasif ultrasonik irrigasyon

REDTA: Roth's Ethylenediamine Tetra-acetic Acid

SEM: Scanning electron microscope

sn: Saniye

W: Watt

%: Yüzde



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dişlerden alınan radyografiler.....	39
Şekil 2.2 Çalışmamızda kullanılan %5 NaOCl ve %17 EDTA solüsyonları.....	41
Şekil 2.3 Çalışmamızda kullanılan pasif ultrasonik sistem.....	42
Şekil 2.4 EndoVac irrigasyon sistemi.....	43
Şekil 2.5 Çalışmamızda kullanılan ER;YAG lazer parametreleri.....	44
Şekil 2.6 Çalışmamızda kullanılan PIPS fiber optik uç.....	44
Şekil 2.7 Çalışmamızda kullanılan Er;Cr:YSGG lazer parametreleri.....	45
Şekil 2.8 Çalışmamızda kullanılan RFT3 uç.....	46
Şekil 2.9 Rhodamin B toz ve % 0.1'lik hazırlanmış hali.....	47
Şekil 2.10 Kesme Cihazı.....	49
Şekil 2.11 Polisaj Cihazı.....	49
Şekil 2.12 CLSM incelemesi için hazırlanan örnekler.....	50
Şekil 2.13 Kesitlerin incelendiği lazer taramalı konfokal mikroskop.....	51
Şekil 2.14 Maksimum penetrasyon derinliğinin ölçülmesi.....	52
Şekil 2.15 Ortalama penetrasyon derinliğinin ölçülmesi.....	52
Şekil 2.16 Penetrasyon yüzdesinin hesaplanması.....	53
Şekil 2.17 Penetrasyon alanının hesaplanması.....	53
Şekil 3.1 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda maksimum penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	58
Şekil 3.2 TotalFill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda maksimum penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	59
Şekil 3.3 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	64
Şekil 3.4 Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	66

Şekil 3.5 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	71
Şekil 3.6 Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	72
Şekil 3.7 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	77
Şekil 3.8 Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü.....	78
Şekil 3.9 Kontrol grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri.....	81
Şekil 3.10 PUI grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri.....	84
Şekil 3.11 EndoVac grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri.....	87
Şekil 3.12 Er:YAG lazer grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri.....	90
Şekil 3.13 Er,Cr:YAG lazer grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri.....	93
Şekil 3.14 Apikal bölgedeki farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear uzaklaştırılan örneklerdeki kanal dolgu patlarının CLSM görüntüleri.....	95
Şekil 3.15 Orta bölgedeki Farklı İrrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear uzaklaştırılan örneklerdeki kanal dolgu patlarının CLSM görüntüleri.....	96
Şekil 3.16 Koronal bölgedeki Farklı İrrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear uzaklaştırılan örneklerdeki kanal dolgu patlarının CLSM görüntüleri.....	97

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları.....	55
Tablo 3.2 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları.....	56
Tablo 3.3 Bölgeler arasında maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları.....	56
Tablo 3.4. Maksimum penetrasyon derinliği (μm) değerlendirilmesi.....	57
Tablo 3.5 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmaları.....	60
Tablo 3.6 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmaları.....	61
Tablo 3.7 Bölgeler arasında ortalama penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları.....	62
Tablo 3.8. Ortalama penetrasyon derinliği (μm) değerlendirilmesi.....	63
Tablo 3.9 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları.....	67
Tablo 3.10 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları.....	68
Tablo 3.11 Bölgeler arasında penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları.....	68
Tablo 3.12. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi değerlendirilmesi.....	70
Tablo 3.13 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları.....	74
Tablo 3.14 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları.....	74
Tablo 3.15 Bölgeler arasında penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları...	75
Tablo 3.16. Dentin tübül penetrasyon alanı değerlendirilmesi.....	76
Tablo 3.17 Kontrol grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi.....	80
Tablo 3.18. PUI grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi.....	82
Tablo 3.19. EndoVac grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi.....	85

Tablo 3.20. Er:YAG lazer grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi.....	88
Tablo 3.21. Er,Cr:YSGG lazer grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi.....	91



Farklı İrrigasyon Aktivasyon Yöntemlerinin İki Farklı Kök Kanal Dolgu Patının Dentin Tübül Penetrasyonuna Etkisinin Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop İle Değerlendirilmesi

Özet

Bu çalışmanın amacı, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin iki farklı kök kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonuna etkisinin lazer taramalı konfokal mikroskop ile değerlendirilmesidir.

Bu çalışmada ortodontik veya periodontal sebeplerle çekilmiş, 100 adet tek köklü ve tek kanallı premolar dişler kullanıldı. Diş boyları standardize edildi ve giriş kavileri açıldı. Dişler, %5 sodyum hipoklorit (NaOCl) irrigasyonu altında Protaper Universal döner eğeleri ile F4 #'e kadar şekillendirildi. Final irrigasyon solüsyonu olarak %5 NaOCl ve %17 etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) kullanıldı. Dişler, irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre kontrol, pasif ultrasonik aktivasyon, EndoVac, Er:YAG (PIPS), Er,Cr:YSGG (RFT3) lazer aktivasyonu olarak beş ana gruba ayrıldı. Daha sonra kullanılan kanal dolgu patlarına göre iki alt gruba ayrıldı. Dişler % 0,1 Rhodamine B ile işaretlenmiş kanal dolgu patı ve F4 # guta perka ile tek kon yöntemi kullanılarak doldurdu. Köklerin apikal kısmından 2, 5 ve 8 mm uzaklıktan yaklaşık 1 mm yüksekliğinde horizontal kesitler alındı. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM) ile görüntüler elde edildi ve kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyon değerleri 4 farklı dentin tübül penetrasyon değerlendirme tekniği ile ölçüldü. Çalışma verileri parametrelerinin, irrigasyon aktivasyon grupları arasındaki karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve Mann Whitney U testi kullanıldı. Parametrelerin, grup içi karşılaştırmalarında ise Friedman Testi ve post hoc Wilcoxon işaret testi kullanıldı.

Çalışmada kullanılan AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalleri arasında, anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$). EndoVac, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarının, Kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde daha yüksek ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanına sahip

olduğu gözlenmiştir. Tüm bölgeler arasında tüm penetrasyon değerlendirme tekniklerinde anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p<0.05$).

Sonuç olarak, rezin ve biyoseramik esalı kanal dolgu patları arasında dentin tübül penetrasyonu açısından anlamlı bir fark yoktur. Smear tabakasının uzaklaştırılması sırasında irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanılması kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonunu olumlu yönde etkiler. Ortalama penetrasyon ve penetrasyon alanı değerlendirmelerinin dentin tübül penetrasyonunun incelenmesinde uygun yöntemler olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: dentin tübül penetrasyonu, ER:YAG, Er,Cr:YSGG, irrigasyon aktivasyonu, konfokal.

Evaluation The Effect Of Different Irrigation Activation Methods On The Dentin Tubules Penetration Of Two Different Root Canal Sealers By Laser Scanning Confocal Microscopy

Abstract

The aim of this study is to evaluate the effect of different irrigation activation methods on the dentin tubules penetration of two different root canal sealers by laser scanning confocal microscopy.

100 single root and single canal premolar teeth, extracted by orthodontic or periodontal reasons, were used in this study. The teeth length were standardized and the access cavities were prepared. Teeth were shaped to F4 # with Protaper Universal rotary system under %5 sodium hypochlorite (NaOCl) irrigation. %5 NaOCl and 17% ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) was used as the final irrigation solution. All teeth were divided into five main groups according to irrigation activation methods as control, passive ultrasonic activation, Endo Vac, Er:YAG (PIPS), Er,Cr:YSGG (RFT3) laser activation. Then two subgroups were separated according to the resin and bioceramic-based root canal sealers to be used. Teeth were filled with %0,1 rhodamine B mixed root canal sealer and F4 # gutta percha using a single cone technique. Horizontal sections of approximately 1 mm height were taken from the the apex at 2, 5 and 8 mm. Images were obtained with a Laser Scanning Confocal Microscope (CLSM) and the penetration of root canal sealers to dentin tubules were calculated with 4 different dentin tubule penetration assessment techniques.

Kruskal Wallis test and Mann Whitney U test were used for comparison of study data parameters between irrigation activation groups. Friedman Test and post hoc Wilcoxon sign test were used for in-group comparisons of parameters.

No significant difference was observed between AH Plus and Totalfill BC root canal sealers used in the study ($p > 0.05$). EndoVac, Er:YAG and Er,Cr:YSGG laser activation groups were observed to have a significantly higher mean penetration depth, penetration percentage and penetration area than the Control group. There were

significant differences among the all regions in all penetration assesment techiques (p <0.05).

As a result, there is no significant difference between resin and bioceramic-based root canal sealers in terms of dentin tubule penetration. The use of irrigation activation methods during the removal of the smear layer positively affects the dentin tubule penetration of the root canal sealers. It has been determined that evaluations of average penetration and penetration area are suitable methods for the investigation of dentinal tubule penetration.

Keywords: dentinal tubul penetration, ER:YAG, Er,Cr:YSGG, irrigation activation, confocal.

1. GİRİŞ

Endodontik tedavi; pulpa dokusunun kök kanal sisteminden uzaklaştırılması, kök kanallarının mekanik olarak genişletilmesi ve irrigasyon solüsyonları ile dezenfeksiyonu sonrasında, sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu olarak doldurulması işlemidir. Endodontik tedavinin başarısı, bu aşamaların tam olarak yerine getirilmesine bağlıdır (Seltzer ve Bender 1965).

Mekanik preparasyonla kök kanalındaki tüm vital ve nekrotik dokuların uzaklaştırılması, ideal kanal şekillendirmesi için gerekli miktarda sert dokunun kaldırılması hedeflenmektedir. Mikrobiyolojik açıdan irrigasyon işlemi ile kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesi beklenmektedir.

İrrigasyon solüsyonları, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunda ve debrislerin uzaklaştırılmasındaki rolüyle kök kanal preparasyonunun vazgeçilemez bir parçasıdır. İrrigasyon solüsyonlarının kullanımı, enfekte yumuşak ve sert dokuların foramen apikale bölgesinde birikmesini ve periapikal bölgeye yayılmasını engellemektedir. Mekanik genişletme sırasında oluşan debris uzaklaştırırken aynı zamanda antimikrobiyal etki de göstermektedir. Kök kanal preparasyonu sırasında kayganlaştırıcı etkisi ile daha etkin bir preparasyon yapılmasını sağlamaktadır (Goldman et al. 1982).

Pulpal ve periapikal enfeksiyonların gelişmesine neden olan primer faktör bakteriyel etkenlerdir (Kakehashi et al. 1965). Kök kanal tedavisinin başarısı enfekte mikroorganizmaların, pulpa dokusu ve dentin debrisinin kemomekanik olarak uzaklaştırılmasına bağlıdır (Byström ve Sundqvist 1981). Tedavi prensibi olarak, problemi tanımak ve etiyolojik faktörleri ortadan kaldırmak, endodontik enfeksiyonlarda süreci olumlu hale getirebilmek açısından önemlidir. İrrigasyonun endodontideki görevleri; mekanik, kimyasal ve biyolojik olarak incelenebilir. Mekanik ve kimyasal görevleri, debris kalıntılarının kaldırılması, kanal duvarlarının ıslatılması ve kanal içi kayganlığın sağlanması, organik debrisin çözünmesi ve smear tabakasının kaldırılmasıyla dentin tübüllerinin açığa çıkarılması olarak sıralanabilir. Biyolojik görevleri ise antimikrobiyal etkinlikleri ile ilişkilidir. Antimikrobiyal etkinlik açısından değerlendirildiğinde, biofilm içindeki anaerobik ve fakültatif

bakterilere karşı yüksek etkili olması ve endotoksinleri inaktive edebilmesi sayılabilir. Ayrıca irrigasyon solüsyonları vital dokularla etkileştiklerinde toksik olmamalı ve anaflaktik reaksiyona neden olma potansiyelleri çok düşük olmalıdır (Basrani ve Haapasalo 2012).

Smear tabakası inorganik ve organik içeriğe sahip olduğundan mevcut herhangi bir irrigasyon solüsyonunun tek başına kullanımıyla uzaklaştırılamamaktadır. Bu tabakanın uzaklaştırılabilmesi için sodyum hipokloritin ve bir şelasyon ajanının ya da asidin sırayla kullanımı önerilmektedir (Mitchell et al. 2010).

Geleneksel irrigasyon yönteminde solüsyonun, enjektör ucundan sadece 1 mm daha derinine kadar ilerleyebildiği, özellikle apikal bölgeye solüsyonun temasının çok daha az olduğu belirtilmiş ve bunun da kök kanalının irrigasyonu için yetersiz kaldığı vurgulanmıştır (Adcock et al. 2011). Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkili olabilmesi için özellikle kanalların apikal bölümlerinde tüm kanal duvar yüzeyleriyle doğrudan temasının sağlanması gerekmektedir (Zehnder 2006). Bu nedenle kök kanallarının irrigasyonu için daha etkin dağıtım ve aktivasyon sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. İrrigasyon aktivasyonu için sonik ve ultrasonik sistemler, EndoVac gibi negatif basınçlı sistemler ve çeşitli lazer sistemleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Lazer sistemlerindeki teknolojik ilerlemelerle birlikte endodontide güncel olarak en çok kullanılan lazer türlerinin Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet (Er:YAG), Neodymium:Yttrium-Aluminyum-Garnet (Nd:YAG), Erbium,Chromium:Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazer olduğu söylenebilir.

Kemomekanik preparasyondan sonra dentin tübüllerinde, aksesuar ve yan kanallarda, apikal deltalarda ve kanal anastomozlarında mikroorganizmalara rastlanabilir (Siqueira 1996). Rezidüel mikroorganizmaların kontrolü için, smear tabakasının uzaklaştırılması ve çeşitli irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin uygulanması önerilmektedir. Aynı zamanda kanal dolgu patının dentin tübüllerine olan penetrasyonu mevcut rezidüel mikroorganizmaları tübül içerisine hapsederek bakteriyel kolonizasyonunu ve yeniden enfeksiyon oluşumunu önler (Heling ve Chandler 1996).

Kök kanallarının doldurulmasında kullanılan kök kanal dolgu materyalleri güta perka ve çeşitli kanal dolgu patlarıdır. Güta perkanın kök kanal dentinine bağlanma potansiyeli yoktur (Evans ve Simon 1986). Bu fiziksel limitasyonlardan dolayı kök kanalında güta perka ve dentin duvarı arasında kalan boşlukları kök kanal dolgu patları doldurur. Kanal dolgusunun sızdırmazlık özelliğini belirleyen önemli faktörlerden bir tanesi kanal dolgu materyalinin dentin yüzeylerine adezyonu ve dentin tübüllerine penetrasyonudur (Limkangwalmongkol et al. 1991; Oguntebi ve Shen 1992)

Kök kanal dolgu patlarının kök kanal dentin tübüllerine adaptasyonunun incelenmesinde; Germe (tensile), makaslama (shear), itme (mikro push-out) testleri kullanılırken dentin tübül penetrasyonunun incelenmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM) kullanılır. Özellikle endodontide çeşitli irrigasyon solüsyonları ile irrigasyon aktivasyon tekniklerinin ve kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine olan penetrasyonunun incelenmesinde, kullanılmaktadır (Patel et al. 2007; Chandra et al. 2012; Kara Tuncer ve Tuncer 2012; Kok et al. 2012)

Bilgimiz dahilinde literatürde farklı kök kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonunu karşılaştıran çalışmalar olduğu halde PUI, Endovac, ER:YAG (PIPS) ve Er,Cr:YSGG (RFT3) aktivasyon yöntemleriyle smear tabakasının uzaklaştırılması sonucu farklı kanal dolgu materyallerinin dentin tübül penetrasyonunu karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin iki farklı kök kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonuna etkisinin lazer taramalı konfokal mikroskop ile değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

GENEL BİLGİLER

Dentin, pulpadan predentin olarak adlandırılan nonmineralize ince bir doku ile ayrılır ve diş pulpasının odontoblastları tarafından kademeli olarak salgılanan inorganik elementlerle mineralize olan bir organik matriks ile karakterizedir (Kaitsas ve Olivi 2016). Kök içerisinde dentin tübülleri pulpa-predentin bileşiminden sementodentinal bileşimin içindeki intermediate dentine uzanır. Kronadaki tipik S şekilli dentin tübüllerinden farklı olarak, kök içerisinde pulpa ve periferi arasında daha düz bir rota izleyen ve 1-3 µm arası çapa sahip olan dentin tübülleri bulunur (Garberoglio ve Brännström 1976). Dentin tübüllerinin sayısı bir milimetre kareye 4 900'dan 90 000'e kadar çeşitlilik gösterir (Mjör ve Nordahl 1996). Bu yoğunluk apikalden koronale doğru gidildiğinde artış gösterir. Mine-sement bileşiminde dentin tübüllerinin sayısının yaklaşık olarak milimetre karede 15 000 olduğu tahmin edilir (Torabinejad et al. 2002).

Yapılan araştırmalar enfekte kök kanallarında bulunan bakteri ve yan ürünlerinin dentin tübüllerine yerleşebileceğini göstermektedir. Araştırmacılar enfekte dişteki kök kanal duvarları ve sementodentinal bileşim arasındaki mesafenin yaklaşık yarısında dentin tübüllerinde bakteri varlığından söz etmişlerdir. Bakteriler, dentinin derin tabakalarına doğru 1000 µm derinliğe kadar ilerleyebilirken kimyasal olarak dezenfeksiyon sağlayan ajanların penetrasyon derinliği yaklaşık 130 µm ile sınırlı kalmaktadır. Bu farklılık bakterilerin savaşarak canlı kalmalarına izin vermektedir (Kouchi et al. 1980).

Enfekte kök kanal dentin duvarlarının içerisinde endotoksin olduğunu gösteren çalışmalarla birlikte yapay olarak inoküle kök kanallarının dentin tübüllerinde bakteri varlığının gösterildiği *in vitro* çalışmalar da bulunmaktadır (Akpata ve Blechman 1982; Ando ve Hoshino 1990; Horiba et al. 1990; Ørstavik ve Haapasalo 1990). Dentin tübüllerinin 300 µm derinliğine kadar yerleşebilen birçok bakteri olduğu, oral kavitenin en dirençli mikroorganizmalarından biri olan *E.faecalis*'in ise 500 µm'den daha derinlerde bile yaşamını sürdürebildiği belirtilmiştir (Ando ve Hoshino 1990; Love et al. 2000). *Actinomyces israelii*, *Enterococcus faecali*, *Fusobacterium nucleatu*, *Propionibacterium acnes*, *Porphyromonas endodontalis*, *Porphyromonas*

gingivalis, *Candida albicans* ve *Streptococci* gibi endodontik patojenlerin *in vitro* olarak dentin tübüllerine nüfuz ettiği gösterilmiştir (Siqueira 1996; Waltimo et al. 2000). Bir başka klinik çalışmada ise kök dentin içinde farklı derinliklerde bulunan bakteriler izole edilmiş ve tanımlanmışlardır. En yaygın bulunan *Actinomyces*, *Eubacterium*, *Fusobacterium*, *Lactobacilli*, *Peptostreptococcus*, *Prevotella*, *Porphyromonas*, *Veillonella* ve *Streptococci* türleridir (Peters et al. 2001).

1.1 Smear Tabakası

İlk olarak Eick ve ark. (1970) taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak görüntüledikleri bu tabakanın varlığını rapor etmişlerdir. Bu tabakanın kalınlığının boyut olarak 0.5-15 µm'den küçük parçacıklardan oluştuğunu göstermişlerdir (Eick et al. 1970).

Yapılan bir çalışmada kavite preperasyonundan sonra yapılan SEM incelemesinde, dentin tübülleri içine birkaç mikrometre uzanan, 2-5 µm kalınlığında smear tabakası olduğu bildirilirken; bir diğer çalışmada ise amorf, düzensiz ve granüler yapıda gözlenen smear tabakasının, kök kanal duvarlarını kaplayan 1-2 µm kalınlığındaki yüzeyel tabaka ve dentin tübülleri içerisinde 40 µm derinliğine kadar uzanabilen derin tabaka olmak üzere iki kısımdan oluştuğu bildirilmiştir (Bra ve Johnson 1974; Mader et al. 1984). Kök kanal tedavisi sırasında bu birikim tabakasının ortaya çıkışı, ilk kez Mc Comb ve Smith (1975) tarafından yapılan bir SEM çalışması sayesinde olmuştur. Krona kesme işlemleri sırasında ve şekillendirilmiş kök kanal duvarlarında oluşan bu tabaka için smear ifadesini kullanmışlardır (McComb ve Smith 1975).

NiTi veya paslanmaz çelikten yapılmış metalik kanal aletlerinin kök kanalı içerisindeki mineralize dentin duvarına teması sonucu smear tabakası oluşur. Smear tabakasının yapısı, patofizyolojisi ve bunun endodonti üzerindeki etkileri kapsamlı olarak gözden geçirilmiştir (Pashley 1992; Şen ve ark. 1995; Torabinejad et al. 2002).

Smear tabakası organik ve inorganik yapılardan oluşmuştur. İnorganik yapılar metalik kanal aletleriyle şekillendirilmiş kök kanal duvarlarında oluşan dentin talaşlarını, organik yapılar ise bakteri ve bakteri ürünleri, kan hücreleri, koagüle olmuş

proteinler, canlı veya cansız pulpa dokusu ve odontoblast uzantılarının parçalarını içerir (Mader et al. 1984; Violich ve Chandler 2010).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında oluşan smear tabakasının kullanılan aletlerin temas etmediği bölgelerde veya herhangi bir endodontik tedavi yapılmamış kök kanallarında görülmediği birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. (Goldman et al. 1982; Mader et al. 1984; Adigüzel ve ark. 2011).

Kök kanal duvarlarında oluşan smear tabakasının kalınlığı ve kimyasal yapısı şekillendirme sırasında kullanılan kök kanal aletlerinin kesici yüzeylerinin şekli, kullanılan şekillendirme tekniği, dentin yüzeyinin ıslak ya da kuru olması, yıkama solüsyonlarının varlığı ve etki mekanizması, kök kanalının şekli ve genişliği, uygulanan mekanik kuvvet gibi birçok faktöre bağlıdır. Ayrıca bu faktörler smear tabakasının dentin tübülleri içine penetrasyon derinliğinde de etkilidirler (Gilboe et al. 1980; Pashley 1984; Czonstkowsky et al. 1990; Peeters ve Suardita 2011).

Elmas frezlerin karbid frezlerden daha kalın smear tabakası meydana getirdiği belirtilmiştir. Kök kanallarının irrigasyon solüsyonu kullanılmadan şekillendirilmesi ile yeterli miktarda solüsyon kullanılarak yapılan şekillendirmeye kıyasla daha kalın bir smear tabakası oluşumuna yol açtığı bildirilmiştir. Gates-Glidden veya post drilleri gibi motorlu cihazlara takılarak kullanılan aletlerin kök kanal duvarlarında meydana getirdiği smear tabakası miktarının, el aletleri ile yapılan şekillendirme sırasında oluşan smear tabakasından daha fazla olduğu belirtilmiştir (Mader et al. 1984; Czonstkowsky et al. 1990; Violich ve Chandler 2010).

Pashley (1984), kök kanal şekillendirilmesi sırasında dentinin yüzeyel bileşenlerinin koparak dentinin derinlerine yerleşmesinin bu görüntüye neden olabileceğini belirtmiştir. Aynı zamanda smear tabakasını testere ile kesilen bir ahşaptan çıkan ıslak talaşa benzetmiştir (Pashley 1984). Yapılan SEM çalışmalarında smear tabakasının çorak toprak gibi görünen şekilsiz, düzensiz, tanecikli yapısı ve ağaç kabuğu görünümündeki granüler yapısının olduğu gösterilmiştir (Prati et al. 1994).

Pulpitisli ve apikal lezyonlu dişlerde oluşan smear tabakası antijenik ve bakteriyel açıdan birbirinden farklıdır. Bu farklılık diş hekimlerinin smear tabakasının kaldırılıp kaldırılmaması konusundaki kararını etkiler. Smear tabakasının kaldırılması, antijen ve bakteriyel ajanları içermesi, dezenfeksiyon ajanlarının etkisini zayıflatması

ile ilişkilidir (Pashley 1989; Saleh et al. 2002; Eldeniz ve ark. 2005; Shahravan et al. 2007; Barbizam et al. 2011). Smear tabakası hem dentin geçirgenliğini hem de kök kanal dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını azaltır. Ayrıca irrigasyon ajanlarının kök dentininin derinliklerine nüfuz etmesini önler. Bu nedenle smear tabakasının kaldırılması konusunda güçlü bir fikir birliği vardır (Torabinejad et al. 2002; Violich ve Chandler 2010).

1.2 Smear Tabakasının Uzaklaştırılması

Smear tabakasının uzaklaştırılması, dentinin derin tabakalarına NaOCl gibi lokal dezenfeksiyon ajanlarının ulaşmasını kolaylaştırır ve böylece irrigasyonun antibakteriyel etkinliğinde artış görülür. Böylece kök kanalı içindeki mikroorganizmaların azaltılmasında, NaOCl'in tek başına kullanılmasından daha etkili olduğu gösterilmiş olur. Bu nedenle EDTA, kök kanallarından enfekte dokuların uzaklaştırılmasını ve temizliğini kolaylaştırarak mikroorganizmaların eliminasyonuna katkıda bulunur. Smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin tübüllerinin girişinin açık olması irrigasyon ajanlarının dezenfeksiyon etkinliğini artırması bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca smear tabakasının uzaklaştırılması ile açığa çıkan dentin tübüllerine, kök kanal dolgu materyalleri daha kolay penetre olabilir. Bu da hermetik bir kök kanalı dolgusu oluşmasına yardımcı olur (Ørstavik ve Haapasalo 1990).

İrrigasyon solüsyonlarının kök kanal tedavisi sırasında kullanılmasının mekanik, kimyasal ve biyolojik amaçları vardır. Debrislerin uzaklaştırılması, kök kanalının kayganlaştırılması, organik ve inorganik dokunun çözülmesi, preparasyon sırasında veya daha sonra oluşacak smear tabakasının uzaklaştırılması irrigasyon solüsyonlarının kullanımının mekanik ve kimyasal amaçları olarak özetlenebilir. Solüsyonun mekanik etkinliği kök kanal sistemi boyunca oluşturduğu akımın gücüne bağlıken solüsyonun kimyasal etkinliği ise konsantrasyon, yüzey teması ve enfekte dokulara temas süresi ile orantılıdır. İrrigasyon solüsyonunun biyolojik fonksiyonu da antimikrobiyal etkisiyle ilişkilidir. Mikrobiyolojik olarak geniş spektrumlu antibakteriyel özellik göstermesi, endotoksinleri inaktive etmesi, vital dokularla temasında toksik olmaması ve anaflaktik reaksiyona yol açmaması istenilen özelliklerdir (Basrani ve Haapasalo 2012).

İdeal irrigasyon solüsyonunun özellikleri (Basrani ve Haapasalo 2012):

1. Germisid ve fungusid etkisi olmalıdır.
2. Periapikal dokular üzerinde irritasyona neden olmamalıdır.
3. Kullanıldıktan sonra rezidüel antimikrobiyal ve antibakteriyel etkinliğini devam ettirmelidir.
4. Kan, protein, serum gibi dokuların varlığında aktif olmalıdır.
5. Smear tabakasını tamamen kaldıracak şekilde aynı zamanda dentinin fiziksel özelliklerini olumsuz etkilememelidir.
6. Yüzey gerilimi düşük olmalıdır. Böylece kök kanal aletlerinin ulaşamadığı düzensiz alanlara erişebilmelidir.
7. Dentin tübüllerine diffüze olmalı ve dezenfeksiyonu sağlamalıdır.
8. Restoratif ve kök kanal dolgu materyallerinin diş dokularına bağlantısını olumsuz etkilememelidir.
9. Diş çevre dokularına antijenik, toksik ve karyojenik etki göstermemelidir.
10. Lubrikant özelliği sayesinde kök kanal aletlerinin kanal içerisindeki hareketlerini kolaylaştırmalıdır.
11. Diş rengini değiştirmemelidir.
12. Stabil olmalıdır.
13. Saklanması ve uygulaması kolay olmalıdır.
14. Raf ömrü uzun olmalıdır.
15. Düşük maliyetli olmalıdır.

Endodonti kliniğinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarından bazıları, sodyum hipoklorit (NaOCl), etilen diamin tetra asetik asit (EDTA), klorheksidin glukonat (CHX), serum fizyolojik, distile su, mixed tetracycline acid detergent” (MTAD), Qmix, etidronik asit (HEBP) solüsyonlarıdır.

1.2.1 Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

NaOCl ilk kez 1. Dünya Savaşı esnasında kimyager Dakin ve cerrah Carrel tarafından yara antiseptiği olarak kullanılmıştır. Dakin solüsyonu olarak bilinen bu solüsyon NaOCl’ in tamponlanmış % 0,5’lik çözeltisidir (Zehnder 2006). İlk defa Walker tarafından endodontide kullanımı önerilmiştir (Walker 1936).

Alkali bir solüsyon olan NaOCl'in ticari formlarının pH'ı genellikle 11-12 civarında olup, bu pH değerinde solüsyon hipokloröz asit (HOCl) ve hipoklorit iyonları arasında dengededir. Solüsyonun pH'ı düştüğünde içerisindeki HOCl konsantrasyonu artar, buna bağlı olarak solüsyonun antimikrobiyal ve doku eritici etkileri de artar. NaOCl'in antibakteriyel etkinliğini sağlayan yapı hipoklorit asittir ve mikroorganizmaların hücrel fonksiyonlarını bozarak hücre ölümlerine sebep olur (Mckenna ve Davies 1988). Haumann ve Love, çalışmalarında solüsyonun pH'ı 6 olduğu zaman maksimum antimikrobiyal ve doku eritici etkinin elde edildiğini bildirmişlerdir (Hauman ve Love 2003). Fakat bu pH'da solüsyonun içerisindeki aktif klorin miktarı hızla azalabileceğinden solüsyonun saklanması zorluklarla karşılaşılabilir. Ayrıca solüsyon içerisindeki hipokloröz asit oranı arttıkça toksik etkileri de artmaktadır. Bu yüzden antimikrobiyal, doku çözücü ve toksik etkileri bir arada düşünüldüğünde solüsyonun pH'ının 11-12 arası olması gerektiği bildirilmiştir.

Geniş bir antibakteriyel spektruma sahip olan NaOCl mevcut irrigasyon solüsyonları içerisinde en iyi antifungal ajan olma özelliğine sahiptir (Mohammadi 2008). Mikrobiyal biyofilmlerin yapısını bozarak tamamen ortadan kaldırılmasında diğer solüsyonlara göre oldukça üstündür (Clegg et al. 2006). Kök kanallarının irrigasyonu sırasında vital ve nekrotik organik dokulara karşı çözücü etkinliği bulunmaktadır. Düşük yüzey gerilimi sayesinde dentin duvarlarına kolayca diffüze olabilmektedir (Stojicic et al. 2010). Ayrıca ucuz ve kolay ulaşılabilir olması gibi özelliklerinden dolayı NaOCl endodonti pratiğinde en çok tercih edilen irrigasyon solüsyonudur (Basrani ve Haapasalo 2012).

İrrigasyon solüsyonu olarak % 0.5-6 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılır. Konsantrasyonu arttıkça NaOCl'in etkinliğinde önemli bir rol oynayan aktif klor oranı da artmaktadır (Moorer ve Wesselink 1982). Kök kanal tedavisi sırasında farklı konsantrasyonlarda kullanılması üzerine fikir ayrılıkları vardır. Bazı çalışmalar NaOCl'in yüksek konsantrasyonlarda kullanılmasının *E. faecalis* ve *C. Albicans* üzerine daha etkili olduğunu göstermiştir (Waltimo et al. 1999; Gomes et al. 2001; Radcliffe et al. 2004). Bazı klinik çalışmalar ise kök kanal sistemindeki bakterilerin sayısının azaltılmasında düşük ve yüksek konsantrasyonlarda kullanılmasının aynı etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Cvek et al. 1976; Byström ve Sundqvist 1981). NaOCl yüksek konsantrasyonda kullanıldığında doku çözme etkinliği daha fazla olup

(Hand et al. 1978), düşük konsantrasyonda yüksek hacimde kullanıldığında aynı etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Moorer ve Wesselink 1982; Siqueira et al. 2000).

Kök kanallarının irrigasyonu esnasında kullanılan solüsyon miktarının artırılması, kanal içindeki solüsyonun daha sık değiştirilmesi, solüsyonun ısısının artırılması, solüsyona yüzey aktif ajanların eklenmesi, kök kanalı içindeki solüsyonun aktivasyonu ile düşük konsantrasyonlu NaOCl solüsyonlarının etkinliği artırılabilir (Moorer ve Wesselink 1982; Siqueira et al. 2000; Stojicic et al. 2010).

NaOCl irrigasyonu sırasında çeşitli kazaların meydana gelmesini önlemek amacıyla hasta giysilerinin örtü ile korunması, hasta ve hekimin koruyucu gözlük kullanması, tedavinin rubber dam izolasyonu altında yapılması, irrigasyon sırasında yandan perfore enjektör iğnesi kullanılması ve irrigasyon iğnesinin kök kanalının çalışma uzunluğundan en az 2 mm kısa olacak şekilde konumlandırılması, iğnenin kök kanalı içine sıkışmasının ve aşırı basınçla irrigasyon yapılmasının engellenmesi gibi bazı koruyucu önlemler alınmalıdır (Spencer et al. 2007).

NaOCl diş hekimleri tarafından en çok tercih edilen irrigasyon solüsyonu olsa da inorganik dentin parçacıklarını çözmemesi, smear tabakası oluşumunu engelleyememesi, kök kanalı içinde ilerlemeyi ve şekillendirmeyi zorlaştıran kalsifikasyonlar varlığında etkisiz kalması sebebiyle demineralizasyon ajanları ile birlikte kullanılması gerekliliği araştırmacılar tarafından önerilmektedir (Mccomb ve Smith 1975; Goldman et al. 1982; Byström ve Sunqvist 1985).

1.2.2 Şelasyon Ajanları

“Şelat” terimi, yengeç kısıkaçı anlamına gelen Yunanca kökenli bir kelimedenden gelmektedir (Hülsmann et al. 2003). Şelatlar metal iyonları ile organik maddelerin halka şeklindeki bağlarının sonucu olarak ortaya çıkan stabil komplekslerdir. Bir çiftten daha fazla serbest elektrona sahip olan şelatör ve merkez metal iyon arasındaki bağın bir sonucu olarak stabil kompleks meydana gelir (Grossman et al.). Şelatların metal iyonlarını bağlama ve etkisiz hale getirme yeteneği tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Metal zehirlenmesi veya bakır metabolizması bozukluklarının tedavisinde tehlikeli iyonların dışarı atılmasını sağlamak için kullanılabilir (Hülsmann et al. 2003).

Kök kanal tedavisi sırasında smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırmak, dentin dokusunu dekalsifiye etmek amacıyla en yaygın kullanılan yıkama solüsyonları şelasyon ajanlarıdır. Sıklıkla kullanılan şelasyon ajanları, Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)'in içeriğine çeşitli materyaller eklenerek sıvı veya viskoz şekilde formüle edilmişlerdir (Stewart 1955). Sıvı şelatörler; Calcinase (Lege artis, Dettenhausen, Germany), REDTA (Roth International, Chicago, IL., USA), EDTAC ve DTPAC, EDTA-T (Formula ve Açao Farmacia, Sao Paulo, Brazil), EGTA (Sigma, St Louis, MO, USA), CDTA, Largal Ultra (Septodont, Paris, France), Salvizol (Ravens, Kontanz, Germany), Decal (Veikko Auer, Helsinki, Finland), Tubulucid Plus (Dental Therapeutics, Nacka, Sweden), Soluset (Endo Technic Co., France)'dir (Pawlicka et al. 1981; Cruz-Filho et al. 2001). Viskoz şelatörler: Calcinase slide (Lege artis, Dettenhausen, Germany), RC-Prep (Premier Dental Products), Glyde file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), FileCareEDTA (VDW Antaeos, Munich, Germany) File-EZE (Ultradent Products, South Jordan, UT, USA)'dir.

Şelasyon ajanlarının etkinliği uygulama süresine, konsantrasyonuna, pH'ına bağlıdır (Şen ve ark. 1995; Çalt ve Serper 2002; Serper ve Çalt 2002). Şelasyon ajanları içerisinde en sık kullanılan ajan EDTA'dır.

1.2.2.1 Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA)

EDTA, smear tabakasının mineralize kısmını kaldırması ve şelasyon yapması sebebiyle sıklıkla önerilen bir irrigasyon solüsyonudur (Basrani ve Haapasalo 2012).

Ferdinand Munz 1935'te etilendiamin ve kloroasetik asit ile bir bileşik oluşturduğundan bahsetmiştir (Basrani ve Haapasalo 2012). Günümüzde, EDTA esas olarak etilendiamin (1,2-diaminoetan), formaldehit (metanal) ve sodyum siyanürden sentezlenmektedir. Hahn ve Reygadas (Hahn ve Reygadas 1951), ilk olarak 1951'de, EDTA'nın diş sert dokuları üzerindeki demineralize edici etkisinden bahsetmişlerdir. Ancak endodontide kullanımına ilk olarak Nygaard-Østby (1957) tarafından başlanmıştır ve % 15'lik EDTA'nın kullanılması önerilmiştir.

EDTA, kök kanal dentininde bulunan inorganik dokuları, yapısındaki Ca^{+2} ile şelasyon yaparak uzaklaştırmaktadır ve bu süreç dentinin demineralizasyonu ile

sonuçlanmaktadır (Hülsmann et al. 2003). EDTA, smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırır böylece kök kanalında kullanılan solüsyonlarının antibakteriyel etkinliğinin artmasına yardımcı olur (Niu et al. 2002).

Saf haldeki EDTA, kokusuz, kristal yapıda beyaz bir tozdur. EDTA'nın % 15, 17 ve 20'lik oranlarda tamponlanarak hazırlanan konsantrasyonlarının sitotoksik özelliklerinin daha az ve dezenfektan etkisinin yeterli olduğu bildirilmektedir (Goldman et al. 1981). Organik dokulara çok az etkisi bulunan EDTA, günümüzde endodontide daha çok % 17 konsantrasyonda ve nötral pH'da kullanılmaktadır (Haapasalo et al. 2000).

Kök kanal şekillendirmesi sırasında EDTA solüsyonu ile irrigasyon sınırlıdır. Şelatör kullanıldığı için kendini sınırlar. Kök kanal duvar yüzeyine 1 dakikadan daha az süre ile % 17'lik EDTA solüsyonu temas ettiğinde smear tabakası kalkmaktadır. Kök kanalı içinde yeterli sürede uygulandığında kanalın bir duvarından 50 µm derinliğinde dentini dekalsifiye etme kapasitesi vardır. Karşılıklı kanal duvarları söz konusu olduğunda 100 µm alan dekalsifiye olur bu da 10 numaralı eğenin ucu ile eşdeğerdir (Basrani ve Haapasalo 2012).

Şelasyon ajanlarının işlem görmüş kök kanal duvarından smear tabakasını uzaklaştırabilme yeteneğine rağmen organik dokuları uzaklaştıramamasından dolayı, çeşitli solüsyonlar ile kombine kullanılması önerilmiştir (Yamada et al. 1983). EDTA tek başına kullanıldığında organik doku artıklarını temizleyemediği; sodyum hipoklorit tek başına kullanıldığında ise smear tabakası tam olarak uzaklaştırılmadığı için; sodyum hipoklorit ve EDTA kombine kullanıldığında smear tabakası, pulpal kalıntılar ve preentinin tamamen temizlendiği; geride düzgün, tübül ağzları açıkta bir dentin yüzeyi kaldığı gösterilmiştir (Baumgartner ve Mader 1987). SEM ile yapılan bir çalışmada % 2.5'lük NaOCl ile % 2'lik klorheksidin jel veya likid formunun ardından EDTA ve salin uygulaması ile kök kanal duvarlarında daha temiz bir yüzey elde edildiği görülmüştür (Valera et al. 2010).

Grawehr (2003), EDTA ve NaOCl etkileşimi gerçekleştiğinde, NaOCl'in doku çözme etkinliğinin azaldığını ve neredeyse hiç serbest klor bulunmadığını belirtmiştir. Bunlar EDTA ve NaOCl'in klinik olarak ayrı kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Grawehr et al. 2003).

