



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



**ARDIŞIK VE DEVAMLİ ŞELASYONUN BİYOSERAMİK BİR PATIN
DENTİN TÜBÜL PENETRASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BİR
KONFOKAL LAZER TARAMALI MİKROSKOP ÇALIŞMASI**

Dt. Muharrem BATUR

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

DİYARBAKIR

2024



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



**ARDIŞIK VE DEVAMLİ ŞELASYONUN BİYOSERAMİK BİR PATIN
DENTİN TÜBÜL PENETRASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BİR
KONFOKAL LAZER TARAMALI MİKROSKOP ÇALIŞMASI**

Dt. Muharrem BATUR

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

DİYARBAKIR

2024

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce desteklenmiştir.

Proje No: DİŞ.23.007

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

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Uzmanlık Öğrencisi Muharrem BATUR'un "Ardışık ve Devamlı Şelasyonun Biyoseramik Bir Patın Dentin Tübül Penetrasyonu Üzerindeki Etkileri: Bir Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop Çalışması" başlıklı tezi tarafımızdan incelenmiş; amaç, kapsam ve kalite yönünden Diş Hekimliği Fakültesi Uzmanlık Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir.

DİYARBAKIR / 10.06.2024

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

Anabilim Dalı Başkanı

Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

Yukarıdaki tez, Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı tarafından 10.06.2024 tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Belgin GÜLSÜN
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı
İmzası

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir 'Uzmanlık' tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

İmzası

Prof. Dr. Sadullah KAYA

Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL

Doç. Dr. Esin ÖZLEK

Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL

BEYAN

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

10.06.2024

Muharrem BATUR

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle yanımda olup tez çalışmamı hassasiyetle yönlendiren ve öğrencisi olmanın gururunu yaşadığım saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA'ya,

Klinik tecrübelerini esirgemeyerek meslek hayatıma ve uzmanlık eğitimime büyük katkıları olan çok değerli hocalarım Prof. Dr. Sadullah KAYA, Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL ve Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL'a,

Çalışmamıza desteğinden dolayı Dicle Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Mehmet ÇOLAK'a,

Her zaman desteklerini hissettiğim, mutluluğumu paylaştığım sevgili üst kıdem arkadaşlarım Uzm. Dt. Ezgi İlkay ZENGİN, Uzm. Dt. Elif Nur YOLCU, Uzm. Dt. Nihal Firdevs ARIKAN'a,

Eğitim sürecimiz boyunca benzer yollardan geçtiğimiz ve birlikte çalışmaktan keyif aldığım değerli eş kıdem arkadaşlarım Dt. Hasret KILIVAN, Dt. Merve DOĞAN ve Dt. Gamze DURAK ÖZKILIÇ'a,

Gelmeleri ile mutluluk duyduğum ve çalışmaktan keyif aldığım kıymetli alt kıdem arkadaşlarım Dt. Merve DEFİŞET, Dt. Ayşenur ÇAM, Dt. Mehmet Ali ALTUNKUM, Dt. Umut AĞAÇHANLI, Dt. Makbule TAŞYÜREK ve Dt. Bora İLCAN'a,

Hayatım boyunca her koşulda yanımda olan, mutluluğumu ve üzüntümü benimle birlikte yaşayan canım eşim Şüheda'ya,

En büyük motivasyon kaynağım canımın içi biricik kızım Hanne'ye,

Hayatım boyunca her başarımda emekleri olan, sırtımı yasladığım, maddi manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan canım babam Bahattin BATUR'a, canım annem Hakime BATUR'a, canım kardeşim Zakir BATUR'a, canım kardeşim Nasır BATUR'a, kıymetli yengem İrem BATUR'a ve biricik kardeşim Meryem BATUR'a,

Hayatım boyunca kendime örnek aldığım canım amcam Muhammed BATUR'a ve kıymetli yengem Methiye BATUR'a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BEYAN	i
TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SEMBOLLER/KISALTMALAR	vi
RESİMLER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
ÖZET	1
ABSTRACT	3
1. GİRİŞ VE AMAÇ	5
2. GENEL BİLGİLER.....	8
2.1. İrrigasyon Solüsyonlarının Önemi ve Solüsyon Tipleri.....	8
2.1.1. Sodyum hipoklorit	9
2.1.2. Etilen diamin tetraasetik asit.....	11
2.1.3. Sitrik asit	12
2.1.4. Fitik asit	12
2.1.5. Maleik asit	12
2.1.6. Perasetik asit	13
2.1.7. Etidronik asit.....	13
2.1.8. Glikolik asit	14
2.2. İrrigasyon Aktivasyon Çeşitleri	15
2.2.1. Manuel aktivasyon çeşitleri	17
2.2.2. Mekanik aktivasyon yöntemleri	19
2.2.3. Sonik aktivasyon yöntemleri.....	21
2.2.4. Ultrasonik aktivasyon yöntemleri	22
2.2.5. Lazer ile aktivasyon.....	23
2.2.6. Ardışık basınç oluşturan sistemler.....	24
2.3. Kök Kanal Dolumunda Kullanılan Patlar	24
2.3.1. Biyoseramik esash patlar	26

2.4. Çalışmamızda Kullanılan Biyoseramik Esaslı Kanal Patı.....	30
2.4.1. AH Plus Biyoseramik pat.....	30
2.5. Dentin Tübül Yapısı ve Kanal Patı Penetrasyonu	31
2.6. Smear Tabakası ve Kanal Patı Penetrasyonu	32
2.7. Kanal Patı Penetrasyonu Görüntüleme Yöntemleri	32
2.8. Endodontide Pat Penetrasyon Değerlendirmesinde Kullanılan Floresan Boyalar	34
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	36
3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması.....	36
3.2. Grupların Belirlenmesi	38
3.3. İrrigasyon Solüsyonlarının ve Floresan Boyanın Hazırlanması	39
3.3.2. NaOCl ve EDTA solüsyonunun hazırlanması.....	39
3.3.3. GA solüsyonunun hazırlanması.....	40
3.3.4. Dual Rinse HEDP hazırlanması	41
3.3.5. Floresan boyanın hazırlanması	43
3.3.6. Sıcak su banyosu düzeneğinin hazırlanması	43
3.4. Kanalların Kemomekanik Şekillendirilmesi.....	44
3.5. İrrigasyon Aktivasyon Prosedürü ve Kök Kanallarının Final İrrigasyonu	46
3.6. Kök Kanallarının Dolumu	50
3.7. İncelenecek Kesitlerin Hazırlanması	51
3.8. Kesitlerin KLTM ile İncelenmesi.....	52
3.8.1. Pat penetrasyon derinliği ölçümü.....	55
3.8.2. Pat penetrasyon yüzdesi ölçümü	56
3.8.3. Pat penetrasyon alan ölçümü.....	57
3.9. İstatistiksel Analiz	58
4. BULGULAR.....	58
4.1. Aktivasyon Tipi, İrrigasyon Ajanı ve Kesit Seviyelerinin Penetrasyon Derinliğine Etkisi	58
4.2. Aktivasyon Tipi, İrrigasyon Ajanı ve Kesit Seviyelerinin Penetrasyon Yüzdesine Etkisi.....	62
4.3. Aktivasyon Tipi, İrrigasyon Ajanı ve Kesit Seviyelerinin Penetrasyon Alanına Etkisi.....	65
5. TARTIŞMA	68

6. SONUÇLAR	84
7. KAYNAKLAR.....	85
8. EKLER.....	101
9. ORJİNALLİK RAPORU	104
10. ÖZGEÇMİŞ.....	105



SEMBOLLER/KISALTMALAR

ark.	:	Arkadaşları
Ca⁺²	:	Kalsiyum
Cm	:	Santimetre
°C	:	Santigrat derece
dk	:	Dakika
DS	:	Distile su
DW	:	Distilled water
EDTA	:	Etilen diamin tetraasetik asit
GA	:	Glikolik asit
GŞİ	:	Geleneksel şırınga irrigasyonu
HEDP	:	Etidronik asit
Hz	:	Hertz
H0₁	:	Birinci sıfır hipotezi
H0₂	:	İkinci sıfır hipotezi
H0₃	:	Üçüncü sıfır hipotezi
H0₄	:	Dördüncü sıfır hipotezi
H1₁	:	Birinci alternatif hipotezi
IP6	:	İnositol heksafosfat / fitik asit
kHz	:	Kilohertz
KLTM	:	Konfokal lazer taramalı mikroskop
MA	:	Maleik asit