1.2.3 Klorheksidin (CHX)

CHX, İngiltere'de 50 yıldan fazla bir süre önce geliştirilmiş ve ilk olarak 1953'te Birleşik Krallık'ta antiseptik bir krem olarak piyasaya sunulmuştur (Fardai ve Turnbull 1986). 1957'den beri genel dezenfeksiyon amacıyla hem insanlarda hem de hayvanlarda cilt, göz ve boğaz enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılmaktadır (Löe 1973; Fardai ve Turnbull 1986).

CHX, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilere ve mantarlara karşı etkili geniş spektrumlu antimikrobiyal bir ajandır (Denton 1991). Katyonik yapısı nedeniyle, negatif yüklü hücre yüzeylerine elektrostatik olarak bağlanır ve hücre duvarının dış katmanlarını geçirgen hale getirir (Davies 1973).

CHX endodontide kanal içi ilaç ve irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmaktadır (Malkhassian et al. 2009; Mohammadi ve Abbott 2009a). pH değeri 5.5 ile 7 arasında değişir (Greenstein et al. 1986). Endodontik bakterilere karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivite gösterirken doku çözücü özelliği yoktur (Ohara et al. 1993). CHX genel olarak % 0.12 ve % 2'lik konsantrasyonlarda kullanılır. Bu konsantrasyonlarda hem sistemik hem de lokal olarak doku toksisitesi oldukça düşük seviyededir (Basrani 2005). Endodontide ise % 2'lik CHX kullanımı daha düşük konsantrasyonlarda kullanımına göre etkilidir (Siqueira et al. 2002). In vivo, 4 hafta boyunca uygulandığında deneysel olarak uyarılan enflamatuvar dış kök rezorpsiyonunu inhibe eder (Barbosa et al. 1997). Konsantrasyonuna bağlı olarak bakterisidal ya da bakteriyostatik etki gösterebilir. Yüksek konsantrasyonlarda hücre membranına zarar verip bakterisidal etki gösterirken, düşük konsantrasyonlarda bakteri hücrelerinin kalıcı hasar görmeden düşük molekül ağırlıklı maddelerinin (potasyum ve fosfor) dışarı sızmasına neden olup bakteriyostatik etki gösterir (Basrani 2005).

Enfekte kök kanallarında, 1 hafta boyunca uygulandığında bakterileri kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) kadar etkili bir şekilde azaltır (Kuruvilla ve Kamath 1998). CHX, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'den farklı olarak kök dentin yüzeyine uygulandığında kök kanal duvarlarının uzun süre bakteri kolonizasyonunu önleme potansiyeline sahip olan antimikrobiyal aktivitesi vardır (Jeansonne ve White 1994; Komorowski et al. 2000). Bu etki, CHX'in sıvı, jel veya kontrollü salım cihazı olabilen uygulama şekline değil, CHX

konsantrasyonuna bağlıdır (Basrani et al. 2002). CHX'in, dentinde 12 haftaya kadar antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu belirtilmiştir (Mohammadi ve Abbott 2009b).

1.2.4 Solüsyonlar arası etkileşimler

NaOCl, EDTA ve CHX en sık kullanılan irrigasyon solüsyonlarıdır. Farklı etki mekanizmaları olduğu için karıştırılarak kullanılmaları denenmiş ancak karıştırıldıkları anda EDTA, NaOCl'in serbest klorin miktarını dolayısıyla etkinliğini azaltarak etki göstermiştir.

Doku çözücü etkinliği olmayan CHX, NaOCl ile karıştırıldığında ise oluşan turuncu-kahverengi çökelti demir ve parakloroanilin (PCA) içermektedir, PCA'in mutajenik potansiyeli vardır (Krishnamurthy ve Sudhakaran 2010).

EDTA ile CHX karıştırıldığında ise beyaz bir çökelti oluşur. Solüsyonların etkili şekilde kullanılmaları ve çeşitli çökelti oluşmaması için bir solüsyondan diğerine geçişte alkol, serum fizyolojik ya da distile su kullanımı önerilmektedir (Krishnamurthy ve Sudhakaran 2010).

1.3 İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Kök kanallarının enstrümente edilebilen alanlarında solüsyon rahat ve etkin olduğu halde kanal aletlerinin ulaşamadığı ve temas edemediği alanlarda solüsyonun etkisini göstermesi daha sınırlıdır. Bu alanlardan nekrotik dokuların, debris ve biyofilm tabakasının temizlenmesinde uygun miktarda NaOCl kullanımı önemli bir rol oynamaktadır. Enstrümantasyon ile ulaşılamayan yan kanal ve isthmus gibi bölgeler doku kalıntıları, mikroorganizmalar ve yan ürünlerini barındırarak kök kanal dolgu materyalinin adaptasyonunu önleyebilir ve inatçı periradiküler enflamasyona neden olabilir (Wollard et al. 1976; Vertucci 1984; Wu et al. 2002). İrrigasyon sırasında özellikle kök kanallarının apikal bölümlerinde solüsyonun bütün kanal duvarları ile direkt temasının sağlanması önemlidir (Grande et al. 2006; Zehnder 2006).

İrrigasyon sırasında, solüsyonun kanaldan hızla uzaklaşması; lateral kanal ve isthmus gibi mekanik olarak erişilememiş alanlarda irrigasyon solüsyonunun yetersiz

kalması sonucunda solüsyonun penetrasyon derinliği oldukça sınırlanmaktadır (Adcock et al. 2011). Solüsyonun dentin tübül penetrasyonunun derinliğini artırmak için irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur (Gu et al. 2009).

1.3.1 Geleneksel İrrigasyon Yöntemi

Enjektör ile irrigasyon pratisyen hekimler ve endodontistler tarafından yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu teknik irrigasyon solüsyonunun kanal içerisine enjektör yardımıyla pasif ya da aktif olarak uygulanmasını içerir. Aktif uygulanması enjektörün ucunun yukarı aşağı hareketi ile solüsyonun aktivasyonu yapılarak sağlanmaktadır. Enjektör ucunun kök kanal içerisindeki konumu apikalden 1-2 mm koronalde olacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu iğnelerden açık uçlu olanları irrigasyon solüsyonunun iğnenin ucundan, kapalı sonlu iğneler ise lateral olarak dağıtmak üzere tasarlanmışlardır. Yan kısımdan irrigasyon yapılmasını sağlayan enjektör uçları; hidrodinamik olarak irrigasyonun etkinliğini arttırmayı amaçlarken kök ucundan solüsyonun taşma ihtimalini azaltmak için de tasarlanmıştır (Kahn et al. 1995).

İğnenin irrigasyon süresince kanalın içerisinde gevşek kalması önemlidir ve bu durum irrigasyon ajanının geriye doğru akabilmesini sağlamakla birlikte irrigasyon solüsyonunun periapikal dokulara yanlışlıkla taşmasını önlemektedir (Gu et al. 2009). İrrigasyon solüsyonunun yavaş dağıtımı ile enjektörün sürekli hareket ettirilmesi NaOCl ile ilgili kazaları azaltacaktır. Bununla birlikte, sıvı akış oranını iğne ile irrigasyon sırasında standardize etmek ve kontrol etmek zordur (Boutsioukis et al. 2007).

1.3.2 Manuel-Dinamik İrrigasyon

Kanalın apikal kısmının irrigasyonunun zorluğu, solüsyonun kanala penetrasyonuna olanak sağlayan yeni tekniklerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu tekniklerden biri apikal olarak kanala uyum sağlayan yüksek açılı gutta perka konlarının çalışma uzunluğunda yukarı aşağı hareket ettirilmesidir. Araştırmalar kanala iyi uyum sağlayan gutta perka konun yavaşça kanalın içerisinde 2-3 mm yukarı

ve aşağı hareket ettirilmesinin etkin bir hidrodinamik etki yarattığı ve kanala gönderilen irrigasyon solüsyonunun yer değiştirmesini önemli derecede geliştirdiğini göstermiştir. Bu hareketin hızı bazı çalışmalarda dakikada 100 olarak bildirilmiştir (Caron et al. 2010; Saber ve Hashem 2011). Manuel-dinamik irrigasyon basit ve maliyeti olmayan bir yöntem olduğundan savunulmasına rağmen, el ile aktivasyon prosedürünün yoruculuğu rutin klinik pratikte uygulanmasını engellemektedir.

Yapılan bir araştırmada manuel dinamik teknikle ajitasyonun kanalların apikal üçte birlik kısımlarında geleneksel şınga yöntemine göre smear tabakasını daha iyi kaldırdığı bildirilmiştir (Andrabi et al. 2013). Ancak apikaldeki solüsyonun değişimini kolaylaştırmasına rağmen, apikaldeki yenilenmiş solüsyon miktarının az olması bu yöntemin bir dezavantajıdır (Haapasalo et al. 2010). Bu nedenle, irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi için otomatik cihazlar tasarlanmıştır (Gu et al. 2009).

1.3.3 Endodontik Fırçalar

Kanal içerisine uygulanan irrigasyon solüsyonlarını ajite etmek ve kılları sayesinde kanalda bulunan debris uzaklaştırmak ve kanalın temizlenmesini sağlamak amacı ile endodontik fırçalar piyasaya srlmştir.

EndoBrush (C&S Microinstruments Ltd, Markham, Ontario, Kanada) spiral şekilli tel etrafına sarılan naylon kılları olan fıradır. Keir ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada EndoBrush kullanarak yapılan kök kanal irrigasyonunun fırça kullanılmadan yapılan irrigasyona göre daha etkili bir dentin temizliği yaptığını rapor etmişlerdir. Boyutsal sebeplerle yeteri kadar çalışma boyuna ulaşamama ve kanalda ileri geri yapılan hareket sırasında apikalden debris taşırma gibi dezavantajları vardır (Keir et al. 1990).

Aynı alışma prensibiyle üretilen diğer bir fırça ise 30 gauge kanüle sahip NaviTip FX'tir (Ultradent Products Inc, South Jordan, ABD). NaviTip FX kullanılarak yapılan bir çalışmada irrigasyonla beraber kullanıldığı zaman fırçasız yapılan irrigasyona göre kanalın koronalini daha iyi temizlediği ancak orta ve apikal alanda gruplar arası istatistiksel olarak fark olmadığı bildirilmiştir (Al-Hadlaq et al. 2006). Bu kanüllerin en büyük dezavantajı, fırça kıllarının kanal içerisinde kopması sonrası

kılların radyolüsent olması sebebiyle radyografide ve mikroskop altında bile tespit edilememesidir (Gu et al. 2009).

1.3.4 Eğeleme İle Birlikte Yapılan İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Quantec-E sistemi (SybronEndo, Orange, Kalifornia, ABD), kök kanalı şekillendirilirken aynı zamanda irrigasyon yaparak solüsyonun dentin tübüllerinin daha derinlerine penetrasyonunu sağlamak, debris birikimini önlemek ve taze solüsyon hacmini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Quantec-E, döner alet sistemine ek olarak 2 irrigasyon rezervuarı ve pompa konsolu içerir.

Quantec-E sistemi ile geleneksel sistem karşılaştırıldığında kökün koronal bölgesinde daha az debris olduğu ancak apikal ve orta bölgesinde kanal duvarlarının temizliği açısından anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir (Walters et al. 2002; Setlock et al. 2003).

SAF (ReDent-Nova Ltd., İsrail) kendisini üç boyutlu olarak kök kanalına göre konumlandırılan, işlem boyunca sürekli solüsyon akışının sağlandığı, merkezi metal çekirdeği olmayan, içi boş, esnek ve sıkıştırılabilir Ni Ti eğe sisteminden oluşur. Enstrümantasyon sırasında, titreşimli hareketi sayesinde sürekli irrigasyon yapılmasına olanak sağlar. Sistem, dakikada 4000 kez 0.4 mm'lik dikey yönde hafif vibrasyon yapar. Bu sayede eğeleme işlemi yapılırken aynı anda irrigasyonun kanal içine salınımı ile ilave bir basınç oluşmaz. SAF teknolojisi ile oval kanallar dahil tüm kök kanallarının etkili bir şekilde kök kanal morfolojisi korunarak temizlenmesi sağlanır. İrrigasyonun kanal içinde devamlı yenilenmesi ile debris artıkları eğeleme işlemi sırasında kanaldan uzaklaşır (Metzger 2014). Böylece debris birikimi ve bundan kaynaklanan apikal transportasyon gibi komplikasyonların oluşma riski de azalacaktır (Metzger et al. 2010).

1.3.5 Sonik Sistemler İle Aktivasyon

Kanal içerisinde 1500 Hz ile 6000 Hz arasındaki frekansta çalışan sonik sistemler ilk olarak 1985 yılında tanıtılmıştır. Sonik sistemler kısa, yukarı-aşağı vertikal hareket ile güçlü bir hidrodinamik etki oluşturarak solüsyonun etkinliğini

artırırlar. Sinüzoidal ve salınma hareketleri ile transfer edilen titreşim enerjisi enstrümanlara iletilmektedir (Tronstad et al. 1985).

EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), 3 farklı boyutta polimer ucu bulunan ve 3 farklı güç seçeneğinde kullanılabilen sonik bir sistemdir. Esnek ve kesici olmayan uçları sayesinde kök kanal duvarlarında herhangi bir kesme işlemi yapmaz, apikalde transportasyon veya perforasyon gibi problemlere neden olmaz. Hızı, dakikada 2000, 6000, 10000 sıklık hareket olacak şekilde ayarlanabilir. Etkin bir irrigasyon aktivasyonu için tamamen şekillendirilmiş kök kanalı içerisinde apeksten 2 mm geride olacak şekilde konumlandırılmalı ve ileri-geri hareket ettirilerek kullanılmalıdır (Ruddle 2007). Yapılan çalışmalarda, EndoActivator'un kök kanal sisteminden smear tabakasının uzaklaştırılması ve şekillendirilmemiş alanlardan debrisin eliminasyonunu sağladığı bildirilmiştir (Kanter et al. 2011; Arslan ve ark. 2016).

Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda), manuel solüsyon akışı ile sonik irrigasyon aktivasyonunu birleştirerek 2-3 kHz frekansta çalışan bir irrigasyon aktivasyon cihazıdır. Herhangi bir irrigasyon enjektörüne birleştirilebilen kablesiz bir sistemdir. Enjektör ucuyla kök kanalı içine devamlı ve pulsatil bir şekilde solüsyonun iletilmesini sağlar. Sonik akış ve akustik dalgalanma prensibiyle çalışan bir sistemdir. Kök kanalının apikal bölgesindeki düzensizliklerden debrisin uzaklaştırılmasında geleneksel şırınga irrigasyonundan daha etkili olmasına rağmen ultrasonik sistemler kadar etkin bulunmadığı bildirilmiştir (Rödig et al. 2010).

Eddy (VDW, Munich, Almanya) sonik aktivasyon yapması amacıyla üretilmiş, 5000 Hz ile 6000 Hz frekansla salınım yapan, apikali 0.2 mm çapında, 28 mm boyunda, dentinden daha yumuşak poliamid uçlara sahip olan bir sistemdir. Poliamid uç sayesinde hem kanal içerisinde çalışırken kırılma riskini azalttığı hem de ucun dentinde hasar oluşturmaya engel olduğu belirtilmiştir. Yüksek frekanslı titreşim uca aktarıldığında, uç yüksek amplitüdü salınım hareketi yapar. Solüsyon içinde oluşturduğu kavite ve akustik akım etkisi uç boyunca sarmal girdaplar oluşmasını sağlar. Eddy sisteminin eğimli ve düz kök kanallardaki antibakteriyel etkinliği pasif ultrasonik irrigasyona benzer bulunmuştur (Neuhaus et al. 2016). Düz kök kanallarının apikal, orta ve koronal bölgelerinden smear ve debris uzaklaştırma etkinliklerinin

incelendiği bir araştırmada manuel irrigasyondan daha etkili olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda çalışmada pasif ultrasonik irrigasyon ile benzer sonuçlar gösterdiği de belirtilmiştir (Urban et al. 2017).

1.3.6 Ultrasonik Sistemler İle Aktivasyon

Ultrasonik cihazlar endodontide ilk olarak Richman (1957) tarafından tanıtılmıştır. 25-30 Hz olan frekans aralığı ile insan vücudunun duyma eşiğinin üzerindedir. (Walmsley 1987; Gu et al. 2009). Ultrasonik uçlar, kök kanallarının mekanik temizliğinde ve preparasyonunda kullanılır. Ancak, aktif olan uçları sebebiyle kanal içerisinde kontrolsüz bir şekilde kullanımı özellikle eğimli kanallarda basamak oluşumuna ve fazla dentin kaldırıp kanal içerisinde düzensizlik oluşturma riskine karşın günümüzde kanal genişletme metodu olarak pek kullanılmamaktadır.

İrrigasyon aktivasyonu için günümüzde uçları aktif kesme özelliğine sahip olmayan pasif ultrasonik irrigasyon (PUİ) yöntemi kullanılmaktadır. PUİ ilk olarak Weller ve ark. (1980) tarafından tanımlanmıştır. Pasif terimi, aktivasyonu sağlayan eğenin sadece irrigasyon aktivasyonu yaptığını, dentine temas etmediğini ve dentini kesmediğini ifade etmek için kullanılır. Kullanılan uç çok ince olduğundan kanal duvarlarına temas halinde kırılabilir. Bu yüzden eğimli kanallarda dikkat edilmelidir (Plotino et al. 2007). Pasif ultrasonik irrigasyon sırasında, belirli aralıklarla irrigasyon solüsyonu tazelenir (Van Der Sluis et al. 2005; Munley ve Goodell 2007). PUİ tekniğinde ultrasonik uç irrigasyon solüsyonu ile dolu kanala çalışma boyuna yakın yerleştirilerek çalıştırılır (Plotino et al. 2007). Etkili bir şekilde verim alabilmek için kanal duvarlarına temas etmeden serbest şekilde çalıştırılmalıdır. PUİ sırasında enerji, kök kanalında irrigasyon solüsyonuna titreşim yaratan bir ege ile solüsyonda kavitasyona neden olan ultrasonik dalgalar halinde iletilir (Gu et al. 2009). Akustik dalgalanma, titreşen eğenin çevresinde sıvının ani bir dairesel ya da girdapsal hareketi olarak tanımlanabilir. Kavitasyon ise sıvıdaki buhar kabarcıklarının oluşması, genişlemesi, küçülmesi ya da önceden var olan kabarcıkların bozunması olarak tanımlanabilir. PUİ sırasında solüsyonda oluşturduğu akustik salınım ile ulaşılması zor alanlarda doku çözücü özelliği ile bu bölgelerin daha etkin şekilde temizlenmesine neden olur (Huttula et al. 2006; Al-Jadaa et al. 2009).

Ultrasonik sistemler, sonik sistemlere kıyasla daha yüksek frekansa sahip ve daha düşük amplitüd oluşturan sistemlerdir (Walmsley ve Williams 1989). Ultrasonik irrigasyonla yapılan kanal dezenfeksiyonun pasif ultrasonik irrigasyona göre smear tabakasını kaldırmada ve kanal dezenfeksiyonundaki yetersizliğinin, kanal duvarlarına temas etmeden yapılan pasif ultrasonik harekette oluşan akustik dalgalanma hareketinin oluşmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. (Weller et al. 1980; Ahmad et al. 1987).

1.3.7 Negatif Basınç Prensibi İle Çalışan Irrigasyon Yöntemleri

Kök kanal tedavisi sırasında oluşabilecek ciddi komplikasyonlardan bir tanesi de apikal alana irrigasyon solüsyonu taşırılmasıdır. Özellikle, enjektör ucu apikal alana yaklaştığında periapikal alana solüsyon taşıma riski artmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için basıncı değiştiren sistemler geliştirilmiştir. Kapalı uçlu mikrokanallar içerisinde sıvıların ilerlemesi esnasında hava kısılması bilinen bir fiziksel olgudur. Kapalı uçlu kanallar içerisindeki sıvıların penetrasyon yeteneği; sıvıların temas açısı, kanalların derinliği ve genişliğine bağlıdır (Dovgyallo et al. 1989; Migun ve Shnip 2002). Her koşulda yeterli zaman geçtikten sonra bu kapalı olarak sonlanan mikrokanallar su ile kaplanır. Kök kanallarının irrigasyonu sırasında meydana gelen bu hava kısılması olayı sonucunda solüsyonların apikal bölgeye tamamen ulaşması için gerekli olan sürenin uzun olması tedaviyi klinik olarak etkileyecektir (Pesse et al. 2005). Klinik işleyiş açısından irrigasyon işlemi için sadece dakikalar sürdüğü için apikal kısımda meydana gelen hava kısılması olayı solüsyonun bu kısımlar ile temas etmesini önleyecektir ve yeterli dezenfeksiyon gerçekleşmeyecektir (Gu et al. 2009). Apikal bölgeye yeterli miktarda solüsyonun ulaşabilmesi ve periapikal bölgeye solüsyon taşmasının önlenmesi için geliştirilen negatif basınç prensibi ile çalışan sistemlerde, aspirasyon sırasında negatif basınç iğnesi kanal içerisine yerleştirildiğinde, kanalın apikal bölgesindeki basınç, atmosferik basınca göre daha düşük olmaktadır. Oluşan basınç farklılığı sayesinde pulpa odasında bulunan irrigasyon solüsyonu, aspire edici uç tarafından toplandığı yerden apikal bölgeye yönlendirilir.

EndoSafe sistemi (VPro; Vista Dental, Racine, WI) negatif basınç prensibi ile çalışan, aynı anda solüsyonu çalışma boyunca dağıtmak ve tahliye etmek için tasarlanmıştır. Geleneksel şırıngaya ek olarak özel bir bağlantı yoluyla üniten vakum sistemini de kullanır. Geleneksel irrigasyona göre kök kanalı içine daha fazla irrigasyon solüsyonunun ulaşmasına imkan tanınması sayesinde daha fazla temizlik yapması beklenir. Fakat molar dişlerde yapılan bir çalışmada, EndoSafe sistemi ile geleneksel şırınga arasında apikal alanı temizleme açısından istatistiksel anlamda bir farklılık olmadığı bildirilmiştir (Sarno et al. 2012).

RinsEndo cihazı (Dürr Dental GmbH & Co KG, Bietigheim-Bissingen, Almanya) hidrodinamik bir mekanizma ile çalışır. Cihaz, solüsyonun 65 µl'sini 1.6 Hz frekansta titreşim hareketi yaparak kanüle aktarır. Aspirasyonu ise otomatik olarak devamında çeker. Bu döngüyü dakikada yaklaşık 100 kez yapar (Hauser et al. 2007).

RinsEndo ile yapılan irrigasyonun dentin penetrasyon derinliğinin, geleneksel yöntemlere göre daha olumlu sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Hauser et al. 2007).

Manuel dinamik irrigasyon yöntemine göre bakteri sayısında meydana gelen azalmanın daha az olduğu belirtilmiş ve eğimli kök kanallarında RinsEndo ile yapılan irrigasyonun EndoActivator ve manuel dinamik irrigasyon yöntemlerine göre apikal alanda daha fazla smear tabakası bıraktığını bildirmişlerdir (Mcgill et al. 2008; Caron et al. 2010).

1.3.7.1 Endovac

EndoVac (SybronEndo, Orange, CA) negatif basınç prensibi ile çalışan, kullanılan üniten geri emiş gücüne dayanan mikro ve makro kanülleri bulunan bir irrigasyon sistemidir. Irrigasyon solüsyonunun kök kanalı içerisinde çalışma boyunca ulaşabilmesi için geliştirilmiştir (Munoz ve Camacho-Cuadra 2012). EndoVac sisteminde geleneksel irrigasyon iğnesi kullanılmaz. Onun yerine sistemin enjektörü olan Master Delivery System (MDT) kullanılır. MDT, sadece pulpa odasından solüsyonu verebilecek şekilde tasarlanmış kısa kanüllü bir irrigasyon aracıdır. Negatif aspirasyon için MDT ile beraber makrokanül ve mikrokanül bulunur. Makrokanül, kök kanalının şekillendirilmesinden sonra kanal içerisindeki kalıntıların uzaklaştırılması için kanalın genişliğine göre koronal ya da orta üçlüye yerleştirilir. Aspirasyon hem

özel plastik uçtan hem de makrokanülden gerçekleşir. Plastik olan makrokanülün uç kısmı #55 ve 02 taper'a sahiptir. Kalın tutulacak bölüm titanyumdur. Makrokanül tedavinin başlangıç kısmında kök kanalının koronal bölgesinin irrigasyonundan sorumludur. Paslanmaz çelik yapıdaki mikrokanül #32 boyutunda olup apikal şekillendirme #35 ya da daha fazla olduğunda kullanılabilir. Mikrokanülün uç yan tarafında 0,7 mm'lik kısmında 12 adet mini delik bulunur. Final irrigasyon sırasında makrokanüllerin devamında mikrokanüller apikal alana yerleştirilir. Kanal ağzına yapılan (kanal içine doğru açı alınmayacak derecede) irrigasyonda mikrokanül ile irrigasyonu apikal alana çekecek böylece apikal bölgeye sürekli taze solüsyon gönderilmiş olacaktır. Negatif basınçla beraber irrigasyon tamamlandığı için periapikal bölgeye solüsyon taşma riski ortadan kalkacaktır (Pawar et al. 2012). Mikrokanül üzerinde bulunan mini delikler, kök kanalının apikalinden 100 µm'den daha küçük boyutlardaki partiküllerin uzaklaştırılmasını sağlar (Gu et al. 2009). Aspirasyon sırasında negatif basınç iğnesi kanal içerisine yerleştirildiğinde, kanalın apikal bölgesindeki basınç, atmosferik basınca göre daha düşük olmaktadır. Oluşan basınç farklılığı, az basınç olan alana doğru yönlendirilen net bir kuvvet ile sonuçlanır, böylece pulpa odasında bulunan irrigasyon solüsyonu, aspire edici uç tarafından toplandığı yerden apikal bölgeye yönlendirir (Adorno et al. 2016). Pulpa odasındaki fazla solüsyonu ise MDT tarafından uzaklaştırılır. En son olarak ise mikrokanül NaOCl ve EDTA ile kombine olarak kullanılır. (Gu et al. 2009).

Yapılan bir çalışmada EndoVac ile yapılan irrigasyon hacminin, enjektör ile yapılan irrigasyonun hacminden daha fazla olduğu ve apikal 1 mm'de EndoVac sisteminin debris uzaklaştırma etkinliğinin geleneksel irrigasyon işlemine göre daha başarılı olduğu gösterilmiştir (Nielsen ve Baumgartner 2007).

Geleneksel yöntemlerle yapılan irrigasyon ile negatif basınç prensibiyle çalışan irrigasyon sistemlerinin apikalden taşan debris miktarı açısından karşılaştırıldığı çalışmalarda geleneksel yöntemlerin daha fazla debris taşmasına neden olduğu belirtilmiştir (Mitchell et al. 2010; Mitchell et al. 2011; Jamleh et al. 2016). Thomas ve ark. (2014) geleneksel, PUI, Endovac, modifiye Endovac yöntemleriyle yaptıkları irrigasyon aktivasyonu sonucunda alt büyük azı dişlerinin mezial köklerinde iki kanal arasındaki istmuslardan debris uzaklaştırılmasını incelemişler. Stereomikroskop ile

elde ettikleri görüntülerde Endovac ile irrigasyonun yapıldığı grupta en fazla debris uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir (Thomas et al. 2014).

1.3.8 Lazerle İrrigasyon Aktivasyonu

1960'lı yıllarda diş hekimliğinde lazer araştırmalarının başlamış ve lazer parametreleri geliştirilmiştir. Bu başlangıç araştırmalarının çoğunda sentetik lazer rutin olarak kullanılan tek lazer olduğundan mine ve dentin ile doku reaksiyonunu gözlemlmek için yakut lazer kullanılmıştır (Goldman et al. 1964; Mohammadi 2009). Yakut lazer ile ilk deneylerden sonra, araştırmacılar Argon (Ar), Karbondioksit (CO₂), neomidyum: İtiryum-aluminyum-garnet (Nd:YAG) ve Erbiyum:Yttrium-Aluminum Garnet (Er:YAG) lazerler gibi diğer lazerler üzerinde çalışmaya başlamışlardır (Sulewski 2000).

1.3.8.1 Lazerin Fiziği

'LASER' terimi, "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" (Uyarılmış Işıma Yoluyla Işık Yükseltimi) için bir kısaltma şeklinde oluşturulmuştur. Lazer işını tek bir fotona ait dalga boyudur ve uyarılmış bir atom bir foton salmak üzere stimule edildiğinde meydana gelir. (Aoki et al. 2004; Mohammadi 2009). Atomdan bir fotonun spontan salınımı daha sonraki fotonun salınımını stimüle eder bu durum böylece devam etmiş olur. Bu uyarılmış salınımlar doğada başka şekilde bulunmayan oldukça uyumlu (senkronlu dalgalar), monokromatik (tek bir dalga boyu) ve paralel formda işınlar üretir (Clayman ve Kuo 1997). Lazer işınının dalga boyu, enerjisi, gücü, tipi ve modu gibi özellikler lazerin etkinliğini belirlemektedir (Goldman 1965). Dalga boyu, dalga üzerinde bulunan aynı fazdaki iki nokta arasındaki uzaklık olarak tanımlanır. Atomdan salınan foton, elektronun enerji seviyesine bağlı olarak spesifik bir dalga boyuna sahiptir. Aynı enerji seviyesindeki elektronlara sahip aynı atomlar aynı dalga boyunda fotonlar salarlar. Bir lazerin özelliği kendi dalga boyuna bağlıdır. Işık dalga boyuna göre morötesi, kızılötesi ya da görünür işık olabilir. Elektromagnetik spektrumun kızılötesi bölgesinde yer alan dalga boylu fotonlar diş hekimliği için kullanışlı olarak görülebilir (Clayman ve Kuo 1997).

Diş hekimliğinde kullanılan lazerlerde genellikle bir atımda 1 Joule'den daha az enerji meydana gelmektedir, bu sebeple enerji birimi olarak "milijoule" (1 J=1000 mJ) kullanılmaktadır (Goldman et al. 1964; Coluzzi 2004). Fotonların dalga boyları kısaldıkça taşıdıkları enerji miktarı artar (Goldman 1965). "Watt" (W) birimi ile ifade edilen güç ise birim zamanda yapılan işittir. Lazer ışığının frekansı, yani hedef dokuya iletilirken saniyedeki atım sayısı, "Hertz" (Hz) ya da pulse per second (pps) olarak ifade edilir (Coluzzi 2008). Atım süresi bir atımın emisyonu için geçen süredir. Atım süresi ve lazerin gücü ters orantılıdır. Atış frekansı ise 1 saniyedeki atış sayısını ifade etmektedir.

1.3.8.2 Lazer Doku Etkileşimi

Lazerler, doğal ışıktan daha düşük enerji seviyesindeki ışık enerjisini hedef dokuda yoğunlaştırarak güçlü bir etki oluşturabilir. Lazer enerjisinin dokuda meydana getirdiği etkiler bazı fizik prensipleri ile açıklanabilir. Hedef dokunun optik özelliklerine bağlı olarak; doku tarafından emilmesi (absorbed), daha derin dokulara iletilmesi (transmitted), lazer enerjisinin dokudan yansması (reflected) ve o doku içinde etrafa yayılması (scattered) şeklinde fiziksel olaylar meydana gelmektedir (Miserendino 1988; Pick ve Powell 1993; Hall et al. 1994).

Fotonların dalga boyu ve enerjisine göre lazerin doku ile etkileşimi sonucu termal ya da termal olmayan reaksiyonlar meydana gelir. Termal reaksiyonlar fotokoagülasyon ve fotovaporizasyon, termal olmayan reaksiyonlar ise fotokimyasal ve fotomekanik olarak gruplandırılabilir. Fotokimyasal süreçler eğer enerji yoğunluğu artarsa fototermal etkilere dönüşebilir.

Fototermal etki; emilen enerjinin ortaya çıkardığı ısı dokularda sıcaklığın artmasına neden olur. Sıcaklık 40 °C'nin üzerindeyse protein denatürasyonu, 60 °C'nin üzerindeyse protein koagülasyonu, 250°C'nin üzerindeyse karbonizasyon, 300 °C'nin üzerinde ise doku buharlaşması meydana gelmektedir. Lazer ışığının dokuda meydana getirdiği ısıdan dolayı mikroorganizmalar parçalanarak yüzey sterilizasyonunun sağlanmasına yardımcı olurlar (Coluzzi 2004; Coluzzi 2008).

Vaporizasyon; lazer uygulaması ile dokuların yüzey sıcaklığının 100 °C'nin üzerine çıkmasıyla oluşur. Bu sırada hücresel proteinler yıkılırken hücre içerisindeki

su buharlaşır. Ani buharlaşma sonucu hücre içinde küçük patlamalar yoluyla dokuların ablasyonuna neden olur.

Fotokimyasal etkisi; dokulardaki fotosensitif moleküllerin spesifik dalga boylarındaki lazer ışığını absorbe ederek termal bir etki olmadan hedef dokuda kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirmesidir. Kompozit polimerizasyonu benzeri kimyasal reaksiyonlar için yararlanılan etkidir (Coluzzi ve Goldstein 2004). Fotosensitif ilaçların aktivasyonu ile tümör hücrelerinin yok edilmesinde kullanılan fotodinamik etki de bu grupta yer alır (Winn 2003).

Fotomekanik etki: Dokuda plazma formasyonu ve ani ısınmaya neden olan, kısa atım süreli ve yüksek güçte lazerlerin meydana getirdiği etkidir. Bu esnada dokularda fotoablasyon, fotodistribüsyon ve fotoakustik etkiler ortaya çıkar. Fotoablasyon, hedef dokudaki atom ve moleküller arasındaki bağları çevre dokulara zarar vermeden parçalar.

1.3.8.3 Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması

Günümüzde kullanılan lazer sistemleri, lazer aktif maddesine, ışınlarının uygulamalara göre sınıflandırılabilir (Coluzzi ve Convissar 2004).

1. Lazer aktif maddesine göre (Onal et al. 1993)

- Katı maddeler içeren lazerler (Granit, Ruby, Nd:YAG)
- Gaz içeren lazerler (Argon, CO₂)
- Uyarılmış asal gaz halojeniteleri içeren lazerler
- Boya tanecikleri içeren lazerler
- Yarı iletken çubuklar içeren lazerler (Ga-As)

2. Lazer ışınlarının hareketine göre (Arcoria et al. 1991; Arcoria et al. 1994)

- Devamlı ışın verenler
- Atımlı ışın verenler
- Dalgalı akım olarak ışın verenler

3. Işınların enerjisine göre (Midda ve Renton-Harper 1991)

-Soft lazerler (He-Ne, Ga-As, GaAlAs)

-Mid lazerler

-Hard lazerler (Argon lazer, CO2 lazer, Excimer lazer, Holmium:YAG lazer (Ho:YAG), Neodmium:YAG lazer (Nd:YAG), Erbium:YAG lazer (Er:YAG))

4. Dalga boylarına göre (Coluzzi 2000);

-Ultraviyole ışın veren lazerler

-Kızılötesi (infrared) ışın veren lazerler

-Görünür ışık spektrumundaki ışın veren lazerler

1.3.8.4 Diş Hekimliğinde Lazerlerin Kullanım Alanları

Lazerler diş hekimliğinde birçok farklı alandaki uygulamalar için kullanılmaktadır (Coluzzi 2004; Coluzzi ve Convissar 2004).

Periodontolojide; gingivoplasti, periodontal cep tedavisi, de-epitelizasyon, gingivektomi, frenilektomi, granülamatöz dokuların uzaklaştırılması ve kemik şekillendirmesi gibi işlemlerde kullanılırken protetik diş tedavisinde, kron boyu uzatma, pontik yerinin şekillendirilmesi gibi kullanım alanları vardır.

Ortodontide, gömülü dişlerin açığa çıkarılması ve yumuşak doku şekillendirilmesinde yardımcı olur. Cerrahide; biyopsi, yumuşak doku patolojilerinin tedavisi, yumuşak doku düzeltmeleri, torusların uzaklaştırılması, rezidüel kreterlerin düzeltilmesi, epulis fissuratum tedavisi, protez stomatitlerinin tedavisi, gömülü diş çekimi sırasında, apikal rezeksiyon gibi uygulamalarda yer alır.

Pedodontide; amputasyon, pulpa kaplamaları, kavite preparasyonu ve kök kanal tedavisi sırasında dezenfeksiyon amaçlı kullanılırken operatif diş hekimliğinde, kavite preparasyonu ve dentin hassasiyetinin tedavisi lazerlerin kullanım alanları arasındadır. Son olarak endodonti de ise pulpal kan akımının teşhisi, direkt ve indirekt pulpa kaplamaları, kök kanallarının şekillendirilmesi, kök kanal duvarlarından smear

tabakasının uzaklaştırılması ve kök kanal dezenfeksiyonu, endodontik mikrocerrahi uygulamaları için kullanılmaktadır.

1.3.8.5 Endodontide Kullanılan Lazerler

Erbium lazerin iki farklı dalga boyunda benzer özelliklere sahip iki çeşidi vardır. Her ikisi de orta kızılötesi görünmeyen noniyonize ışına sahip lazerlerdir.

1.3.8.5.1 Erbium-doped yttrium aluminum garnet (Er:YAG) lazerler

Erbium-doped yttrium aluminum garnet (Er:YAG) lazerler “erbium” ile karıştırılmış katı “yttrium aluminum garnet” kristali içermektedir. Elektromanyetik spektrumun yakın ve orta kızıl ötesi bölümünde bulunmaktadır ve dalga boyu 2940 nm'dir. Su tarafından en iyi absorbe edilen lazer çeşidi olmasıyla birlikte hidroksiapatite karşı afinitesi de oldukça yüksektir (Van As 2004).

Er:YAG lazerin yüksek su absorpsiyonu ve sert doku afinitesi iyi olduğundan kök kanalının temizlenmesi, şekillendirilmesi ve genişletilmesinde kullanıldığı gibi aynı zamanda yıkama solüsyonunun aktivasyonu amacıyla da kullanılmaktadır (Matsumoto et al. 2011; Divito et al. 2012). Kavitasyonel etkisi ve oluşan gaz kabarcıklarının genişlemesi ve sonrasında göçmesiyle artan şok dalgaları oluşur böylece irrigasyon solüsyonunun üç boyutlu hareketi sağlanır ve kök kanal sisteminden smear ve debrislerin uzaklaştırılmasını sağlar (Deleu et al. 2015).

İrrigasyon aktivasyonunda lazerlerin kullanılması, bakteri eliminasyonu, smear tabakasının kaldırılması ve irrigasyon solüsyonunun daha etkili olması amacıyla kullanılmaktadır. (Divito ve Lloyd 2012). Er:YAG, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG lazerlerle irrigasyon aktivasyonunun yapıldığı bir çalışmanın, Er:YAG lazerle birlikte kullanılan PIPS ucunun olduğu deney grubunda, en yüksek smear kaldırma etkinliğinin görüldüğü belirtilmiştir (Özbay ve Erdemir 2018). Akyüz Ekim ve Erdemir (2015a), Er:YAG lazer eşliğinde PIPS ucunu aynı parametrelerle kullanarak irrigasyon aktivasyonu yaptıklarında, smear tabakasının uzaklaştırılması bakımından en iyi sonuçları elde ettiklerini, diğer gruplar arasında fark olmadığını belirtmişlerdir.

Fiber ucun apikalden 1-5 mm uzakta konumlandırılmasını gerektiren geleneksel lazer tekniklerinden farklı şekilde (Blanken et al. 2009), PIPS ucu kanal girişinden

fotoakustik dalgaların yayılmasına olanak sağlayarak pulpa odasının koronal kısmına yerleştirilip uygulanması tavsiye edilmiştir (De Moor et al. 2009).

Erbium lazerlerle birlikte kullanılan fiber uçların kullanımı sırasında yan etkiler meydana gelebilir (Ishizaki et al. 2004; Ali et al. 2005; Varella ve Pileggi 2007). Bazı araştırmacılar kök kanal eğiminin 10° den fazla olduğu durumlarda kullanılan fiber ucun dentin duvarlarına teması sonucu basamak oluşturabileceği ve irrigasyon solüsyonunun kök kanalının apikal kısmından taşmasına neden olabileceğinden bahsetmektedirler (Matsuoka et al. 2005; George ve Walsh 2008).