µl	:	Mikrolitre
µm	:	Mikrometre
µm²	:	Mikrometrekare
mJ	:	Milijoule
ml	:	Mililitre
mm	:	Milimetre
ml/sn	:	Mililitre/saniye
MTA	:	Mineral trioksit agregat
NaOCl	:	Sodyum hipoklorit
Ncm	:	Newton/santimetre
Ni-Ti	:	Nikel titanyum
nm	:	Nanometre
PAA	:	Perasetik asit
pH	:	Power of hidrojen
PIPS	:	Photon induced photoacoustic streaming
pKa	:	Asit ayrışma sabitinin (-) logaritması
PUI	:	Pasif ultrasonik irrigasyon
rpm	:	Revolutions per minute
SA	:	Sitrik asit
SAF	:	Self adjusting file
SEM	:	Scanning electron microscope
sn	:	Saniye
%	:	Yüzde

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. XP-endo Finisher eğesi.....	21
Resim 2. Çalışmamızda devamlı şelasyon uygulanan örneklerden birinden alınan horizontal kesitte tübüllerin gösterilmesi	31
Resim 3. Dişlerden alınan radyografi rneği	37
Resim 4. Akrilik bloklara gömülmüş dişler.....	38
Resim 5. %5 derişimli NaOCl zeltisi	40
Resim 6. %17 derişime sahip EDTA zeltisi.....	40
Resim 7. %17 derişime sahip GA zeltisi.....	41
Resim 8. Dual Rinse HEDP kapsül formu.....	42
Resim 9. Hazırlanmış Dual Rinse HEDP solüsyonu	42
Resim 10. Çalışmamızda patın floresan işaretlenmesinde kullanılan Fluorescein tozu	43
Resim 11. WaveOne Primary (25.07) döner eğesi	44
Resim 12. X Smart Plus endomotor	45
Resim 13. TruNatomy irrigasyon iğnesi.....	45
Resim 14. Çalışmamızda PUİ gruplarında kullanılan Eighteeth Ultra X cihazı.....	49
Resim 15. Çalışmamızda kullanılan XP-endo Finisher eğesi	49
Resim 16. Dolum için kullanılan WaveOne Gold Conform Fit (25.07) güta perka konu.....	50
Resim 17. Dolum için kullanılan AH Plus Biyoseramik kanal patı	51
Resim 18. Çalışmamızda ağız içi sıcaklığını taklit etmek için kullanılan etüv	51
Resim 19. Çalışmamızda kullanılan elmas disk	52
Resim 20. Çalışmamızda kullanılan İsomet cihazı ve kesit alma görüntüleri	52
Resim 21. 10x büyütme altında örnek kesitten görüntü alınması.....	53
Resim 22. KLTM cihazı ve görüntülerin oluştuğu bilgisayar	53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Grupların kullanılan irrigasyon solüsyonuna ve aktivasyon tipine göre dağılımı	39
Şekil 2. 37 °C'ye ayarlanmış banyo düzeneği, solüsyonlar ve örnekler.....	44
Şekil 3. Grup 1a'nın irrigasyon protokülünün şeması	46
Şekil 4. Grup 1b'nin irrigasyon protokülünün şeması	46
Şekil 5. Grup 1c'nin irrigasyon protokülünün şeması	47
Şekil 6. Grup 2a'nın irrigasyon protokülünün şeması	47
Şekil 7. Grup 2b'nin irrigasyon protokülünün şeması	47
Şekil 8. Grup 2c'nin irrigasyon protokülünün şeması	48
Şekil 9. Grup 3a'nın irrigasyon protokülünün şeması	48
Şekil 10. Grup 3b'nin irrigasyon protokülünün şeması	48
Şekil 11. Grup 3c'nin irrigasyon protokülünün şeması	49
Şekil 12. Her gruptaki dış kesitlerinden elde edilen KLTM görüntü örnekleri	54
Şekil 13. Pat penetrasyon derinliği ölçümünün görselleştirilmesi	55
Şekil 14. Pat penetrasyon yüzde ölçümünün görselleştirilmesi.....	56
Şekil 15. Pat penetrasyon alan ölçümünün görselleştirilmesi.....	57
Şekil 16. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon derinliğinin budanmış ortalama ve standart hata grafiği	61
Şekil 17. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon yüzdesinin budanmış ortalama ve standart hata grafiği	64
Şekil 18. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon alanının budanmış ortalama ve standart hata grafiği	67

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. İrigasyon aktivasyon çeşitlerinin sınıflandırılması	16
Tablo 2. Kanal patlarının içeriğine göre sınıflandırılması.....	25
Tablo 3. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon derinliğinin karşılaştırılma sonuçları	59
Tablo 4. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon derinliğinin tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları (μm cinsinden).....	60
Tablo 5. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon yüzdesinin karşılaştırılma sonuçları	62
Tablo 6. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon yüzdesinin (%) tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları	63
Tablo 7. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon alanının karşılaştırılma sonuçları	65
Tablo 8. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon alanının tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları (μm^2 cinsinden)	66

ARDIŞIK VE DEVAMLİ ŞELASYONUN BİYOSERAMİK BİR PATIN DENTİN TÜBÜL PENETRASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: BİR KONFOKAL LAZER TARAMALI MİKROSKOP ÇALIŞMASI

Muharrem BATUR

Danışman: Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

Endodonti Anabilim Dalı

ÖZET

Amaç: Bu tez çalışması, iki farklı ardışık şelasyon ajanı ile [Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA) ve Glikolik Asit (GA)], devamlı şelasyon ajanı olan Dual Rinse HEDP'nin, üç farklı irrigasyon aktivasyon tekniği [Geleneksel Şırınga İrrigasyonu (GŞİ), Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUİ), ve XP-endo Finisher (XPF)] ile aktive edildiğinde bir biyoseramik patin dentin tübüllerine olan penetrasyonunu değerlendirmeyi amaçlar.

Gereç ve Yöntemler: Bu çalışmaya 99 adet çekilmiş sağlam insan mandibular premolar dişi dahil edildi. İrrigasyon rejimine göre üç ana gruba ve aktivasyon tipine göre üç alt gruba ayrıldı. Ana gruplar şöyle sıralandı: Grup 1: Sodyum hipoklorit (NaOCl) + EDTA (%17) (n=33), Grup 2: NaOCl + GA (%17) (n=33) ve Grup 3: NaOCl ve Dual Rinse HEDP karışımı (n=33). Alt gruplar ise şu şekilde sıralanmıştır: Grup a: GŞİ (n=33), Grup b: PUİ (n=33) ve Grup c: XPF (n=33). Grup 1 ve Grup 2 de irrigasyon rejimi 15 ml %5'lik NaOCl ardından 5 ml şelatör kullanılmasıyla gerçekleştirilirken, Grup 3'te solüsyon hacmini eşitlemek için Dual Rinse HEDP, 20 ml %5'lik NaOCl ile kombine edilerek kullanıldı. Örnekler 5 ml distile su ile yıkanarak, kağıt konlar ile kurutuldu. Dişler plastik kalıplar yardımıyla akriliğe gömüldü. Ardından tek kon tekniği ile AH Plus® Biyoseramik kanal patı kullanılarak dolduruldu. Apikal ve orta bölgeden 1 mm kalınlığında yatay kesitler alınarak konfokal mikroskop altında penetrasyon derinliği, yüzdesi ve alanı açısından incelendi. Veriler Shapiro-Wilk testi ve üç yönlü Robust ANOVA testi ile analiz edildi.

Bulgular: Aktivasyon tipi ve solüsyon ana etkisine göre, gruplar arasında penetrasyon derinliği, yüzdesi ve alanı açısından anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$). Kesitin ana etkisine bakıldığında ise; apikal kesitte penetrasyon parametreleri, orta kesitten anlamlı derecede daha azdır ($p=0,001$). Aktivasyon tipi ve solüsyon etkileşimine bakıldığında; EDTA-GŞİ ve Dual Rinse HEDP-XPF grupları, XPF-EDTA grubundan daha az penetrasyon derinliği göstermiştir ($p=0,024$). Yine bu etkileşimde en yüksek penetrasyon alanı ortalaması GA-PUİ grubunda iken en düşüğü EDTA-GŞİ grubunda elde edilmiştir ($p=0,005$). Aktivasyon tipi-kesit ve solüsyon-kesit etkileşimlerine ölçülen üç parametrede de gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$). Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesit etkileşimine bakıldığında; penetrasyon derinliği Dual Rinse HEDP-GŞİ-Orta kesit grubunda en yüksekken, EDTA-PUİ-Apikal kesit grubunda en düşüktü ($p=0,029$). En yüksek penetrasyon yüzdesi Dual Rinse HEDP-XPF-Orta kesit grubunda iken, Dual Rinse HEDP-GŞİ-Apikal kesit grubunda en düşüktü ($p=0,041$) Yine bu üçlü etkileşime göre; en yüksek penetrasyon alanı GA-PUİ-Orta kesit grubunda elde edilmişken, en düşük değerler

GA-GŞİ-Apikal kesit ve Dual Rinse HEDP-PUİ-Apikal kesit gruplarında elde edilmiştir ($p=0,042$).