Peeters ve Suardita (2011) lazerlerin bu yan etkilerini azaltmak için fiber ucu kök kanalının içine yerleştirmek yerine kanal girişine yerleştirmişlerdir. Çalışmalarında irrigasyon solüsyonunu sürekli yenilemişler ve pulpa odasını solüsyon için rezervuar bir alan olarak kullanmışlardır. Kök kanalının apikal kısmındaki debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması için EDTA solüsyon ile birlikte lazer aktivasyonunun en iyi sonuçları verdiğini göstermişlerdir (Peeters ve Suardita 2011).

Er:YAG lazer ile birlikte radyal ve şerit şeklinde dizayn edilmiş konik bir uçla kullanılan foton-indüklü fotoakustik dalgalanma (photon-induced photoacoustic streaming, PIPS) adı verilen teknikte ise fiber uç, diğer irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin aksine kök kanalı içine değil, koronal kısma yerleştirilerek uygulanır (Divito ve Lloyd 2012). PIPS ucu ile kanal girişinin 2-3 mm koronalinden kanal içine doğru yön verilerek irrigasyonun aktivasyonu yapılır (Divito et al. 2012). Kanal içinde bulunan solüsyon yüksek akustik dalgalara karşı baloncuk şeklinde patlamalar yaparak kanal duvarlarının temizlenmesi sağlanır. Sistemin başarılı olabilmesi için kök kanalı içinde sürekli solüsyon bulunması gerekir (Peters et al. 2011).

PIPS yöntemi ile irrigasyon solüsyonunun aktive edilmesinin; kök kanalının apikal kısımlarında ve dentin tübüllerinin içerisinde bulunan bakterilerin tamamen ortadan kaldırılmasında etkin olmamasına rağmen, ultrasonik aktivasyon yöntemine kıyasla bakteri ve biyofilm tabakasını daha iyi uzaklaştırdığını bildirilmiştir (Peters et al. 2011). DiVito ve Lloyd, PIPS-lazer aktivasyon yöntemi ile termal hasar oluşturmadan, kök kanallarındaki biyofilm tabakası üzerine etkin sonuçlar elde edilebileceğini belirtmişlerdir (Divito ve Lloyd 2012).

Akyüz Ekim ve Erdemir (2015a) farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini inceledikleri çalışmalarında irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl ve EDTA, solüsyonların aktivasyonu için geleneksel enjektör, PUI, EndoVac, diode, Nd:YAG ve Er:YAG lazer kullanmışlardır. SEM görüntülerinin değerlendirilmesinden sonra PIPS ile birlikte kullanılan Er:YAG lazerin smear uzaklaştırılmasında en etkili sonucu verdiğini bildirmişlerdir (Akyüz Ekim ve Erdemir 2015a).

Akyüz Ekim ve Erdemir (2015b), yaptıkları bir çalışmada smear tabakasını uzaklaştırmak için NaOCl ve EDTA solüsyonlarıyla birlikte PUI, EndoVac, diode, Nd:YAG ve ER:YAG lazer ile irrigasyon aktivasyon yöntemlerini uyguladıktan sonra fiber postların bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. Er:YAG lazerle birlikte kullanılan PIPS ucu bağlama dayanımı açısından diğer deney gruplarına kıyasla en iyi sonuçları vermiştir (Akyüz Ekim ve Erdemir 2015b).

Ayrancı ve ark.(2016) yaptıkları çalışmada %2.5 NaOCl ve %17 EDTA'nın Er:YAG lazer ve PUI ile aktivasyonunun ardından SEM görüntüleri ile smear tabakasını değerlendirmişlerdir. En etkin smear uzaklaştırılan deney grubunun Er:YAG lazer ile aktive edilen grup olduğunu bildirmişlerdir (Ayrancı ve ark. 2016).

1.3.8.5.2 Er,Cr:YSGG Lazer

Er,Cr:YSGG lazer 2780 nm dalga boyunda, aktif maddeleri erbiyum ve kromiyum üzerine itriyum, skandiyum, galyum ve garnet kaplanması ile meydana gelmiştir. Bu lazer sistemi, atış ışınlama sistemi ile su buharı/hava karışımından oluşan bir soğutma sisteminden oluşmaktadır. Lazer ışını fiber kablo ve safir uç yardımıyla iletilir, atımlı veya sürekli modda uygulanabilir. Sert dokuların içeriğinde bulunan suyla etkileşimi sayesinde çok hassas kesilerin yapılabilmesine olanak tanır. Bu yüzden hidrokinetik sistem olarak tanımlanır. Lazer enerjisi su spreyi vasıtasıyla doku yüzeyine gönderilen damlacıklarda şiddetli patlayıcı kuvvetler oluşturarak bu etkiyi sağlamaktadır (Hadley et al. 2000).

Son yapılan çalışmalarda çevre dokulara zarar vermeden kök kanal dezenfeksiyonunun sağlanması ve smear tabakasının kaldırılması için Er,Cr:YSGG

lazer ile irrigasyon aktivasyonu yapılabileceği bildirilmiştir (Peeters ve Suardita 2011; Peters et al. 2011; Peeters ve Mooduto 2013).

Bolhari ve arkadaşları, kök kanalının apikal, orta, ve koronal bölümlerinden smear tabakasının kaldırılma etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, Er,Cr:YSGG lazer ile distile suyu birlikte kullanarak, lazerin tek başına etkisini görmek istemişlerdir. % 5,25 NaOCl ve % 17 EDTA solüsyonunun kullanıldığı deney grubunun kök kanalından smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği ile distile su ve Er,Cr:YSGG lazerin bir arada kullanıldığı deney grubunun benzer sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Bolhari et al. 2014).

Kök kanal tedavisinin en önemli amaçlarından birisi, kök kanal sisteminin üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır (De Moor ve Hommez 2002). Bu sayede; bakteri ve bakteri ürünlerinin kök kanalına sızması engellenmiş olmaktadır. Kök kanalının şekillendirilemeyen bölgelerindeki ve dentin tübüllerindeki bakterilerin buldukları bölgelere hapsedilmesi, bakteriyel ürünlerin apikal bölgeye doğru ilerlemesinin önlenmesi ve periapikal bölgedeki doku sıvılarının kök kanalına girerek bu bölgedeki bakteriler için besleyici bir ortam oluşturmasının engellenmesi sağlanmış olmaktadır (Hargreaves ve Berman 2015).

1.4 Kök Kanal Dolgusu

Günümüzde en çok kullanılan kök kanal dolgu yöntemi, katı kanal dolgu materyalinin kanal patı ile birlikte kullanılmasıdır. Kor materyali olarak gümüş konlar, güta perkalar ve rezilonlar kullanılmaktadır. Gümüş konların sertliği, kolay yerleştirilmelerine ve boyut kontrolüne olanak sağlar. Ancak kök kanalındaki düzensizliklere uyum sağlayamamasına ve sızıntının artmasına neden olur. Bunun sonucunda meydana gelen korozyon, sitotoksik olup aynı zamanda periapikal iyileşmeyi engelleyebilir ve periapikal hastalıklara sebep olabilirler (Seltzer et al. 2004).

Katı kanal dolgu materyali olarak en sık kullanılan güta-perkanın adeziv özelliği olmadığından kanal duvarlarına ve birbirlerine yapışamazlar. Güta perkalar ve kanal duvarları arasında boşluklar kalır. Kalan bu boşlukların doldurulması için güta-

perka'nın bir kanal dolgu patı ile birlikte kullanılır. Aynı zamanda kanal dolgu patlarının kök kanal içinde oluşturdukları kayganlaştırıcı etkileri sayesinde gütaperkanın kanal boşluğunda istenilen yere ulaşması kolaylaşır (Evans ve Simon 1986).

Kanal dolgu patları, katı dolgu materyalinin kanal duvarlarına ve birbirine tutunmasını sağlamakla birlikte katı dolgu materyalin ulaşamadığı bölgelerin doldurulmasını sağlar (Carrotte 2004). Günümüzde çok sayıda kök kanal dolgu patı bulunmaktadır. Grossman, kanal dolgu patlarını fiziksel özellikleri, sertleşme süreleri, içerikleri, rezorbe olabilme özelliklerine göre sınıflandırmıştır (Grossman 1958).

Günümüzde en çok kullanılan kanal patları;

1. Çinko oksit ve ojenol içerikli patlar
2. Antibakteriyel etkinliği artırılmış çinko oksit öjenol patlar
 - Paraformaldehitli çinko oksit ojenol patları
3. Ojenol içermeyen çinko oksit patlar
4. Polimer yapıda kök kanal patları
 - Poliketon materyaller
 - Epoksi reçine esaslı patlar
 - Bis-GMA, Üretan Dimetil metakrilat esaslı materyaller
5. Silikon esaslı kök kanal patları
6. Cam ionomer esaslı kök kanal patları
7. Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
8. Bio-Seramik içeren patlar
 - Kalsiyum- silikat-fosfat içeren patlar
 - Mineral trioksit agregat içeren bioseramik esaslı kanal patları

Endodontik tedaviler sırasında farklı özelliklerdeki kök kanal dolgu patları kullanılmaktadır. AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany), yaygın olarak kullanılan epoksi rezin içerikli ve yüksek fiziksel özellikleri olan bir kök kanal dolgu

patıdır (Duarte et al. 2010). İki pat halinde olan AH Plus'ın içeriğinde bisfenol-A-diglisideter, kalsiyum tungstat, demir oksit, zirkonyum dioksit, adamantan amin, diaminler, silikon yağı bulunmaktadır (Ørstavik et al. 2001). Çalışma zamanı 23°C'de minimum 4 saattir. 37 °C'de ve % 100 nemli bir ortamda ise 8 saatlik bir sertleşme süresi bulunmaktadır. AH 26'nın epoksi amin kimyasının korunup, dişi renklendirme eğilimi ve formaldehit salma etkisi ortadan kaldırılarak geliştirilmiştir. Gerektiğinde sökülebilmesi için termoplastik özellik kazandırılmıştır. Radyoopasitesi Ah 26'ya göre arttırılmıştır. Pulpal, periapikal ve doku reaksiyonu açısından umut vadeci sonuçlar vermiştir (Leonardo et al. 1999). Her ne kadar kısa dönemde ideal doku cevabına neden olmadığı gösterilmiş olsa da biyouyumluluk açısından altın standart olarak kabul edilmektedir ve birçok çalışmada kontrol grubu olarak kullanılmaktadır (Gharib et al. 2007; Vandekar et al. 2012).

Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları ise fiziksel ve biyolojik özelliklerinin sağladığı avantajlardan dolayı tercih edilmektedir. TotalFill BC (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Switzerland) yüksek radyoopasiteye sahip, alüminyum içermeyen, biyoseramik esaslı bir kanal dolgu patıdır (Lee et al. 2017). Kullanıma hazır, bir şırınga içerisinde enjekte edilebilir formda ve tek kullanımlık uçlar ile paketlenen TotalFill BC zirkonyum oksit, trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat ve kalsiyum hidroksit içerir. Karıştırma gerektirmediğinden kök kanalına hemen ve doğrudan uygulanabileceği gibi geleneksel yöntemlerle de kullanılabilir. Çalışma süresi oda sıcaklığında 4 saatten fazla olabilir. Sertleşme süresi ise kök kanalındaki nem varlığına göre değişkenlik gösterebilir. Dentinin normal yapısındaki nem varlığında 4 saat civarında sertleşen kök kanal dolgu patının aşırı kurutulmuş kök kanalındaki sertleşme süresi 10 saatten fazla olabilir. TotalFill BC Sealer sertleşme esnasında büzülmez.

Pulpal ve periradiküler hastalıkların esas sebebi bakterilerdir. Periradiküler hastalıkların nedeni, temizlenmiş ve şekillendirilmiş kök kanal sisteminin ulaşamayan bölgelerinde kalmış pulpa artıkları, nekrotik doku artıkları, bakteri ve ürünlerinin vücudun savunma sistemi tarafından uzaklaştırılmamasıdır. Bakteriler ve bakteri ürünlerinin periapikal bölgeye geçişinin engellenmesi için, kök kanallarının ideal olarak şekillendirilmesi ve irrigasyonunu takiben, sıkı ve sızdırmaz bir şekilde doldurulması gerekmektedir (Kakehashi et al. 1965; Moller et al. 1981).

Kanal dolgu patları, antimikrobiyal etki gösteren bileşenler de içerir ve kök kanalına yerleştirildikten sonra bu materyaller germisidal etki gösterirler. Kanal dolgu patı, kanala yerleştirilen güta perka gibi katı kanal dolgu materyallerinin kanal duvarlarına adaptasyonunu sağlar ve bağlayıcı bir görev üstlenerek kök kanal sistemi içindeki düzensizliklere ve dentin tübüllerine penetre olabilir (Chandra et al. 2012; Guimarães et al. 2014). Kanal dolgu patının dentin tübüllerine olan penetrasyonu kalan bakterilerin çoğalmasını engeller ve yeniden enfeksiyon oluşmasına engel olabilir (Mamootil ve Messer 2007).

1.5 Kök Kanal Dolgu Patlarının Dentine Olan Adaptasyonu ve Penetrasyonunu İncelemede Kullanılan Yöntemler

Kök kanal dolgu patlarının kök kanal dentin tübüllerine adaptasyonunun incelenmesinde; Germe (tensile), makaslama (shear), itme (mikro push-out) testleri kullanılırken dentin tübül penetrasyonunun incelenmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM) kullanılır.

Germe testinde, özel kalıplarda hazırlanmış olan deney yüzeyi, test cihazının tablasına uygun bir şekilde yerleştirilerek sabitlenir. Cihazın kuvvet uygulayan ucu sayesinde, düzeneğe göre hazırlanan deney materyali ters yönde sabit hızda çekilerek bağlanma dayanımı ölçülmektedir. Mikro germe (mikrotensile) testinde ise küçük boyutlarda örnek kullanılır ve bağlanma ara yüzeyinde daha düzenli stres dağılımına izin verilir. Aynı zamanda bu yöntem kök kanalının içi gibi küçük alanların bağlanma dayanımlarını da ölçülebilir (Pashley et al. 1999).

Makaslama testinde, test cihazına göre hazırlanan deney yüzeyi ve materyali uygun konumda yerleştirilir. Daha sonra cihazın kuvvet uygulayan ucu, deney yüzeyi ile deney materyalinin birleşim noktasına sabit bir hızda kuvvet uygulayarak bağlanma dayanımlarının ölçülmesini sağlar. Bu test, güta perka gibi materyallerin ve kanal dolgu patlarının bağlanma kuvvetini değerlendirmeye olanak sağlar (Hiraishi et al. 2005).

Push-out testi, diğer yöntemlere göre klinik koşulları daha iyi sağlayan başka bir yöntemdir. Bu teknikte test cihazına, yaklaşık 1 mm kalınlığındaki dentin diskleri

bağlanır. Daha sonra cihazın kuvvet uygulayan ucu dentin disklerinde kanalın içerisindeki dolgu materyaline sabit hızda bir kuvvet gelmesini sağlayarak deney materyalinin kök dentinine olan bağlanma dayanımı ölçmektedir. Ayrıca bu yöntem ile düşük bağlanma dayanımı sonuçları elde edildiği takdirde bile kanal dolgu patları değerlendirilebilmektedir (Feilzer et al. 1987; Sudsangiam ve Van Noort 1999; Üngör ve ark. 2006).

1.5.1 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronlar, görüntü oluşturmak için örnek üzerinde odaklanır. Bu elektron demeti ile örnek yüzeyinin taratılması sırasında elektron ve örnek atomları arasında meydana gelen etkiler uygun alıcılarda toplanır. Sinyal güçlendiricilerden geçirildikten sonra bir katot ışını tüpünün ekranına yansıtılmasıyla görüntüler oluşur. Güncel sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere dönüştürülerek bilgisayar ekranına aktarılmaktadır. Çözünürlük, net alan derinliği, görüntü ve analiz birleştirebilme özelliği sayesinde SEM kullanım alanları artmaktadır (Wells et al. 2006).

SEM endodontik araştırmalarda; kök kanal morfolojisinin belirlenmesinde, irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasına üzerindeki etkilerinin incelenmesinde, mikrosızıntı çalışmalarında boya penetrasyonunun ölçülmesinde, dentin-pat arası boşlukların veya adaptasyonunun belirlenmesinde, kanal dolgu patının film kalınlığının ve dentin tübül penetrasyonunun ölçülmesinde kullanılmaktadır. Kökler SEM’ de incelenmek için elmas bir separe veya keski ile dişin uzun eksenine paralel olarak ortadan ikiye ayrılır ve yüzeylerine herhangi bir işlem yapılmadan havasız bir ortamda ince bir altın tabaka ile kaplanarak çeşitli büyütme altlarında incelenir (Torabinejad et al. 1978; Ørstavik et al. 1983; Saleh et al. 2002).

Epoksi rezin, çinko oksit ojenol ve metakrilat rezin içerikli üç farklı kanal dolgu patının maksimum dentin tübül penetrasyon derinliği SEM’de elde edilen görüntüler üzerinden değerlendirilmiştir. Epoksi rezin içerikli AH 26 kanal dolgu patının diğer gruplara göre en derin tübül penetrasyonu yaptığı belirtilmiştir (Mamootil ve Messer 2007). Bir başka çalışmada ise üç farklı kanal dolgu patının ortalama dentin tübül

penetrasyon derinliği, dişlerin orta bölümünden kesit alınarak SEM ile görüntülenmiştir (Shokouhinejad et al. 2011).

1.5.2 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM)

CLSM, Marvin Minsky tarafından 1957'de patentlenmiş olmasına rağmen standart bir teknik olması 1980'lerin sonlarına doğru gerçekleşmiştir. Seçilebilen farklı derinliklerde, yüksek çözünürlüklü optik imajlar alabilmek için kullanılan bir yöntemdir (Minsky 1988). 1978'de farklı derinliklerden yüksek çözünürlüklü görüntü elde etmek için bir lazer tarama metodu denenmiştir. Bu sayede ilk defa konfokal mikroskop ile lazer metodu birleştirilerek çeşitli floresan maddelerle işaretlenmiş biyolojik objeler üç boyutlu olarak incelenmiştir (Cremer ve Cremer 1974).

CLSM'ta, bir lazer tarafından sağlanan ve tek bir plandan gelen ışık kaynağı, floresan boya ile boyanmış örneğe gönderilir. Örnekten yayılan ışık küçük bir delikten geçirilerek foton toplayıcısına düşürülür. Farklı fokal düzleme ait görüntüler kombine edilerek, örneğin üç boyutlu görüntüsü üretilir. Sabit hücre veya yaşam anında görüntüleme, morfolojik görüntüleme, temel hücre hayatı görüntülemesi, difüzyon sabitinin belirlenmesi, biyofilmlerin kontrolü ve hücre kalitesi biyoreaktörlerin belirlenmesi, hücre kültürü ve sinir hücresi görüntüleme gibi uygulamalar CLSM ile yapılabilmektedir. CLSM son zamanlarda diş hekimliğinde de kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle endodontide patların dentin tübül penetrasyonlarının ve doldurma tekniklerinin karşılaştırılmasında, çeşitli irrigasyon solüsyonlarının ve irrigasyon tekniklerinin patların dentin tübüllerine olan penetrasyonuna olan etkilerinin incelenmesinde kullanılmaktadır (Patel et al. 2007; Chandra et al. 2012; Kok et al. 2012; Kara Tuncer ve Tuncer 2012). CLSM ile kanal patı ve dentinal tübüllerin ayırt edilmesi için kanal patına floresans özellikle Rhodamine B boya eklenir (Paulo et al. 2006). Eklenen Rhodamine B boyası, kanal patının fiziksel özelliklerinde değişikliklere neden olmaz (Patel et al. 2007). Yapılan bir çalışmada kök kanal dolgu patına çeşitli konsantrasyonlarda Rhodamine B eklenmiş ve %0.1'den daha yüksek konsantrasyonunun aşırı floresans görüntülere sebep olduğunu belirtilmiştir (Gharib et al. 2007).

CLSM, SEM'e göre çeşitli avantajlar sunar. Örneğin; CLSM, örneklerin hazırlanması sırasında görüntüleme için spesifik uygulamalara gerek duymazken SEM'de altın kaplama gibi işlemlere ihtiyaç vardır. Altın kaplama işlemi örneklerle zarar verebilir. Bu yüzden CLSM'de örneklerin hazırlanma süreci non-destrüktiftir ve daha az artefakt oluştururlar. Aynı zamanda örnekler herhangi bir hasara uğramadan görüntü elde edilmiş olur. SEM'de dentin tübüllerine penetre olan kanal dolgu patını, dentinin görüntüsünden ayırt edebilmek zordur. CLSM'de ise görüntü alabilmek için kanal dolgu patına karıştırılan floresan maddeler yardımıyla net bir şekilde ayırım yapılabilir. Elde edilen veriler, penetre olan floresan madde ile işaretlenmiş kanal dolgu patı ile ilgilidir (Gharib et al. 2007; Patel et al. 2007). CLSM, farklı derinliklerden görüntü almaya izin verir, böylece elde edilen görüntüler daha sonradan birleştirilerek son görüntü oluşturulabilir (Tuncer ve Ünal 2014). SEM'de büyütme oranı CLSM'ye göre daha fazla olduğundan total alanın görüntülenip değerlendirilmesi daha zordur, CLSM'de daha küçük büyütme oranlarında floresan maddelerin de sağladığı görüş kolaylığından yararlanılarak daha geniş bir alan değerlendirmesi yapılabilir veya tüm örnek yüzeyi incelenebilir (Mamootil ve Messer 2007). Son olarak, CLSM, smear tabakası kaldırılmadan dentin yüzeyinin altındaki bölümlerin görüntülenmesine olanak sağlar (Perdigao et al. 2000).

Akçay ve ark. (2016), çalışmalarında dört farklı kök kanal dolgu patınının farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri sonrasında dentin tübül penetrasyonları değerlendirilmiştir. iRoot SP kanal patınının diğer gruplara kıyasla en yüksek penetrasyon derinliğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda PIPS ve PUI irrigasyon aktivasyon tekniklerini kontrol grubu ile karşılaştırdıklarında, PIPS ve PUI tekniklerinin anlamlı ölçüde kök kanal dolgu patlarınının dentin tübül penetrasyonunu arttırdığını belirtmişlerdir (Akçay ve ark. 2016).

Ordinola-Zapata ve ark. (2009) çalışmalarında, üç farklı kök kanal dolgu patınının dentin tübüllerine penetrasyonunu CLSM kullanarak değerlendirmişlerdir. En fazla penetrasyonun Sealapex kanal dolgu patında olduğunu, Sealer 26 ve GuttaFlow kanal dolgu patları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişleridir (Ordinola-Zapata et al. 2009).

Kui ve ark. (2014) alışmalarında, smear tabakası varlığında ve yokluğunda kanal dolgu patının dentin tübüllerine penetrasyonunu CLSM kullanarak değerlendirmişlerdir. alışmalarında MTA Fillapex ve AH26 olarak 2 farklı kök kanal dolgu patı; lateral kondansasyon ve sıcak vertikal kondansasyon olarak 2 farklı kök kanal dolum yöntemi kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda smear tabakası kaldırıldığında lateral kondansasyonla dolum yapılan gruplarda en fazla penetrasyonun MTA Fillapex kanal dolgu patında olduğunu ancak sıcak vertikal kondansasyonla dolum yapılan gruplarda ise en fazla penetrasyonun AH26 kanal dolgu patı olan grupta olduğunu bildirmişlerdir. Smear tabakası varlığının AH26 kanal dolgu patının penetrasyonuna anlamlı derecede etkisi olmadığını bildirirken MTA Fillapex kanal dolgu patında ise anlamlı derecede etkisi olduğunu bildirmişlerdir. (Kui et al. 2014),

Sodyum hipoklorit ve etidronik asit irrigasyon solüsyonlarının antimikrobiyal aktivitelerinin Enterococcus biofilmi üzerinde değerlendirildiği bir çalışmada mikrorganizmaların dentin tübüllerine penetrasyon derecesini saptamak için CLSM'den yararlanılmıştır (Arias-Moliz et al. 2014).

Qmix, MTAD, % 17 EDTA ve salinin final irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığı bir çalışmada AH Plus kanal dolgu patının dentin tübüllerine olan penetrasyonunun yüzdesi hesaplanıp karşılaştırılmıştır. EDTA ve Qmix kullanılan deney gruplarındaki kanal dolgu patının penetrasyon yüzdesinin diğer gruplara göre daha iyi olduğu belirtilmiştir (Jardine et al. 2016).

Chaudhry ve ark. alışmalarında, sonik sistem ve Er,Cr:YSGG lazer ile irrigasyon aktivasyonu sonucunda AH 26 kanal dolgu patının toplam penetrasyon yüzdesi ve maksimum tübül penetrasyon derinliğini değerlendirmişlerdir. Deney grupları arasında penetrasyon yüzdesi açısından anlamlı bir fark görülmezken maksimum penetrasyon derinliğinin en fazla lazer ile aktive edilen grupta görüldüğü bildirilmiştir (Chaudhry et al. 2017).

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1 Etik Kurul Onayı

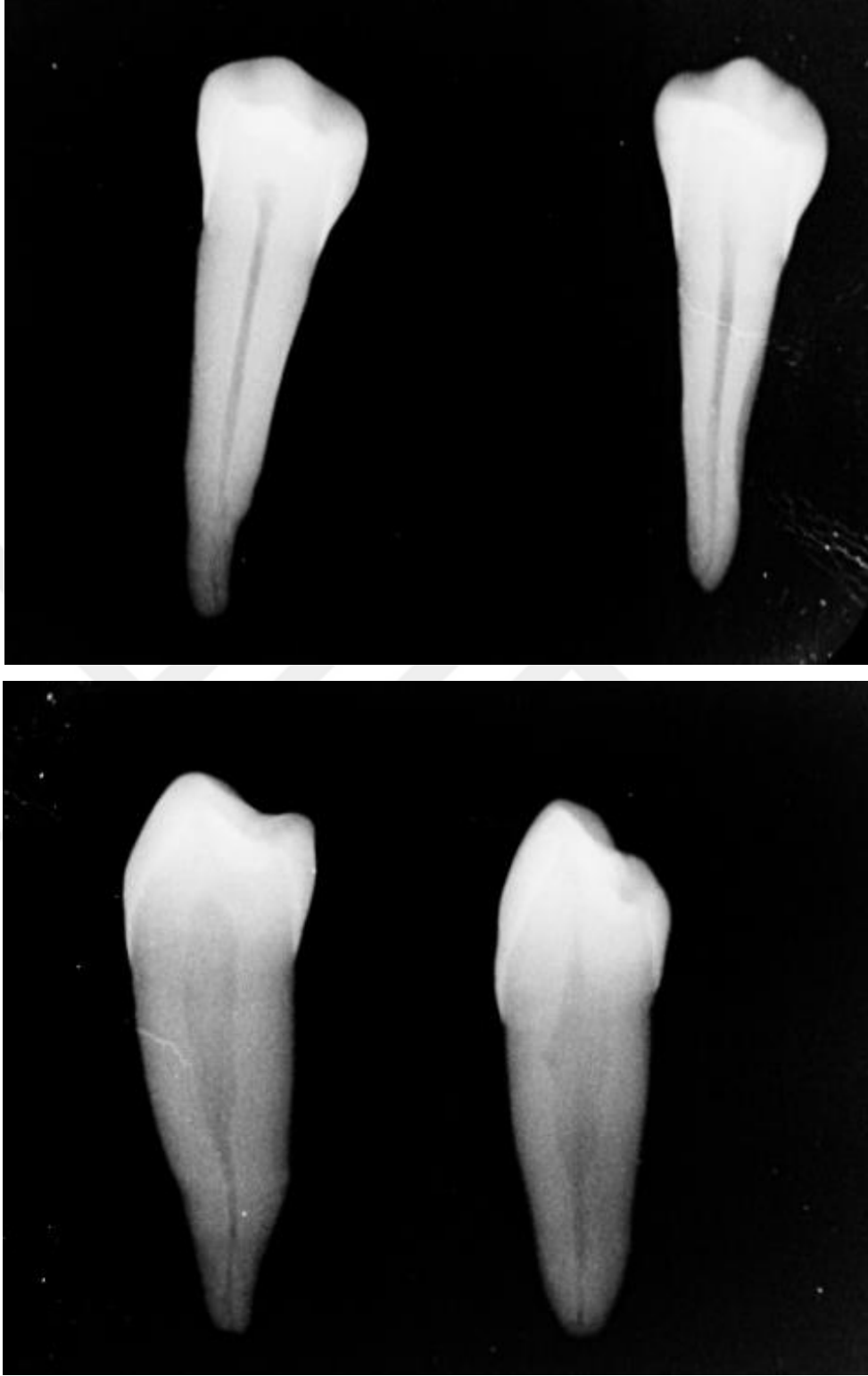
Çalışma için gerekli olan etik kurul onayı Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alındı (27.06.2018 tarih ve 2018.06.12 numaralı karar) (Ek 1). Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1002 Hızlı Destek Programı kapsamında 318S243 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

2.2 Power Analizi

Araştırmaya alınacak gözlem sayısını belirlemek üzere güç (power) analizi yapılmıştır. Testin gücü, G*Power 3.1 programı ile hesaplanmıştır. Generali ve ark. (2017) tarafından yapılan araştırmaya göre etki büyüklüğü (Effect size) 1.210 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın gücünün belirlenmesinde % 95 değerini geçmesi için; %5 anlamlılık düzeyinde ve 1.181 etki büyüklüğünde gruplarda 10 gözleme ulaşılması gerekmektedir ($F=2.866$; $df=8.549$).

2.3 Dişlerin Seçimi

Bu çalışmada; ortodontik veya periodontal sebeplerle çekilmiş, tek köklü ve tek kanallı, daimi 100 adet, alt çene küçükazı dişleri kullanıldı. Çalışmada kullanılan dişler, deneylerin yapılacağı zamana kadar oda sıcaklığında serum fizyolojik solüsyonunda saklandı. Çekilmiş dişlerin kök yüzeyleri üzerinde bulunan bütün sert ve yumuşak doku artıkları kretuar ile temizlendi. Dişlerin kök kanal morfolojilerini değerlendirmek amacıyla fasiyal ve proksimal yönlerden fosfor plak yardımıyla radyografiler alındı (Şekil 2.1). Radyografik kontrollerde; kalsifikasyon veya rezorpsiyon bulunan dişler, çok geniş veya çok dar kanallı dişler, tek kanallı olmayan dişler, apikal kök gelişimi tamamlanmamış dişler, Schneider (Schneider 1971) yöntemine göre, kök kanal eğiminin 10 dereceden fazla olduğu dişler çalışmaya dahil edilmedi. Dental operasyon mikroskobu altında dişlerde herhangi bir kırık-çatlak olup olmadığı incelendi. Çatlak-kırık bulunan dişler çalışma dışı bırakıldı.



Şekil 2.1 Dişlerden alınan radyografiler

Tüm dişlerin boyları 21 ± 1 mm olacak şekilde standardize edildi. Uzun olan dişlerin kronlarından elmas fissür frez ve aeratör ile kasp tepelerinden mölleme

yapıldı. Klinik şartlarına uygun olması ve irrigasyon aktivasyon prosedürleri sırasında irrigasyon solüsyonlarına rezervuar sağlanabilmesi için geleneksel giriş kavite preparasyonları aeratör ucuna takılan 012 no'lu elmas fissür frez ile su soğutması altında yapıldı. Kök kanal içeriği bir timerf (TG Dent, London, England, United Kingdom) yardımıyla uzaklaştırıldı. 15 no'lu K tipi kanal eğesi (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) apikalden görünene kadar ilerletildi ve bu boydan 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi.

2.3.1 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Kök kanallarının şekillendirilmesine başlamadan önce bütün dişlerin apikal forameni kullanılacak irrigasyon solüsyonlarının ve debrislerin kök ucundan taşmaması ve aynı zamanda kapalı bir sistem oluşturmak amacıyla yumuşak mum ile kapatıldı (Tay et al. 2010). Kök kanalları ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet sistemi ve X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) endomotor yardımıyla şekillendirildi. S1 eğesi ile çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kök kanal preparasyonuna başlandı. Daha sonra, dirençle karşılaşılan noktaya kadar SX eğesi ile genişletme yapıldı. Bunu takiben kanalın koronal 2/3'lük kısmını şekillendirmek için S1 ve S2 eğeleri çalışma boyunda kullanıldı. Sırasıyla F1, F2, F3 ve F4 (40/0.06) döner alet eğesi kök kanallarının şekillendirilmesi için kullanıldı. Her eğe değişiminden sonra ve preparasyonu takiben kök kanalları 30 gauge'luk endodontik irrigasyon iğnesi (NaviTip; Ultradent, South Jordan, UT) ile çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde 2 ml % 5'lik NaOCl (SHKlorid; Kemiger Kimya, Ankara, Türkiye) solüsyonu ile irrije edildi (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Çalışmamızda kullanılan %5 NaOCl ve %17 EDTA solüsyonları

Dişler, kullanılacak irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre her grupta 20 diş olacak şekilde rastgele 5 ana gruba ayrıldı. Grup 1’ de geleneksel şırınga irrigasyonu kullanıldı. İrrigasyon solüsyonları Grup 2’de pasif ultrasonik yöntemle, Grup 3’de EndoVac sistemi ile, Grup 4’de Er:YAG lazer ile (LightWalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenia) ve Grup 5’de Er,Cr:YSGG lazerle (Waterlase MD, Biolase Technology, Inc., Irvine, CA, USA) aktive edildi.

Grup 1 (kontrol); Enjektör ucu çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde konumlandırıldı. Kanal içerisinde yukarı aşağı hareketlerle 30 sn süreyle 3 ml % 5 NaOCl irrigasyonu yapıldı. NaOCl ve EDTA etkileşimini önlemek amacıyla iki solüsyon arasında 3ml distile su kullanıldı. Sonrasında 30 sn süreyle 3ml % 17 EDTA (EdiTac; Kemiger Kimya, Ankara, Türkiye) ile irrigasyon işlemine devam edildi (Şekil 2.2).

Grup 2 (PUI); Pasif ultrasonik aktivasyonda ultrasonik uç çalışma boyundan 1mm geride olacak şekilde kök kanalına yerleştirilerek, irrigasyon sırasında bu alanda yukarı aşağı hareket ettirildi. 30 sn boyunca 3 ml % 5 NaOCl ile kök kanal irrigasyonu yapılırken aynı anda kesmeyen paslanmaz çelik ultrasonik ucun (Endosoft ESI; EMS, Nyon, Switzerland) takılı olduğu cihazla (Minipiezon; EMS, Milano, Italy) güç ayarları ½ olacak şekilde aktivasyon sağlandı (Şekil 2.3) (Toljan et al. 2016). EDTA öncesinde 3 ml distile su irrigasyonu yapıldı. 30 sn boyunca 3 ml % 17 EDTA ve ESI uç ile aynı işlem tekrarlandı.



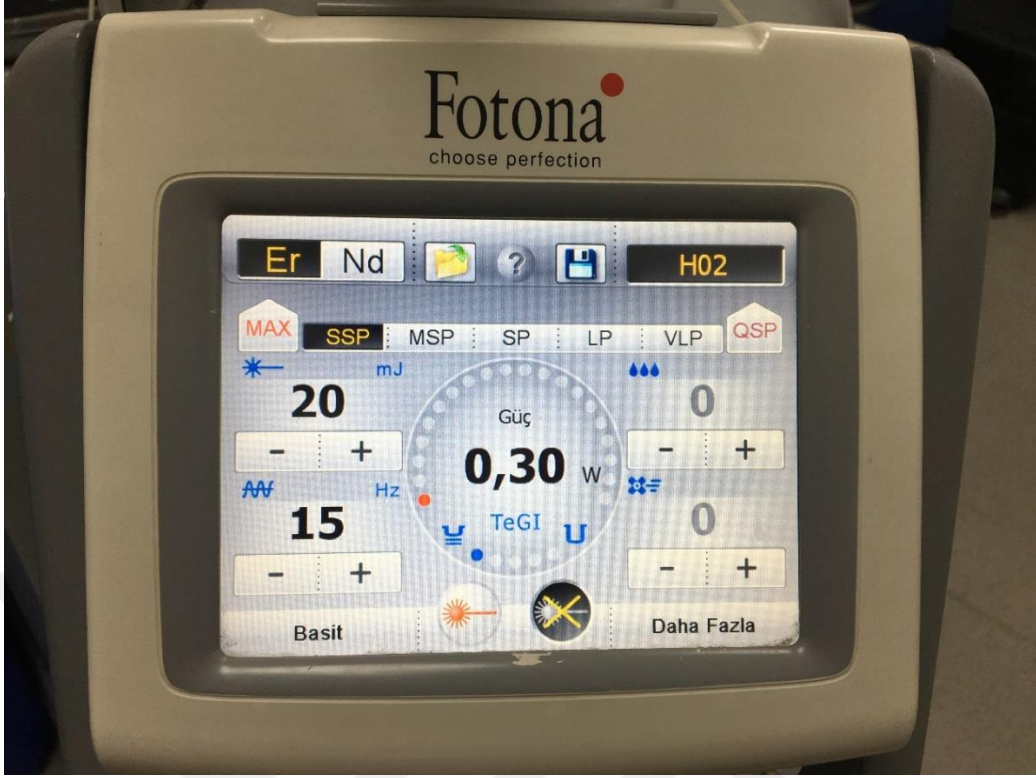
Şekil 2.3 Çalışmamızda kullanılan pasif ultrasonik sistem

Grup 3 (EndoVac); 3 ml % 5 NaOCl, 30 sn süreyle EndoVac sistemine ait mikrokanül ile çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde apikalden negatif basınçlı irrigasyon tamamlandı (Şekil 2.4). 3 ml distile su irrigasyonu sonrasında aynı işlem 3 ml % 17 EDTA ile 30 sn süresince tekrarlandı.



Şekil 2.4 EndoVac irrigasyon sistemi

Grup 4 (ER:YAG); 2940nm dalga boyunda ER:YAG lazerin (LightWalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenia) ucuna takılan 300 µm çapındaki PIPS ucu üretici firmanın da tavsiye ettiği gibi 0.3 W, 20 mJ ve 15 Hz parametreleri ile kullanıldı (Şekil 2.5). 30 sn boyunca 3 ml % 5 NaOCl ile kanal irrigasyonu yapılırken aktivasyon boyunca PIPS fiber optik ucu kök kanalının koronal kısmına yerleştirildi (Şekil 2.6). 3 ml distile su ile irrigasyon yapıldıktan sonra aynı işlem 3 ml % 17 EDTA ile 30 sn boyunca tekrarlandı.

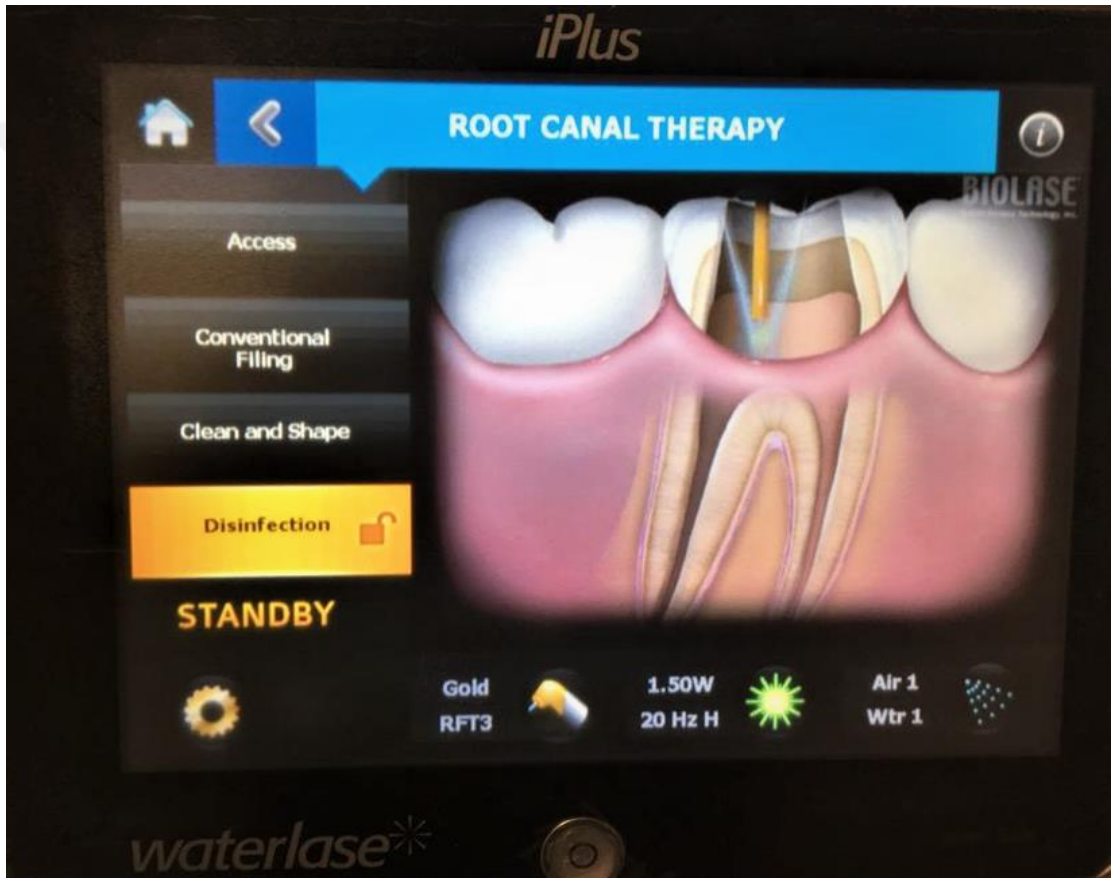


Şekil 2.5 Çalışmamızda kullanılan ER;YAG lazer parametreleri



Şekil 2.6 Çalışmamızda kullanılan PIPS fiber optik uç

Grup 5 (Er,Cr:YSGG); 2780 nm dalda boyundaki Er,Cr:YSGG lazer (Waterlase MD, Biolase Technology, Inc., Irvine, CA, USA) 320 µm çapındaki RFT3 uç ile 1.5 W, 20 Hz parametreleri ile uygulandı (Şekil 2.7). Sırasıyla NaOCl ve EDTA solüsyonları 30 sn süreyle lazer aktivasyonu eşliğinde 3'er ml uygulandı. Arada 3 ml distile su irrigasyonu yapıldı. Aktivasyon boyunca RFT3 ucu, çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olarak konumlandırıldıktan sonra kanal ağzına doğru 2 mm/sn hızla kesintisiz dairesel hareketlerle uygulandı (Şekil 2.8).