Sonuç: Farklı irrigasyon aktivasyon sistemleri altında uygulanan devamlı şelasyon ile geleneksel ardışık şelasyon protokolleri, biyoseramik pat penetrasyonu açısından birbirine üstünlük göstermemiştir. Kullanılacak olan aktivasyon sistemi, uygulanacak şelasyon protokolünün seçiminde önemli bir değişkendir. Apikalde şelatör ve aktivasyon kombinasyonları yetersiz kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Devamlı şelasyon, ardışık şelasyon, pat penetrasyonu, konfokal lazer taramalı mikroskop, irrigasyon aktivasyonu.



THE EFFECTS OF SEQUENTIAL AND CONTINUOUS CHELATION ON DENTINE TUBULE PENETRATION OF A BIOCERAMIC SEALER: A CONFOCAL LASER SCANNING MICROSCOPY STUDY

Muharrem BATUR

Adviser of Thesis: Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

Department of Endodontics

ABSTRACT

Objective: This thesis aims to evaluate the penetration of a bioceramic sealer into dentin tubules when activated with three different irrigation activation techniques [Conventional Syringe Irrigation (CSI), Passive Ultrasonic Irrigation (PUI), and XP-endo Finisher (XPF)] using two different sequential chelating agents [Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA) and Glycolic Acid (GA)], and a continuous chelating agent, Dual Rinse HEDP.

Materials and Methods: This study included 99 extracted intact human mandibular premolar teeth. They were divided into three main groups according to the irrigation regimen and three subgroups according to the activation type. The main groups were Group 1: Sodium hypochlorite (NaOCl) + EDTA (17%) (n=33), Group 2: NaOCl + GA (17%) (n=33), and Group 3: NaOCl and Dual Rinse HEDP mixture (n=33). The subgroups were: Group a: CSI (n=33), Group b: PUI (n=33), and Group c: XPF (n=33). In Groups 1 and 2, the irrigation regimen consisted of 15 ml of 5% NaOCl followed by 5 ml of the chelator, while in Group 3, to equalize the solution volume, Dual Rinse HEDP was used in combination with 20 ml of 5% NaOCl. Samples were rinsed with 5 ml of distilled water and dried with paper points. The teeth were embedded in acrylic using plastic molds. They were then filled using AH Plus® Bioceramic sealer with the single cone technique. Horizontal sections of 1 mm thickness were taken from the apical and middle regions and examined under a confocal microscope for penetration depth, percentage, and area. Data were analyzed using the Shapiro-Wilk test and three-way Robust ANOVA test.

Results: According to the main effects of activation type and solution, there was no significant difference in penetration depth, percentage, and area among the groups ($p>0.05$). Regarding the main effect of the section, penetration parameters in the apical section were significantly less than those in the middle section ($p=0.001$). Examining the interaction of activation type and solution, the EDTA-CSI and Dual Rinse HEDP-XPF groups showed less penetration depth than the XPF-EDTA group ($p=0.024$). The highest mean penetration area was in the GA-PUI group, while the lowest was in the EDTA-CSI group ($p=0.005$). No statistically significant differences were observed in the three parameters measured among groups in the activation type-section and solution-section interactions ($p>0.05$). In the interaction of activation type, solution, and section, the highest penetration depth was found in the Dual Rinse HEDP-CSI-Middle section group, and the lowest was in the EDTA-PUI-Apical section group ($p=0.029$). The highest penetration percentage was in the Dual Rinse HEDP-XPF-Middle section group, and the lowest was in the Dual Rinse HEDP-CSI-Apical section

group ($p=0.041$). The highest penetration area was obtained in the GA-PUI-Middle section group, while the lowest values were found in the GA-CSI-Apical section and Dual Rinse HEDP-PUI-Apical section groups ($p=0.042$).

Conclusion: Continuous chelation protocols applied under different irrigation activation systems did not show superiority over traditional sequential chelation protocols regarding bioceramic sealer penetration. The activation system is an essential variable in selecting the chelation protocol to be applied. Chelator and activation combinations were insufficient in the apical region.

Keywords: Continuous chelation, sequential chelation, sealer penetration, confocal laser scanning microscope, irrigation activation.



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavinin esas hedefi, kök kanal sistemine şekil ve form vererek, bu bölgeyi yeniden oluşabilecek enfeksiyonlara karşı koruyacak bir dolgu malzemesi ile etkin ve sızdırmaz bir şekilde doldurmaktır (1). Kök kanalının mekanik enstrümantasyonu sonucu, kanal duvarlarını kaplayan smear tabakası oluşur (2). Bakteriler için uygun bir ortam oluşturan smear tabakasının uzaklaştırılması ise zorunludur (3).

Pulpa ve periapikal dokuların patolojilerine yol açan mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasında, mekanik preparasyonun tek başına yeterli olmadığı bilinmektedir (4). Mekanik preparasyon sırasında, kök kanallarındaki enfekte dentin uzaklaştırılır ve bu süreçte mikroorganizmaların bir kısmı da debris ile birlikte temizlenir. Bununla birlikte, kanal eğelerinin dentin duvarları ile tam anlamıyla temas kuramaması nedeniyle tam bir temizlik sağlanamaz (5). İdeal endodontik yıkama solüsyonundan; yüksek nekrotik doku çözme kapasitesi, geniş çaplı antimikrobiyal aktivite, düşük seviyede hücrel toksisite ve smear tabakasını etkin bir şekilde uzaklaştırma yeteneği beklenmektedir. Ancak, bu dört temel özelliği birden bünyesinde barındıran bir irrigan henüz keşfedilmemiştir (6). Tüm bunlar düşünüldüğünde kullanılan irrigan ajanların, kullanım protokolünün ve aktivasyon yöntemlerinin önemi açıktır.

Açık veya kapalı uçlu iğneler ile yapılan geleneksel şırınga irrigasyonda, pozitif basınç olduğu ancak, çözeltinin iğne ucunun ötesine yaklaşık 1 milimetre (mm) kadar ilerleyebildiği gözlemlenmiştir (7). Ayrıca, irrigasyon esnasında apikal bölgede oluşan ve “vapor lock” adı verilen hava kabarcığı, bu bölgedeki irrigan etkinliğini azaltan başka bir etkidir. İrrigasyon çözeltilerinin verimliliğini artırmak için, yıllar içerisinde çeşitli irrigasyon aktivasyon yöntemleri geliştirilmiştir (7).

Endodontik tedavilerde yaygın olarak tercih edilen irrigasyon yöntemi, sırasıyla NaOCl ve EDTA kullanımını içeren ardışık şelasyon protokolüdür

(8). Bu protokol, dentin tübüllerinin genişlemesine (9) ve tübüler yapının erozyona uğrayarak açılmasına yol açmaktadır (10). Bu mikroskopik düzeydeki değişimler, dentin yapısının eğilme direncini belirgin bir şekilde düşürmekte ve sonuç olarak diş köklerinde dikey kırıkların oluşum riskini artırmaktadır (8). Bu sebeple smear tabakasını uzaklaştırmak için farklı şelatör ajanların kullanımı, kullanım sırasının değiştirilmesi veya NaOCl ile çözelti halinde irrigasyona dahil edilmesi gündeme gelmiştir.

Son yıllarda, “devamlı şelasyon” (11) kavramı, endodonti literatüründe geniş kabul görmüştür. Klinisyenler için devamlı şelasyon kavramı, zaman tasarrufu stratejisi açısından önemlidir. NaOCl’nin serbest kalan klorine dayanan proteolitik/antibakteriyel etkileri korunurken (12), HEDP’nin kalsiyum (Ca^{+2}) bağlama kapasitesi değişmeden, smear tabakasının birikimini önler (13).