Şekil 2.7 Çalışmamızda kullanılan Er,Cr:YSGG lazer parametreleri



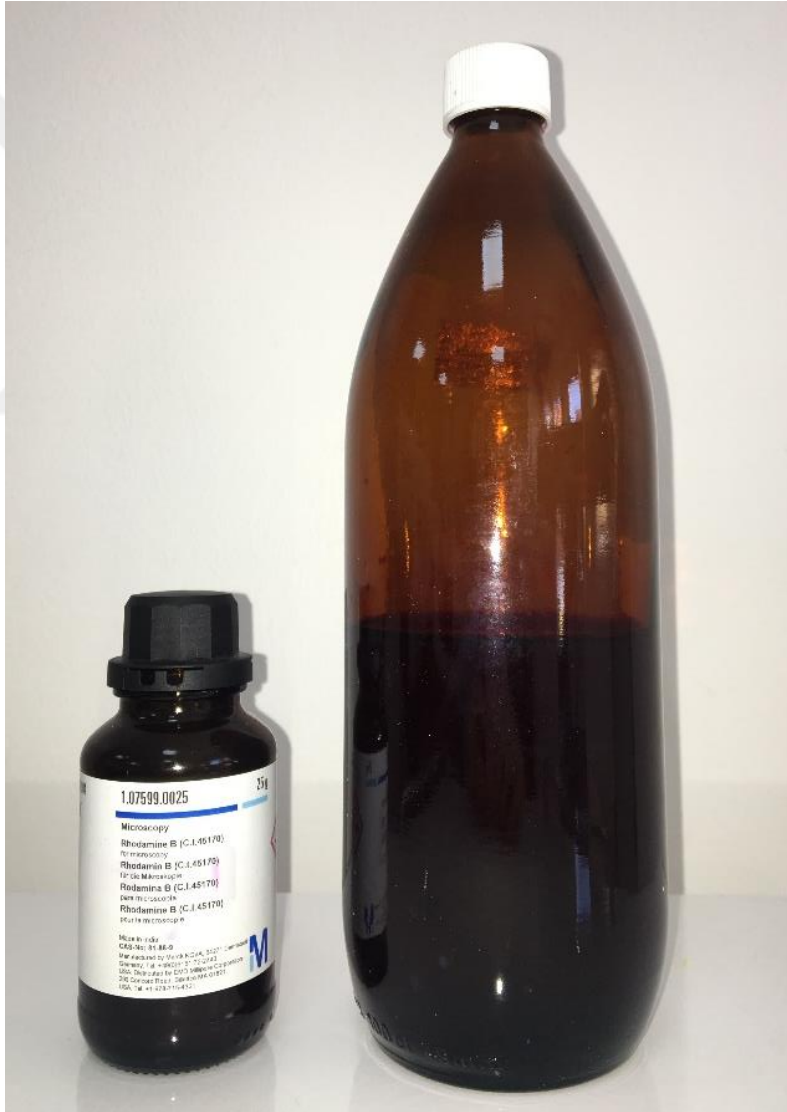
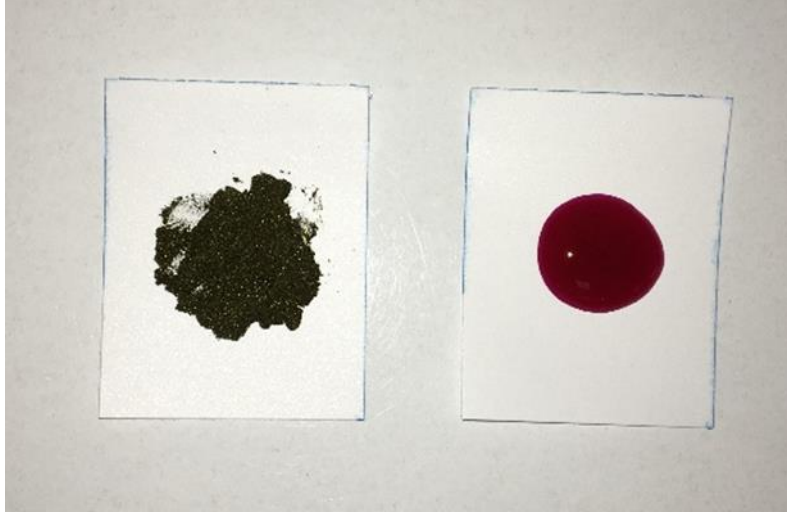
Şekil 2.8 Çalışmamızda kullanılan RFT3 uç

Son olarak tüm dişlerin kök kanalları 3 ml distile su ile yıkandı. Ana konlar çalışma boyunca yerleştirildi, tug back hissi alınarak uyumluluğu kontrol edildi.

Her bir deney grubu kullanılan kök kanal dolgu patına göre 2 alt gruba (n=10) ayrıldı. Grup a'da rezin içerikli kök kanal dolgu patı olan AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) ve Grup b'de biyoseramik esaslı TotalFill BC (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, Switzerland) kök kanal dolgu patı kullanıldı. Kök kanal dolgu patları, üretici firmaların önerdiği şekilde hazırlandı ve floresan görüntü vermesi için % 0.1 oranında Rodamin B (İnterlab Laboratuvar Ürünleri San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye) ile işaretlendi (Şekil 2.9). Kanal dolgu patları, kök kanalı içine 30# lentülo yardımıyla yerleştirildi.

Grup a; 40/.06 F4# guta perkayı rezin içerikli kök kanal dolgu patı olan AH Plus'a bulayarak tek kon yöntemiyle kök kanal dolgusu tamamlandı.

Grup b; 40/.06 F4# guta perkayı biyoseramik esaslı TotalFill BC kök kanal dolgu patına bulayarak tek kon yöntemiyle kök kanal dolgusu yapıldı.

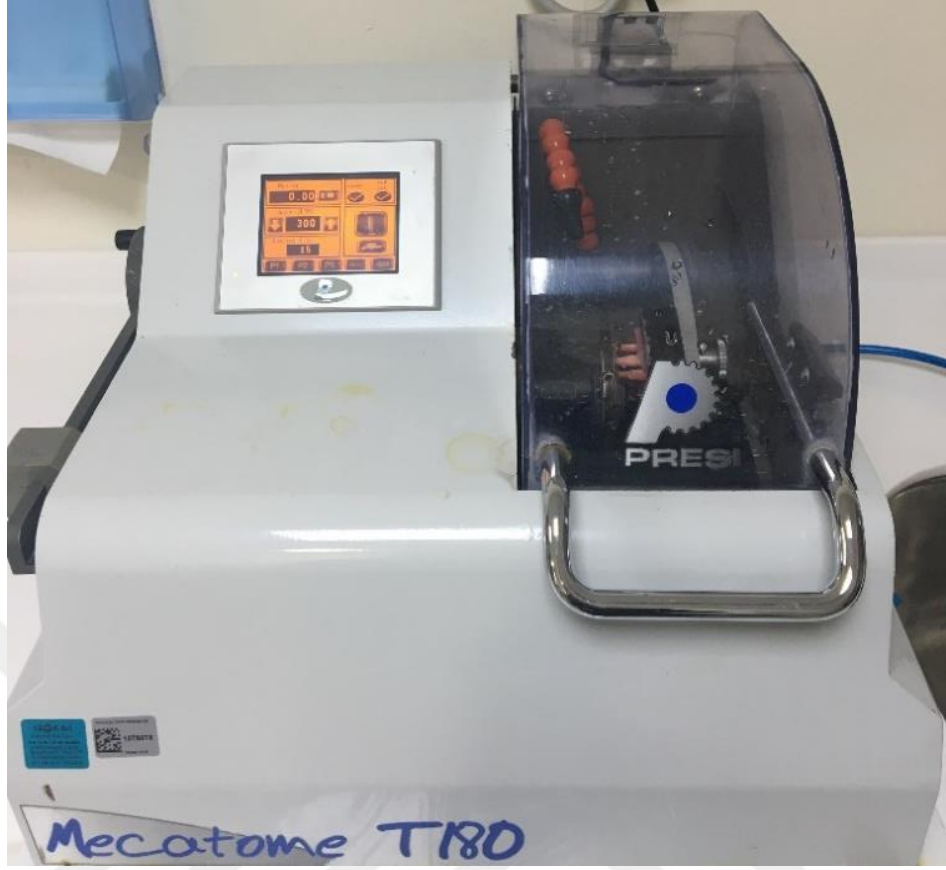


Şekil 2.9 Rhodamin B toz ve % 0.1'lik hazırlanmış hali

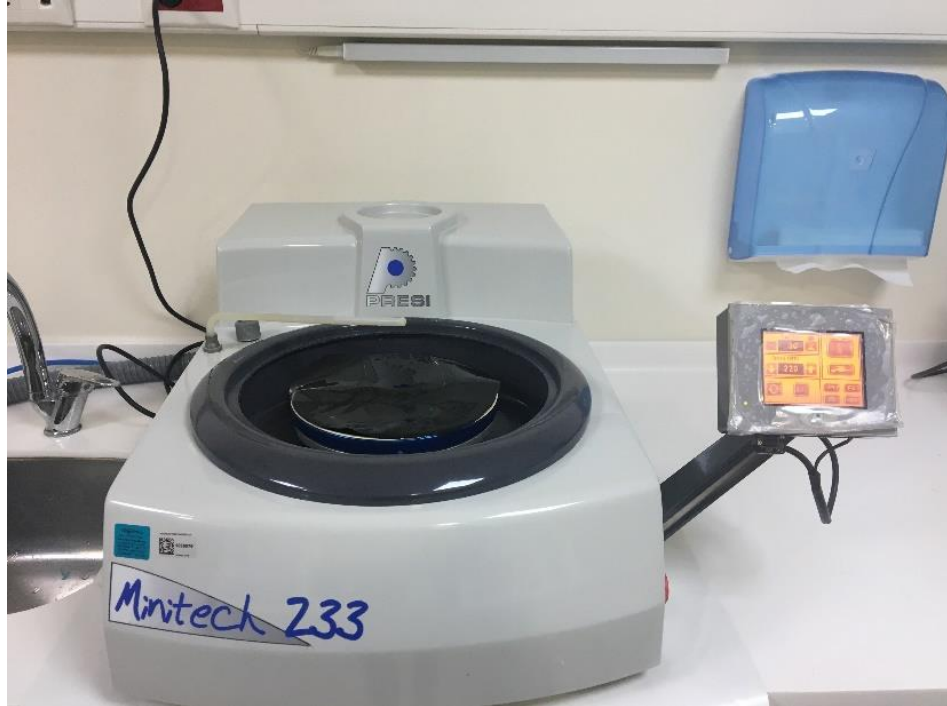
Guta perkaların fazla kısımları, ısıtılmış ekskavatör yardımıyla mine-sement sınırının 1 mm altında olacak şekilde uzaklaştırıldı. Plugger yardımıyla kök kanal dolgusu vertikal olarak kondanse edildi. Giriş kavitesinde bulunan pat fazlalıkları alkollü pamuk yardımıyla temizlendi. Giriş kaviteleri geçici dolgu maddesi (Coltosol® F; Coltène Whaledent, Langenau, Germany) ile restore edildi. Dişler, kök kanal dolgu patlarının sertleşmesi için 37°C’de % 100 nemli ortamda 1 hafta boyunca inkübatörde bekletildi.

2.3.2 Örneklerin Hazırlanması

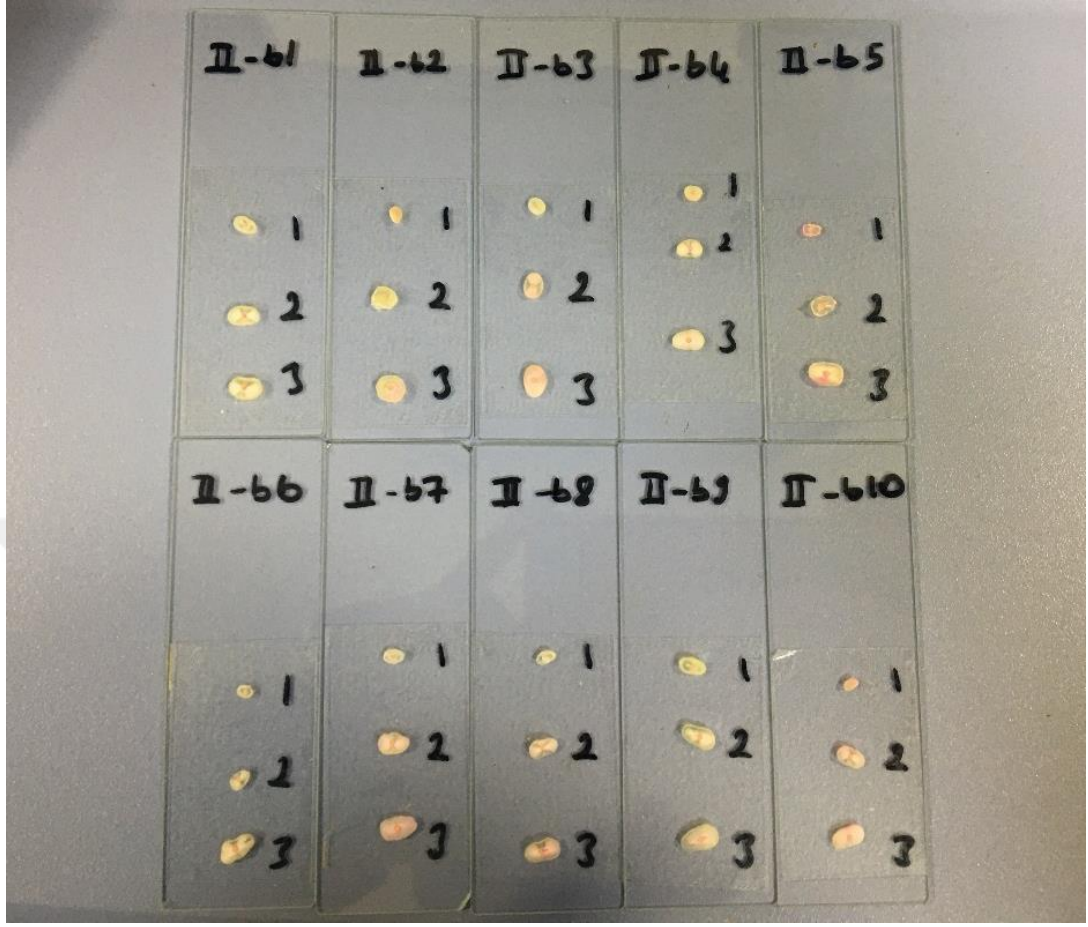
Kök kanal dolgusu yapılan dişlerden, kesme cihazı (Presi Mecatome T180; Sturbridge, USA) (Şekil 2.10) ile düşük hızda dönen 0,4 mm kalınlığında elmas diskler yardımıyla, su soğutması altında köklerin apikal kısmından 2, 5 ve 8 mm uzaklıktan yaklaşık 1 mm yüksekliğinde enine kesitler alındı. Alınan kesitlerden pürüzsüz bir yüzey elde etmek amacıyla silikon karbid zımpara ile sulu bir şekilde cilalandı (Presi Minitch 233; Sturbridge, USA) (Şekil 2.11) . Örnekler CLSM incelemesi için şeffaf çift taraflı bir bant yardımıyla lamalar üzerine sabitlendi (Şekil 2.12).



Şekil 2.10 Kesme Cihazı



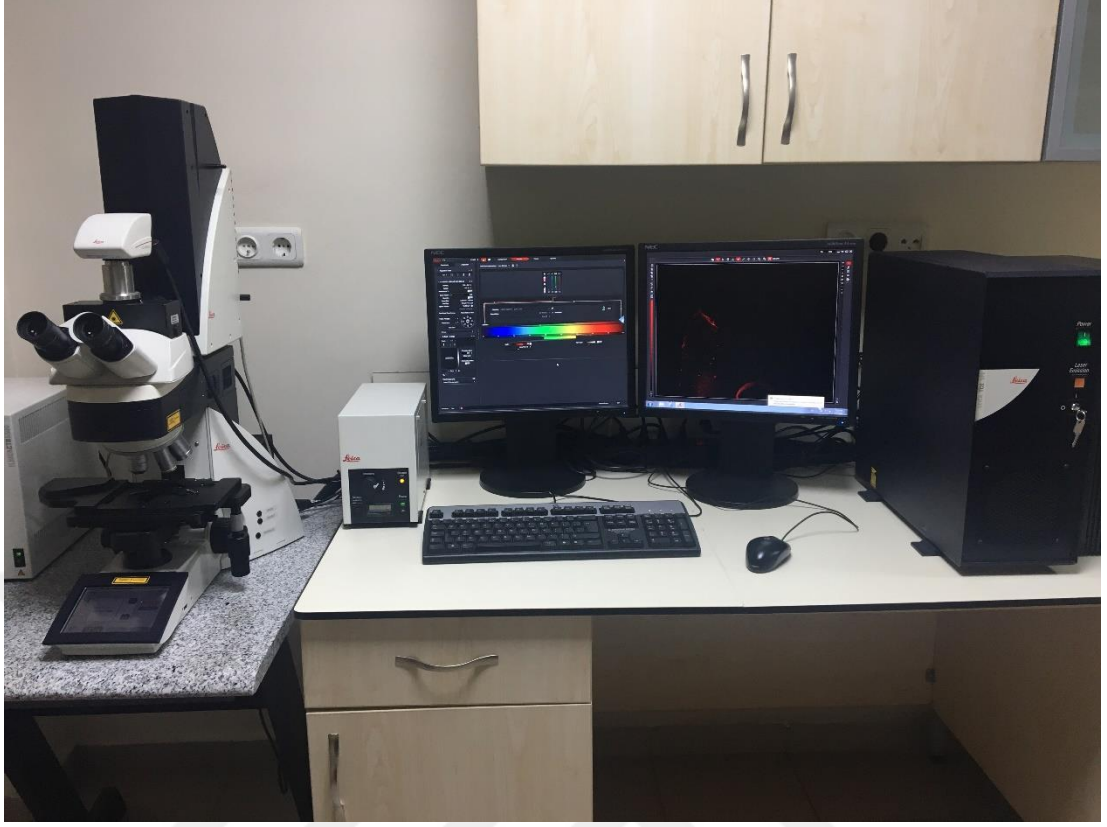
Şekil 2.11 Polisaj Cihazı



Şekil 2.12 CLSM incelemesi için hazırlanan örnekler

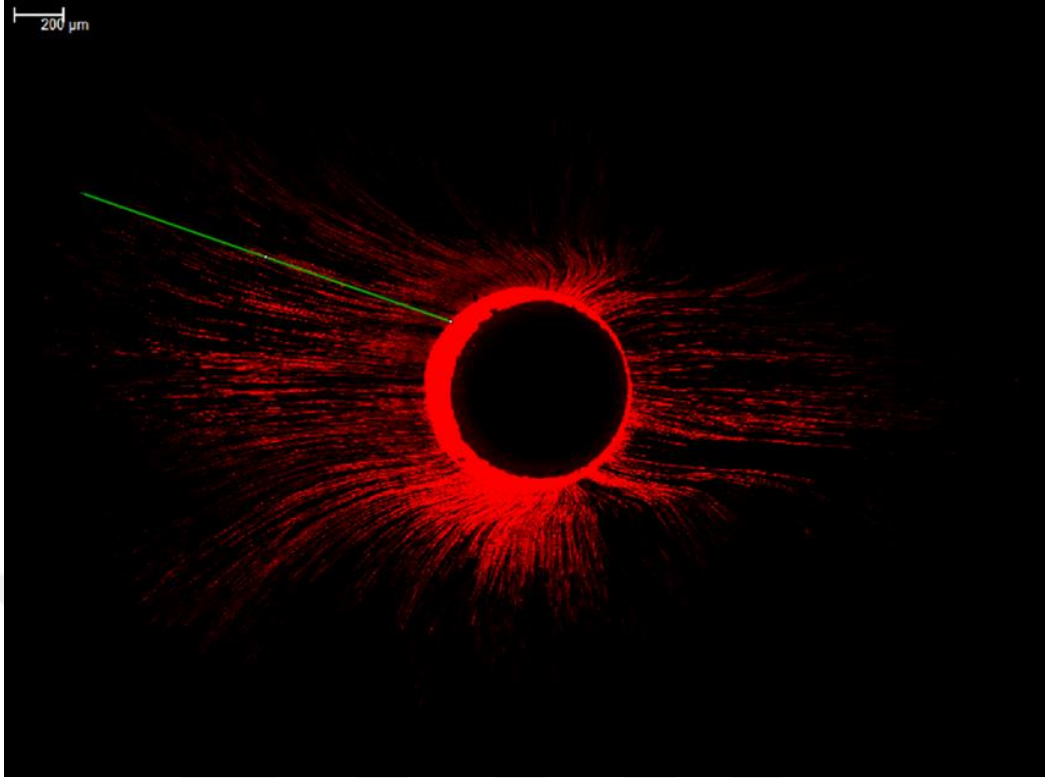
2.3 Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM) İle Patların Dentin Tübül Penetrasyonunun Değerlendirilmesi

Örneklerden Leica TCS-SPE Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM) (Leica, Mannheim, Germany) ile görüntüler elde edildi (Şekil 2.13). Görüntüler, 565-605 dalga boyu kullanılarak x10 büyütme ile 512x512 çözünürlükte kaydedildi. Örnekler tek bir görüntü üzerinde incelenemediğinde, görüntüler parça parça alınıp, Photoshop programı (Adobe Systems, Inc., San Jose, CA) yardımıyla birleştirilerek tek bir görüntü elde edildi. Her görüntü üzerine 200 µm'lik ölçek yerleştirildi. Dijital görüntüler ImageJ (ImageJ software, NIH) programına aktarıldı.

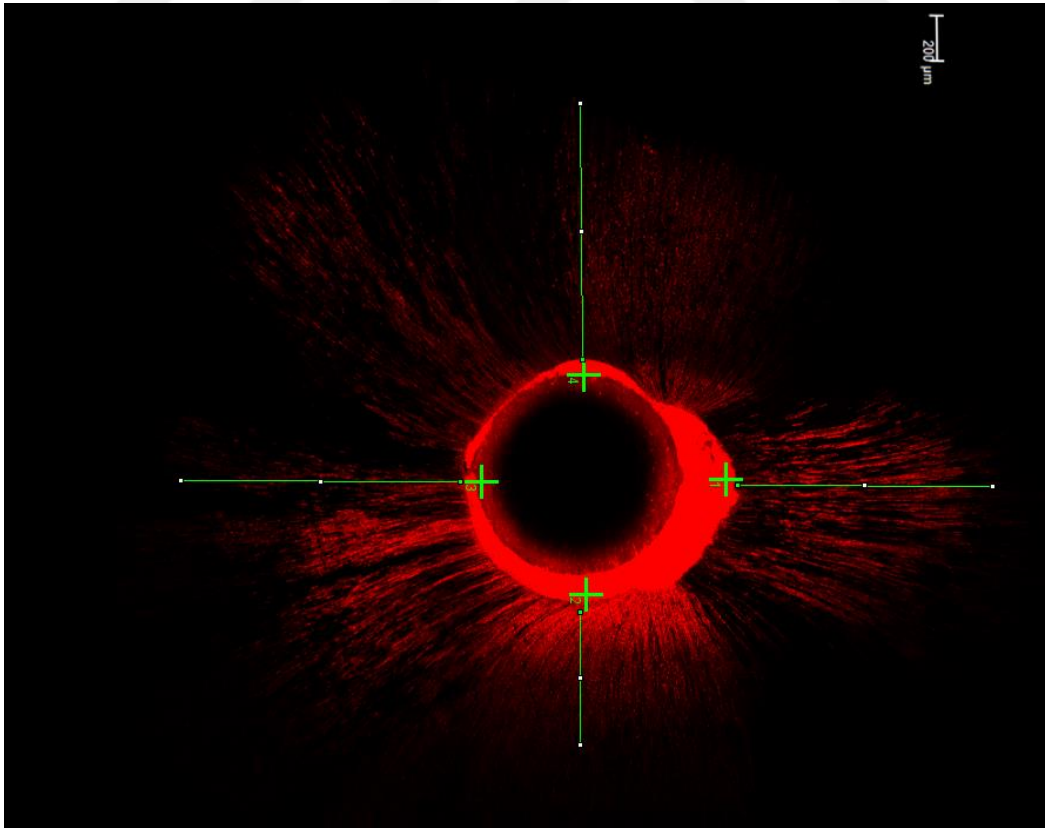


Şekil 2.13 Kesitlerin incelendiği lazer taramalı konfokal mikroskop

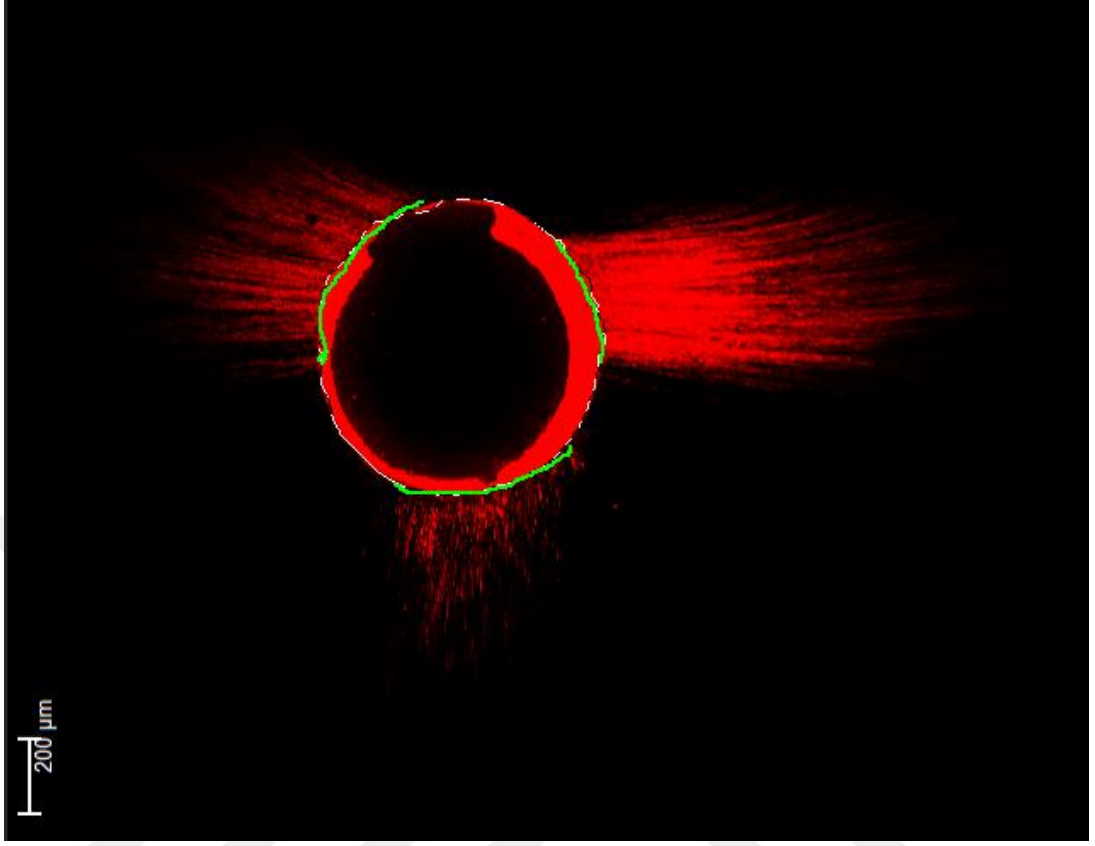
Maksimum penetrasyon derinliği, kanal duvarı ile en uzak kanal dolgu patının penetrasyonunun olduğu nokta arasındaki mesafenin ölçülmesi ile hesaplandı (Kara Tuncer ve Tuncer 2012; Generali et al. 2017) (Şekil 2.14). Ortalama penetrasyon derinliği belirlenirken görüntü üzerinde, kanal çevresinde dört sabit nokta seçildi ve kanal duvarı ile kanal dolgu patı penetrasyonunun sonlandığı kısım arası ölçüldü. Dört uzunluğun ortalaması alınarak hesaplama yapıldı (Gharib et al. 2007) (Şekil 2.15). Penetrasyon yüzdesi, patların kanal duvarında penetre olduğu bölgelerin uzunlukları toplamının, kanal çevresine oranlanarak yüzle çarpılmasıyla hesaplandı (Gharib et al. 2007) (Şekil 2.16). Penetrasyon alanı, patın penetre olduğu bölgelerin etrafının çizilerek ölçüldüğü alandan, kanal çevresinin çizilerek ölçüldüğü alanın çıkarılması ile hesaplandı (Eymirli ve ark. 2019) (Şekil 2.17).



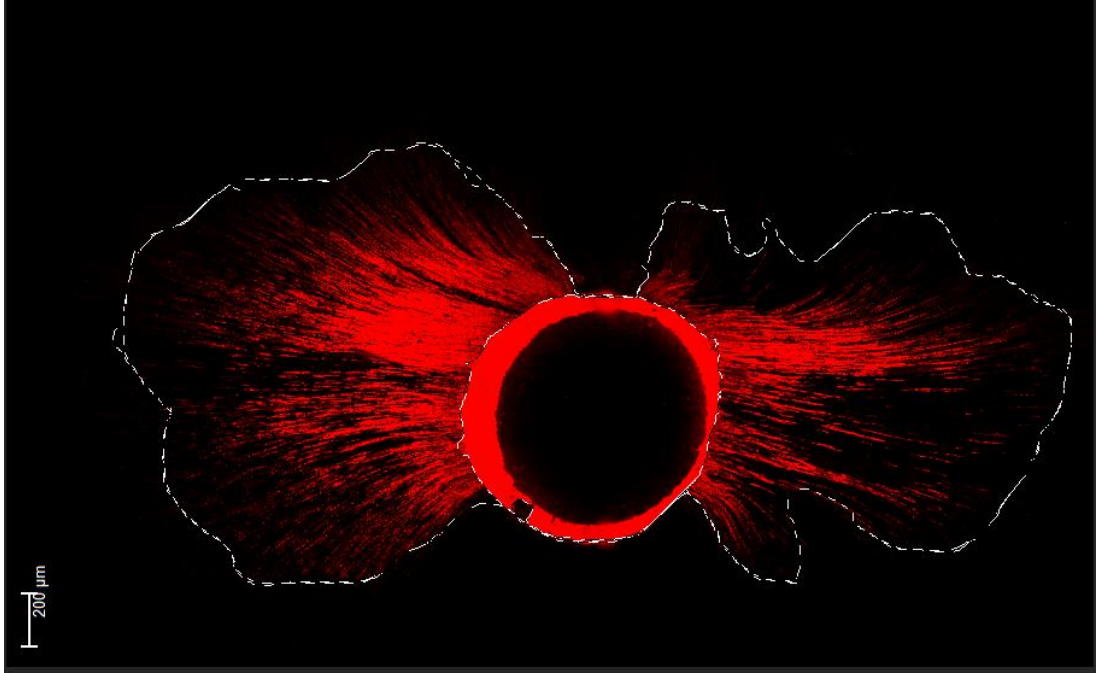
Şekil 2.14 Maksimum penetrasyon derinliğinin ölçülmesi



Şekil 2.15 Ortalama penetrasyon derinliğinin ölçülmesi



Şekil 2.16 Penetrasyon yüzdesinin hesaplanması



Şekil 2.17 Penetrasyon alanının hesaplanması

2.4 Verilerin İstatistiksel Analizi

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Çalışma verileri parametrelerinin, irrigasyon aktivasyon grupları arasındaki karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden olan grubun tespitinde Dunn's testi kullanılmıştır. Parametrelerin, kanal dolgu patı grupları arasındaki karşılaştırmalarında Mann Whitney U test kullanılmıştır. Parametrelerin, grup içi karşılaştırmalarında ise Friedman Testi ve post hoc Wilcoxon işaret testi kullanılmıştır. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

3.BULGULAR

AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarının, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanılmasının ardından dentin tübüllerindeki maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanları olarak dört farklı yöntemle değerlendirilip aşağıda sunulmuştur.

3.1 Maksimum penetrasyon derinliğinin değerlendirilmesi

İrrigasyon aktivasyon yöntemleri ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları

	AH Plus Ort±SS	Totalfill BC Ort±SS
Maksimum penetrasyon derinliği	1235,74±714,16 ^a	1374,37±665,76 ^a

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarının maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Kanal dolgu patları ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.2’de gösterilmektedir.

Tablo 3.2 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları

	Kontrol Ort±SS	PUI Ort±SS	EndoVac Ort±SS	Er:YAG Ort±SS	Er,Cr;YSGG Ort±SS
Maks. pen.	1146,9±673,94 ^a	1311,99±691,94 ^a	1349,24±744,1 ^a	1359,47±643,1 ^a	1357,68±705,87 ^a

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir (p>0.05).

Kanal dolgu patları ve irrigasyon aktivasyon yöntemleri gözardı edildiğinde çalışmada değerlendirilen bölgeler arasında maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.3’de gösterilmektedir.

Tablo 3.3 Bölgeler arasında maksimum penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları

	Apikal Ort±SS	Orta Ort±SS	Koronal Ort±SS
Maksimum penetrasyon derinliği	642,84±405,11 ^a	1371,88±533,28 ^b	1900,45±441,83 ^c

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

Bölgeler, maksimum penetrasyon derinlikleri açısından karşılaştırıldığında tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır (p:0.000; p<0.05). En yüksek maksimum penetrasyon derinliği koronalde görülürken en düşük maksimum penetrasyon derinliği apikalde görülmüştür.

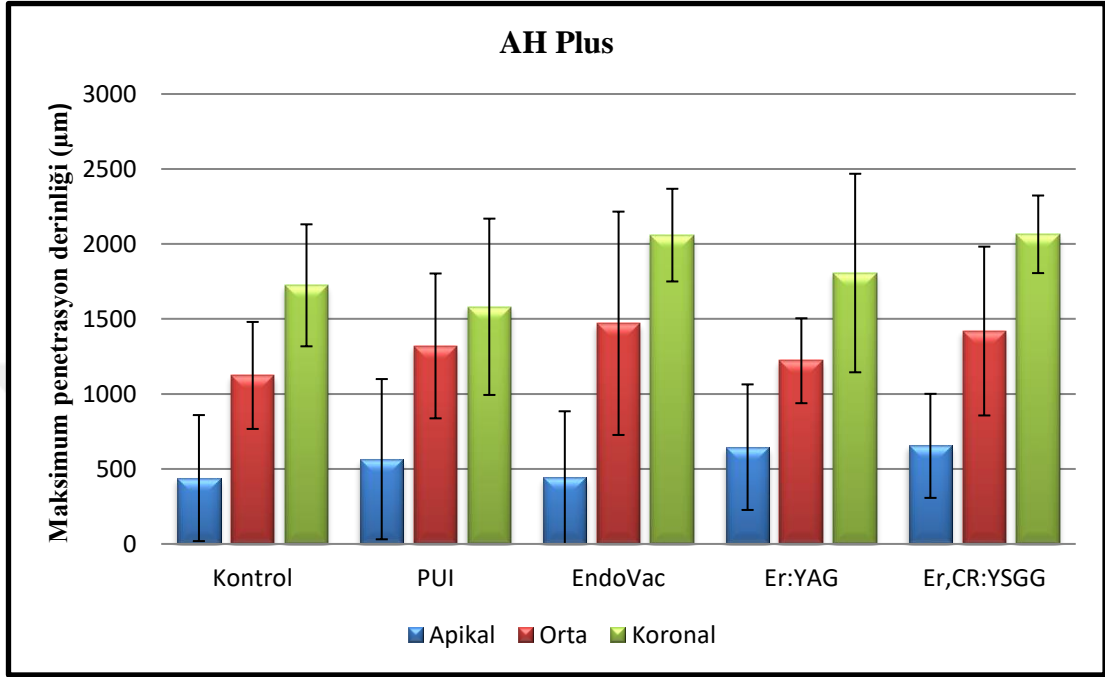
Tüm gruplardaki örneklerin CLSM ile görüntülenmesi sonrasında yapılan maksimum penetrasyon derinliğinin hesaplanmasıyla belirlenen değerlerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.4’de gösterilmektedir.

Tablo 3.4. Maksimum penetrasyon derinliği (μm) değerlendirilmesi

		Kontrol	PUI	EndoVac	Er:YAG	Er,CR:YSGG	¹ p
		Ort\pmSS	Ort\pmSS	Ort\pmSS	Ort\pmSS	Ort\pmSS	
AH Plus	Apikal	439,12 \pm 420,19 ^{a,A}	565,18 \pm 534,26 ^{a,A}	441,45 \pm 443,1 ^{a,A}	645,18 \pm 418,65 ^{a,A}	653,89 \pm 346,95 ^{a,A}	0,402
	Orta	1123,53 \pm 356,7 ^{a,B}	1320,37 \pm 482,96 ^{a,B}	1471,17 \pm 744,59 ^{a,B}	1221,49 \pm 283,07 ^{a,B}	1419,44 \pm 562,89 ^{a,B}	0,358
	Koronal	1724,4 \pm 406,72 ^{ab,C}	1581,1 \pm 587,77 ^{b,B}	2058,99 \pm 308,99 ^{a,C}	1806,25 \pm 661,9 ^{ab,C}	2064,55 \pm 258,66 ^{a,C}	0,039*
² p		0,000*	0,000*	0,000*	0,002*	0,000*	
TotalFill BC	Apikal	596,07 \pm 276,53 ^{a,A}	716,86 \pm 377,53 ^{a,A}	780,53 \pm 460,43 ^{a,A}	924,15 \pm 354,78 ^{a,A}	665,99 \pm 279,77 ^{a,A}	0,405
	Orta	1309,17 \pm 791,34 ^{a,B}	1572,43 \pm 452,08 ^{a,B}	1340,55 \pm 407,54 ^{a,B}	1563,09 \pm 503,2 ^{a,B}	1377,49 \pm 604,65 ^{a,B}	0,593
	Koronal	1689,11 \pm 429,87 ^{a,B}	2116 \pm 200,58 ^{a,C}	2002,77 \pm 282,06 ^{a,C}	1996,63 \pm 347,97 ^{a,C}	1964,7 \pm 516,82 ^{a,C}	0,136
² p		0,003*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p < 0.05$). Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p < 0.05$).