Dual Rinse® HEDP (Medcem GmbH, Weinfelden, İsviçre) endodontide ilk “hepsi bir arada irrigasyon solüsyonu” olarak piyasaya sunulmuştur. Bu çözelti, NaOCl ile etidronik asiti (1-hidroksi etan-1,1-difosfonik asit; HEDP) bir araya getirir (12). Kullanımdan hemen önce NaOCl çözeltisine eklenmesi gereken önceden tartılmış kapsüllerde toz halinde bulunur. HEDP, NaOCl içinde çözündüğünde 1 saat boyunca stabil ve aktif şelatlayıcı bir ajandır (14).

Bu tez çalışmanın amacı; ardışık şelasyon protokolü ile EDTA ve Glikolik Asit (GA), devamlı şelasyon protokolü ile Dual Rinse HEDP kullanımında; üç farklı aktivasyon tekniği [Geleneksel Şırınga İrrigasyonu (GŞİ), Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUİ), XP-endo Finisher (XPF)] ile solüsyonların aktive edilmesi sonucunda, bir biyoseramik patın dentin tübüllerindeki penetrasyon derinliği, alanı ve yüzdesini, apikal ve orta kesit için değerlendirmektir.

Bu tez çalışmanın sıfır hipotezleri ve alternatif hipotezi şöyle sıralanabilir:

H0₁. Solüsyonun ana etkisi penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmayacaktır.

H0₂. Aktivasyonun ana etkisi penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmayacaktır.

H1₁. Kesitin ana etkisi penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratacaktır. Orta kesitte parametrelerin değeri daha yüksek olacaktır.

H0₃. İkili etkileşimler penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmayacaktır.

H0₄. Üçlü etkileşimler penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmayacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İrrigasyon Solüsyonlarının Önemi ve Solüsyon Tipleri

Mekanik enstrümantasyonun uygulanması, dentin duvarlarında bulunan biyofilm tabakasının kaldırılmasını sağlayarak, kanal içerisindeki mikrobiyal yükün azalmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (15). Kök kanal sistemi, finler, isthmuslar, lateral ve aksesuar kanallar, C şekilli kanallar ve apikal delta gibi çeşitli karmaşık yapıları içerebilen bir oluşumdur. Bu sistemdeki zorlu anatomik özellikler, kök kanal sisteminin genellikle oval konfigürasyona sahip olmasıyla birleştiğinde, enstrümantasyon işlemi sırasında aletlerin erişemediği alanların varlığını kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu durum, endodontik tedavinin uygulanması sırasında önemli bir zorluk teşkil etmekte ve kanalın tamamen temizlenip şekillendirilmesi sürecini karmaşıktırmaktadır (16). Kök kanallarının etkin bir şekilde dezenfekte edilmesi süreci, mekanik preparasyon ile beraber irrigasyon solüsyonlarının uygulanmasıyla bütünleştirilmelidir (15). Kök kanal tedavisinde mekanik enstrümantasyonun karşılaştığı sınırlılıklar göz önünde bulundurulduğunda, kullanılan irrigasyon solüsyonlarının belirli özellikler taşıması gerekmektedir (17).

Kanal içinde varlığını sürdüren mikroorganizmaların, uygun koşullar altında periapikal bölgeye yayılarak bu alanlarda enfeksiyonlara yol açabildiği ya da var olan periapikal enfeksiyonların iyileşme sürecini olumsuz yönde etkileyebildiği gözlemlenmektedir (18). Bu mikroorganizmalar, genellikle “biyofilm” olarak adlandırılan yapılar içinde organize bir şekilde bulunurlar ve belirli antimikrobiyal maddelere karşı direnç geliştirebilirler (19). Bir irrigasyon solüsyonunun antimikrobiyal etkisi ve kök kanalından mikroorganizmaları etkili bir şekilde elimine etme yeteneği, aranan temel özellikler arasında yer almaktadır (20).

Endodontik enfeksiyonların çoklu mikrobiyal yapısını dikkate alarak, kullanılacak irrigasyon solüsyonunun non-spesifik ve geniş bir antimikrobiyal spektruma sahip olması gerekliliği vurgulanmaktadır (18).

Bu solüsyonlar, sadece mikroorganizmalara karşı değil, aynı zamanda toksinler, endotoksinler, adezinler, enzimler gibi virülans faktörlerine karşı da güçlü bir etkinlik sergileyebilmelidir. Özellikle, gram negatif bakterilerin hücre duvarlarında bulunan ve apikal periodontitisin immünopatogenezinde önemli bir rol oynayan lipopolisakkarit gibi endotoksinlere karşı etkili olmalıdır (21). İrrigasyon çözeltisi ayrıca, biyofilm bakterilerini çevresel streslerden koruyan ve ekstrasellüler polimerik madde ile oluşturulan matriksi parçalama yeteneğine de sahip olmalıdır (20).

Bir irrigasyon çözeltisinin ideal olabilmesi için, yalnızca güçlü antimikrobiyal etkinliğe sahip olması değil, aynı zamanda vital ve nekrotik pulpa dokusunun artıklarını çözebilme kapasitesine de sahip olması gerekmektedir. Bu artıklar, mikroorganizmalar için potansiyel bir besin kaynağı işlevi görebilir (18). Kök kanal şekillendirilmesi esnasında, büyük miktarda dentin debris üretilir; bu debris genellikle kanal sisteminin ulaşılması zor bölgelerinde birikir ve irrigasyon çözeltisinin mikroorganizmalara erişimini zorlaştırır (22). Etkili bir irrigasyon çözeltisi, inorganik ve organik doku artıklarını da çözerek ortadan kaldırabilme yeteneğine sahip olmalıdır; bu işleviyle, çözeltinin “şelasyon” kapasitesine işaret edilir (23). Ayrıca, irrigasyon çözeltileri, kanal preparasyonu sırasında dentin ile kanal aletleri arasındaki sürtünme kuvvetini azaltarak kayganlaştırıcı bir işlev görmeli, bu sayede dentindeki stres azaltılmalı ve aletin kesme verimliliği artırılmalıdır (24).

2.1.1. Sodyum hipoklorit

Endodontik uygulamalarda, sodyum hipoklorit (NaOCl) ilk defa 1919 yılında Coolidge tarafından birincil irrigasyon çözeltisi olarak benimsenmiştir (25).

Bu bileşiğin benzersiz organik doku çözücü kapasitesi ve etkili dezenfeksiyon kabiliyeti, NaOCl’yi günümüzde endodontide en sık başvurulmuş irrigasyon çözeltisi yapmıştır (26). NaOCl’nin kimyasal yapısının temel etkin maddeleri, hipoklorit iyonları (OCl^-) ve hipokloröz asit (HOCl) tarafından üretilen serbest klorin içeriğidir. Bu hipoklorit iyonları, çözeltinin organik dokuları çözme kapasitesinin arkasındaki temel güç olarak işlev görür ve alkali pH koşullarında etkili olurlar (27).

Yeni araştırmalar, yüksek ve stabil bir pH değerinin (>11), kimyasal tepkimeleri ve proteolitik aktiviteyi artırdığını ortaya koymuştur (28). Yüksek pH

koşullarında, aktif hale gelen hipoklorit iyonları, organik bileşenleri ve fosfolipitleri parçalayarak ve hücre içi enzimleri inhibe ederek, bakteri hücre zarının bütünlüğünü ve metabolik işlevlerini bozarak antimikrobiyal etkilerini sergilemektedir (29). NaOCl, ideal bir irrigasyon çözeltisinin sahip olması gereken pek çok özelliği bünyesinde barındırır. Bu özellikler arasında en dikkate değer olanı, hem planktonik formdaki hem de biyofilm formundaki bakterilere karşı gösterdiği yüksek antimikrobiyal etkinliktir (30). Bu maddenin ayrıca benzersiz bir organik doku çözücü kapasitesi vardır (31). NaOCl'nin düşük yüzey gerilimi, dentin tübülleri içerisine rahat bir şekilde sızmasını sağlar, bu da onun endodontik tedavilerde etkin bir şekilde kullanılabilmesine olanak tanır (32). Ekonomik maliyeti ve geniş çapta erişilebilir olması, onu daha da cazip bir seçenek haline getirir (32).

NaOCl mükemmel bir organik doku çözücü kapasiteye sahip olmasına karşın, inorganik materyalleri çözme yeteneğine sahip değildir (32). Bu, smear tabakasının inorganik bileşenlerini ve dentin talaşlarını kanal içerisinden etkili bir şekilde temizlemek için şelasyon ajanlarının NaOCl ile birlikte kullanılmasının önerilmesine yol açmaktadır (17). Ayrıca, NaOCl'nin apikal foramen yoluyla periapikal dokulara sızması durumunda, kostik doğası proteinlerin denatürasyonuna ve dolayısıyla dokularda hasara neden olabilir (33). Bu çözeltinin dentin proteinleriyle kuvvetli etkileşime girmesi, dentinin mekanik özelliklerini zararlı bir şekilde etkileyebilir (34).

NaOCl'nin terapötik etkinliği, kullanılan konsantrasyona bağlı olarak değişmektedir. Klinik ortamda, genellikle %0,5 ile %6 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılması önerilir (35). Konsantrasyon arttıkça, çözeltinin antimikrobiyal ve doku çözücü özellikleri de artar; ancak, bu durum aynı zamanda dentin ve periapikal dokular için hasar riskini de artırır (36).

NaOCl'nin etkinliğini artırma yöntemlerinden biri, çözeltinin sıcaklığını ön ısıtma yoluyla 50-60°C arasına yükseltmektir (37). Bu sıcaklık artışı, solüsyonun yüzey gerilimini azaltırken, antibakteriyel gücünü ve organik materyalleri çözme yeteneğini artırır (38). Ancak, sıcaklığın kısa sürede 37°C'ye düşmesi, bu yöntemin klinik uygulanabilirliğini sorgulatır (39).

2.1.2. Etilen diamin tetraasetik asit

Kök kanalı içerisindeki kalsifikasyonların demineralizasyonu amacıyla kullanılan inorganik doku çözücüler, Yunanca'da yengeç pençesi anlamına gelen “şelasyon” terimi ile adlandırılmaktadır (40). Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA), 1935 yılında Ferdinand Munz tarafından etilendiamin ve kloroasetik asit karışımı şeklinde tanıtılmış ve 1957'den bu yana endodontide yaygın olarak kullanılan bir şelasyon maddesi olmuştur (41). EDTA'nın yapısındaki diamin bileşenleri, Ca^{+2} iyonlarına bağlanarak çözünebilir şelat kompleksleri oluşturur (23). Bu kimyasal tepkime, EDTA'nın smear tabakası ve dentin debrislerinin inorganik bileşenlerini çözme yeteneğinin arkasındaki temel mekanizmadır (42). Piyasada EDTA, disodyum ve tetrasodyum tuzları formunda mevcuttur (42), bunlardan disodyum EDTA tuzu diş hekimliği uygulamalarında daha sık tercih edilmektedir.

Genellikle %15 ile %17 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılan EDTA, etkili bir şelasyon maddesi olarak bilinir ve nötr ile hafif alkali arasında bir pH değerine (7-8) sahiptir (43). Her ne kadar bazı araştırmalar (44, 45), EDTA'nın bakteri membranları ve biyofilm matriksinin stabilitesini bozarak dolaylı bir antibiyofilm etkinliğe sahip olduğunu ortaya koysa da, genel kabul gören görüş, EDTA'nın doğrudan bir antimikrobiyal etkinliğe sahip olmadığı yönündedir (46).

Yapılan bir araştırmada, EDTA'nın biyolojik uyumluluğunun NaOCl ve klorheksidinden daha üstün olduğu belirlenmiştir (47). Araştırma sonuçlarına göre, EDTA genotoksik bir etkiye sahip değilken, makrofajların hayatta kalma oranları ve fonksiyonel aktiviteleri üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. EDTA'nın kullanımıyla ilgili en önemli dezavantaj, NaOCl ile bir araya geldiğinde serbest klorun hızla azalmasına ve dolayısıyla NaOCl'nin antimikrobiyal etkinliğinin düşmesine neden olmasıdır (48).

Kök kanal tedavisi sırasında, enstrümantasyon sonrası smear tabakasının inorganik bileşenlerini ve dentin debrisini etkili bir şekilde gidermek amacıyla, %17 konsantrasyonuna sahip EDTA'nın 1 dakika (dk) süreyle uygulanması tavsiye edilmektedir (49). EDTA, kendini sınırlayan bir şelasyon mekanizmasına sahip

olmasına rağmen, uzun süreli ve yüksek konsantrasyonlarda kullanımı dentinde erozyon oluşturabilir (50).

2.1.3. Sitrik asit

Sitrik asit (SA), EDTA gibi smear tabakasının inorganik bileşenlerini uzaklaştırmada etkili bir şelasyon ajanıdır. Genellikle %10, %25 ve %50'lik konsantrasyonlarda kullanılır (51). Bir organik asit olan SA, smear tabakasını kaldırmada %10'luk konsantrasyonuyla %17'lik EDTA'ya benzer etkilere sahiptir (52).

Her iki çözelti de sitotoksite göstermekle birlikte, %10'luk SA'nın %17'lik EDTA'ya göre daha biyouyumlu olduğu belirtilmiştir (53, 54). SA çözeltileri, inorganik dokuları çözme kapasitelerinin yanı sıra, kök kanalı bakterilerine karşı antibakteriyel özellikler göstermektedir (55). Özellikle, *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) üzerindeki minimum bakterisidal konsantrasyonunun %20 olduğu rapor edilmiştir (46).

2.1.4. Fitik asit

Fitik asit (Inositol Hekzafosfat; IP6), ilk olarak 1855 yılında tanımlanmış olup, gıda sektöründe yaygın olarak kullanılan doğal bir bitki bileşenidir (56). Antioksidan özellikleri sayesinde günümüzde tıbbi amaçlarla sıklıkla kullanılmaktadır. IP6'nın pH değeri 1,6'dır. Bir araştırma, IP6'nın koronal dentin yüzeyinden ve kök kanalından smear tabakasını uzaklaştırmada etkili olduğunu ve diğer şelasyon ajanlara kıyasla dentin mikrosertliği üzerine daha az etki ettiğini göstermiştir. EDTA'nın dezavantajları göz önünde bulundurulduğunda, IP6 alternatif bir doğal şelasyon ajanı olarak kullanımı gündeme gelmiştir (57).

2.1.5. Maleik asit

Maleik asit (MA), dikarboksilik asit yapısında bir zayıf organik asittir ve smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla final irrigasyon ajanı olarak kullanılabilir. MA'nın %7'den daha yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında intertübüler dentine zarar verebileceği bildirilmiştir (58).

Bazı araştırmalar, toksisitesinin EDTA'ya kıyasla daha düşük olduğunu ortaya koymuştur (59, 60). Ayrıca, antimikrobiyal etkinliğinin EDTA'dan daha yüksek olduğu gözlenmiştir (61). Yapılan bir araştırmada, %0,88 ile %0,11 arasında çok düşük konsantrasyonlarda, planktonik ve biyofilm bakterilerine karşı 30 saniye (sn) ile 2 dk arasındaki uygulama sürelerinde bile oldukça etkili olduğu belirlenmiştir (61).

2.1.6. Perasetik asit

Perasetik asit (PAA), antimikrobiyal etkisi bulunan ve EDTA'ya alternatif olarak kullanılabilecek bir şelasyon ajanıdır. %0,5'ten daha düşük konsantrasyonlarda bile bakteri sporları, mantarlar ve virüslere karşı etkili olan bir peroksijendir. PAA'nın yumuşak doku çözücü bir etkisi bulunmamaktadır ve güvenli yan ürünler olan asetik asit ve oksijene ayrırır. Yapılan araştırmalar, PAA'nın smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin EDTA'ya benzer olduğunu göstermektedir (62).

2.1.7. Etidronik asit

HEDP, 1-hidroksietiliden-1,1-difosfonik asit olarak bilinen kimyasal formüle sahiptir ve herhangi bir toksik etkiye sahip olmaması nedeniyle kişisel hijyen ürünlerinde ve yüzme havuzlarında dezenfektan olarak kullanılan bir bifosfonattır. Antimikrobiyal özellikleri sayesinde tercih edilir. Ayrıca, tıbbi alanda kemik hastalıklarının tedavisi için ve neoplastik hastalıkların sistemik tedavisinde de kullanılmaktadır (63).