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda maksimum penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



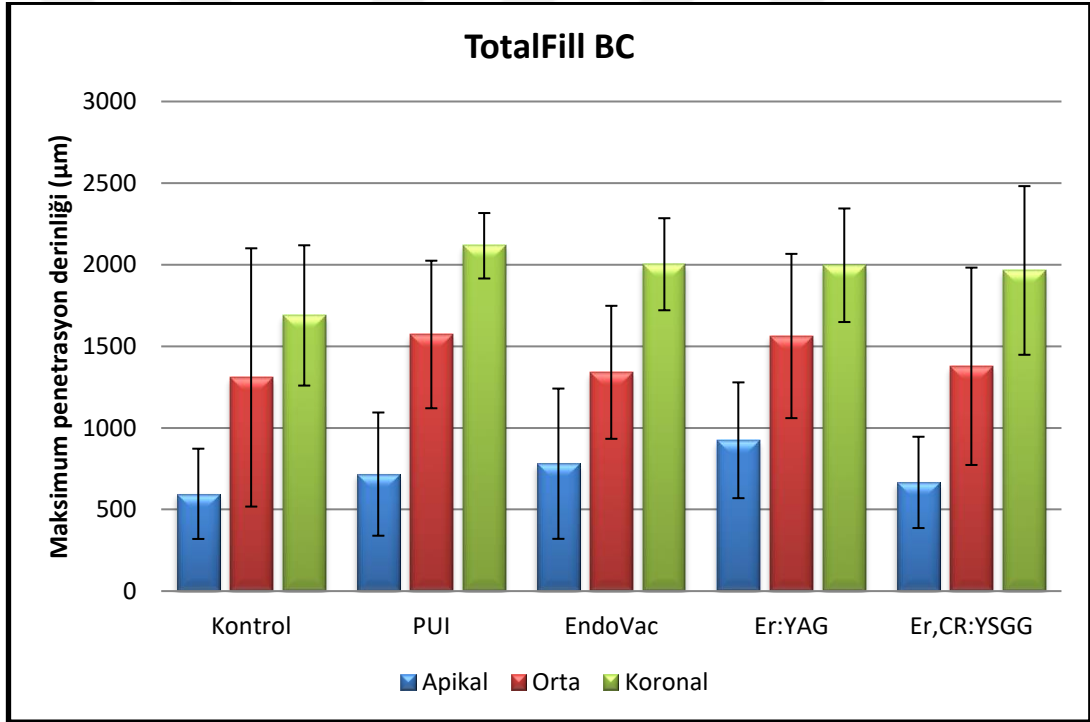
Şekil 3.1 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda maksimum penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük maksimum penetrasyon derinliği Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek maksimum penetrasyon derinliği ise Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan, apikal ve orta bölgelerdeki maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Koronal bölgede ise maksimum penetrasyon derinlikleri açısından irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.039$; $p<0.05$). EndoVac ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarının koronal bölgedeki maksimum penetrasyon derinliği, PUI grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p_1:0.010$; $p_2:0.010$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

AH Plus kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), PUI grubunda orta ve koronal bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da ($p>0.05$), bu iki bölgenin maksimum penetrasyon derinlikleri apikal bölgenin maksimum penetrasyon derinliğinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p_1:0.005$; $p_2:0.005$; $p<0.05$). Kontrol ve diğer irrigasyon aktivasyon yöntemleri kullanılan grupların tümünde apikal, orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda maksimum penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmasının grafiksel görünümü Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 TotalFill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda maksimum penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük maksimum penetrasyon derinliği Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek maksimum penetrasyon derinliği ise PUI grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

TotalFill BC kanal dolgu patı kullanılan, apikal, orta ve koronal bölgelerdeki maksimum penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), Kontrol grubunda, orta ve koronal bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da ($p>0.05$), bu iki bölgenin maksimum penetrasyon derinlikleri apikal bölgenin maksimum penetrasyon derinliğinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p_1:0.047$; $p_2:0.005$; $p<0.05$). Diğer irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanıldığı grupların tümünde apikal, orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

3.2 Ortalama Penetrasyon Derinliğinin Değerlendirilmesi

İrrigasyon aktivasyon yöntemleri ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.5’de gösterilmektedir.

Tablo 3.5 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmaları

	AH Plus Ort±SS	Totalfill BC Ort±SS
Ortalama penetrasyon derinliği	701,81±478,08 ^a	810,44±486,1 ^a

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarının ortalama penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$).

Kanal dolgu patları ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.6’da gösterilmektedir.

Tablo 3.6 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmaları

	Kontrol	PUI	EndoVac	Er:YAG	Er,Cr;YSGG
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Ort. Pen.	521,88±375,49 ^a	752,33±481,19 ^{ab}	824,9±522,75 ^b	855,53±448,19 ^b	825,98±516,34 ^b

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin, ortalama penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.001$; $p<0.05$). Kontrol grubunun ortalama penetrasyon derinliği, EndoVac, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p_1:0.009$; $p_2:0.002$; $p_3:0.010$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kanal dolgu patları ve irrigasyon aktivasyon yöntemleri gözardı edildiğinde çalışmada değerlendirilen bölgeler arasında ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.7’de gösterilmektedir.

Tablo 3.7 Bölgeler arasında ortalama penetrasyon derinliği ortalama ve standart sapmaları

	Apikal Ort±SS	Orta Ort±SS	Koronal Ort±SS
Ortalama penetrasyon derinliği	318,7±257,63 ^a	767,75±359,94 ^b	1181,93±368,88 ^c

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

Bölgeler, ortalama penetrasyon derinlikleri açısından karşılaştırıldığında tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır (p:0.000; p<0.05). En yüksek ortalama penetrasyon derinliği koronalde görülürken en düşük ortalama penetrasyon derinliği apikalde görülmüştür.

Tüm gruptaki örneklerin CLSM ile görüntülenmesi sonrasında yapılan ortalama penetrasyon derinliğinin hesaplanmasıyla belirlenen değerlerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.8’de gösterilmektedir.

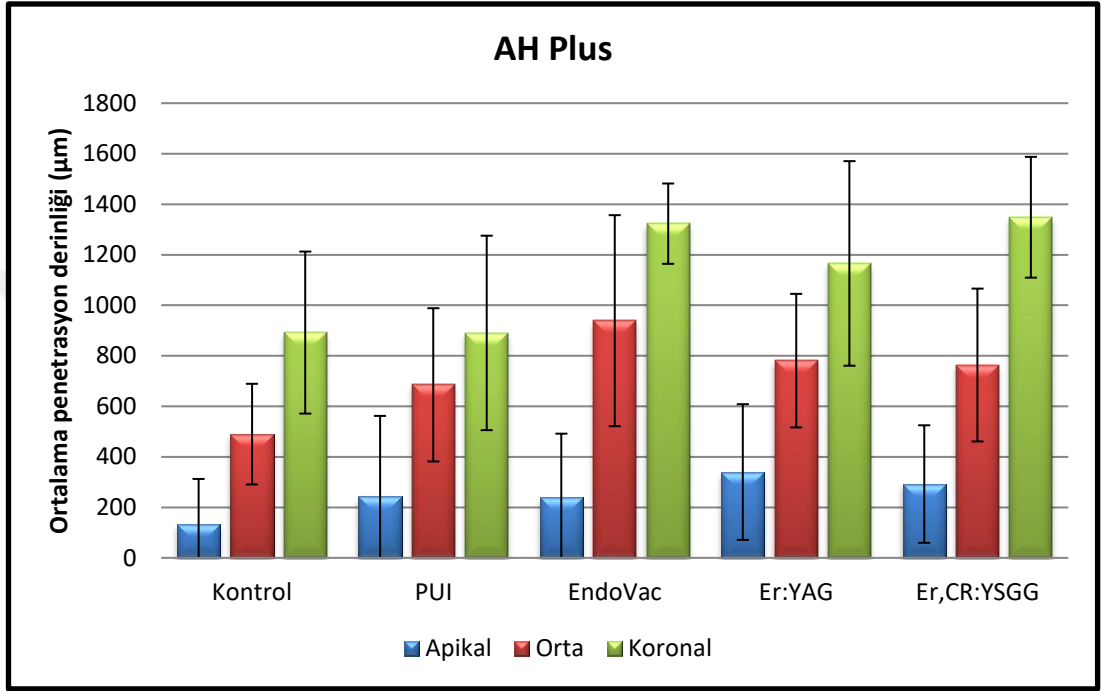
Tablo 3.8. Ortalama penetrasyon derinliği (μm) değerlendirilmesi

	Kontrol	PUI	EndoVac	Er:YAG	Er,CR:YSGG	¹ p	
	Ort\pmSS	Ort\pmSS	Ort\pmSS	Ort\pmSS	Ort\pmSS		
AH Plus	Apikal	134,6 \pm 177,8 ^{a,A}	243,25 \pm 318,69 ^{a,A}	240,4 \pm 251,19 ^{a,A}	339,6 \pm 268,65 ^{a,A}	292,1 \pm 232,64 ^{a,A}	0,232
	Orta	489,8 \pm 199,27 ^{a,B}	684,9 \pm 303,41 ^{ab,B}	939 \pm 417,76 ^{b,B}	780,7 \pm 264,49 ^{b,B}	763,4 \pm 302,58 ^{b,B}	0,011*
	Koronal	891,8 \pm 320,77 ^{a,C}	890,5 \pm 384,95 ^{ac,C}	1323,1 \pm 158,98 ^{b,C}	1165,6 \pm 405 ^{bc,C}	1348,4 \pm 239,13 ^{bc,C}	0,002*
	² p	0,001*	0,000*	0,000*	0,002*	0,000*	
TotalFill BC	Apikal	220,8 \pm 127,08 ^{a,A}	352 \pm 219,24 ^{ab,A}	377,5 \pm 286,63 ^{ab,A}	606,4 \pm 253,25 ^{b,A}	380,3 \pm 181,81 ^{ab,A}	0,025*
	Orta	571,5 \pm 338,24 ^{a,B}	963 \pm 316,41 ^{a,B}	706,2 \pm 385,65 ^{a,B}	944 \pm 401,29 ^{a,B}	835 \pm 421,73 ^{a,B}	0,078
	Koronal	822,8 \pm 309,21 ^{a,C}	1380,3 \pm 219,49 ^{b,C}	1363,2 \pm 260,39 ^{b,C}	1296,9 \pm 287,4 ^{b,C}	1336,7 \pm 446,2 ^{b,C}	0,007*
	² p	0,002*	0,000*	0,000*	0,001*	0,002*	

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p < 0.05$).

Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p < 0.05$).

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü Şekil 3.3'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

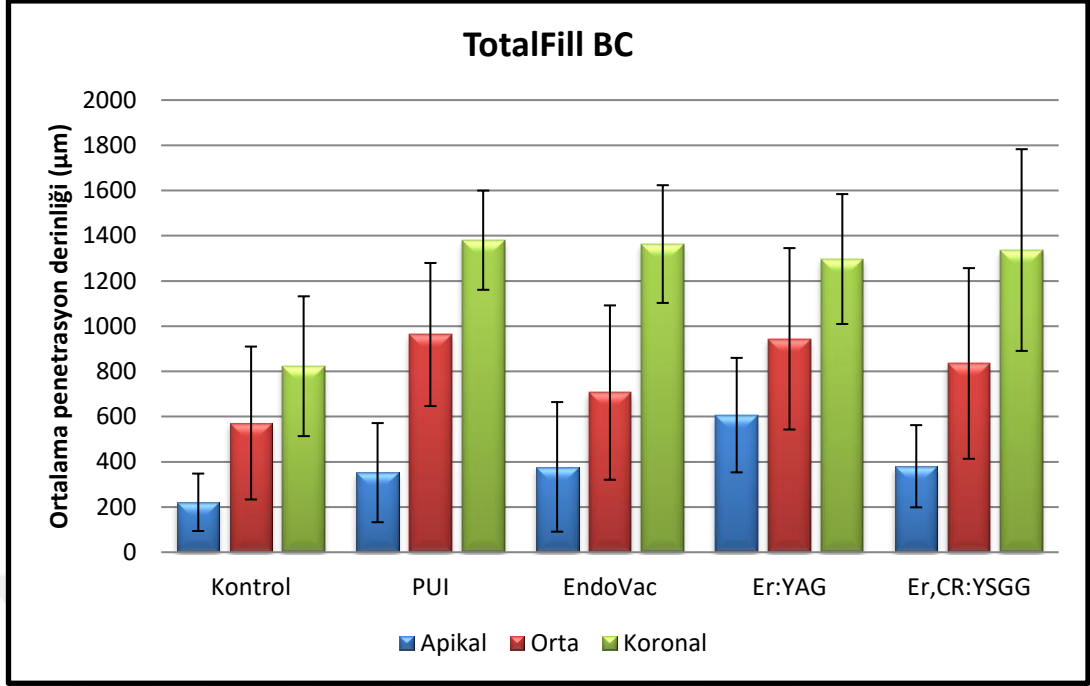
AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük ortalama penetrasyon derinliği Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek ortalama penetrasyon derinliği ise Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan, apikal bölgelerdeki ortalama penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Orta bölgede ise ortalama penetrasyon derinlikleri açısından irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.011$; $p<0.05$). Kontrol grubu ile PUI grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$),

diğer irrigasyon aktivasyon gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p_1:0.007$; $p_2:0.026$; $p_3:0.011$; $p<0.05$). PUI grubu ile diğer aktivasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Koronal bölgede ortalama penetrasyon derinlikleri açısından irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.002$; $p<0.05$). Kontrol grubunun, PUI grubu ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmazken ($p>0.05$), diğer aktivasyon gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p_1:0.023$; $p_2:0.041$; $p_3:0.034$; $p<0.05$). EndoVac grubunun koronal bölgedeki ortalama penetrasyon derinliği, PUI grubundan anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p:0.041$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

AH Plus kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), Kontrol ve diğer irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanıldığı grupların tümünde apikal, orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda ortalama penetrasyon derinliğinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük ortalama penetrasyon derinliği Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek ortalama penetrasyon derinliği ise PUI grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

TotalFill BC kanal dolgu patı kullanılan, apikal bölgedeki ortalama penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.025$; $p<0.05$). Er:YAG lazer aktivasyon grubunun apikal bölgedeki ortalama penetrasyon derinliği, Kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunurken ($p:0.010$; $p<0.05$), diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Orta bölgedeki ortalama penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Koronal bölgedeki ortalama penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.007$; $p<0.05$). Kontrol grubunun koronal bölgedeki ortalama penetrasyon derinliği, diğer bütün irrigasyon aktivasyon

gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p_1:0.023$; $p_2:0.039$; $p_3:0.012$; $p_4:0.013$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), bütün gruplarda apikal, orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

3.3 Dentin tübül penetrasyon yüzdesinin değerlendirilmesi

İrrigasyon aktivasyon yöntemleri ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.9’da gösterilmektedir.

Tablo 3.9 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları

	AH Plus Ort±SS	Totalfill BC Ort±SS
Penetrasyon yüzdesi	69,89±32,3 ^a	67,28±31,94 ^a

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarının penetrasyon yüzdesi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kanal dolgu patları ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.10’da gösterilmektedir.

Tablo 3.10 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları

	Kontrol	PUI	EndoVac	Er:YAG	Er,Cr;YSGG
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Pen. Yüzdesi	48,83±30,05 ^a	65,46±32,20 ^{ab}	72,20±30,83 ^b	78,97±27,28 ^b	77,38±31,25 ^b

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$). Kontrol grubunun penetrasyon yüzdesi, EndoVac, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p_1:0.001$; $p_2:0.000$; $p_3:0.000$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kanal dolgu patları ve irrigasyon aktivasyon yöntemleri gözardı edildiğinde çalışmada değerlendirilen bölgeler arasında penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.11’de gösterilmektedir.

Tablo 3.11 Bölgeler arasında penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları

	Apikal	Orta	Koronal
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Penetrasyon yüzdesi	42,75±31,02 ^a	73,09±24,94 ^b	89,65±19,72 ^c

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Bölgeler, penetrasyon yüzdesi açısından karşılaştırıldığında tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$). En yüksek penetrasyon yüzdesi koronalde görülürken en düşük penetrasyon yüzdesi apikalde görülmüştür.

Tüm gruptaki örneklerin CLSM ile görüntülenmesi sonrasında yapılan penetrasyon yüzdesi hesaplanmasıyla belirlenen değerlerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.12’de gösterilmektedir.



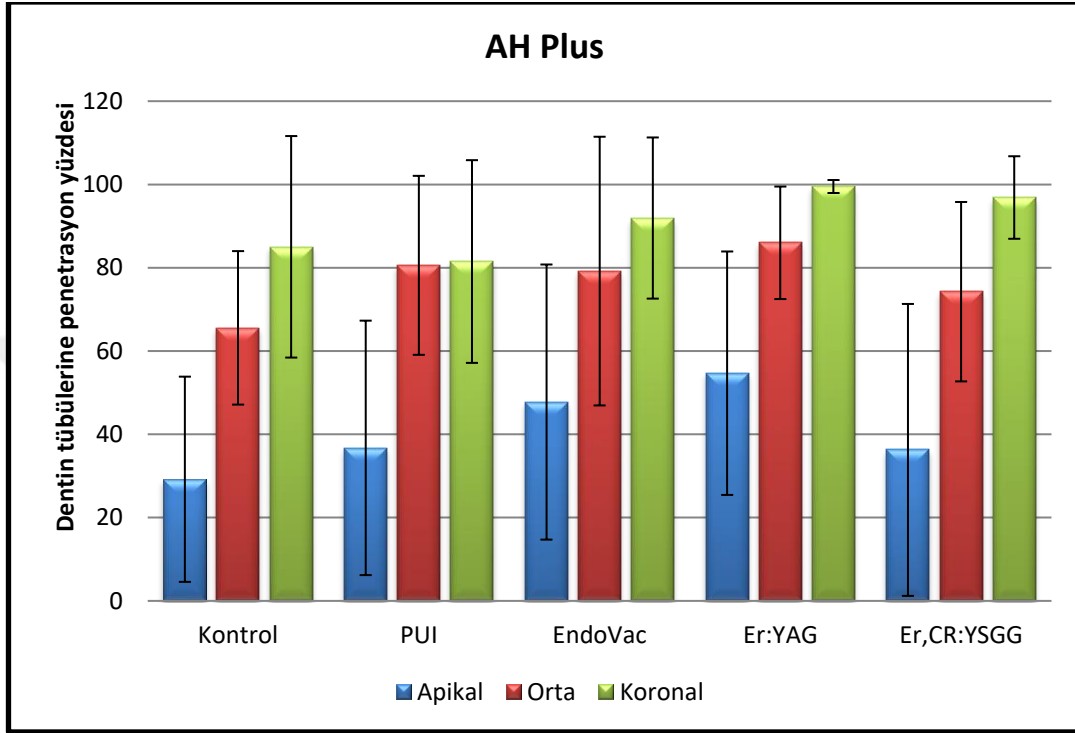
Tablo 3.12. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi değerlendirilmesi

		Kontrol	PUI	EndoVac	Er:YAG	Er,CR:YSGG	¹p
		Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	
AH Plus	Apikal	29,21±24,64 ^{a,A}	36,75±30,55 ^{a,A}	47,75±33,03 ^{a,A}	54,68±29,23 ^{a,A}	36,26±35,05 ^{a,A}	0,226
	Orta	65,57±18,43 ^{a,B}	80,58±21,49 ^{a,B}	79,2±32,26 ^{a,B}	85,99±13,51 ^{a,B}	74,25±21,54 ^{a,B}	0,151
	Koronal	85,03±26,6 ^{a,B}	81,5±24,34 ^{a,B}	91,94±19,35 ^{a,B}	99,51±1,56 ^{a,C}	96,87±9,91 ^{a,C}	0,147
	² p	0,004*	0,001*	0,000*	0,001*	0,000*	
TotalFill BC	Apikal	15,66±10,23 ^{a,A}	27,71±20,03 ^{ac,A}	41,29±24,0 ^{ab,A}	62,24±30,86 ^{bc,A}	75,31±26,32 ^{b,A}	0,000*
	Orta	42,01±14,86 ^{a,B}	71,03±21,05 ^{ab,B}	76,50±14,28 ^{ab,B}	74,15±30,79 ^{b,A}	81,61±31,85 ^{b,A}	0,004*
	Koronal	55,51±20,51 ^{a,C}	92,34±13,04 ^{b,C}	96,53±7,32 ^{b,C}	97,26±7,12 ^{b,B}	100±0 ^{b,B}	0,000*
	² p	0,000*	0,000*	0,000*	0,008*	0,013*	

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruptaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



Şekil 3.5 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruptaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

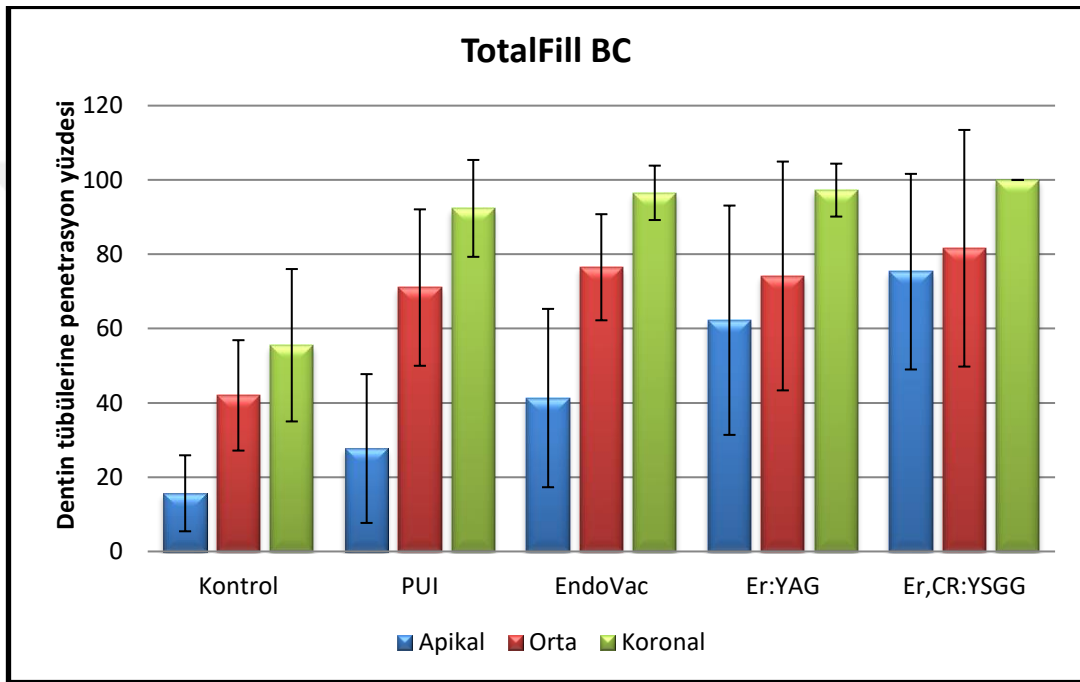
AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük penetrasyon yüzdesi Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek penetrasyon yüzdesi ise Er:YAG lazer aktivasyon grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan, apikal, orta ve koronal bölgelerdeki penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

AH Plus kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), Kontrol, PUI, EndoVac gruplarında, orta ve koronal bölgeler arasında penetrasyon yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmasa da ($p>0.05$), bu iki bölgenin penetrasyon yüzdeleri apikal bölgenin penetrasyon yüzdesinden istatistiksel olarak

anlamli derecede yuksek bulunmüstür ($p<0.05$). Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarında ise apikal, orta ve koronal bölgeler arasında penetrasyon yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük penetrasyon yüzdesi Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek penetrasyon yüzdesi ise Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

TotalFill BC kanal dolgu patı kullanılan, apikal bölgedeki penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$). Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarının apikal bölgelerdeki penetrasyon yüzdeleri, Kontrol grubundan; Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunun apikal bölgedeki penetrasyon yüzdesi ise PUI grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer

gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Orta bölgedeki penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p=0.004$; $p<0.05$). Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarının orta bölgedeki penetrasyon yüzdesi, Kontrol grubundan anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p_1:0.033$; $p_2:0.003$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Koronal bölgedeki penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$). Kontrol grubunun koronal bölgedeki penetrasyon yüzdesi, diğer irrigasyon aktivasyon gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p_1:0.002$; $p_2:0.000$; $p_3:0.000$; $p_4:0.000$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarında apikal ve orta bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da ($p>0.05$), koronal bölgelerin penetrasyon yüzdeleri apikal ve orta bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer irrigasyon aktivasyon gruplarında ise apikal, orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p<0.05$).

3.4 Dentin tübül penetrasyon alanının değerlendirilmesi

İrrigasyon aktivasyon yöntemleri ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.13’de gösterilmektedir.

Tablo 3.13 AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları

	AH Plus Ort±SS	Totalfill BC Ort±SS
Penetrasyon alanı	4,3±4,05 ^a	4,97±4,67 ^a

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarının penetrasyon alanı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05).

Kanal dolgu patları ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin penetrasyon alanı ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.14’de gösterilmektedir.

Tablo 3.14 İrrigasyon aktivasyon yöntemlerinin penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları

	Kontrol Ort±SS	PUI Ort±SS	EndoVac Ort±SS	Er:YAG Ort±SS	Er,Cr;YSGG Ort±SS
Pen. alanı	2,7±2,84 ^a	4,54±4,22 ^{ab}	5,46±4,71 ^b	4,65±3,99 ^b	5,81±5,22 (3,9) ^b

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

İrrigasyon aktivasyon yöntemleri, penetrasyon alanları açısından karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır (p:0.004; p<0.05). Kontrol grubunun penetrasyon alanı, EndoVac, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p₁:0.018; p₂:0.048; p₃:0.005; p<0.05). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05).

Kanal dolgu patları ve irrigasyon aktivasyon yöntemleri gözardı edildiğinde çalışmada değerlendirilen bölgeler arasında penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.15’de gösterilmektedir.

Tablo 3.15 Bölgeler arasında penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmaları

	Apikal Ort±SS	Orta Ort±SS	Koronal Ort±SS
Penetrasyon Alanı	0,97±1,13 ^a	4,01±2,89 ^b	8,88±4,01 ^c

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

Bölgeler, penetrasyon alanı açısından karşılaştırıldığında tüm bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır (p:0.000; p<0.05). En yüksek penetrasyon alanı koronalde görülürken en düşük penetrasyon alanı ise apikalde görülmüştür.

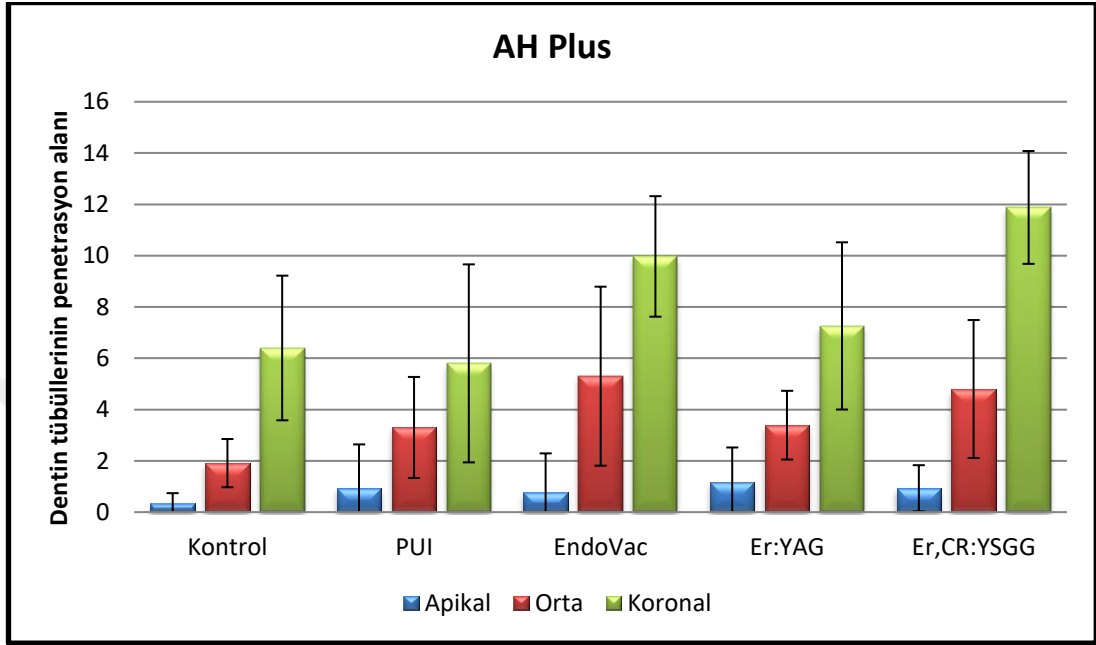
Tüm gruplardaki örneklerin CLSM ile görüntülenmesi sonrasında yapılan penetrasyon yüzdesinin hesaplanmasıyla belirlenen değerlerin ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.16’da gösterilmektedir.

Tablo 3.16. Dentin tübül penetrasyon alanı değerlendirilmesi

		Kontrol	PUI	EndoVac	Er:YAG	Er,CR:YSGG	¹p
		Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	
AH Plus	Apikal	0,33±0,41 ^{a,A}	0,93±1,71 ^{a,A}	0,76±1,53 ^{a,A}	1,17±1,35 ^{a,A}	0,93±0,9 ^{a,A}	0,262
	Orta	1,91±0,94 ^{a,B}	3,3±1,97 ^{ab,B}	5,3±3,49 ^{b,B}	3,39±1,34 ^{ab,B}	4,8±2,69 ^{b,B}	0,037*
	Koronal	6,4±2,82 ^{a,C}	5,8±3,86 ^{a,C}	9,97±2,35 ^{ab,C}	7,26±3,26 ^{a,C}	11,88±2,2 ^{b,C}	0,001*
	² p	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	
TotalFili BC	Apikal	0,49±0,41 ^{a,A}	0,65±0,42 ^{a,A}	1,32±1,1 ^{ab,A}	1,99±1,33 ^{b,A}	1,14±0,73 ^{ab,A}	0,002*
	Orta	2,34±1,56 ^{a,B}	5,23±3,02 ^{a,B}	4,41±3,27 ^{a,B}	4,07±2,96 ^{a,A}	5,39±4,42 ^{a,B}	0,250
	Koronal	4,76±2,96 ^{a,C}	10,96±2,11 ^{b,C}	11±3,43 ^{b,C}	9,99±4,12 ^{ab,B}	10,75±5,09 ^{b,C}	0,007*
	² p	0,001*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05). Aynı sütunda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü Şekil 3.7’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7 AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

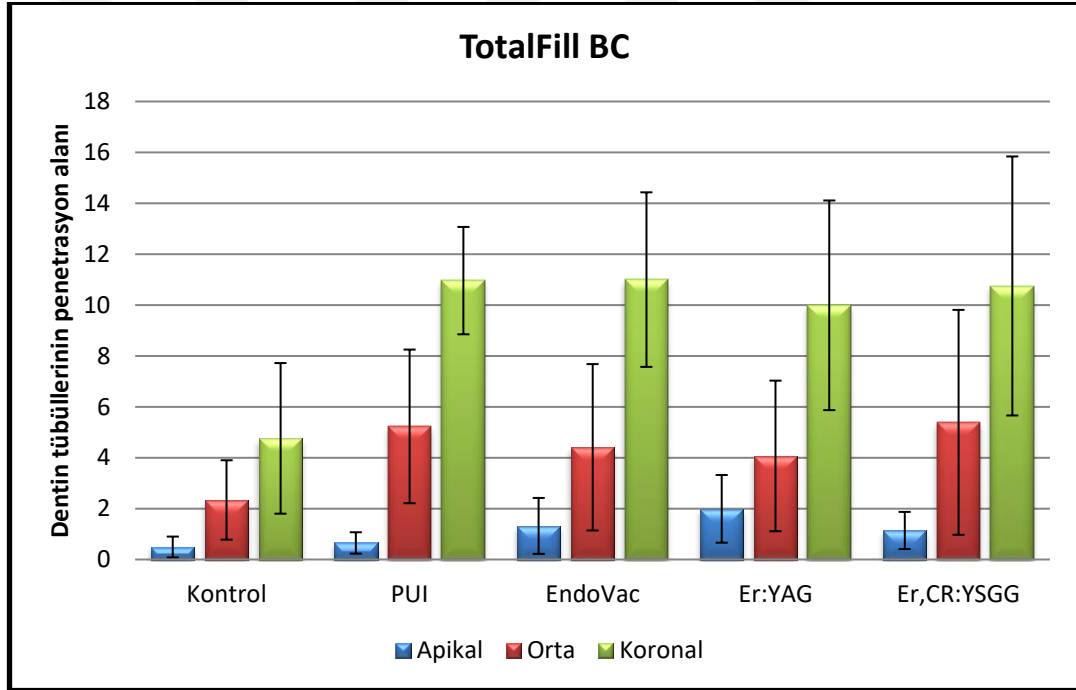
AH Plus kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük penetrasyon alanı Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek penetrasyon alanı ise Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan, apikal bölgedeki penetrasyon alanları karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Orta bölgedeki penetrasyon alanları karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.037$; $p<0.05$). Kontrol grubunun orta bölgedeki penetrasyon alanı, EndoVac ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarından anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p_1:0.006$; $p_2:0.006$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Koronal bölgedeki penetrasyon alanları karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.001$; $p<0.05$).

Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunun koronal bölgedeki penetrasyon alanı, Kontrol, PUI ve Er:YAG lazer aktivasyon gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p_1:0.005$; $p_2:0.002$; $p_3:0.037$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

AH Plus kanal dolgu patı kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), bütün gruplarda apikal, orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon alanının ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8 Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplardaki örneklerin CLSM incelemesi sonucunda penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmalarının grafiksel görünümü

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan gruplar arasında en düşük penetrasyon alanı Kontrol grubunun apikal bölgesinde, en yüksek penetrasyon alanı ise EndoVac grubunun koronal bölgesinde gözlenmiştir.

TotalFill BC kanal dolgu patı kullanılan, apikal bölgedeki penetrasyon alanları karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($p:0.002$; $p<0.05$). Er:YAG lazer aktivasyon grubunun apikal bölgedeki penetrasyon alanı, Kontrol ve PUI gruplarından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p_1:0.002$; $p_2:0.022$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Orta bölgedeki penetrasyon alanları karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Koronal bölgedeki penetrasyon alanları karşılaştırıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p:0.007$; $p<0.05$). Kontrol grubunun koronal bölgesindeki penetrasyon alanı, PUI, EndoVac ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur ($p_1:0.022$; $p_2:0.034$; $p_3:0.019$; $p<0.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan irrigasyon aktivasyon grupları kendi içerisinde bölgesel olarak değerlendirildiğinde (apikal, orta ve koronal), Er:YAG lazer aktivasyon grubunda apikal ve orta bölgeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da ($p>0.05$), koronal bölgelerin penetrasyon alanları apikal ve orta bölgelerin penetrasyon alanlarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p_1:0.005$; $p_2:0.005$; $p<0.05$). Kontrol ve diğer irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanıldığı gruplarda apikal, orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$).

3.5 İrrigasyon aktivasyon gruplarında farklı bölgelerdeki kanal dolgu patlarının karşılaştırılması

3.5.1 Kontrol gruplarında kanal dolgu patlarının karşılaştırılması

Kontrol grubunda iki farklı kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.17’de gösterilmektedir.

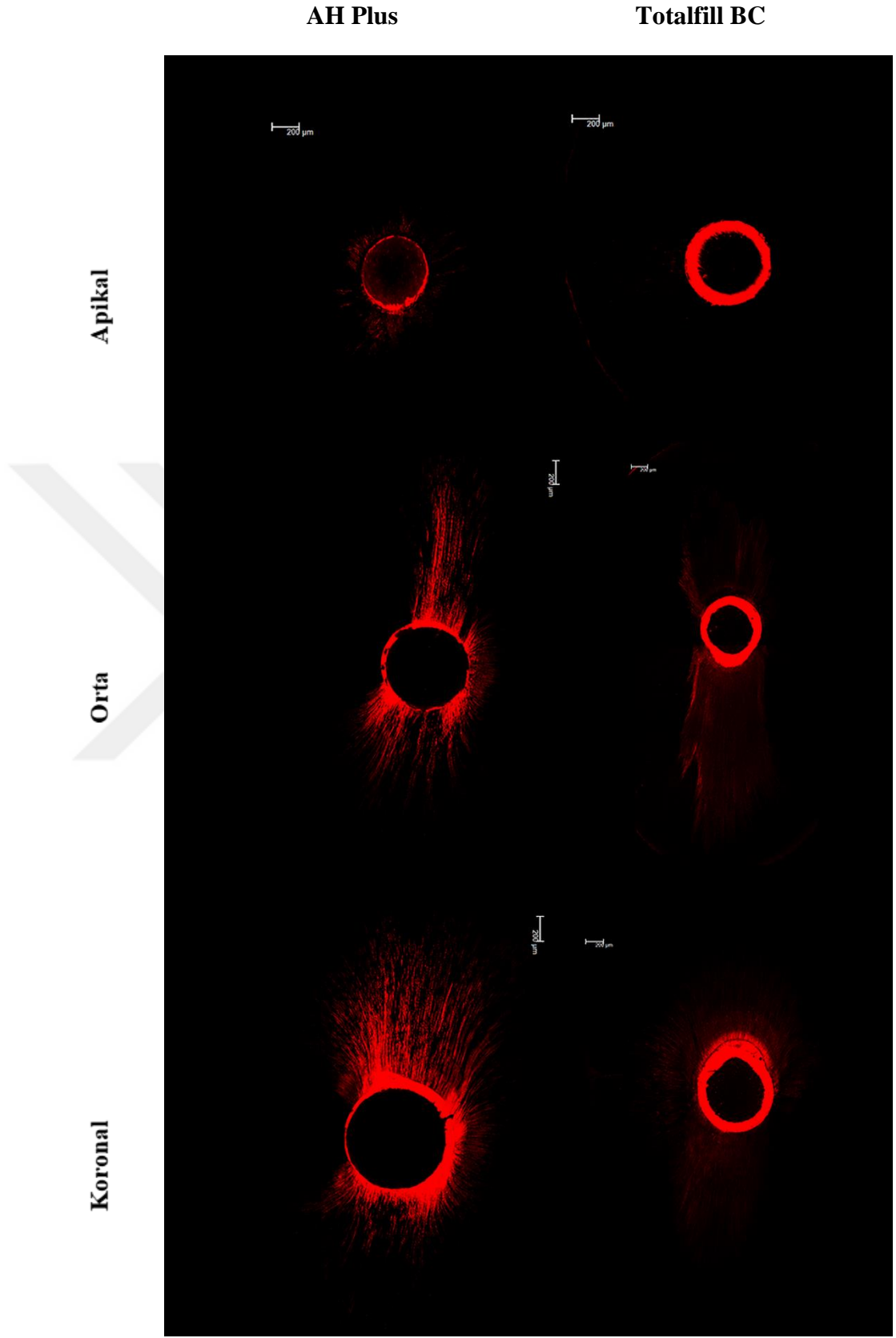
Tablo 3.17 Kontrol grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi

		AH Plus	TotalFill BC	
		Ort±SS	Ort±SS	p
Maksimum	Apikal	439,12±420,19 ^a	596,07±276,53 ^a	0,199
penetrasyon	Orta	1123,53±356,7 ^a	1309,17±791,34 ^a	0,880
derinliği	Koronal	1724,4±406,72 ^a	1689,11±429,87 ^a	0,880
Ortalama	Apikal	134,6±177,8 ^a	220,8±127,08 ^a	0,070
penetrasyon	Orta	489,8±199,27 ^a	571,5±338,24 ^a	0,597
derinliği	Koronal	891,8±320,77 ^a	822,8±309,21 ^a	0,450
Penetrasyon	Apikal	29,21±24,64 ^a	15,66±10,23 ^a	0,082
yüzdesi	Orta	65,57±18,43 ^a	42,01±14,86 ^b	0,007*
	Koronal	85,03±26,6 ^a	55,51±20,51 ^b	0,011*
Penetrasyon	Apikal	0,33±0,41 ^a	0,49±0,41 ^a	0,450
alanı	Orta	1,91±0,94 ^a	2,34±1,56 ^a	0,597
	Koronal	6,4±2,82 ^a	4,76±2,96 ^a	0,174

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Kontrol Grubunda, AH Plus ve TotalFill BC kanal dolgu materyalinin kullanıldığı apikal, orta ve koronal bölgelerdeki maksimum penetrasyon derinlikleri, ortalama penetrasyon derinlikleri, penetrasyon alanları değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Her iki kanal dolgu patı penetrasyon yüzdeleri açısından karşılaştırıldıklarında ise apikal bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), orta ve koronal bölgelerde AH Plus kanal dolgu patının penetrasyon yüzdesi Totalfill BC kanal dolgu patından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p:0.007$; $p<0.05$).