Diş hekimliği alanında, güncel bir şelasyon ajanı olarak kullanılmakta olan HEDP, pH değerı yaklaşık 10-11 olan zayıf bir şelatördür. Diğer şelasyon ajanlarıyla karşılaştırıldığında, dentin dokusuna daha az zarar verir (48). HEDP, NaOCl ile kombine edildiğinde, 1 saat boyunca stabilite ve aktivite sergileyen bir şelatlayıcı ajandır (6). NaOCl ile reaksiyona girmeyerek, antimikrobiyal ve proteolitik etkilerini baskılamaz. Yapılan araştırmalar, HEDP'nin NaOCl'nin *E. faecalis* üzerindeki etkililiğini değiştirmediğini göstermiştir (64). Ayrıca, HEDP'nin biyofilm üzerindeki etkinliğini inceleyen bir çalışmada, EDTA ile son irrigasyon yapılan dişlere kıyasla, HEDP irrigasyonunun daha iyi dentin tübül dezenfeksiyonu sağladığını göstermiştir (65).

Yapılan bir araştırmada, HEDP'nin istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte NaOCl'nin antimikrobiyal etkinliğini artırdığı belirlenmiştir (66). Bu özellikler, HEDP'nin NaOCl ile kombine edilerek kullanılmasına olanak tanır (67).

Rotary enstrümantasyon sırasında HEDP irrigasyonunun kök kanalında dentin artıklarının birikimini azalttığı gösterilmiştir (13). HEDP biyouyumlu bir materyal olup toksik değildir. Bu özellikler, HEDP'yi EDTA'ya alternatif bir şelasyon ajanı olarak düşünülmesine yol açmıştır. Günümüzde sıklıkla %9 ve %18'lik konsantrasyonları kullanılmakta olup, etkin bir optimum konsantrasyon henüz belirlenmemiştir (9, 43, 68).

Ayrıca, yalnızca final irrigasyon ajanı olarak değil, aynı zamanda preparasyon boyunca uygulanarak smear tabakasının oluşumunu önleyebilir. Bu uygulama, Zehnder tarafından 2005 yılında devamlı şelasyon olarak tanıtılmıştır (48).

2.1.7.1. Dual Rinse HEDP

Son zamanlarda, Dual Rinse HEDP irrigasyon çözeltisi (Medcem, Weinfelden, İsviçre), piyasaya sunulmuş bir üründür. Bu çözelti, NaOCl ve etidronik asit (1-hidroksi etan-1,1-difosfonik asit; HEDP) bileşenlerini birleştirir (12). HEDP, kullanımdan hemen önce NaOCl çözeltisine eklenmek üzere önceden tartılmış kapsüllerde toz formunda bulunur. Üretici firmanın önerilerine göre, irrigasyon çözeltisi 10 ml %0,5 - 5,25 derişime sahip NaOCl içerisine 0,9 g tozun bulunduğu kapsül karıştırılarak hazırlanır (69). HEDP, NaOCl çözeltisinde çözündüğünde, 1 saat boyunca stabilite ve aktivite gösterir (14).

2.1.8. Glikolik asit

Glikolik asit (GA), alkol ve karboksil kimyasal gruplarına sahip en küçük alfa-hidroksi asittir. Bu kokusuz, şeffaf kristal katı maddenin suda çözünürlüğü yüksektir ve şeker kamışı, pancar, üzüm ve diğer meyvelerde bulunabilir (70). GA, çeşitli kimyasal işlemlerde ve kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır (71). Ayrıca, kolajen sentezini ve fibroblast göçünü teşvik edebilir (72, 73). Gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerin eliminasyonu ve antibiyotik üretiminde de kullanımı mevcuttur (74, 75).

Bu asit, serbest radikalleri ortadan kaldırarak ve fibroblast uyarımı yoluyla kolajen fibril oluşumunu destekleyerek etki gösterir (76, 77). Ayrıca, glikolik asit biyobozunur bir madde olarak kabul edilir; yani, bakteri, mantar gibi biyolojik ajanların etkisiyle bozunarak doğal döngüye katılabilen bir polimerdir (78). Bu özelliği nedeniyle, EDTA'nın aksine, GA için bir atık sorunu bulunmamaktadır (79).

GA, moleküler ağırlığı ve pKa değerinin düşük olması sebebiyle diş hekimliğinde kullanımı için ideal organik yapıya sahiptir. Son dönemlerde fosforik asit yerine mine ve dentin yüzeylerinin asitleme işlemlerinde kullanılması önerilmektedir (80). Ayrıca, GA'nın kök kanal tedavisinde şelasyon ajanı olarak kullanıldığında smear tabakasını da ortadan kaldırabildiği belirtilmektedir (81).

GA'nın sitotoksitesi, EDTA'ya kıyasla daha düşüktür (79). Bir araştırmada, GA'nın %10, %17 ve %25 konsantrasyonlarının final irrigasyonunda EDTA ve SA'ya kıyasla daha yüksek antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilmiş, bu da GA'nın alternatif bir seçenek olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (82).

2.2. Irrigasyon Aktivasyon Çeşitleri

İrrigasyon aktivasyon çeşitleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (**Tablo 1**).

Tablo 1. İrrigasyon aktivasyon çeşitlerinin sınıflandırılması

İrrigasyon Aktivasyon Çeşitlerinin Sınıflandırılması
A. <u>Manuel Aktivasyon Cesiitleri</u> 1. Geleneksel şırınga irrigasyonu 2. Fırça ile aktivasyon 3. Manuel dinamik aktivasyon
B. <u>Mekanik Aktivasyon Yöntemleri</u> 1. Döner aletle kullanılan fırçalar 2. Döner aletler ile sürekli irrigasyon aktivasyonu - Quantec-E - Self-Adjusting File 3. Döner aletler ile irrigasyon aktivasyonu - XP-endo Finisher
C. <u>Sonik Aktivasyon Yöntemleri</u> - EDDY - EndoAktivatör - MM1500 - Vibringe
D. <u>Ultrasonik Aktivasyon Yöntemleri</u>
E. <u>Lazer ile Aktivasyon</u> - Er-YAG - Er,Cr:YSGG - CO ₂ - Nd:YAG - Diyet lazer
F. <u>Ardışık Basınc Oluşturan Sistemler</u> - EndoVac - RinsEndo - EndoSafe

2.2.1. Manuel aktivasyon çeşitleri

Manuel aktivasyon yöntemleri başlıca; geleneksel şırınga irrigasyonu (GŞİ), fırça ile aktivasyon ve manuel dinamik aktivasyon olarak sınıflandırılmaktadır.

2.2.1.1. Geleneksel şırınga irrigasyonu

GŞİ, yüzyılı aşkın bir süredir endodontik tedavilerde temel irrigasyon yöntemi olarak kullanılmaktadır (7). Zaman içinde birçok farklı irrigasyon sistemi geliştirilmiş olmasına rağmen, popülerliği devam etmektedir. Bunun temel nedenleri arasında yöntemin basitliği, kullanım kolaylığı, maliyet etkinliği ve kolay erişilebilirliği yer almaktadır (83).

Endodontik tedavilerde kullanılan irrigasyon iğneleri, çaplarının boyutuna göre “gauge” sistemi ile sınıflandırılmaktadır. Bu sistemde, iğnenin çapı arttıkça gauge değeri azalmaktadır (84). Bu sınıflandırma, tedavi sırasında apikal genişletme boyutuna uygun irrigasyon iğnesinin seçilmesi için kritik bir rol oynamaktadır (85). İrrigasyonun etkinliğini artırmak amacıyla, 2,5 ml’den 20 ml’ye kadar değişen farklı hacimlerde şırıngalar kullanılmaktadır. Ayrıca, farklı çaplarda ve farklı uç dizaynına sahip iğne uçları da mevcuttur (86). Bu iğneler temelde açık uçlu ve kapalı uçlu olmak üzere ikiye ayrılmakla birlikte, açıklığın sayısı ve şekline göre de çeşitlilik göstermektedir (85).

Açık uçlu iğneler, iğne ucundaki delikten yüksek yoğunluklu bir akış paterni oluştururken, kapalı uçlu iğneler yanlardaki deliklerden 1 mm gibi daha kısa mesafelere daha düşük yoğunlukta akış sağlar (87). Açık uçlu iğnelerin irrigasyon etkinliği yüksek olmasına karşın, apikal bölgede taşma riski nedeniyle kapalı uçlu iğneler daha güvenli olarak kabul edilir. İrrigasyonun etkinliğini artırmak ve solüsyonun taşmasını önlemek için açık uçlu iğneler apikal ucun 2-3 mm gerisine, kapalı uçlu iğneler ise 1-2 mm gerisine yerleştirilmelidir (88). İrrigasyon solüsyonunun akış hızının ortalama 0,15-0,20 ml/sn olması ve iğnenin kanal içinde sıkışmadan yukarı aşağı hareket ettirilerek uygulanması tavsiye edilir (83).

Çalışmamızda kullandığımız TruNatomy irrigasyon iğnesi (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, ABD), 30 gauge boyutunda, %4 açığa sahip, metalik olmayan yandan delikli bir iğnedir. Kök kanalı anatomisine uyum sağlayabilmesi için kolayca eğilip bükülebilen polipropilen malzemeden üretilmiştir (89).

2.2.1.2. Fırça ile aktivasyon

Fırça aktivasyon yöntemi, fırça kılları ile kaplı iğneler veya eğeler kullanılarak gerçekleştirilir (90, 91). Kanal fırçalarının irrigasyonun etkinliğini artırdığı ilk olarak 1990'larda Keir ve ark. (91) tarafından bildirilmiştir. Keir ve ark., spiral şeklinde bükülmüş tel üzerinde naylon kıllara sahip EndoBrush (C&S Microinstruments Ltd, Markham, Ontario, Kanada) adlı bir fırça tipini kullanmışlardır. Bu fırçanın, 2-3 mm yukarı-aşağı ve 90° sağa-sola dönme hareketiyle en az 1 dk süre ile uygulanması önerilir. Araştırmada, EndoBrush kullanımının, enstrümantasyon sırasında ulaşamayan isthmuslar, finler ve lateral kanallar gibi bölgelerin dezenfeksiyonunda GŞİ'den daha etkili olduğu bulunmuştur. Ancak, kanalın apikal bölgesine yeterince ulaşamadığı ve bu bölgede debris birikimine neden olduğu belirtilmiştir.

Fırça ile aktivasyon tekniğinde, fırça kıllarının kanal içerisinde koparak debris veya solüsyonun apikale doğru itilmesi gibi istenmeyen durumlar oluşabilir. Bu kopan kılların radyografik olarak tespiti mümkün olmadığından, bu yöntem klinik açıdan pratik kabul edilmemektedir (7).

2.2.1.3. Manuel dinamik aktivasyon

Kök kanalında yerleştirilen irrigasyon solüsyonunun manuel hareketlendirilmesiyle oluşturulan hidrodinamik aktivite, kanal duvarlarının ulaşamayan bölgelerine erişim sağlamayı hedefler (92). Bu amaçla güta perka, el eğesi ve fırça kullanılmaktadır (93). Bu teknikte, solüsyon kanal içine yerleştirildikten sonra, yüksek konikliğe sahip bir güta perka master konu ile, dk'da 100-200 kez kısa hareketlerle 2-3 mm yukarı-aşağı hareket ettirilerek uygulama yapılır (94).

2.2.2. Mekanik aktivasyon yöntemleri

2.2.2.1. Döner aletle kullanılan fırçalar

Manuel aktivasyon için kullanılan fırçalara ek olarak, mikromotora takılabilen CanalBrush ve RuddleBrush gibi çeşitli fırça tipleri de mevcuttur (7).

Smear tabakası ve dentin debrisini temizlemek amacıyla döner alet sistemleri ile kullanılan mikrofırçalar ilk kez Ruddle tarafından uygulanmıştır. Bu mikrofırçalar, bir şaft ve merkezden radyal olarak kanal duvarlarına doğru uzanan çok sayıda kıl içeren bir fırça kısmından oluşur. Dakikada 300 devir hızında (rpm) döndürülerek kılların anatomik bozukluklara ulaşması ve apikaldeki debrisin koronal yöne doğru uzaklaştırılması sağlanır. Ancak, bu ürünün patenti 2001 yılında onaylandığından bu yana piyasada bulunmamaktadır (95).

CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Almanya), yakın zamanda endodontik kullanım için üretilmiş bir mikrofırçadır. Tamamen polipropilenle kaplı ve oldukça esnek yapıda olan bu fırçalar, hem manuel olarak hem de döner alet sistemiyle kullanılabilir. Bir mikromotora 600 rpm hızında takıldığında, manuel yöntemle kıyasla çok daha etkili bir irrigasyon sağladığı gözlemlenmiştir (96). İnce (20/.02), orta (25/.02) ve kalın (30/.02) olmak üzere üç farklı boyutta sunulan CanalBrush'ın kullanımı için sırasıyla en az 25/.04, 30/.04 ve 35/.04'lük kanal genişletilmesi önerilmektedir (97).

2.2.2.2. Döner aletler ile sürekli irrigasyon aktivasyonu

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA, ABD), mekanik enstrümantasyon sırasında sürekli irrigasyon sağlayan, egeleme ve irrigasyonun eş zamanlı yapıldığı kendi solüsyon iletim ünitesine sahip bir sistemdir. Bu sistem, bir pompa pistonu, iki solüsyon rezervuarı ve bir borudan oluşmaktadır (98). Quantec-E'nin kullanımı, zamandan tasarruf sağlamanın yanı sıra irrigasyon solüsyonunun uygulama hacmi ve süresinin artırılmasını amaçlamaktadır (99). Setlock ve ark. Quantec-E'nin kanalın koronal bölümünde dentin debris ve smear tabakasını uzaklaştırmada GŞİ'den daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, orta ve apikal bölümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (99).

Self-Adjusting File (SAF; ReDent-Nova Ltd., Ra'anana, İsrail), yakın zamanda geliştirilmiş, 1,5 mm çapında, ince, sıkıştırılabilir, içi boş kafes şeklinde tasarlanmış bir Ni-Ti döner eğe sistemidir. Bu sistem, 1,5 mm ve 2 mm çapında olmak üzere iki ayrı eğeye sahiptir. Eğe, kanal içerisinde çalışırken kök kanalına sıkışır ve daha sonra orijinal boyutuna dönmeye çalışarak kanal duvarlarına hafifçe basınç uygular. Bu, eğenin kanal şekline üç boyutlu olarak adapte olmasını sağlar. SAF, dk'da 3000-5000 adet vertikal titreşim hareketi yaparak çalışır ve 3-5 mm yukarı-aşağı hareketle uygulanması önerilir. İrrigasyon solüsyonu, eğe merkezine bağlı silikon bir tüp aracılığıyla iletilir, böylece mekanik eğelemeyle birlikte eş zamanlı sürekli irrigasyon sağlanır (100, 101).

2.2.2.3. Döner aletler ile irrigasyon aktivasyonu

XPF (FKG Dentaire SA, La Chaux de-Fonds, İsviçre), kök kanal şekillendirmesinin ardından kanal dezenfeksiyonunu iyileştirmek amacıyla piyasaya sürülen, Ni-Ti Max-Wire alaşımından yapılmış son derece esnek bir eğe sistemidir (**Resim 1**). ISO #25 numara çap ve sıfır koniklik açısına sahip bu eğe, 20°C'nin altında martensitik fazda (M fazı) düz bir yapıdayken, ağız içi vücut sıcaklığı ile östenitik faza (A fazı) geçerek apikal kısmı genişleyerek kaşık benzeri bir forma dönüşür (102). Bu özelliği sayesinde, standart irrigasyon protokolüyle ulaşılamayan kanal bölgelerine mükemmel uyum sağlayarak irrigasyonun etkinliğini artırır (103). Üretici talimatlarına göre, eğe kullanımdan önce soğutulmuş bir plastik tüpte saklanarak düz formunun korunması gerekmektedir. Uygulama sırasında, irrigasyon solüsyonu kanal içine yerleştirildikten sonra, XPF eğesi kanala yerleştirilir ve cihaz 800 rpm hızında ve 1 Newton/cm (Ncm) torkla çalıştırılarak rotasyon başlatılır. Eğenin kanal içinde en az 60 sn boyunca yavaşça 7 ila 8 mm yukarı-aşağı hareket ettirilerek uygulanması önerilir (104).



Resim 1. XP-endo Finisher eğesi

2.2.3. Sonik aktivasyon yöntemleri

Endodontide sonik sistemler ilk olarak 1985 yılında Tronstad ve ark. tarafından kullanılmıştır (105). Bu sistemler, 1 ila 6 kilohertz (kHz) aralığında düşük frekansta ve yüksek genlikte, yatay yönde ve yukarı-aşağı salınım hareketleri yaparak çalışırlar ve düşük kesme özelliklerine sahiptirler (106). Bu sistemlere örnek olarak EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD), Vibringe System (Vibringe BV, Amsterdam, Hollanda), EndoSonor (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve EndoSoft (Electro Medical Systems, Nyon, İsviçre) sayılabilir (107).