Kontrol grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarıyla apikal, orta ve koronal bölgelerden elde edilen CLSM görüntüleri Şekil 3.9'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9 Kontrol grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri

3.5.2 PUI grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması

PUI grubunda iki farklı kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.18’de gösterilmektedir.

Tablo 3.18. PUI grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi

		AH Plus	TotalFill BC	
		Ort±SS	Ort±SS	p
Maksimum penetrasyon derinliği	Apikal	565,18±534,26 ^a	716,86±377,53 ^a	0,290
	Orta	1320,37±482,96 ^a	1572,43±452,08 ^a	0,096
	Koronal	1581,1±587,77 ^a	2116±200,58 ^b	0,005*
Ortalama penetrasyon derinliği	Apikal	243,25±318,69 ^a	352±219,24 ^a	0,150
	Orta	684,9±303,41 ^a	963±316,41 ^b	0,023*
	Koronal	890,5±384,95 ^a	1380,3±219,49 ^b	0,009*
Penetrasyon yüzdesi	Apikal	36,75±30,55 ^a	27,71±20,03 ^a	0,624
	Orta	80,58±21,49 ^a	71,03±21,05 ^a	0,211
	Koronal	81,5±24,34 ^a	92,34±13,04 ^a	0,249
Penetrasyon alanı	Apikal	0,93±1,71 ^a	0,65±0,42 ^a	0,487
	Orta	3,3±1,97 ^a	5,23±3,02 ^a	0,151
	Koronal	5,8±3,86 ^a	10,96±2,11 ^b	0,007*

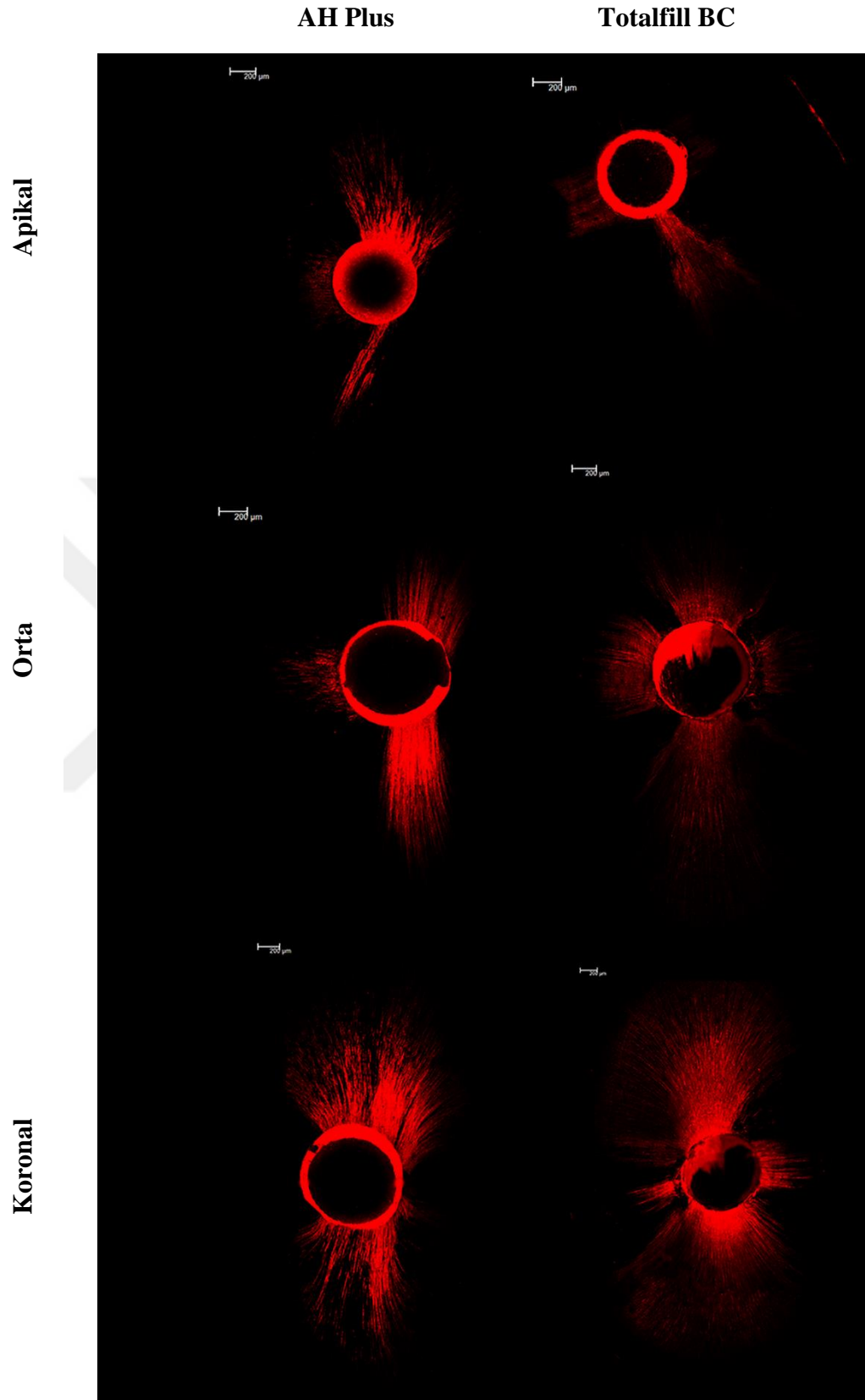
Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

PUI Grubunda, AH Plus ve TotalFill BC kanal dolgu materyalinin kullanıldığı apikal ve orta bölgelerdeki maksimum penetrasyon derinlikleri ve penetrasyon alanları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken (p>0.05), koronal bölgede TotalFill BC kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliği ve penetrasyon alanı AH Plus kanal dolgu patından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p<0.05). AH Plus ve TotalFill BC kanal dolgu materyalinin kullanıldığı apikal bölgelerdeki ortalama penetrasyon derinliği açısından

karşılaştırıldıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), orta ve koronal bölgelerde TotalFill BC kanal dolgu patının ortalama penetrasyon derinliği, AH Plus kanal dolgu patından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. ($p_1:0.023$; $p_2:0.009$; $p<0.05$). AH Plus ve TotalFill BC kanal dolgu materyalinin kullanıldığı apikal, orta ve koronal bölgelerdeki penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

PUI grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarıyla apikal, orta ve koronal bölgelerden elde edilen CLSM görüntüleri Şekil 3.10'da gösterilmektedir.





Şekil 3.10 PUI grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri

3.5.3 EndoVac grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması

EndoVac grubunda iki farklı kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.19’da gösterilmektedir.

Tablo 3.19. EndoVac grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi

		AH Plus	TotalFill BC	
		Ort±SS	Ort±SS	p
Maksimum penetrasyon derinliği	Apikal	441,45±443,1 ^a	780,53±460,43 ^a	0,059
	Orta	1471,17±744,59 ^a	1340,55±407,54 ^a	0,545
	Koronal	2058,99±308,99 ^a	2002,77±282,06 ^a	0,364
Ortalama penetrasyon derinliği	Apikal	240,4±251,19 ^a	377,5±286,63 ^a	0,326
	Orta	939±417,76 ^a	706,2±385,65 ^a	0,082
	Koronal	1323,1±158,98 ^a	1363,2±260,39 ^a	0,880
Penetrasyon yüzdesi	Apikal	47,75±33,03 ^a	41,29±24 ^a	0,762
	Orta	79,2±32,26 ^a	76,5±14,28 ^a	0,349
	Koronal	91,94±19,35	96,53±7,32 ^a	0,691
Penetrasyon alanı	Apikal	0,76±1,53 ^a	1,32±1,1 ^b	0,041*
	Orta	5,3±3,49 ^a	4,41±3,27 ^a	0,496
	Koronal	9,97±2,35 ^a	11±3,43 ^a	0,545

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

EndoVac Grubunda, AH Plus ve TotalFill BC kanal dolgu materyallerinin kullanıldığı apikal, orta ve koronal bölgelerdeki maksimum penetrasyon derinlikleri, ortalama penetrasyon derinlikleri ve penetrasyon yüzdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır (p>0.05). Her iki kanal dolgu patının penetrasyon alanları karşılaştırıldığında ise orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken (p>0.05), apikal bölgelerde Totalfill BC kanal

dolgu patının penetrasyon alanları AH Plus kanal dolgu patından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (p:0.041; p<0.05).

EndoVac grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarıyla apikal, orta ve koronal bölgelerden elde edilen CLSM görüntüleri Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



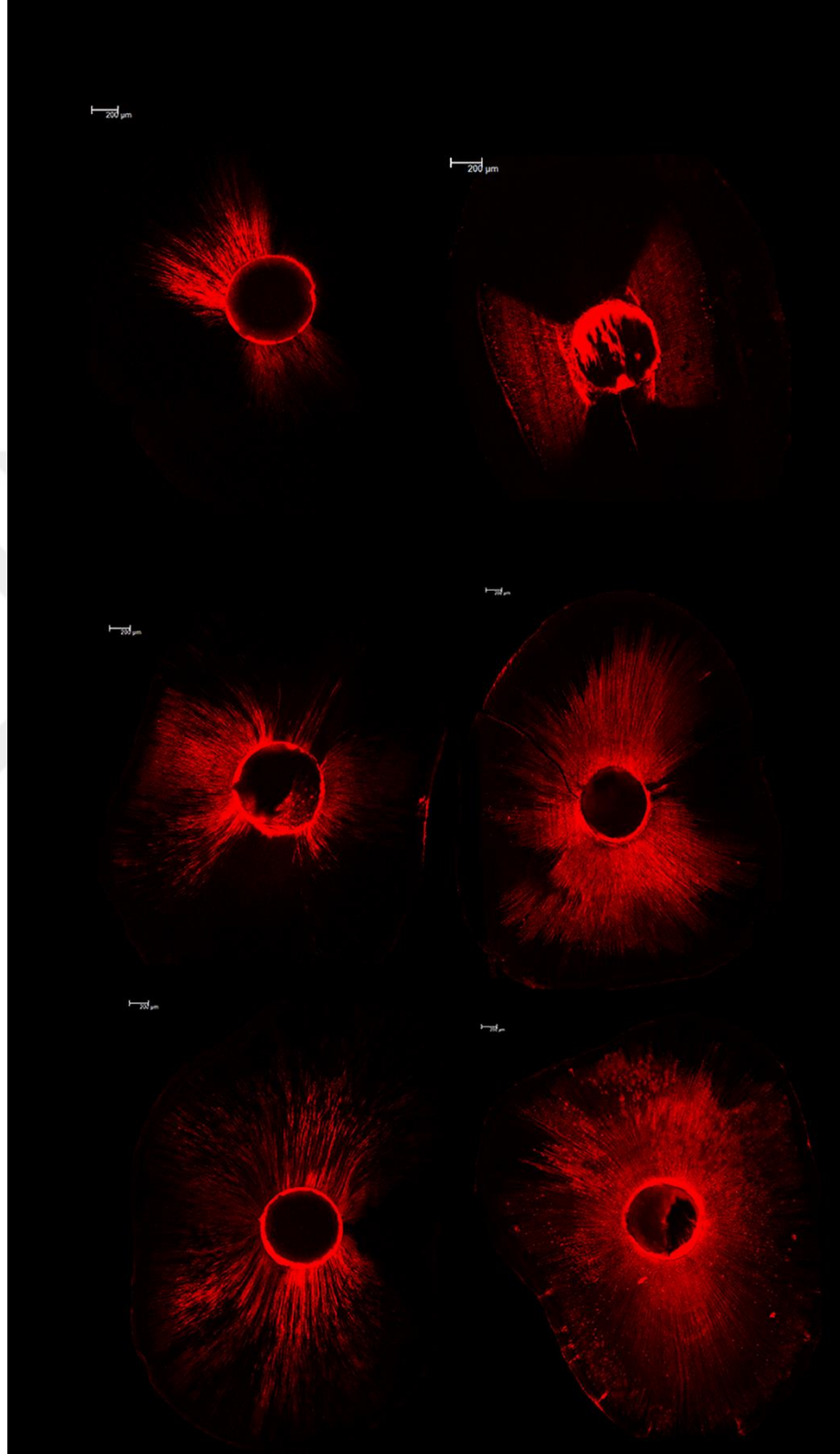
AH Plus

Totalfill BC

Apikal

Orta

Koronal



Şekil 3.11 EndoVac grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri

3.5.4 Er:YAG lazer aktivasyon grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması

Er:YAG lazer aktivasyon grubunda iki farklı kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.20’de gösterilmektedir.

Tablo 3.20. Er:YAG lazer grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi

		AH Plus	TotalFill BC	
		Ort±SS	Ort±SS	p
Maksimum penetrasyon derinliği	Apikal	645,18±418,65 ^a	924,15±354,78 ^a	0,199
	Orta	1221,49±283,07 ^a	1563,09±503,2 ^a	0,096
	Koronal	1806,25±661,9 ^a	1996,63±347,97 ^a	0,650
Ortalama penetrasyon derinliği	Apikal	339,6±268,65 ^a	606,4±253,25 ^b	0,041*
	Orta	780,7±264,49 ^a	944±401,29 ^a	0,199
	Koronal	1165,6±405 ^a	1296,9±287,4 ^a	0,450
Penetrasyon yüzdesi	Apikal	54,68±29,23 ^a	62,24±30,86 ^a	0,569
	Orta	85,99±13,51 ^a	74,15±30,79 ^a	0,817
	Koronal	99,51±1,56 ^a	97,26±7,12 ^a	0,543
Penetrasyon alanı	Apikal	1,17±1,35 ^a	1,99±1,33 ^a	0,082
	Orta	3,39±1,34 ^a	4,07±2,96 ^a	0,762
	Koronal	7,26±3,26 ^a	9,99±4,12 ^a	0,174

Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir ($p<0.05$).

Er:YAG lazer aktivasyon grubunda, AH Plus ve TotalFill BC kanal dolgu materyallerinin kullanıldığı apikal, orta ve koronal bölgelerdeki maksimum penetrasyon derinlikleri, penetrasyon yüzdeleri ve penetrasyon alanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). Her iki kanal dolgu patının ortalama penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında ise orta ve koronal bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), TotalFill BC

kanal dolgu patı kullanılan apikal bölgelerdeki ortalama penetrasyon derinlikleri, AH Plus kanal dolgu patından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (p:0.041; p<0.05).

Er:YAG lazer aktivasyon grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarıyla apikal, orta ve koronal bölgelerden elde edilen CLSM görüntüleri Şekil 3.12’de gösterilmektedir.



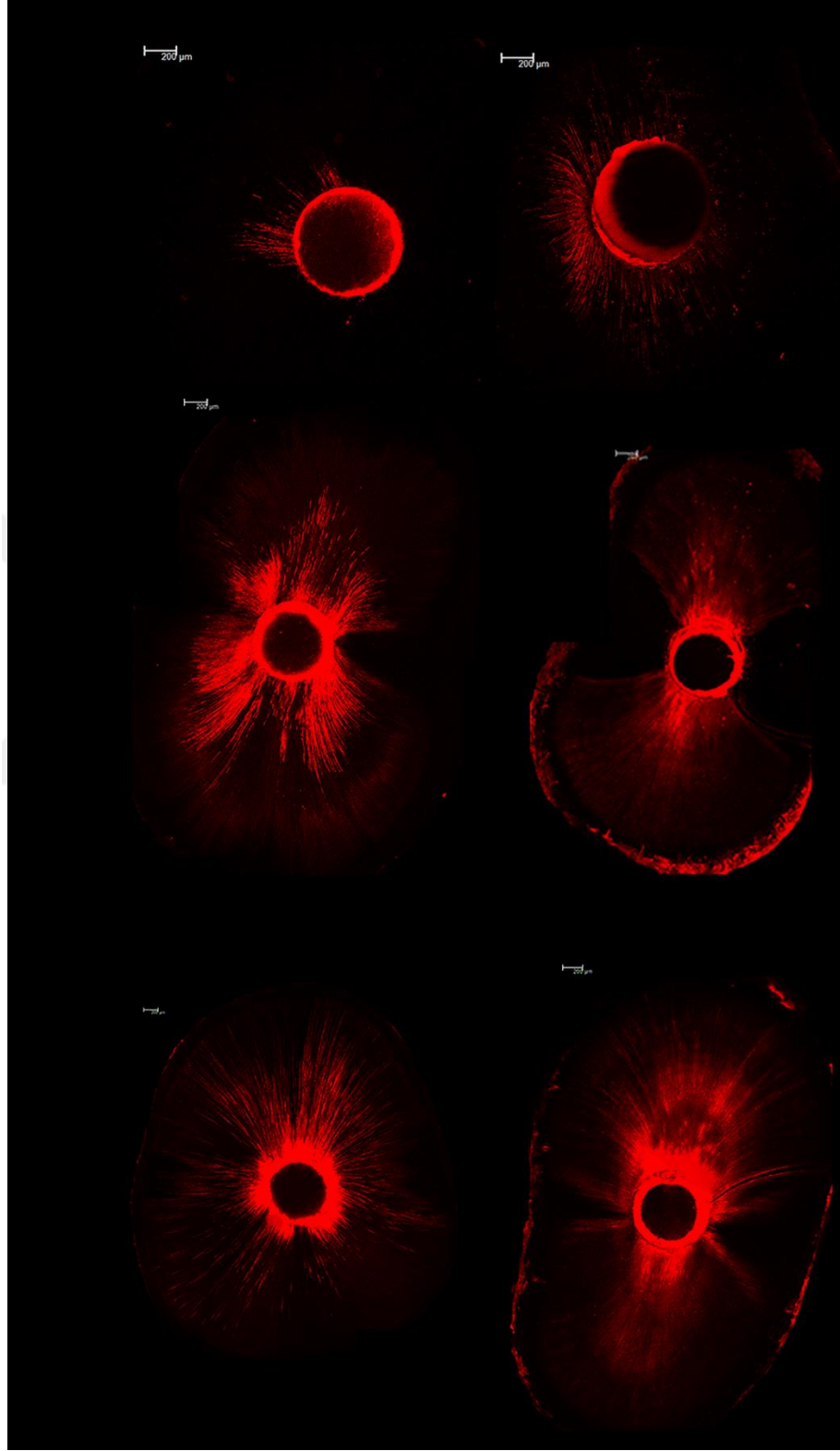
AH Plus

Totalfill BC

Apikal

Orta

Koronal



Şekil 3.12 Er:YAG lazer grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri

3.5.5 Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunda kanal dolgu patlarının karşılaştırılması

Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunda iki farklı kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanlarının ortalama ve standart sapmaları Tablo 3.21’de gösterilmektedir.

Tablo 3.21. Er,Cr:YSGG lazer grubunda kanal dolgu patlarının değerlendirilmesi

		AH Plus	TotalFill BC	
		Ort±SS	Ort±SS	p
Maksimum penetrasyon derinliği	Apikal	653,89±346,95 ^a	665,99±279,77 ^a	1,000
	Orta	1419,44±562,89 ^a	1377,49±604,65 ^a	0,880
	Koronal	2064,55±258,66 ^a	1964,7±516,82 ^a	0,940
Ortalama penetrasyon derinliği	Apikal	292,1±232,64 ^a	380,3±181,81 ^a	0,290
	Orta	763,4±302,58 ^a	835±421,73 ^a	0,940
	Koronal	1348,4±239,13 ^a	1336,7±446,2 ^a	0,496
Penetrasyon yüzdesi	Apikal	36,26±35,05 ^a	75,31±26,32) ^b	0,025*
	Orta	74,25±21,54 ^a	81,61±31,85 ^a	0,164
	Koronal	96,87±9,91 ^a	100±0 ^a	0,317
Penetrasyon alanı	Apikal	0,93±0,9 ^a	1,14±0,73 ^a	0,326
	Orta	4,8±2,69 ^a	5,39±4,42 ^a	0,880
	Koronal	11,88±2,2 ^a	10,75±5,09 ^a	0,880

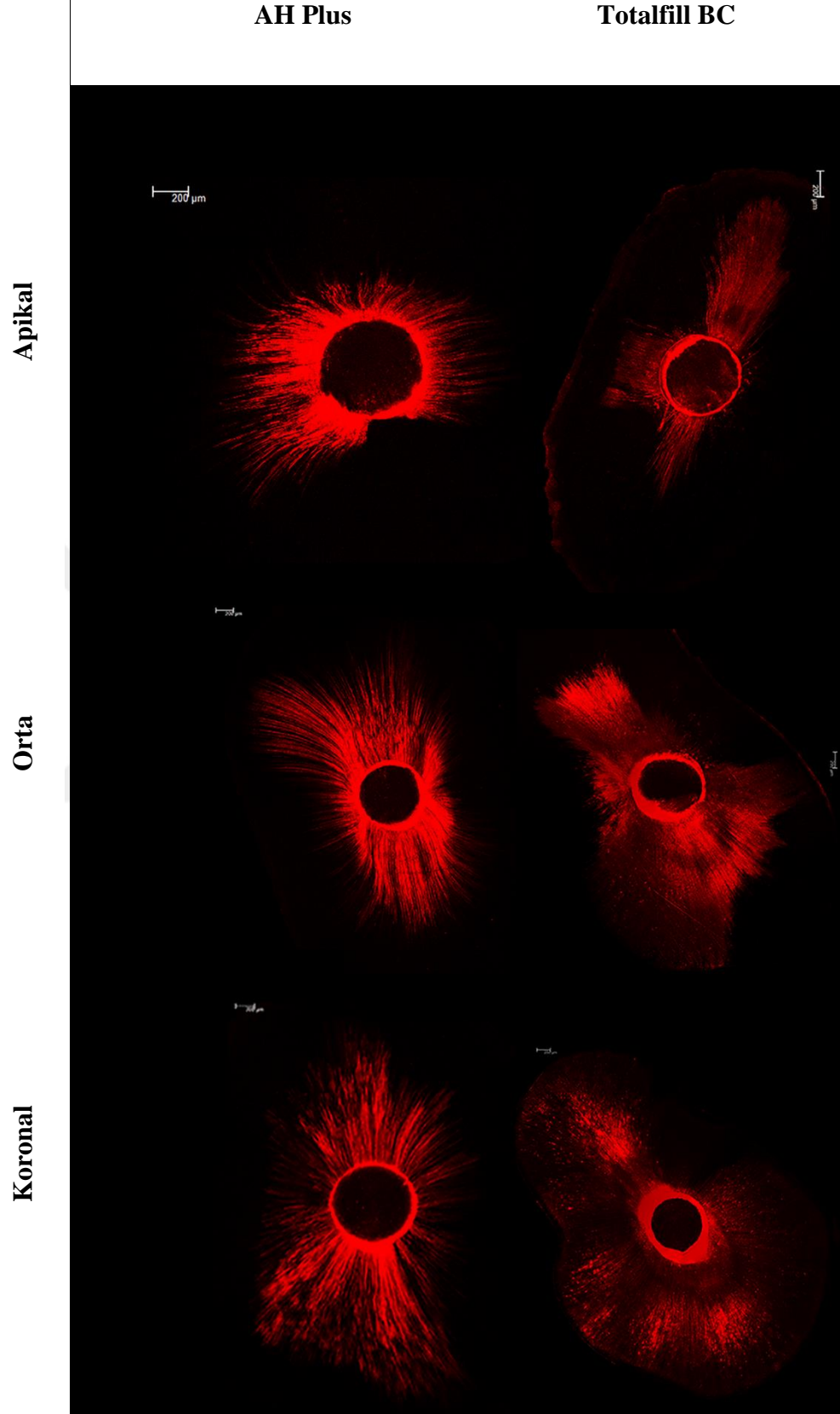
Aynı satırda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermektedir (p<0.05).

Er, Cr: YSGG lazer aktivasyon grubunda, AH Plus ve TotalFill BC kanal dolgu materyallerinin kullanıldığı apikal, orta ve koronal bölgelerdeki maksimum penetrasyon derinlikleri, ortalama penetrasyon derinlikleri, penetrasyon alanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p>0.05). Her iki kanal dolgu patının penetrasyon yüzdeleri karşılaştırıldığında ise orta ve koronal

bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0.05$), TotalFill BC kanal dolgu patı kullanılan apikal bölgelerdeki penetrasyon yüzdeleri, AH Plus kanal dolgu patından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p:0.041$; $p<0.05$).

Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarıyla apikal, orta ve koronal bölgelerden elde edilen CLSM görüntüleri Şekil 3.13'de gösterilmektedir.

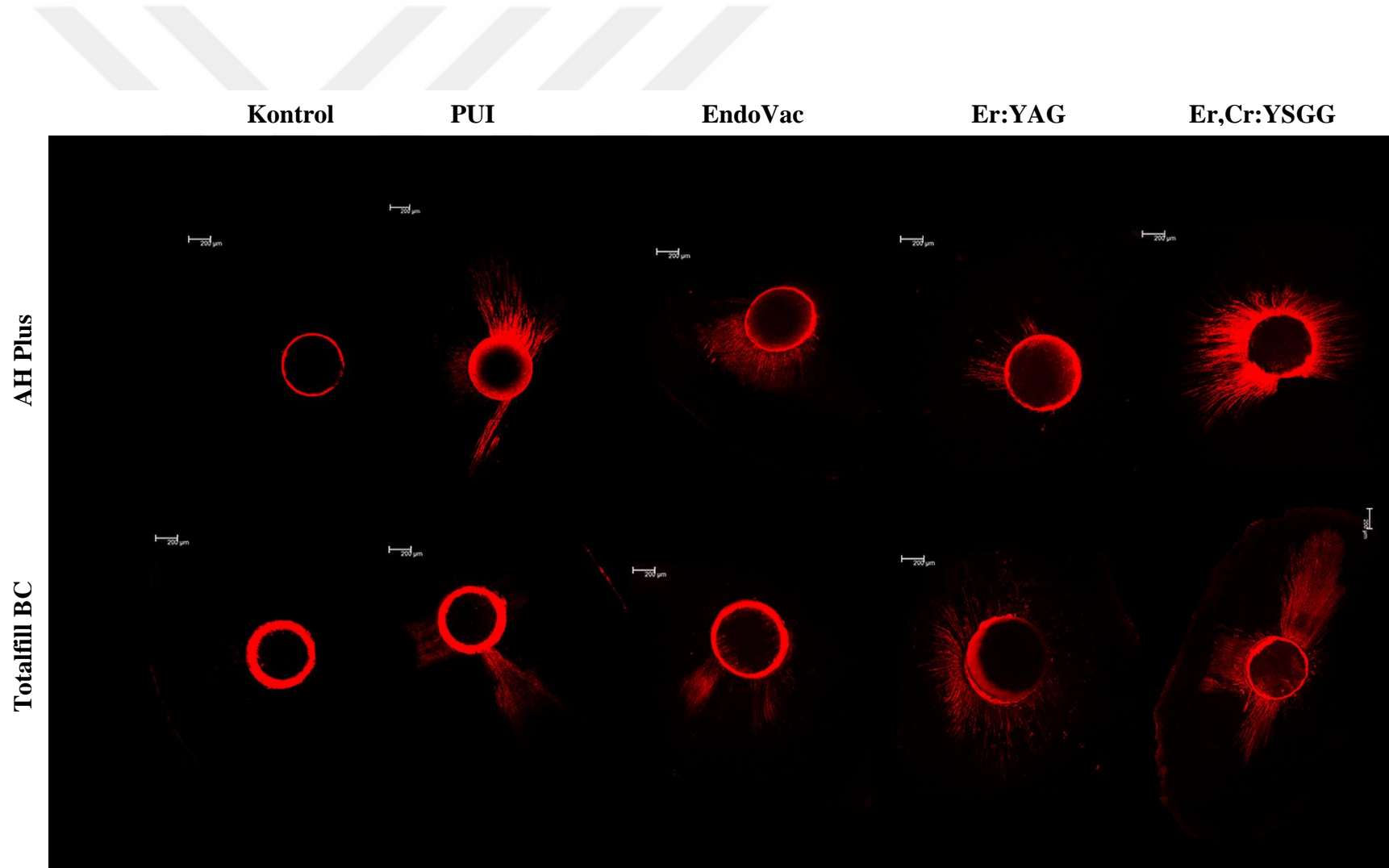




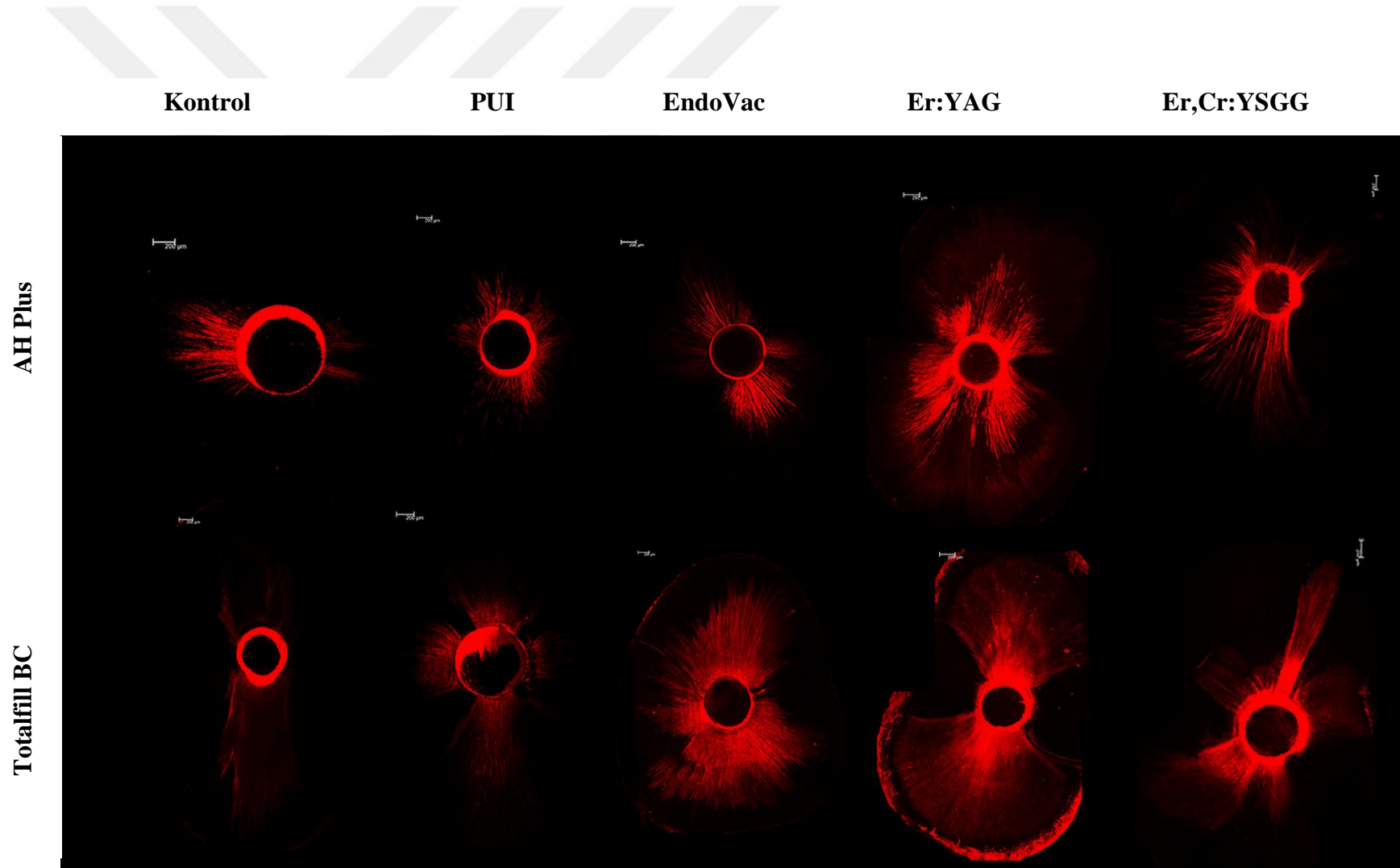
Şekil 3.13 Er,Cr:YSGG lazer grubunun AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patlarına ait apikal, orta ve koronal kesitlerinin CLSM görüntüleri

Farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear uzaklaştırılan örneklerdeki kanal dolgu patlarının sırasıyla apikal, orta ve koronal bölgelerdeki CLSM görüntüleri Şekil 3.14, Şekil 3.15 ve Şekil 3.16’da gösterilmektedir.

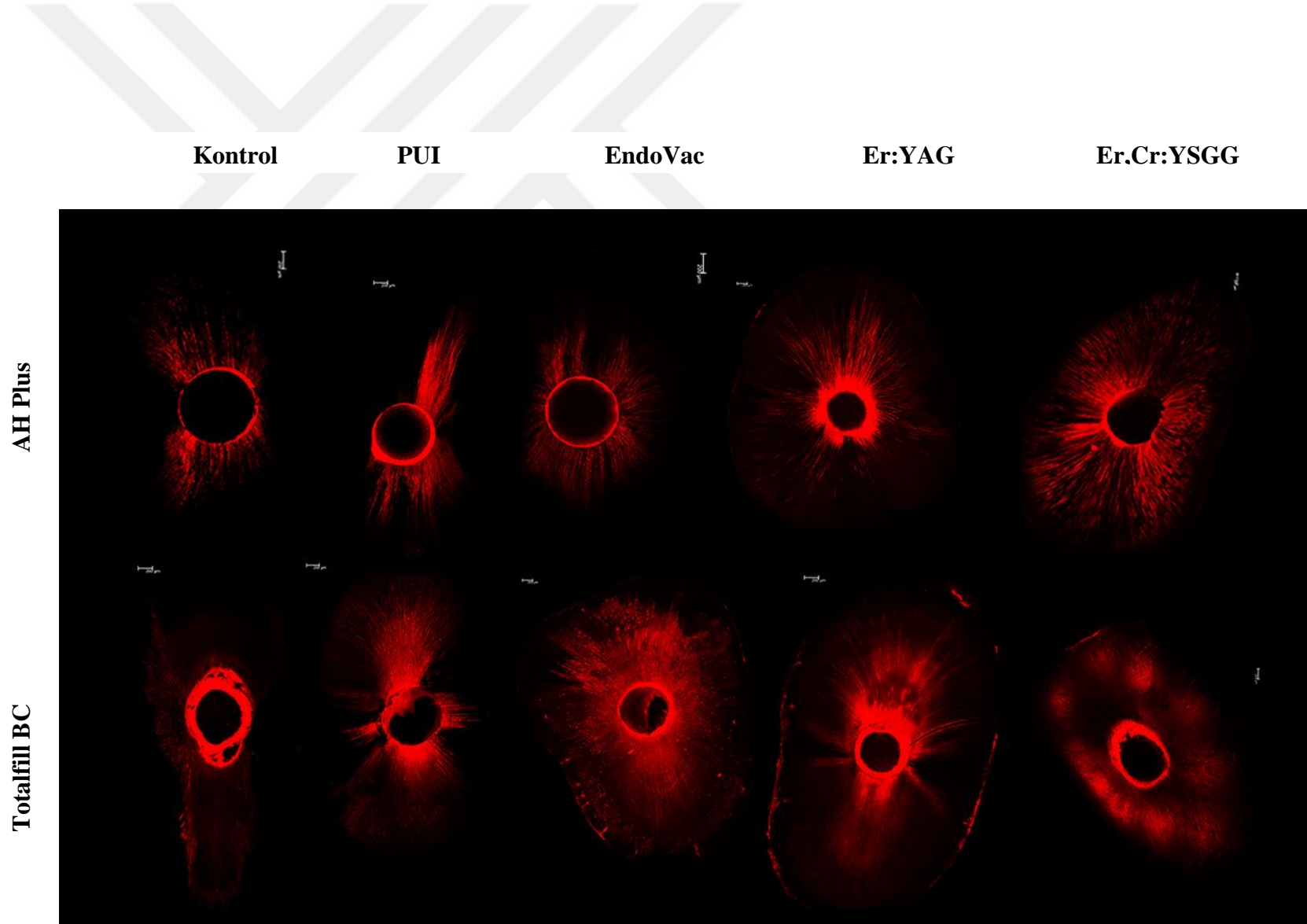




Şekil 3.14 Apikal bölgedeki farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear uzaklaştırılan örneklerdeki kanal dolgu patlarının CLSM görüntüleri



Şekil 3.15 Orta bölgedeki Farklı İrrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear uzaklaştırılan örneklerdeki kanal dolgu patlarının CLSM görüntüleri



Şekil 3.16 Koronal bölgedeki farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear uzaklaştırılan örneklerdeki kanal dolgu patlarının CLSM görüntüleri

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Başarılı bir endodontik tedavi, kök kanal sistemi içerisindeki pulpa artıklarının ve kemomekanik işlemler sırasında oluşan smear tabakasının uzaklaştırılmasının ardından kök kanalının üç boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulmasını amaçlar (Kuçi et al. 2014). Kanal dolgu materyalinin dentin yüzeylerine adezyonu ve dentin tübüllerine penetrasyonu kanal dolgusunun sızdırmazlığı için önemli faktörlerdir (Limkangwalmongkol et al. 1991; Oguntebi ve Shen 1992). Kanal dolgu patının dentin tübüllerine olan penetrasyonu kalan bakterilerin çoğalmasını engeller ve yeniden enfeksiyon oluşmasına engel olabilir (Mamootil ve Messer 2007).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında oluşan smear tabakası organik ve inorganik yapılardan oluşur. İnorganik yapılar metalik kanal aletleriyle şekillendirilmiş kök kanal duvarlarında oluşan dentin talaşlarını, organik yapılar ise bakteri ve bakteri ürünleri, kan hücreleri, koagüle olmuş proteinler, canlı veya cansız pulpa dokusu ve odontoblast uzantılarının parçalarını içerir (Mader et al. 1984; Violich ve Chandler 2010). Smear tabakası uzaklaştırılmadığı takdirde, dentin yüzeyini kaplayarak tübül girişlerini kapatır ve kanal dolgu patının dentin tübüllerine penetrasyonunu engeller (Kokkas et al. 2004; Violich ve Chandler 2010).

Bakteriler, pulpal ve periapikal doku patolojilerinin temel sebeplerindedir (Kakehashi et al. 1965). İrrigasyon sırasında, solüsyonun kanaldan hızla uzaklaşması; lateral kanal ve isthmus gibi mekanik olarak erişilemeyen bölgelerde irrigasyon solüsyonunun yeteri kadar etki sağlayamaması sonucunda solüsyonun penetrasyon derinliği oldukça sınırlı kalmaktadır (Adcock et al. 2011). Solüsyonun dentin tübüllerinde daha derinlere ulaşabilmesi ve etkinliğini artırması için çeşitli irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur (Gu et al. 2009). Kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkili olabilmesi için özellikle kanalların apikal bölümlerinde tüm kanal duvar yüzeyleriyle doğrudan temasının sağlanması gerekmektedir (Zehnder 2006). Bu nedenle irrigasyon solüsyonunun kök kanalları içerisinde daha etkin dağıtımı ve tüm kanal duvar yüzeyleriyle temasının sağlanabilmesi amacıyla aktivasyon sistemlerinin geliştirilmesi için çalışmalar

yapılmış ve sonik, ultrasonik, EndoVac gibi negatif basınçlı sistemler ve çeşitli lazerler bu amaç için kullanılmıştır (Martin 1976; Weller et al. 1980).

İrrigasyonun etkili bir şekilde yapıldığı kök kanal tedavisinde, aksesuar kanallar, isthmus, apikal delta ve dentin tübüleri içine penetre olan kanal dolgu patı, bakterileri tübüllerin içine hapsederek beslenme yollarını keser ve tekrar çoğalmalarını engeller. Aynı zamanda kanal dolgu patlarının antibakteriyel özelliklerinden dolayı yeniden enfeksiyon gelişmesinin önüne geçilir (Heling ve Chandler 1996; Kokkas et al. 2004)

Literatürde kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonunu inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır (Patel et al. 2007; Mamootil ve Messer 2007; Akçay ve ark. 2016). Bazı çalışmalarda farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri uygulandıktan sonra incelemeler yapılırken (Chaudhry et al. 2017; Machado et al. 2018), bazılarında ise sadece farklı kanal dolgu patlarının penetrasyonları değerlendirilmiştir (Chandra et al. 2012; Kim et al. 2019). Bilgimiz dahilinde literatürde farklı kök kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonunu karşılaştıran çalışmalar olduğu halde PUI, Endovac, ER:YAG (PIPS) ve Er:Cr:YSGG (RFT3) lazer aktivasyon yöntemleriyle smear tabakasının uzaklaştırılması sonucu farklı kanal dolgu materyallerinin dentin tübül penetrasyonunu karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır. CLSM ile elde ettiğimiz görüntülerden kanal dolgu patlarının penetrasyonlarının değerlendirilmesiyle başarılı kök kanal tedavileri için bazı öneriler sunabilmek ve literatüre katkı sağlayabilmek için böyle bir çalışma planlanmıştır.

Çalışmamızda kullanılan mandibular premolar dişler düz bir kök kanal morfolojisine sahip olmaları ve daha önce yapılmış olan benzer çalışmalarla kıyaslanabilmesi sebebiyle tercih edilmiştir (Kara Tuncer ve Tuncer 2012; Akçay ve ark. 2016). Tüm dişlerden radyografiler alınarak kalsifikasyonlu, çok dar veya geniş kök kanalına sahip olan dişler çalışmamıza dahil edilmemiştir. Bu çalışmada kök kanallarının, *in vivo* koşullara uygun olarak işlem görmesi amacıyla, Tay ve ark.'nın tanımlamış olduğu kök ucunun yumuşak mumla kapatılması sayesinde elde edilen kapalı kök kanal modeli kullanılmıştır (Tay et al. 2010).

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliğinde; konsantrasyon, solüsyonun uygulama hacmi, süresi, sıcaklığı ve pH seviyesinin önemli olduğu bildirilmiştir (Stojicic et al. 2010). Kök kanallarının şekildirilmesi ve irrigasyonu sırasında irrigasyon

solüsyonunun kök kanalındaki etki süresinin artması, solüsyonun kanal içinde kalması ve klinik uygulamaya daha yakın olduğu için dişlerin kronları uzaklaştırılmaksızın geleneksel giriş kavitesi preparasyonu yapılması tercih edilmiştir.

Apikal bölgedeki preparasyonun genişliği ile kök kanallarında irrigasyon sırasında solüsyonun etkinliğinin arttığı bildirilmiştir (Usman et al. 2004). Kullandığımız irrigasyon aktivasyon tekniklerini karşılaştırabilmek, çalışmamızla benzer gereç ve yöntemlerin kullanıldığı diğer araştırmalarla (Akçay ve ark. 2016; Generali et al. 2017; Machado et al. 2018) kıyaslanabilirliğin sağlanması ve kullanılan irrigasyon solüsyonlarının kök kanallarına yeterince temas edebilmesi amacıyla kök kanalları ProTaper F4 eğeye kadar genişletilmiştir.

Kök kanallarından smear tabakasının uzaklaştırılabilmesi için irrigasyon sırasında organik ve inorganik çözücülerin birlikte kullanılması tavsiye edilmiştir (Baumgartner et al. 1984; Cengiz ve ark. 1990). Bu amaçla çalışmamızda % 5 NaOCl ve % 17 EDTA irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmıştır.

Kök kanallarında irrigasyon aktivasyonu için PUI aktivasyonunun tanımı ilk olarak Weller (1980) tarafından yapılmıştır. Ultrasonik ucun kırılmasının, kanalda perforasyon ve basamak oluşturmalarının önüne geçmek için düz yüzeyli olması önerilmektedir (Sabins et al. 2003). Literatürdeki bilgiler eşliğinde çalışmamızda, kök kanallarına paralel olacak şekilde ve kök kanal duvarlarına temas ettirmemeye özen göstererek çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirilen, kesmeyen ESI uç kullanılarak irrigasyon aktivasyonu yapılmıştır.

Apikal bölgeye yeterli miktarda solüsyonun ulaşabilmesi ve periapikal bölgeye solüsyon taşmaması için kullanılan EndoVac sisteminin kullanıldığı bir çalışmada, EndoVac ile kök kanalının apikal bölgesine yönlendirilen irrigasyon hacminin, enjektör ile yapılan irrigasyon hacminden daha fazla olduğu ve EndoVac sisteminin debris uzaklaştırma etkinliğinin geleneksel irrigasyon işlemine göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir (Nielsen ve Baumgartner 2007). Yapılan başka bir çalışmada EndoVac sisteminin smear uzaklaştırılmasında geleneksel irrigasyondan daha başarılı olduğu, PUI ile benzer derecede smear uzaklaştırdığı gösterilmiştir (Mancini et al. 2013). EndoVac sisteminin bu avantajlarından dolayı bu çalışmada irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında yer verilmiştir.

İrrigasyon aktivasyonunda lazerlerin kullanılması, bakteri eliminasyonu, smear tabakasının kaldırılması ve irrigasyon solüsyonunun daha etkili olması amacıyla kullanılmaktadır. Er:YAG lazerler endodontide irrigasyon aktivasyonu için çok tercih edilen lazer çeşitlerinden biridir (Divito ve Lloyd 2012). Er:YAG, Nd:YAG, Er,Cr:YSGG lazerlerle irrigasyon aktivasyonunun yapıldığı bir çalışmanın, Er:YAG lazerle birlikte kullanılan PIPS ucunun olduğu deney grubunda, en yüksek smear kaldırma etkinliğinin görüldüğü belirtilmiştir (Özbay ve Erdemir 2018). Literatürdeki birçok çalışmada 0.3 W, 15 Hz ve 20 mJ parametreleri ile Er:YAG lazer eşliğinde PIPS fiber optik uç kullanılarak NaOCl ve EDTA solüsyonlarının aktivasyonu yapılmıştır (Zhu et al. 2013; Akyüz Ekim ve Erdemir 2015a; Arslan ve ark. 2016; Turkel ve ark. 2017). Akyüz Ekim ve Erdemir (2015b), Er:YAG lazer eşliğinde PIPS ucunu aynı parametrelerle kullanarak irrigasyon aktivasyonu yaptıklarında, PUI ve Nd:YAG lazere kıyasla smear tabakasının uzaklaştırılması bakımından daha iyi sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir. Literatürde yer alan daha önce yapılmış olan deneylerin sonuçları ve üretici firmanın önerileri de göz önünde bulundurularak bu çalışmada aynı parametreler ile Er:YAG lazer kullanılmıştır.

Üretici firma, Er:YAG lazerle birlikte kullanılan PIPS fiber ucun sadece giriş kavitesinde konumlandırılmasıyla kök kanalı içerisine yerleştirilme ihtiyacının ortadan kalktığını iddia etmektedir. Fiber ucun apikalden 1-5 mm uzakta konumlandırılmasını gerektiren geleneksel lazer tekniklerinden farklı şekilde (Blanken et al. 2009), PIPS ucu giriş kavitesinden fotoakustik dalgaların yayılmasına olanak sağlayarak pulpa odasının koronal kısmına yerleştirilip uygulanması tavsiye edilmiştir (De Moor et al. 2009). Bu çalışmada bu veriler göz önünde bulundurularak Er:YAG lazer 300 µm PIPS ucu dişlerin giriş kavitelere yerleştirilerek kullanılmıştır.

Farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanıldığı bir çalışmada kronları kesilmiş dişlerin kök kanal duvarlarından smear uzaklaştırmadaki etkinliği incelenmiş ve Er:YAG lazerin geleneksel kök kanallarına yerleştirilen düz sonlu fiber uçla kullanımının PIPS ucu ile kullanıma göre daha etkin sonuç verdiği belirtilmiştir. Ayrıca, araştırmacılar lazer ile aktive edildiğinde her atımda irrigasyon solüsyonunun kanaldan dışarı taşıdığını ve kanal girişinde 4 sn sonunda irrigasyon solüsyonunun kalmadığını bildirmişlerdir (Deleu et al. 2015). Bu durumun, ilgili çalışmada kronların uzaklaştırılması ve PIPS ucu kullanılırken irrigasyon solüsyonu için rezervuar alanın

bulunmaması sebebiyle olduğu bildirilmiştir (Olivi et al. 2016). Bu nedenle, dişlerde irrigasyon solüsyonuna rezervuar bir alanın kalması için kronlar uzaklaştırılmadan, geleneksel giriş kavitesi açılmıştır.

Yapılan bir çalışmada 1.5 W çıkış gücü ve 20 Hz frekans ile Er,Cr:YSGG lazer distile suyun aktivasyonu için kullanıldığında, NaOCl ve EDTA ile geleneksel irrigasyonla benzer şekilde smear tabakası uzaklaştırma yeteneğine sahip olduğu gösterilmiştir. Çıkış gücü 2.5 W olarak belirlendiğinde ise termal hasarın meydana geldiği ve smear tabakasını kaldırma etkinliğinin azaldığı belirtilmiştir (Bolhari et al. 2014). Çıkış gücünün 3 W olarak belirlendiği bir başka çalışmada ise dentin duvarlarında kalsiyum-fosfat oranında anlamlı bir değişiklik görülmezken, diş yapısında temel hasar kaynaklı moleküler bir değişiklik olduğu gösterilmiştir (Altundasar ve ark. 2006). Er,Cr:YSGG lazerlerin 1-6 W aralığında farklı güç parametreleri ile uygulanıp dentin duvarlarındaki etkileri incelendiğinde, 4 W üzerindeki deney gruplarında dentin duvarlarında çatlaklar ve karbonizasyonlara sebep olduğu belirtilmiştir (Yamazaki et al. 2001). Literatürde 1.5 W çıkış gücü ve 20 Hz frekans parametreleriyle Er,Cr:YSGG lazer kullanılan diğer çalışmalarda (Silva et al. 2010; Çökük ve ark. 2016) göz önünde bulundurularak bu çalışmada aynı parametreler kullanılmıştır.

Schoop ve ark. lazerin radial-firing fiber uç ile uygulandığında smear tabakasını uzaklaştırdığını ve dentin tübül girişlerinin açıldığını yaptıkları SEM incelemesi sonucunda bildirmişlerdir (Schoop et al. 2009). Er,Cr:YSGG lazer benzer fiber uçlarla literatürde birçok çalışmada da kullanılmıştır (Schoop et al. 2009; Bolhari et al. 2014; Peeters et al. 2015). Bu çalışmada 320 µm RFT3 fiber uç, Er,Cr:YSGG lazer ile birlikte çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olacak şekilde konumlandırılarak kesintisiz dairesel hareketlerle uygulanmıştır.

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliğinde; konsantrasyon, solüsyonun uygulama hacmi, süresi, sıcaklığı ve pH seviyesinin önemli olduğu bildirilmiştir (Stojicic et al. 2010). Çalt ve Serper (2002) kök kanalında % 17'lik EDTA'nın 1 dakikadan daha uzun sürede kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir. DiVito ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında 20 sn ve 40 sn boyunca % 17'lik EDTA ve Er:YAG lazer uygulamasının kök kanallarında etkin bir temizleme oluşturduğunu ve SEM

görüntülerinde açık dentin tübüllerinin olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise PIPS tekniği kullanılarak yapılan final irrigasyon aktivasyonunda, smear tabakasının kaldırılabilmesi için gereken sürenin 30 sn olduğu belirtilmiştir (Akçay ve ark. 2015). EndoVac irrigasyon sisteminin kullanıldığı çalışmalarda da aktivasyon süresinin 30 sn olarak belirlenip işlem yapıldığı bildirilmiştir (Thomas et al. 2014; Moreno et al. 2018). Aynı standartları sağlamak amacıyla bu çalışmada bütün deney gruplarında irrigasyon aktivasyon süresi devamlı irrigasyonla birlikte 30 sn olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda iki farklı içerikte kanal dolgu patı kullanılmıştır. Bunlardan biri epoksi rezin içerikli AH Plus, diğeri ise biyoseramik esaslı TotalFill BC kanal dolgu patıdır. AH Plus kısa dönemde ideal doku cevabı sağlayamamış olarak gösterilse de, biyouyumluluk açısından altın standart olarak kabul edilmektedir ve birçok çalışmada kontrol grubu olarak kullanılmıştır (Gharib et al. 2007; Vandekar et al. 2012). İdeal kanal dolgu patı arayışının devam etmesi sebebiyle son yıllarda biyoseramik esaslı kanal dolgu patları piyasaya sunulmuştur. Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları kanal duvarlarına kimyasal olarak bağlanırlar, sertleşmeleri esnasında ve sonrasında, nemli periapikal dokularla temas halinde de iyi bir boyutsal stabilite gösterirler. Temas açılarının düşük olması ve hidrofilik olmaları sebebiyle kanal içi düzensizliklere iyi penetre olurlar (Kossev ve Stefanov 2009). Bu çalışmada Totalfill BC kök kanal dolgu patı fiziksel ve biyolojik özelliklerinin sağladığı avantajlardan dolayı tercih edilmiştir (Lee et al. 2017).

NaOCl ve EDTA solüsyonlarının birbirleriyle etkileşimini azaltmak amacıyla iki solüsyon arasında ve irrigasyon aktivasyonlarından sonra tüm dişlerde final irrigasyon solüsyonu olarak distile su kullanılmıştır. Kanal dolgu patlarının sızdırmazlıklarıyla ilgili yapılan bir çalışmada kanal dolumundan önce kök dentinin hafif bir şekilde nemli bırakılması en iyi sonucu vermiştir (Nagas ve ark. 2012). Bundan dolayı bu çalışmada dişler sadece bir paper pointle kurutulup, kök kanalının hafif bir şekilde nemli kalmasına dikkat edilmiştir.

Kök kanallarının doldurulmasında birçok farklı yöntem uygulanmaktadır. Ni-ti döner alet sistemlerinin geliştirilmesiyle birlikte kök kanalının şekillendirilmesi için kullanılan son eğenin boyutlarına uygun olarak üretilmiş güta perkanın kanal dolgu

patına bulanıp kanala yerleştirilmesiyle tek kon yöntemi kullanılarak kanal dolgusunun tamamlanabileceği bildirilmiştir (Glickman ve Gutmann 1992). Farklı çalışmalarda da Ni-ti sistemlerle uyumlu güta perkalar yardımıyla tek kon ve soğuk lateral kondensasyon yöntemleri karşılaştırılmış ve herhangi bir farklılık bulunamamıştır (Zmener et al. 2005; Türkyılmaz ve Erdemir 2020). Literatürdeki bilgiler göz önünde bulundurularak bu çalışmada tek kon yöntemi kullanılmıştır.

Literatürdeki bazı çalışmalarda kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonlarının değerlendirilmesi için dişlerden, kökün uzun aksına dik olacak şekilde apikalden 3, 6 mm (Kim et al. 2015); 4, 7 mm (Jeong et al. 2017) ; 4 mm (Jardine et al. 2016); 3, 5 mm (Ordinola-Zapata et al. 2009) gibi farklı uzaklıklardan horizontal kesitler elde edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmada ise apikal, orta ve koronal bölgelerin değerlendirilmesine olanak sağlayacak şekilde daha önceki araştırmalarda da çok tercih edilen bir yöntem olarak, apikalden 2, 5 ve 8 mm uzaklıkta 1mm yüksekliğinde kesitler alınıp örnekler elde edilerek (Patel et al. 2007; Kara Tuncer ve Tuncer 2012; Akçay ve ark. 2016) kök kanal dolgu patlarının penetrasyonları değerlendirilmiştir.

Literatürde kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonunun incelenmesi için ışık mikroskobu (De Deus et al. 2004), SEM (Mamootil ve Messer 2007; Shokouhinejad et al. 2011) ve CLSM (Jardine et al. 2016; Kim et al. 2019) görüntüleri kullanılmıştır. Işık mikroskobunda kök dentini ve kanal dolgu patının birbirinden ayırt edilmesi zor olduğundan günümüzde tercih edilmemektedir (Chandra et al. 2012). SEM’de inceleme yapılabilmesi için örneklerin fırında kurutulması, alkol ile işlem görmesi ve yüksek vakum uygulanması gerekmektedir. Örneklerin hazırlanması için gerekli olan bu aşamalar kanal dolgu patı da dahil olmak üzere örneklerde madde kaybına sebep olabilir (De Deus et al. 2004). Aynı zamanda altın kaplama işlemi örneklerle zarar verebilir. CLSM’de örneklerin hazırlanma süreci non-destrüktiftir ve incelemeler normal çevre şartlarında yapılabildiğinden daha az artefakt oluştururlar. Örnekler herhangi bir hasara uğramadan görüntü elde edilmiş olur ve gerektiğinde tekrar kullanılabilirler (De-Deus et al. 2012). Ayrıca, SEM’de dentin tübüllerine penetre olan kanal dolgu patını, dentinin görüntüsünden ayırt edebilmek zordur. CLSM’de ise görüntü alabilmek için kanal dolgu patına karıştırılan floresan maddeler yardımıyla net bir şekilde ayırım yapılabilir.

CLSM, farklı derinliklerden görüntü almaya izin verir, böylece elde edilen görüntüler daha sonradan birleştirilerek son görüntü oluşturulabilir (Tuncer ve Ünal 2014). SEM’de büyütme oranı CLSM’ye göre daha fazla olduğundan total alanın görüntülenip değerlendirilmesi daha zordur, CLSM’de daha küçük büyütmelemlerde floresan maddelerin de sağladığı görüş kolaylığından yararlanılarak daha geniş bir alan değerlendirmesi yapılabilir veya tüm örnek yüzeyi incelenebilir (Mamootil ve Messer 2007). Bununla birlikte, CLSM, smear tabakası kaldırılmadan dentin yüzeyinin altındaki bölümlerin görüntülenmesine olanak sağlar (Perdigao et al. 2000). Tüm bu avantajlarından dolayı bu çalışmada CLSM ile görüntüleme yapılması tercih edilmiştir.

CLSM ile kanal dolgu patı ve dentin tübüllerinin ayırt edilebilmesi için kanal dolgu patına eklenen floresan özellikteki Rhodamine B boyası kanal dolgu patının fiziksel özelliklerinde herhangi bir değişikliğe neden olmaz (Paulo et al. 2006; Gharib et al. 2007; Patel et al. 2007). Gharib ve ark. (2007) yaptıkları bir çalışmada kök kanal dolgu patına çeşitli konsantrasyonlarda Rhodamine B boyası eklemişler ve % 0.1’den daha yüksek konsantrasyonunun aşırı floresan görüntülere sebep olduğunu belirtmişlerdir. Bundan dolayı bu çalışmada floresan madde olarak % 0.1 oranında Rhodamine B boya kullanılmıştır.

Literatürde şimdiye kadar kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonunun incelendiği çalışmalarda dört farklı ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Maksimum penetrasyon derinliği, kanal duvarı ile en uzak kanal dolgu patının penetrasyonunun olduğu nokta arasındaki mesafenin ölçülmesi ile hesaplanır (Kara Tuncer ve Tuncer 2012; Eymirli ve ark. 2019). Ortalama penetrasyon derinliği, kanal çevresinde dört sabit nokta belirlenerek kanal duvarı ile kanal dolgu patı penetrasyonunun sonlandığı kısım arasındaki mesafe ölçülerek bu dört uzunluğun ortalaması alınarak hesaplanır (Ordinola-Zapata et al. 2009; Russell et al. 2013). Penetrasyon yüzdesi, kanal dolgu patlarının kanal duvarlarında penetre olduğu bölgelerin uzunlukları toplamının, kanal çevresine oranlanarak yüzle çarpılmasıyla elde edilir (Gharib et al. 2007; Generali et al. 2016). Penetrasyon alanı ise patın penetre olduğu bölgelerin etrafının çizilerek ölçüldüğü alandan, kanal çevresinin çizilerek ölçüldüğü alanın çıkarılması ile belirlenir (Eymirli ve ark. 2019). Bu yöntemlerin bazılarının birlikte kullanıldığı araştırmalar olduğu gibi (Piai et al. 2018; Aydın ve ark. 2019), sadece penetrasyon

alanının incelenmesiyle yapılmış çalışmalar da mevcuttur (Akçay ve ark. 2016). Literatürdeki bilgiler göz önünde bulundurularak bu çalışmada, dentin tübül penetrasyon incelemesi için daha önce hiçbir çalışmada birlikte yer almayan dört farklı değerlendirme kriterinin bir arada kullanılması tercih edilmiştir. Böylece bu çalışmada farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin, iki farklı kanal dolgu materyalinin dentin tübüllerine olan maksimum penetrasyon derinlikleri, ortalama penetrasyon derinlikleri, penetrasyon yüzdeleri ve penetrasyon alanları incelenmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda, irrigasyon aktivasyon yöntemleri ve bölgeler gözardı edildiğinde çalışmada kullanılan AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu materyalleri arasında, değerlendirilen tüm penetrasyon parametreleri açısından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Kim ve ark.(2015) epoksi rezin içerikli AH Plus ve biyoseramik esaslı Endosequence BC kanal dolgu patı kullandıkları çalışmalarında, dişlerin bölgelerinden bağımsız olarak, penetrasyon yüzdesi karşılaştırmalarında anlamlı bir farklılık bulunmadığını belirtmişlerdir. Türkel ve ark. (2017), EndoVac ve Er:YAG lazerle kullanılan PIPS irrigasyon aktivasyonundan sonra AH Plus ve Totalfill BC kanal dolgu patını kullandıklarında, her iki kanal dolgu materyalinin, maksimum penetrasyon derinliği ve penetrasyon yüzdesi karşılaştırıldığında anlamlı bir farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan kanal dolgu materyallerinin penetrasyon miktarları arasında 4 farklı değerlendirme yöntemi ile herhangi bir farklılık olmaması yapılan diğer çalışmalarla uyumluluk göstermektedir.

Kanal dolgu materyalleri ve bölgeler gözardı edildiğinde, EndoVac, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon gruplarının, Kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde daha yüksek ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanına sahip olduğu gözlenmiştir. Maksimum penetrasyon derinliği değerlendirildiğinde ise Kontrol grubu ve diğer irrigasyon aktivasyon grupları arasında anlamlı düzeyde farklılık saptanamamıştır. Maksimum penetrasyon derinliği incelenen tüm dentin yüzeyindeki en fazla penetrasyon gösteren tek bir tübüle bağlı ölçüm yöntemidir. Bu yüzden tüm örneklerde en fazla penetrasyon gösteren tübül arandığından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamayabilir.

Akçay ve ark. (2016) çalışmalarında, kullandıkları kanal dolgu materyalinden bağımsız olarak Er:YAG lazerle birlikte PIPS fiber ucun irrigasyon aktivasyonunda

kullanılmasının, geleneksel irrigasyonun yapıldığı kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek penetrasyon alanına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Literatürde, Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonunun geleneksel irrigasyon protokolüne göre daha iyi smear kaldırma etkinliğinin olduğu belirtilmiştir (Bolhari et al. 2014; Madhusudhana et al. 2016). Smear tabakasının uzaklaştırılması, kanal dolgu patının tübül penetrasyonunu olumlu yönde desteklediğinden bu çalışmada, daha önceki çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada kanal dolgu patları ve irrigasyon aktivasyon yöntemleri gözardı edildiğinde, tüm bölgeler arasında değerlendirilen tüm penetrasyon parametreleri açısından anlamlı bir farklılık görülmüştür. Bütün deney gruplarında dentin tübül penetrasyonunun değerlendirme kriterlerinin hepsinde kök kanal dolgu patı ve irrigasyon aktivasyon yöntemleri farketmeksizin koronal bölge en iyi dentin tübül penetrasyon sonuçlarını vermiştir. En düşük dentin tübül penetrasyonunun ise apikal bölgede olduğu bulunmuştur. Literatürde farklı irrigasyon protokollerinin uygulandığı ve çeşitli kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği birçok çalışmada kökün koronal bölgesinden apikal bölgeye doğru giderek azalan dentin tübül penetrasyon varlığı bildirilmiştir (Patel et al. 2007; Kara Tuncer ve Tuncer 2012; Turkel ve ark. 2017). Apikal bölgede, servikal bölgeye göre dentin tübüllerinin yoğunluğu, çapları azalırken düzensizlikleri artar (Giardino et al. 2017). Bununla birlikte kök kanalının yüzeyinden semente doğru gidildikçe dentin tübüllerinin yoğunluğunda ve dağılımında azalmalar görülmektedir. Dentin tübüllerinin sayıca az olması, sekonder dentinin irregüler yapısı ve sement benzeri dokular nedeniyle apikal bölgede, adezivlerin dentine penetrasyonunun orta ve koronal bölgeye göre daha az olduğu bildirilmiştir (Mjör et al. 2001). Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler daha önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur.

Kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine olan penetrasyonunun incelendiği çalışmalarda, apikal, orta ve koronal üçlüden alınan kesitlerde genellikle koronal ve orta bölgede pat penetrasyonu apikale göre daha fazla bulunmuştur (Çalt ve Serper 1999; Weis et al. 2004). Chandra ve ark. (2012), rezin içerikli dört farklı kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliğini değerlendirdikleri çalışmalarında bütün kanal dolgu patlarının en düşük penetrasyonunu apikal bölgede gördüğünü bildirmişlerdir. Akçay ve ark.'nın (2016) bir çalışmalarında ise farklı irrigasyon

aktivasyon teknikleri ve kanal dolgu patlarının penetrasyon alanı değerlendirilmiştir. Çalışmamızla paralel olacak şekilde en düşük penetrasyon alanı bütün deney gruplarında apikal bölgede olduğu bildirilmiştir (Akçay ve ark. 2016). Generali ve ark. (2017) penetrasyon yüzdesi, ortalama penetrasyon derinliği ve maksimum penetrasyon derinliklerini inceleyerek yaptıkları çalışmalarında en düşük penetrasyon değerlerinin apikal bölgede olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen veriler literatürdeki dentin tübül penetrasyon çalışmalarındaki sonuçlarla uyumludur.

Maksimum penetrasyon derinliği, AH Plus kanal dolgu materyalinin kullanıldığı dişlerin apikal ve orta bölgelerinde, Totalfill BC kanal dolgu materyalinin kullanıldığı tüm bölgelerde, kontrol ve diğer tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. AH Plus kanal dolgu materyalinin koronal bölgesinde ise EndoVac ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonunun PUI aktivasyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek penetrasyon derinliği göstermiştir. Maksimum penetrasyon derinliğinin ölçüldüğü başka bir çalışmada ise dişlerin apikal bölgesinde EndoVac, PUI irrigasyon aktivasyon yöntemine göre, AH Plus kanal dolgu materyalinin daha iyi dentin tübül penetrasyonu göstermesini sağlamıştır (Ismail et al. 2016). Yapılan çalışmalarda, farklı büyüklüklerdeki dişlerin kullanılması sonucunda daha büyük boyuttaki dişlerde, kanal dolgu patlarının maksimum penetrasyon derinliği daha yüksek değerlerde görülebilir. Ayrıca tek bir noktadan ölçüm yapılması tübül penetrasyonu ile ilgili yanıltıcı sonuçlar oluşturabilir.

Ortalama penetrasyon derinliği değerlendirildiğinde, AH Plus kanal dolgu materyalinin kullanıldığı dişlerin apikal bölgesinde, Totalfill BC kanal dolgu materyalinin kullanıldığı dişlerin orta bölgesinde, kontrol ve diğer tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. AH Plus kanal dolgu materyalinin orta ve koronal bölgesinde ise EndoVac, Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonunun kontrol ve PUI aktivasyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek ortalama penetrasyon derinliği gösterirken, Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan dişlerin apikal bölgesinde, Er:YAG lazer aktivasyonu ve koronal bölgesinde ise tüm irrigasyon aktivasyon sistemleri kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek ortalama penetrasyon derinliği göstermiştir.

AH Plus kanal dolgu materyali kullanılan dişlerin tüm bölgelerinde, penetrasyon yüzdesi değerlendirmesinde kontrol ve diğer tüm aktivasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, Totalfill BC kanal dolgu patı kullanılan dişlerin apikal bölgesinde Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonunun kontrol ve PUI grubuna göre, dişlerin orta bölgesinde Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonlarının kontrol grubuna göre ve koronal bölgesinde ise tüm aktivasyon gruplarının kontrol grubuna göre daha iyi penetrasyon yüzdesi sağladığı görülmüştür. Bu bilgiler ışığında biyoseramik esaslı kanal dolgu patı kullanıldığında irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin patın penetrasyon yüzdesine olumlu etkisinin olduğu söylenebilir.

Penetrasyon alanı değerlendirildiğinde, AH Plus kanal dolgu patı kullanılan dişlerin apikal bölgesinde ve Totalfill BC kanal dolgu materyalinin kullanıldığı dişlerin orta bölgesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. AH Plus kanal dolgu patı kullanılan dişlerin orta bölgesinde EndoVac ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonu ile kontrol grubuna göre ve koronal bölgesinde Er,Cr:YSGG lazer kontrol, PUI ve Er:YAG lazer gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiştir. Totalfill BC kanal dolgu patı kullanıldığında ise apikal bölgede Er:YAG lazer aktivasyonu kontrol ve PUI aktivasyonuna göre ve koronal bölgede PUI, EndoVac ve Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonu kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermiştir. Bu bilgiler ışığında her iki patında tüm aktivasyon yöntemleriyle kontrol grubuna göre daha iyi penetrasyon alanı değerlerine sahip olduğu söylenebilir.

Penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanı değerlendirmesi yapılan bir araştırmada AH Plus kanal dolgu materyalinin dentin tübül penetrasyonu, apikal bölgede, kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermezken, koronal bölgede EndoVac tekniğinin kullanıldığı dişlerde, PUI irrigasyon aktivasyon yöntemine göre daha yüksek dentin tübül penetrasyonu olduğu bildirilmiştir (Machado et al. 2018). Çalışmamızda da AH Plus ve Totalfill BC kök kanal dolgu patlarının apikal bölgedeki penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanı değerlendirmelerinde, kullanılan irrigasyon aktivasyon teknikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması bu çalışma ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Ancak çalışmamızdaki koronal bölge değerlendirmelerinde ise PUI

ve Endovac aktivasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmezken, Er,Cr:YSGG lazer aktivasyon grubu diğer gruplara göre daha yüksek penetrasyon alanı göstermiştir. Bu farklılık gruplarda kullanılan dişlerin yaşı ve etkisi altında kalınan okluzal kuvvetler gibi faktörlerden dolayı dentin tübül penetrasyon değerlerindeki sonuçların etkilenmesi nedeniyle ortaya çıkmış olabilir. Ayrıca Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonunun dentin tübül penetrasyonunu artırmaya yönelik olumlu etkilerinden kaynaklanmış olabilir.

Maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanı değerlendirmesinde her iki patın da en düşük penetrasyon değerleri Kontrol grubunun apikal bölgesinde elde edilmiştir. AH Plus kanal dolgu patının maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği ve penetrasyon alanı değerlendirmesinde Er,Cr:YSGG lazer aktivasyonu kullanılan dişlerin koronal bölgesinde en yüksek penetrasyon değerleri gözlenmiştir. Totalfill BC kanal dolgu patı kullanıldığında ise maksimum ve ortalama penetrasyon derinliği değerlendirmesinde PUI aktivasyon kullanılan dişlerin koronal bölgesinde en yüksek penetrasyon değerleri gözlenmiştir. Totalfill BC kanal dolgu patı kullanıldığında dentin tübül penetrasyon alanı değerlendirmesinde EndoVac aktivasyonu yapılan dişlerin koronal bölgesinde en yüksek penetrasyon değerleri göstermiştir. Her iki kanal dolgu patının penetrasyon yüzdesi değerlendirildiğinde en yüksek penetrasyon değerlerini lazer gruplarının koronal bölgelerinde göstermiştir. Bu değerlendirmeler ışığında en düşük penetrasyon değerleri aktivasyon yapılmayan kontrol grubunun apikal bölgesinde elde edilirken, lazer kullanılan gruplarda koronal bölgelerde daha iyi penetrasyon bulgularına rastlanmıştır.

4 farklı değerlendirme yöntemi göz önünde bulundurulduğunda maksimum penetrasyon derinliği hesaplanırken, tüm dentin yüzeyinde en fazla penetrasyon gösteren tübüle bağlı yapılan ölçüm yöntemidir. Bu yüzden tüm örneklerde en fazla penetrasyon gösteren tübül arandığından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamayabilir. Ortalama penetrasyon derinliği hesaplanırken sabit dört farklı noktadan yapılan ölçümün ortalaması alınmaktadır. Bu sayede dentinin farklı bölgelerindeki penetrasyon ile ilgili veri elde edilmiş olur. Dört farklı noktadan yapılan bir ölçüm olması sebebiyle maksimum penetrasyon derinliğine göre daha güvenilir bir değerlendirme yöntemi olduğu söylenebilir. Penetrasyon yüzdesi, kanal dolgu patının

kanal duvarında penetre olduğu bölgelerin uzunlukları toplamının, kanal çevresine oranlanarak yüzle çarpılmasıyla hesaplandığından, sadece kanal çevresindeki dentinle ilgili fikir sahibi olmamıza yardımcı olur ancak tüm dentin yüzeyi düşünüldüğünde istenilen penetrasyon değerlendirmesi tam olarak yapılamamış olabilir. Penetrasyon alanı ise kanal dolgu patının penetre olduğu bölgelerin etrafının çizilerek ölçüldüğü alandan, kanal çevresinin çizilerek ölçüldüğü alanın çıkarılması ile hesaplanmıştır. Böylece tüm dentin yüzeyindeki penetrasyon bölgeleri değerlendirilmiş olur. Bu bilgiler ışığında dentin tübül penetrasyon çalışmalarında, ortalama penetrasyon derinliği ve penetrasyon alanı ölçümlerinin daha güvenilir ve tercih edilebilir yöntemler olduğu söylenebilir.

İncelediğimiz örneklerin bir kısmında, patların bukkal ve lingual yönlere daha fazla penetre olduğu, mesial ve distal yönlere daha az penetre olduğu gözlenmiştir. Yapılan başka bir araştırmada da penetrasyon yönü açısından benzer bulgulara rastlanmıştır (Weis et al. 2004). Mesial ve distal yönlerdeki intratübüler kalsifikasyonların bukkal ve lingual yönlerdeki kalsifikasyonlara göre daha fazla olması sebep olarak gösterilmiştir (Paqué et al. 2006). Yapılan bir çalışmada, cross-section kesitler alınmış ve mesial-distal yönde daha fazla sklerozis olduğu görülmüştür. Sklerotik dentinin dağılımı ve miktarı kanal dolgu patının penetrasyonunu etkilemektedir. Sklerozisin fazla olduğu bölgelerde dentinin daha translusent olduğu ve kelebek görüntüsü oluşturduğu belirtilmiştir. Buna “kelebek etkisi” denmekte olup daha çok tek köklü dişlerde gözlenir (Vasiliadis et al. 1983; Russell et al. 2013; Russell et al. 2018). Bu çalışma sonucunda alınan CLSM görüntülerinin çoğunda kelebek etkisine rastlanmıştır.

Yaşın ilerlemesiyle dentinin mineralizasyonu devam eder ve dentin tübüllerinin etrafını saran peritübüler dentinin mineralizasyonu artar. Bu durum, bazen dentin tübüllerinin tamamen tıkanmasına sebep olur. Aynı zamanda yaşla birlikte dentin tübüllerinin sayısı azalmaya başlar (Carrigan et al. 1984). Seçilen dişlerin yaşı ve maruz kalınan okluzal kuvvetler gibi sebepler, dentin sklerozunu etkilediğinden tübül penetrasyon değerlerinde çelişkili sonuçlar ortaya çıkabilir. Çalışmalara dahil edilen dişlerin hem yaş hem de kişisel alışkanlıklar açısından standardize edilememiş olması da sonuçları etkileyen faktörlerden olabilir. Ayrıca *in vitro* koşulların ağız ortamını

taklit etmesindeki yetersizlikler nedeniyle, beklenenin aksine klinik olarak daha az tatmin edici sonuçlar elde edilmiş olabilir.

Sonuç olarak; başarılı bir kök kanal tedavisinin yapılabilmesi için kanal dolgu patının dentin tübüllerine penetrasyonunun iyi olması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi amacıyla birçok farklı yöntem ve cihaz, smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılmıştır. Hem irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin çeşitliliği hem de farklı içerikteki kanal dolgu patları kullanılarak başarılı bir endodontik tedavi için dentin tübül penetrasyonunu, farklı parametreleri göz önünde bulundurarak incelemeyi amaçladığımız bu *in vitro* çalışmamızın sınırları dahilinde;

1. Örneklerin hazırlanma sürecinin kolay olması, gerektiğinde tekrar kullanılabilmesi, kesit alma işleminden sonra tekrar smear tabakası uzaklaştırılmasına ihtiyaç kalmaması ve küçük büyütmelemlerle geniş alanların incelenmesine olanak sağlaması sebebiyle CLSM'nin dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesinde uygun bir görüntüleme yöntemi olduğu,

2. Rezin ve biyoseramik esalı kanal dolgu patları arasında dentin tübül penetrasyonu açısından anlamlı bir fark olmadığı,

3. Smear tabakasının uzaklaştırılması sırasında irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonunu olumlu yönde etkilediği,

4. Dentin tübül penetrasyonunun apikalden koronale doğru arttığı,

5. Maksimum penetrasyon derinliği, ortalama penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanı yöntemlerinden, ortalama penetrasyon derinliği ve penetrasyon alanı değerlendirmelerinin dentin tübül penetrasyonunun incelenmesinde uygun yöntemler olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- ADCOCK JM, SIDOW SJ, LOONEY SW, LIU Y, MCNALLY K, LINDSEY K, TAY FR (2011) Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. *Journal of endodontics*, 37: 544-48.
- ADIGÜZEL Ö, YİĞİT-ÖZER S, KAYA S, UYSAL İ, GANIDAĞLI-AYAZ S, AKKUŞ Z (2011) Effectiveness of ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and MTAD on debris and smear layer removal using a self-adjusting file. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 112: 803-08.
- ADORNO C, FRETES V, ORTIZ C, MERELES R, SOSA V, YUBERO M, ESCOBAR P, HEILBORN C (2016) Comparison of two negative pressure systems and syringe irrigation for root canal irrigation: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 49: 174-83.
- AHMAD M, FORD TRP, CRUM LA (1987) Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *Journal of endodontics*, 13: 490-99.
- AKÇAY M, ARSLAN H, DURMUŞ N, MEŞE M, ÇAPAR İD (2016) 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: 70-76.
- AKÇAY M, ARSLAN H, MEŞE M, ŞAHİN NN (2015) The effect of photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonically and sonically irrigation techniques on the push-out bond strength of a resin sealer to the root dentin. *Clinical oral investigations*, 19: 1055-61.
- AKPATA E, BLECHMAN H (1982) Bacterial invasion of pulpal dentin wall in vitro. *Journal of Dental Research*, 61: 435-38.
- AKYÜZ EKİM ŞN, ERDEMİR A (2015a) Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. *Microscopy research and technique*, 78: 230-39.
- AKYÜZ EKİM ŞN, ERDEMİR A (2015b) Effect of different irrigant activation protocols on push-out bond strength. *Lasers in medical science*, 30: 2143-49.
- AL-HADLAQ SM, AL-TURAIKI SA, AL-SULAMI U, SAAD AY (2006) Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*, 32: 1181-84.

- AL-JADAA A, PAQUÉ F, ATTIN T, ZEHNDER M (2009) Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *International Endodontic Journal*, 42: 59-65.
- ALI MN, HOSSAIN M, NAKAMURA Y, MATSUOKA E, KINOSHITA J-I, MATSUMOTO K (2005) Efficacy of root canal preparation by Er, Cr: YSGG laser irradiation with crown-down technique in vitro. *Photomedicine and Laser Therapy*, 23: 196-201.
- ALTUNDASAR E, ÖZÇELİK B, CEHRELİ ZC, MATSUMOTO K (2006) Ultramorphological and histochemical changes after ER, CR: YSGG laser irradiation and two different irrigation regimes. *Journal of endodontics*, 32: 465-68.
- ANDO N, HOSHINO E (1990) Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentine. *International Endodontic Journal*, 23: 20-27.
- ANDRABI SMUN, KUMAR A, MISHRA SK, TEWARI RK, ALAM S, SIDDIQUI S (2013) Effect of manual dynamic activation on smear layer removal efficacy of ethylenediaminetetraacetic acid and SmearClear: an in vitro scanning electron microscopic study. *Australian Endodontic Journal*, 39: 131-36.
- AOKI A, SASAKI KM, WATANABE H, ISHIKAWA I (2004) Lasers in nonsurgical periodontal therapy. *Periodontology*, 36: 59-97.
- ARCORIA C, STEELE R, WAGNER M, JUDY M, MATTHEWS J, HULTS D (1991) Enamel surface roughness and dental pulp response to coaxial carbon dioxideneodymium: YAG laser irradiation. *Journal of dentistry*, 19: 85-91.
- ARCORIA CJ, FREDERICKSON CJ, JUDY MM, JENNETT EL, MOTAMEDİ M (1994) Rapid Communication: Jet-Assisted Laser Tools for Tooth Preparation. *Journal of clinical laser medicine & surgery*, 12: 153-57.
- ARIAS-MOLIZ MT, ORDINOLA-ZAPATA R, BACA P, RUIZ-LINARES M, FERRER-LUQUE CM (2014) Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *Journal of endodontics*, 40: 1999-2002.
- ARSLAN D, GUNESER MB, DINCER AN, KUSTARCI A, ER K, SISO SH (2016) Comparison of smear layer removal ability of QMix with different activation techniques. *Journal of endodontics*, 42: 1279-85.
- AYDIN ZU, ÖZYÜREK T, KESKIN B, BARAN T (2019) Effect of chitosan nanoparticle, QMix, and EDTA on TotalFill BC sealers' dentinal tubule penetration: a confocal laser scanning microscopy study. *Odontology*, 107: 64-71.

- AYRANCI L, ARSLAN H, AKÇAY M, ÇAPAR I, GÖK T, SAYGILI G (2016) Effectiveness of laser-assisted irrigation and passive ultrasonic irrigation techniques on smear layer removal in middle and apical thirds. *Scanning*, 38: 121-27.
- BARBIZAM JVB, TROPE M, TANOMARU-FILHO M, TEIXEIRA ECN, TEIXEIRA FB (2011) Bond strength of different endodontic sealers to dentin: push-out test. *Journal of Applied Oral Science*, 19: 644-47.
- BARBOSA CA, GONÇALVES RB, SIQUEIRA JF, DE UZEDA M (1997) Evaluation of the antibacterial activities of calcium hydroxide, chlorhexidine, and camphorated paramonochlorophenol as intracanal medicament. A clinical and laboratory study. *Journal of endodontics*, 23: 297-300.
- BASRANI B (2005) Chlorhexidine gluconate. *Australian Endodontic Journal*, 31: 48-52.
- BASRANI B, HAAPASALO M (2012) Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic topics*, 27: 74-102.
- BASRANI B, SANTOS JM, TJÄDERHANE L, GRAD H, GORDUYSUS O, HUANG J, LAWRENCE HP, FRIEDMAN S (2002) Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 94: 240-45.
- BAUMGARTNER JC, BROWN CM, MADER CL, PETERS DD, SHULMAN JD (1984) A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid. *Journal of endodontics*, 10: 525-31.
- BAUMGARTNER JC, MADER CL (1987) A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of endodontics*, 13: 147-57.
- BLANKEN J, DE MOOR RJG, MEIRE M, VERDAASDONK R (2009) Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers in Surgery Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine Surgery*, 41: 514-19.
- BOLHARI B, EHSANI S, ETEMADI A, SHAFQAQ M, NOSRAT A (2014) Efficacy of Er, Cr: YSGG laser in removing smear layer and debris with two different output powers. *Photomedicine and laser surgery*, 32: 527-32.
- BOUTSIOUKIS C, LAMBRIANIDIS T, KASTRINAKIS E, BEKIAROGLOU P (2007) Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *International Endodontic Journal*, 40: 504-13.

- BRA M, JOHNSON G (1974) Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *The Journal of prosthetic dentistry*, 31: 422-30.
- BYSTRÖM A, SUNDQVIST G (1981) Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences*, 89: 321-28.
- BYSTRÖM A, SUNVQVIST G (1985) The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*, 18: 35-40.
- CARON G, NHAM K, BRONNEC F, MACHTOU P (2010) Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *Journal of endodontics*, 36: 1361-66.
- CARRIGAN PJ, MORSE DR, FURST ML, SINAI IH (1984) A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *Journal of endodontics*, 10: 359-63.
- CARROTTE P (2004) Endodontics: Part 1 The modern concept of root canal treatment. *British dental journal*, 197: 181-83.
- CENGIZ T, AKTENER B, PISKIN B (1990) The effect of dentinal tubule orientation on the removal of smear layer by root canal irrigants: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 23: 163-71.
- CHANDRA SS, SHANKAR P, INDIRA R (2012) Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Journal of endodontics*, 38: 1412-16.
- CHAUDHRY S, YADAV S, TALWAR S, VERMA M (2017) Effect of EndoActivator and Er, Cr: YSGG laser activation of Qmix, as final endodontic irrigant, on sealer penetration: A Confocal microscopic study. *Journal of clinical experimental dentistry*, 9: e218.
- CLAYMAN L, KUO P (1997) Physical Considerations of Surgical Lasers, In: Lasers in maxillofacial surgery and dentistry, Thieme Medical Publishers, p: 1-9.
- CLEGG M, VERTUCCI F, WALKER C, BELANGER M, BRITTO L (2006) The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of endodontics*, 32: 434-37.

- COLUZZI DJ (2000) An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44: 753-65.
- COLUZZI DJ (2004) Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*, 48: 751-70, v.
- COLUZZI DJ (2008) An overview of lasers in dentistry. *The Alpha omegan*, 101: 125.
- COLUZZI DJ, CONVISSAR RA (2004) Lasers in clinical dentistry. *Dental Clinics of North America*, 48: xi-xii.
- COLUZZI DJ, GOLDSTEIN A (2004) Lasers in dentistry. An overview. *Dentistry today*, 23: 120-22, 24-27.
- CREMER C, CREMER T (1974) Considerations on a laser-scanning-microscope with high resolution and depth of field. *Microscopica acta*: 31-44.
- CRUZ-FILHO AM, SOUSA-NETO MD, SAQUY PC, PÉCORÁ JD (2001) Evaluation of the effect of EDTAC, CDTA, and EGTA on radicular dentin microhardness. *Journal of endodontics*, 27: 183-84.
- CVEK M, NORD CE, HOLLENDER L (1976) Antimicrobial effect of root canal debridement in teeth with immature root. A clinical and microbiologic study. *Odontologisk revy*, 27: 1-10.
- CZONSTKOWSKY M, WILSON EG, HOLSTEIN F (1990) The smear layer in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 34: 13-25.
- ÇALT S, SERPER A (1999) Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *Journal of endodontics*, 25: 431-33.
- ÇALT S, SERPER A (2002) Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of endodontics*, 28: 17-19.
- ÇÖKÜK N, KARA E, KAKI D, AYDOĞDU M, SARIDAĞ S (2016) Influence of the ER, CR: YSGG laser and different irrigation methods on push-out bond strength of fiber post. *Journal of adhesion science technology*, 30: 1178-88.
- DAVIES A (1973) The mode of action of chlorhexidine. *Journal of Periodontal Research*, 8: 68-75.

- DE-DEUS G, BRANDAO M, LEAL F, REIS C, SOUZA E, LUNA A, PACIORNIK S, FIDEL S (2012) Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *International Endodontic Journal*, 45: 642-51.
- DE DEUS GA, GURGEL-FILHO ED, MANIGLIA-FERREIRA C, COULINHO-FILHO T (2004) 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: 23-28.
- DE MOOR R, HOMMEZ G (2002) The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta percha obturation techniques. *International Endodontic Journal*, 35: 275-82.
- DE MOOR RJG, BLANKEN J, MEIRE M, VERDAASDONK R (2009) Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers in Surgery Medicine*, 41: 520-23.
- DELEU E, MEIRE MA, DE MOOR RJ (2015) Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers in medical science*, 30: 831-35.
- DENTON G (1991) Chlorhexidine. In: Block SS, ed. *Disinfection, Sterilization and Preservation*, 4th ed, Philadelphia: Lea and Febiger, p: 274-289.
- DIVITO E, LLOYD A (2012) ER: YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dentistry today*, 31: 122, 24-7.
- DIVITO E, PETERS OA, OLIVI G (2012) 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: 273-80.
- DOVGYALLO G, MIGUN N, PROKHORENKO P (1989) The complete filling of dead-end conical capillaries with liquid. *Journal of engineering physics*, 56: 395-97.
- DUARTE MAH, ORDINOLA-ZAPATA R, BERNARDES RA, BRAMANTE CM, BERNARDINELI N, GARCIA RB, DE MORAES IG (2010) Influence of calcium hydroxide association on the physical properties of AH Plus. *Journal of endodontics*, 36: 1048-51.
- EICK JD, WILKO RA, ANDERSON CH, SORENSEN SE (1970) Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *Journal of Dental Research*, 49: 1359-68.

- ELDENIZ AU, ERDEMIR A, BELLI S (2005) Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *Journal of endodontics*, 31: 293-96.
- EVANS JT, SIMON JH (1986) Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *Journal of endodontics*, 12: 101-07.
- EYMIRLI A, SUNGUR DD, UYANIK O, PURALI N, NAGAS E, CEHRELI Z (2019) Dentinal Tubule Penetration and Retreatability of a Calcium Silicate-based Sealer Tested in Bulk or with Different Main Core Material. *Journal of endodontics*, 45: 1036-40.
- FARDAI O, TURNBULL RS (1986) A review of the literature on use of chlorhexidine in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 112: 863-69.
- FEILZER A, DE GEE A, DAVIDSON C (1987) Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *Journal of Dental Research*, 66: 1636-39.
- GARBEROGLIO R, BRÄNNSTRÖM M (1976) Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archives of Oral Biology*, 21: 355-62.
- GENERALI L, CAVANI F, SERENA V, PETTENATI C, RIGHI E, BERTOLDI C (2017) Effect of different irrigation systems on sealer penetration into dentinal tubules. *Journal of endodontics*, 43: 652-56.
- GENERALI L, PRATI C, PIRANI C, CAVANI F, GATTO M, GANDOLFI M (2016) Double dye technique and fluid filtration test to evaluate early sealing ability of an endodontic sealer. *Clinical oral investigations*, 21: 1267-76.
- GEORGE R, WALSH LJ (2008) Apical extrusion of root canal irrigants when using Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *Journal of endodontics*, 34: 706-08.
- GHARIB SR, TORDIK PA, IMAMURA GM, BAGINSKI TA, GOODELL GG (2007) A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *Journal of endodontics*, 33: 957-61.
- GIARDINO L, CAVANI F, GENERALI L (2017) Sodium hypochlorite solution penetration into human dentine: a histochemical evaluation. *International Endodontic Journal*, 50: 492-98.
- GILBOE DB, SVARE CW, THAYER KE, DRENNON DG (1980) Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 44: 310-16.

- GLICKMAN GN, GUTMANN J (1992) Contemporary perspectives on canal obturation. *Dental Clinics of North America*, 36: 327-41.
- GOLDMAN L (1965) Comparison of the biomedical effects of the exposure of human tissues to low and high energy lasers. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 122: 802-31.
- GOLDMAN L, HORNBY P, MEYER R, GOLDMAN B (1964) Impact of the laser on dental caries. *Nature*, 203: 417-17.
- GOLDMAN LB, GOLDMAN M, KRONMAN JH, LIN PS (1981) The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 52: 197-204.
- GOLDMAN M, GOLDMAN LB, CAVALERI R, BOGIS J, LIN PS (1982) The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *Journal of endodontics*, 8: 487-92.
- GOMES B, FERRAZ C, ME V, BERBER V, TEIXEIRA F, SOUZA-FILHO F (2001) In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 34: 424-28.
- GRANDE NM, PLOTINO G, FALANGA A, POMPONI M, SOMMA F (2006) Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *Journal of endodontics*, 32: 460-64.
- GRAWEHR M, SENER B, WALTIMO T, ZEHNDER M (2003) Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*, 36: 411-15.
- GREENSTEIN G, BERMAN C, JAFFIN R (1986) Chlorhexidine: an adjunct to periodontal therapy. *Journal of periodontology*, 57: 370-77.
- GROSSMAN LI (1958) An improved root canal cement. *The Journal of the American Dental Association*, 56: 381-85.
- GROSSMAN LI, OLIET S, DEL RIO C (1988) *Microbiology Endodontic Practice*, Lea & Febiger: Philadelphia. p: 234-41.
- GU LS, KIM JR, LING J, CHOI KK, PASHLEY DH, TAY FR (2009) Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of endodontics*, 35: 791-804.

- GUIMARÃES BM, AMOROSO-SILVA PA, ALCALDE MP, MARCIANO MA, DE ANDRADE FB, DUARTE MAH (2014) Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. *Journal of endodontics*, 40: 964-68.
- HAAPASALO H, SIREN E, WALTIMO T, ORSTAVIK D, HAAPASALO M (2000) Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *International Endodontic Journal*, 33: 126-31.
- HAAPASALO M, SHEN Y, QIAN W, GAO Y (2010) Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*, 54: 291-312.
- HADLEY J, YOUNG DA, EVERSOLE LR, GORNBEIN JA (2000) A laser-powered hydrokinetic system: for caries removal and cavity preparation. *The Journal of the American Dental Association*, 131: 777-85.
- HAHN F, REYGADAS F (1951) Demineralization of hard tissues. *Science*, 114: 462-63.
- HALL G, ANNEROTH G, SCHENNING S, ZETTERQVIST L, RYDEN H (1994) Effect of low level energy laser irradiation on wound healing. An experimental study in rats. *Swedish dental journal*, 18: 29-34.
- HAND RE, SMITH ML, HARRISON JW (1978) Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, 4: 60-64.
- HARGREAVES KM, BERMAN LH (2015) Cohen's pathways of the pulp expert consult, Elsevier Health Sciences, p: 621-622.
- HAUMAN C, LOVE R (2003) Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *International Endodontic Journal*, 36: 75-85.
- HAUSER V, BRAUN A, FRENTZEN M (2007) Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *International Endodontic Journal*, 40: 644-52.
- HELING I, CHANDLER NP (1996) The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of endodontics*, 22: 257-59.
- HIRAISHI N, PAPACCHINI F, LOUSHINE R, WELLER R, FERRARI M, PASHLEY DH, TAY F (2005) Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *International Endodontic Journal*, 38: 753-63.

- HORIBA N, MAEKAWA Y, MATSUMOTO T, NAKAMURA H (1990) A study of the distribution of endotoxin in the dentinal wall of infected root canals. *Journal of endodontics*, 16: 331-34.
- HUTTULA AS, TORDIK PA, IMAMURA G, EICHMILLER FC, MCCLANAHAN SB (2006) The effect of ultrasonic post instrumentation on root surface temperature. *Journal of endodontics*, 32: 1085-87.
- HÜLSMANN M, HECKENDORFF M, LENNON A (2003) Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*, 36: 810-30.
- ISHIZAKI NT, MATSUMOTO K, KIMURA Y, WANG X, KINOSHITA J-I, OKANO S, JAYAWARDENA JA (2004) Thermographical and morphological studies of Er, Cr: YSGG laser irradiation on root canal walls. *Photomedicine and Laser Therapy*, 22: 291-97.
- ISMAIL PMS, SIDDIQ AHAMED P, SEKHAR MC, MOOSANI G, REDDY SN, REDDY NU, SUMANTHI C (2016) Comparison of Sealer Penetration by Using Different Irrigation Techniques–An In-vitro Study. *Journal of clinical diagnostic research*, 10: ZC50.
- JAMLEH A, FUKUMOTO Y, TAKATOMO Y, KOBAYASHI C, SUDA H, ADORNO CG (2016) A comparison between two negative pressure irrigation techniques in simulated immature tooth: an ex vivo study. *Clinical oral investigations*, 20: 125-31.
- JARDINE AP, DA ROSA RA, SANTINI MF, WAGNER M, SÓ MVR, KUGA MC, PEREIRA JR, KOPPER PMP (2016) The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clinical oral investigations*, 20: 117-23.
- JEANSONNE MJ, WHITE RR (1994) A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *Journal of endodontics*, 20: 276-78.
- JEONG JW, DEGRAFT-JOHNSON A, DORN SO, DI FIORE PM (2017) Dentinal tubule penetration of a calcium silicate-based root canal sealer with different obturation methods. *Journal of endodontics*, 43: 633-37.
- KAHN F, ROSENBERG P, GLIKSBERG J (1995) An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *Journal of endodontics*, 21: 277-80.

- KAITZAS V, OLIVI G (2016) Endodontic Morphology and Anatomy of Human Teeth, In: Lasers in Endodontics: Scientifics Background and Clinical Applications, Springer, p: 3-35.
- KAKEHASHI S, STANLEY H, FITZGERALD R (1965) The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 20: 340-49.
- KANTER V, WELDON E, NAIR U, VARELLA C, KANTER K, ANUSAVICE K, PILEGGI R (2011) A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 112: 809-13.
- KARA TUNCER A, TUNCER S (2012) Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of endodontics*, 38: 860-63.
- KEIR DM, SENIA ES, MONTGOMERY S (1990) Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *Journal of endodontics*, 16: 323-27.
- KIM H, KIM E, LEE S-J, SHIN S-J (2015) Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *Journal of endodontics*, 41: 2025-30.
- KIM Y, KIM B-S, KIM Y-M, LEE D, KIM S-Y (2019) The penetration ability of calcium silicate root canal sealers into dentinal tubules compared to conventional resin-based sealer: A confocal laser scanning microscopy study. *Materials*, 12: 531.
- KOK D, DUARTE MAH, DA ROSA RA, WAGNER MH, PEREIRA JR, SÓ MVR (2012) Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microscopy research and technique*, 75: 1277-80.
- KOKKAS AB, BOUTSIUKIS AC, VASSILIADIS LP, STAVRIANOS CK (2004) 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: 100-02.
- KOMOROWSKI R, GRAD H, WU XY, FRIEDMAN S (2000) Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *Journal of endodontics*, 26: 315-17.
- KOSSEV D, STEFANOV V (2009) Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers. *Roots*, 1: 42-48.

- KOUCHI Y, NINOMIYA J, YASUDA H, FUKUI K, MORIYAMA T, OKAMOTO H (1980) Location of *Streptococcus mutans* in the dentinal tubules of open infected root canals. *Journal of Dental Research*, 59: 2038-46.
- KRISHNAMURTHY S, SUDHAKARAN S (2010) Evaluation and prevention of the precipitate formed on interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine. *Journal of endodontics*, 36: 1154-57.
- KUÇI A, ALAÇAM T, YAVAŞ Ö, ERGUL-ULGER Z, KAYA OĞLU G (2014) Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: a confocal laser scanning microscopic study. *Journal of endodontics*, 40: 1627-31.
- KURUVILLA JR, KAMATH MP (1998) Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *Journal of endodontics*, 24: 472-76.
- LEE JK, KWAK SW, HA JH, LEE W, KIM HC (2017) Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorganic chemistry applications*, 2017.
- LEONARDO MR, DA SILVA L, ALMEIDA W, UTRILLA LS (1999) Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. *Dental Traumatology*, 15: 28-32.
- LIMKANGWALMONGKOL S, BURTSCHER P, ABBOTT PV, SANDLER AB, BISHOP BM (1991) A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *Journal of endodontics*, 17: 495-99.
- LOVE RM, MCMILLAN MD, PARK Y, JENKINSON HF (2000) Coinvasion of Dentinal Tubules by *Porphyromonas gingivalis* and *Streptococcus gordonii* Depends upon Binding Specificity of Streptococcal Antigen I/II Adhesin. *Infection immunity*, 68: 1359-65.
- LÖE H (1973) Does chlorhexidine have a place in the prophylaxis of dental diseases? *Journal of Periodontal Research*, 8: 93-99.
- MACHADO R, CRUZ ATG, DE ARAUJO BMDM, KLEMZ AA, KLUG HP, DA SILVA NETO UX, TECHNIQUE (2018) Tubular dentin sealer penetration after different final irrigation protocols: A confocal laser scanning microscopy study. *Microscopy research and technique*, 81: 649-54.
- MADER CL, BAUMGARTNER JC, PETERS DD (1984) Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of endodontics*, 10: 477-83.

- MADHUSUDHANA K, SWAPNA S, SUNEELKUMAR C, LAVANYA A, DEEPTHI M (2016) Effect of endoactivator and Er, Cr: YSGG laser irradiation in removing the smear layer after root canal instrumentation: An in vitro study. *Journal of Dr. NTR University of Health Sciences*, 5: 24.
- MALKHASSIAN G, MANZUR AJ, LEGNER M, FILLERY ED, MANEK S, BASRANI BR, FRIEDMAN S (2009) Antibacterial efficacy of MTAD final rinse and two percent chlorhexidine gel medication in teeth with apical periodontitis: a randomized double-blinded clinical trial. *Journal of endodontics*, 35: 1483-90.
- MAMOOTIL K, MESSER H (2007) Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International Endodontic Journal*, 40: 873-81.
- MANCINI M, CERRONI L, IORIO L, ARMELLIN E, CONTE G, CIANCONI L (2013) Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *Journal of endodontics*, 39: 1456-60.
- MARTIN H (1976) Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 42: 92-99.
- MATSUMOTO H, YOSHIMINE Y, AKAMINE A (2011) Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er: YAG laser within a root canal model. *Journal of endodontics*, 37: 839-43.
- MATSUOKA E, JAYAWARDENA JA, MATSUMOTO K (2005) Morphological study of the Er, Cr: YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomedicine and Laser Therapy*, 23: 480-84.
- MCCOMB D, SMITH DC (1975) A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of endodontics*, 1: 238-42.
- MCGILL S, GULABIVALA K, MORDAN N, NG YL (2008) The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *International Endodontic Journal*, 41: 602-08.
- MCKENNA SM, DAVIES K (1988) The inhibition of bacterial growth by hypochlorous acid. Possible role in the bactericidal activity of phagocytes. *Biochemical Journal*, 254: 685-92.
- METZGER Z (2014) The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *Journal of conservative dentistry*, 17: 401.

- METZGER Z, ZARY R, COHEN R, TEPEROVICH E, PAQUÉ F (2010) The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *Journal of endodontics*, 36: 1569-73.
- MIDDA M, RENTON-HARPER P (1991) Lasers in dentistry. *British dental journal*, 170 343-46.
- MIGUN N, SHNIP A (2002) Model of film flow in a dead-end conic capillary. *Journal of engineering physics thermophysics*, 75: 1422-28.
- MINSKY M (1988) Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*, 10: 128-38.
- MISERENDINO LJ (1988) The laser apicoectomy: endodontic application of the CO2 laser for periapical surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 66: 615-19.
- MITCHELL R, YANG S, BAUMGARTNER J (2010) Comparison of apical extrusion of NaOCl using the EndoVac or needle irrigation of root canals. *Journal of endodontics*, 36: 338-41.
- MITCHELL RP, BAUMGARTNER JC, SEDGLEY CM (2011) Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *Journal of endodontics*, 37: 1677-81.
- MJÖR I, NORDAHL I (1996) The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Archives of Oral Biology*, 41: 401-12.
- MJÖR I, SMITH M, FERRARI M, MANNOCCI F (2001) The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal*, 34: 346-53.
- MOHAMMADI Z (2008) Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International dental journal*, 58: 329-41.
- MOHAMMADI Z (2009) Laser applications in endodontics: an update review. *International dental journal*, 59: 35-46.
- MOHAMMADI Z, ABBOTT P (2009a) The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International Endodontic Journal*, 42: 288-302.
- MOHAMMADI Z, ABBOTT PV (2009b) Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Australian Endodontic Journal*, 35: 131-39.

- MOLLER AJ, FABRICIUS L, DAHLEN G, ÖHMAN AE, HEYDEN G (1981) Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *European Journal of Oral Sciences*, 89: 475-84.
- MOORER W, WESSELINK P (1982) Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal*, 15: 187-96.
- MORENO D, CONDE AJ, LORONO G, ADORNO CG, ESTEVEZ R, CISNEROS R (2018) Comparison of the volume of root canal irrigant collected by 2 negative pressure needles at different flow rates of delivery. *Journal of endodontics*, 44: 838-41.
- MUNLEY PJ, GOODELL GG (2007) Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canals. *Journal of endodontics*, 33: 578-80.
- MUNOZ HR, CAMACHO-CUADRA K (2012) 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: 445-48.
- NAGAS E, UYANIK MO, EYMIRLI A, CEHRELI ZC, VALLITTU PK, LASSILA LV, DURMAZ V (2012) Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *Journal of endodontics*, 38: 240-44.
- NEUHAUS KW, LIEBI M, STAUFFACHER S, EICK S, LUSSI A (2016) Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *Journal of endodontics*, 42: 1799-803.
- NIELSEN BA, BAUMGARTNER JC (2007) Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of endodontics*, 33: 611-15.
- NIU W, YOSHIOKA T, KOBAYASHI C, SUDA H (2002) A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International Endodontic Journal*, 35: 934-39.
- OGUNTEBI BR, SHEN C (1992) Effect of different sealers on thermoplasticized gutta-percha root canal obturations. *Journal of endodontics*, 18: 363-66.
- OHARA P, TORABINEJAD M, KETTERING J (1993) Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. *Dental Traumatology*, 9: 95-100.
- OLIVI G, DE MOOR R, DIVITO E (2016) Advanced Laser-Activated Irrigation: PIPS™ Technique and Clinical Protocols, In: *Lasers in Endodontics: Scientifics Background and Clinical Applications*, Springer, p: 219-291.

- ONAL B, ERTL T, SIEBERT GT, MÜLLER G (1993) Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibers: a scanning and transmission electron microscopic study. *Journal of endodontics*, 19: 272.
- ORDINOLA-ZAPATA R, BRAMANTE CM, GRAEFF MS, DEL CARPIO PEROCHENA A, VIVAN RR, CAMARGO EJ, GARCIA RB, BERNARDINELI N, GUTMANN JL, DE MORAES IG (2009) Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 108: 450-57.
- ØRSTAVIK D, ERIKSEN H, BEYER-OLSEN EM (1983) Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal*, 16: 59-63.
- ØRSTAVIK D, HAAPASALO M (1990) Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology*, 6: 142-49.
- ØRSTAVIK D, NORDAHL I, TIBBALLS JE (2001) Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental Materials*, 17: 512-19.
- ÖZBAY Y, ERDEMİR A (2018) Effect of several laser systems on removal of smear layer with a variety of irrigation solutions. *Microscopy research technique*, 81: 1214-22.
- PAQUÉ F, LUDER H, SENER B, ZEHNDER M (2006) Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal*, 39: 18-25.
- PASHLEY D (1992) Smear layer: Overview of structure and function. *Proceedings of the Finnish Dental Society*, 88: 215-24.
- PASHLEY DH (1984) SmearLayer: physiological consideration. *Operative dentistry*, 3: 13-29.
- PASHLEY DH (1989) Dentin: a dynamic substrate--a review. *Scanning microscopy*, 3: 161-74.
- PASHLEY DH, CARVALHO RM, SANO H, NAKAJIMA M, YOSHIYAMA M, SHONO Y, FERNANDES CA, TAY F (1999) The microtensile bond test: A review. *Journal of Adhesive Dentistry*, 1: 299-309.
- PATEL D, SHERRIFF M, FORD T, WATSON T, MANNOCCI F (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal*, 40: 67-71.

- PAULO HD, PEREIRA JC, SVIZERO NR, RUEGGERBERG FA, PASHLEY DH (2006) Use of fluorescent compounds in assessing bonded resin-based restorations: a literature review. *Journal of dentistry*, 34: 623-34.
- PAWAR R, ALQAIED A, SAFAVI K, BOYKO J, KAUFMAN B (2012) Influence of an apical negative pressure irrigation system on bacterial elimination during endodontic therapy: a prospective randomized clinical study. *Journal of endodontics*, 38: 1177-81.
- PAWLICKA H, PIATKOWSKA D, HAJDUKIEWICZ G (1981) Effectiveness of cleansing agents in root canal preparation. A scanning electron microscopy study. *Stomatologie der DDR*, 31: 684.
- PEETERS HH, DE MOOR RJ, SUHARTO D (2015) Visualization of removal of trapped air from the apical region in simulated root canals by laser-activated irrigation using an Er, Cr: YSGG laser. *Lasers in medical science*, 30: 1683-88.
- PEETERS HH, MOODUTO L (2013) Radiographic examination of apical extrusion of root canal irrigants during cavitation induced by Er, Cr: YSGG laser irradiation: an in vivo study. *Clinical oral investigations*, 17: 2105-12.
- PEETERS HH, SUARDITA K (2011) Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium garnet laser. *Journal of endodontics*, 37: 1585-89.
- PERDIGAO J, LAMBRECHTS P, VANHERLE G (2000) Microscopy investigations: techniques, results, limitations. *American Journal of Dentistry*, 13: 3D18D.
- PESSE AV, WARRIER GR, DHIR VK (2005) An experimental study of the gas entrapment process in closed-end microchannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48: 5150-65.
- PETERS L, WESSELINK P, BUIJS J, VAN WINKELHOFF A (2001) Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. *Journal of endodontics*, 27: 76-81.
- PETERS OA, BARDSLEY S, FONG J, PANDHER G, DIVITO E (2011) Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal of endodontics*, 37: 1008-12.
- PIAI GG, DUARTE MAH, NASCIMENTO ALD, ROSA RAD, SÓ MVR, VIVAN RR (2018) Penetrability of a new endodontic sealer: A confocal laser scanning microscopy evaluation. *Microscopy research technique*, 81: 1246-49.

- PICK R, POWELL G (1993) Laser in dentistry. Soft-tissue procedures. *Dental Clinics of North America*, 37: 281-96.
- PLOTINO G, PAMEIJER CH, GRANDE NM, SOMMA F (2007) Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *Journal of endodontics*, 33: 81-95.
- PRATI C, SELIGHINI M, FERRIERI P, MONGIORGI R (1994) Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth. *Journal of endodontics*, 20: 174-79.
- RADCLIFFE C, POTOURIDOU L, QURESHI R, HABAHBEH N, QUALTROUGH A, WORTHINGTON H, DRUCKER D (2004) Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*, 37: 438-46.
- RÖDIG T, BOZKURT M, KONIETSCHKE F, HÜLSMANN M (2010) Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *Journal of endodontics*, 36: 1410-13.
- RUDDLE CJ (2007) Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dentistry today*, 26: 110.
- RUSSELL A, FRIEDLANDER L, CHANDLER N (2018) Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. *Australian Endodontic Journal*, 44: 225-34.
- RUSSELL AA, CHANDLER NP, HAUMAN C, SIDDIQUI AY, TOMPKINS GR (2013) The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. *Journal of endodontics*, 39: 208-10.
- SABER SE-D, HASHEM AAR (2011) Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *Journal of endodontics*, 37: 1272-75.
- SABINS RA, JOHNSON JD, HELLSTEIN JW (2003) A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of endodontics*, 29: 674-78.
- SALEH I, RUYTER I, HAAPASALO M, ØRSTAVIK D (2002) The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 35: 859-66.

- SARNO MU, SIDOW SJ, LOONEY SW, LINDSEY KW, NIU L-N, TAY FR (2012) Canal and isthmus debridement efficacy of the VPro EndoSafe negative-pressure irrigation technique. *Journal of endodontics*, 38: 1631-34.
- SCHNEIDER SW (1971) A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 32: 271-75.
- SCHOOP U, BARYLYAK A, GOHARKHAY K, BEER F, WERNISCH J, GEORGOPOULOS A, SPERR W, MORITZ A (2009) The impact of an erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser with radial-firing tips on endodontic treatment. *Lasers in medical science*, 24: 59-65.
- SELTZER S, BENDER I (1965) Cognitive dissonance in endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 20: 505-16.
- SELTZER S, GREEN DB, WEINER N, DERENZIS F (2004) A scanning electron microscope examination of silver cones removed from endodontically treated teeth. *Journal of endodontics*, 30: 463-74.
- SERPER A, ÇALT S (2002) The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of endodontics*, 28: 501-02.
- SETLOCK J, FAYAD MI, BEGOLE E, BRUZICK M (2003) Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96: 614-17.
- SHAHRAVAN A, HAGHDOOST A-A, ADL A, RAHIMI H, SHADIFAR F (2007) Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of endodontics*, 33: 96-105.
- SHOKOUHINEJAD N, SABETI M, GORJESTANI H, SAGHIRI MA, LOTFI M, HOSEINI A (2011) Penetration of Epiphany, Epiphany self-etch, and AH Plus into dentinal tubules: a scanning electron microscopy study. *Journal of endodontics*, 37: 1316-19.
- SILVA ACB, GUGLIELMI C, MENEGUZZO DT, ARANHA ACC, BOMBANA AC, DE PAULA EDUARDO C (2010) Analysis of permeability and morphology of root canal dentin after Er, Cr: YSGG laser irradiation. *Photomedicine laser surgery*, 28: 103-08.
- SIQUEIRA JF, DE UZEDA, M., FONSECA, M.E.F. (1996) A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *Journal of endodontics*, 22 (6), 308-310.

- SIQUEIRA JF, RÔÇAS IN, FAVIERI A, LIMA KC (2000) Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, 26: 331-34.
- SIQUEIRA JF, RÔÇAS IN, SANTOS SR, LIMA KC, MAGALHÃES FA, DE UZEDA M (2002) Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *Journal of endodontics*, 28: 181-84.
- SPENCER H, IKE V, BRENNAN P (2007) the use of sodium hypochlorite in endodontics—potential complications and their management. *British dental journal*, 202: 555.
- STEWART GG (1955) The importance of chemomechanical preparation of the root canal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 8: 993-97.
- STOJICIC S, ZIVKOVIC S, QIAN W, ZHANG H, HAAPASALO M (2010) Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *Journal of endodontics*, 36: 1558-62.
- SUDSANGIAM S, VAN NOORT R (1999) Do dentin bond strength tests serve a useful purpose. *The journal of adhesive dentistry*, 1: 57-67.
- SULEWSKI JG (2000) Historical survey of laser dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44: 717-52.
- ŞEN B, WESSELINK P, TÜRKÜN M (1995) The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, 28: 141-48.
- TAY FR, GU L-S, SCHOEFFEL GJ, WIMMER C, SUSIN L, ZHANG K, ARUN SN, KIM J, LOONEY SW, PASHLEY DH (2010) Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *Journal of endodontics*, 36: 745-50.
- THOMAS AR, VELMURUGAN N, SMITA S, JOTHILATHA S (2014) Comparative evaluation of canal isthmus debridement efficacy of modified EndoVac technique with different irrigation systems. *Journal of endodontics*, 40: 1676-80.
- TOLJAN I, BAGO I, ANIĆ I (2016) Eradication of intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm by passive ultrasonic irrigation and RinsEndo system. *Acta stomatologica Croatica*, 50: 14-22.
- TORABINEJAD M, HANDYSIDES R, KHADEMI AA, BAKLAND LK (2002) Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 94: 658-66.

- TORABINEJAD M, SKOBE Z, TROMBLY PL, KRAKOW AA, GRØN P, MARLIN J (1978) Scanning electron microscopic study of root canal obturation using thermoplasticized gutta-percha. *Journal of endodontics*, 4: 245-50.
- TRONSTAD L, BARNETT F, SCHWARTZBEN L, FRASCA P (1985) Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental Traumatology*, 1: 69-76.
- TUNCER AK, ÜNAL B (2014) Comparison of sealer penetration using the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation. *Journal of endodontics*, 40: 613-17.
- TURKEL E, ONAY EO, UNGOR M (2017) Comparison of three final irrigation activation techniques: effects on canal cleanness, smear layer removal, and dentinal tubule penetration of two root canal sealers. *Photomedicine laser surgery*, 35: 672-81.
- TÜRKYILMAZ A, ERDEMİR A (2020) Comparison of dentin penetration ability of different root canal sealers used with different obturation methods. *Microscopy research technique*, 83: 1544-51.
- URBAN K, DONNERMEYER D, SCHÄFER E, BÜRKLEIN S (2017) Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical oral investigations*, 21: 2681-87.
- ÜNGÖR M, ONAY E, ORUÇOĞLU H (2006) Push-out bond strengths: the Epiphany–Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 39: 643-47.
- VALERA MC, CHUNG A, MENEZES MM, FERNANDES CEF, CARVALHO CAT, CAMARGO SEA, CAMARGO CHR (2010) Scanning electron microscope evaluation of chlorhexidine gel and liquid associated with sodium hypochlorite cleaning on the root canal walls. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 110: e82-e87.
- VAN AS G (2004) Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics*, 48: 1017-59.
- VAN DER SLUIS L, WU MK, WESSELINK P (2005) A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 38: 593-96.
- VANDEKAR M, PADHYE L, MANDKE L (2012) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: A confocal microscopic study-in vitro. *Endodontology*, 24: 65-72.

- VARELLA CH, PILEGGI R (2007) Obturation of root canal system treated by Cr, Er: YSGG laser irradiation. *Journal of endodontics*, 33: 1091-93.
- VASILADIS L, DARLING A, LEVERS B (1983) The amount and distribution of sclerotic human root dentine. *Archives of Oral Biology*, 28: 645-49.
- VERTUCCI FJ (1984) Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery oral medicine oral pathology oral radiology*, 58: 589-99.
- VIOLICH D, CHANDLER N (2010) The smear layer in endodontics—a review. *International Endodontic Journal*, 43: 2-15.
- WALKER A (1936) A definite and dependable therapy for pulpless teeth. *The Journal of the American Dental Association (1922)*, 23: 1418-25.
- WALMSLEY A (1987) Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *International Endodontic Journal*, 20: 105-11.
- WALMSLEY A, WILLIAMS A (1989) Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *Journal of endodontics*, 15: 189-94.
- WALTERS MJ, BAUMGARTNER JC, MARSHALL JG (2002) Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *Journal of endodontics*, 28: 837-39.
- WALTIMO T, ØRSTAVIK D, SIREN E, HAAPASALO M (1999) In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *International Endodontic Journal*, 32: 421-29.
- WALTIMO T, ØRSTAVIK D, SIRÉN E, HAAPASALO M (2000) In vitro yeast infection of human dentin. *Journal of endodontics*, 26: 207-09.
- WEIS MV, PARASHOS P, MESSER H (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal*, 37: 653-63.
- WELLER RN, BRADY JM, BERNIER WE (1980) Efficacy of ultrasonic cleaning. *Journal of endodontics*, 6: 740-43.
- WELLS O, GIGNAC L, MURRAY C, FRYE A, BRULEY J (2006) Use of backscattered electron detector arrays for forming backscattered electron images in the scanning electron microscope. *Scanning*, 28: 27-31.

- WINN DWN (2003) Lasers in dentistry: soft tissue capabilities. *Practical procedures aesthetic dentistry: PPAD*, 15: 803.
- WOLLARD RR, BROUGH SO, MAGGIO J, SELTZER S (1976) Scanning electron microscopic examination of root canal filling materials. *Journal of endodontics*, 2: 98-110.
- WU M, VAN DER SLUIS L, WESSELINK P (2002) A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 35: 527-35.
- YAMADA RS, ARMAS A, GOLDMAN M, LIN PS (1983) A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *Journal of endodontics*, 9: 137-42.
- YAMAZAKI R, GOYA C, YU D-G, KIMURA Y, MATSUMOTO K (2001) Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *Journal of endodontics*, 27: 9-12.
- ZEHNDER M (2006) Root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 32: 389-98.
- ZHU X, YIN X, CHANG JW, WANG Y, CHEUNG GS, ZHANG C (2013) Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study. *Photomedicine laser surgery*, 31: 371-77.
- ZMENER O, PAMEIJER CH, MACRI E (2005) Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 31: 392-95.

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI

Toplantı Tarihi: 27.06.2018
Toplantı Sayısı: 18/3
Karar No: 2018.06.12

Üniversitemiz Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu 27.06.2018 Çarşamba günü saat 11:00'de Prof.Dr. Berkant ÖZPOLAT başkanlığında toplanarak gündemdeki Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD. Prof.Dr. Ali ERDEMİR'in "**Farklı İrrigasyon Aktivasyon Yöntemlerinin İki Farklı Kök Kanal Dolgu Patının Dentin Tübül Penetrasyonuna Etkisinin Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop İle Değerlendirilmesi**" isimli başvurusunu görüştü.

KARAR:

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD. Prof.Dr. Ali ERDEMİR'in "**Farklı İrrigasyon Aktivasyon Yöntemlerinin İki Farklı Kök Kanal Dolgu Patının Dentin Tübül Penetrasyonuna Etkisinin Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop İle Değerlendirilmesi**" isimli başvurusu Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkelerine uygun bulunmuştur.


Prof.Dr. Berkant ÖZPOLAT

Başkan

Prof.Dr. Hakan BOYUNAGA
Başkan/Vekili

Prof.Dr. Arzu DAŞKAPAN
Üye

Prof.Dr. Teoman Zafer APAN
Üye

Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Zahit ADIŞEN
Üye

Prof.Dr. Ali Ahmet DOĞAN
(Katılmadı)Üye

Prof.Dr. Murat DEMİRBAŞ
Üye

Doç.Dr. Müyesser OKUMUŞ
Üye

Dr.Öğr. Üyesi Abdullah YILMAZ
(Katılmadı)Üye

ÖZGEÇMİŞ

Fatma KAPLAN 30.10.1991 tarihinde Çankırı’da doğdu. İlköğrenimini Atatürk İlköğretim Okulu’nda bitirdikten sonra Mevlana Anadolu Lisesi’nden 2009 yılında mezun oldu. 2014 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’ni bitirdi. 2014 yılında Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2015 yılından bu yana Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda doktora öğrencisi olarak bulunmaktadır.