The Vibringe sistemi, ilk üretilen sonik irrigasyon aktivasyon cihazıdır. Bu cihaz, iki bölmeli bir şırınga ve şarj edilebilir bir batarya bölümünden oluşur. Şırınga aracılığıyla kanala solüsyon iletilirken, iğne aynı zamanda sonik titreşim hareketi yapar (98). Rödig ve ark. Vibringe sisteminin GŞİ'ye kıyasla kökün apikal bölgesinde çok daha etkili olduğunu bildirmişlerdir (108). PUİ'ye kıyasla etkili bir irrigasyon sağlamada daha az başarılı olduğu da rapor edilmiştir (109).

EndoActivator sistemi, kesici özelliğe sahip olmayan sağlam ve esnek polimer uçlar ile bir mikromotordan oluşmaktadır. Sistem, dk'da 2000, 6000 ve 10000 devir olmak üzere üç farklı hızda çalışarak irrigasyon solüsyonunu etkin bir şekilde ajite edebilmektedir (7).

Uçlar, kalınlıklarına göre sırasıyla sarı (15/0.2), kırmızı (25/0.4) ve mavi (35/0.4) renk kodlarına sahiptir. Kanal içerisinde apikalden 2 mm geride ve sıkışmadan uygulanacak uygun bir uç seçilmesi tavsiye edilir (110). En büyük dezavantajı, radyolüsent olması nedeniyle kanalda kırılma durumunda radyografik olarak tespitinin zor olmasıdır (7).

Sabins ve ark. maksiller molar dişler üzerinde gerçekleştirdikleri bir çalışmada, PUI'nin, debrisı uzaklaştırmada sonik irrigasyona göre daha etkili olduğu belirtilmiştir (111).

2.2.4. Ultrasonik aktivasyon yöntemleri

Ultrasonik cihazların endodontide kullanımı Richman tarafından 1957 yılında başlamış olup, irrigasyon aktivasyonu amacıyla ilk defa 1980 yılında kullanılmıştır (112, 113). İrrigasyonun etkinliğini artırmak için geliştirilen ilk ultrasonik cihazlar, eğeleme ile irrigasyon aktivasyonunun eş zamanlı gerçekleştiği aktif ultrasonik irrigasyon sistemleriydi (114). Ancak, bu düzensiz eğeleme hareketinin, solüsyonun salınımını sınırlayarak etkinliğini azalttığı ve kök dentininde kontrolsüz kesimler ile strip perforasyonlara neden olduğu gözlemlenmiştir (106). Bu sebeple, 1999 yılında eğeleme hareketi olmaksızın yalnızca irrigasyon aktivasyonunu sağlayan PUI sistemi geliştirilmiştir (115).

Ultrasonik sistemler, sonik sistemlere kıyasla daha yüksek bir frekans aralığında, ortalama 25 ila 32 kHz civarında çalışır. Temel çalışma prensibi, metal yapıdaki uçta enine serbest salınım yapan akustik enerjinin irrigasyon solüsyonuna iletilmesi ve kavitasyon etkisi yaratarak solüsyonun etkinliğinin artırılması esasına dayanır (116).

PUI yönteminde, solüsyon kök kanalına iki farklı şekilde uygulanabilir (117):

1. Aralıklı ultrasonik irrigasyon tekniği, şırınga ile,
2. Devamlı ultrasonik irrigasyon tekniği, sisteme bağlı bir şırınga aracılığıyla solüsyonun iletimi ve aktivasyonu eşzamanlı olarak gerçekleştirilir.

Bazı araştırmacılar, ultrasonik irrigasyonun GSI'ye kıyasla ana kök kanalında pulpa dokusu artıkları ve biyofilmin uzaklaştırılmasında herhangi bir avantaj sağlamadığını belirtmiştir (118, 119). Ancak, lateral kanallar, finler, isthmuslar gibi enstrümantasyon sırasında ulaşılamayan anatomik düzensizliklerin dezenfeksiyonu için başarılı sonuçların elde edildiği çalışmalar da mevcuttur (120, 121). Varela ve ark. ultrasonik aktivasyonun pulpa dokusu artıklarını uzaklaştırmada sonik aktivasyona göre daha

başarılı olduğunu belirtmiştir (122). Ayrıca, manuel dinamik aktivasyona kıyasla antimikrobiyal etkinliği artırmada daha etkili olduğu bildirilmiştir (123).

2.2.5. Lazer ile aktivasyon

Lazerler, diş hekimliğinde geniş bir kullanım alanına sahip olup, endodontide ilk defa 1971'de Weichman ve Johnson tarafından kullanılmıştır (124). Günümüzde, pulpotomi, endodontik cerrahi, kanal şekillendirmesi ve dezenfeksiyonu gibi çeşitli uygulamalarda, tek başına veya irrigasyon solüsyonlarıyla birlikte kullanılmaktadır (125). Lazer enerjisi, solüsyonlara etki ederek moleküler düzeyde fotoaktif dezenfeksiyon sağlarken ve kütleli akış düzeyinde ise sekonder kaviteasyon etkisi ile aktivasyon sağlar. Bu amaçla kullanılan lazerler arasında Er-YAG, Er,Cr:YSGG, CO₂, Nd:YAG ve diyet lazer bulunmaktadır (126).

Er-YAG lazer [2940 nanometre (nm)], suyun ve hidroksiapatitin yüksek absorpsiyonu sayesinde endodontide sıklıkla tercih edilen lazerlerden biridir (127). Son zamanlarda geliştirilen foton indüksiyonlu fotoakustik dalgalanma (PIPS) tekniğinde, Er-YAG lazer, özel olarak tasarlanmış konik fiber ucla, 50 mikrosaniyelik (μ s) kısa darbelerle, 15 hertzlik (Hz) frekansla ve 20 milijoule (mJ) düşük enerjiyle uygulanarak, fotoakustik şok dalgası yaratılır. Bu akımda irrigasyon solüsyonunu aktive eder ve istenmeyen termal etkileri azaltır (128).

PIPS ile kök kanal dezenfeksiyonu, kaviteasyon etkisi, akustik akım etkisi ve termal etki yoluyla gerçekleştirilmektedir (129). PIPS sisteminin ucu kanal ağzına yerleştirildiğinde, kanaldaki irrigasyon solüsyonu lazerin etki mekanizmalarıyla su buharı kabarcıkları oluşturmada ve solüsyon hacminin 1600 katına kadar genişleyebilmektedir. Buhar kabarcığının sönmelenmesi ve yeni bir kabarcığın oluşumu, solüsyonun apikal bölgeye ve kanal içi düzensizliklere daha iyi nüfuz etmesini sağlamada, doku artıkları, debris ve mikroorganizmaların kanal ağzından uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır (130). PIPS, minimal invaziv kanal preparasyonu ile optimum dezenfeksiyonu hedeflemektedir (131).

Nd:YAG lazer (1064 nm), antimikrobiyal etkisini bakteri ve çevresindeki termal enerjiyi artırarak göstermektedir (132). Dentin içinde 1 mm derinliğe kadar bakterisidal etkinliğe sahip olduğu iddia edilmektedir (133).

Koyu pigmente dokular ve proteinler tarafından iyi absorbe edilirken, su ve *E. faecalis* gibi non-pigmente bakteriler tarafından düşük derecede absorbe edilir. Bu nedenle, dezenfeksiyon etkisi için daha yüksek yoğunlukta enerji ile uygulanması gerekmektedir (134, 135). Nd:YAG lazerin kök kanalında, 20 sn'lik aralıklarla, 5 ila 10 sn boyunca dört kez, 15 Hz, 100 mJ ve 1,5 watt ayarında kullanılması önerilmektedir (136). Periapikal dokulara zarar vermemek ve dentin duvarlarının her bölgesinde eşit ışınlanmayı sağlamak için, 200 mikrometre (µm) çapında ince fiber optik uç, apikalden 1-2 mm geride yerleştirilerek, koronale doğru yavaş dairesel hareketlerle uygulanmalıdır (137).

2.2.6. Ardışık basınç oluşturan sistemler

Ardışık basınç oluşturan sistemler irrigasyon işlemlerine yardımcı olarak geliştirilmiştir. Bunlardan ikisi RinsEndo ve EndoVac sistemleridir. RinsEndo, ünite uyumlu bir başlık, kanül ve enjektörden oluşmakta olup, kanal içine solüsyon verirken aynı zamanda 1,6 Hz titreşim frekansı ile aktivasyon yapar ve daha sonra kanaldaki solüsyonu vakumlayarak geri çeker (7).

EndoVac sistemi ise enjektörle beraber kanalın apikaline yerleştirilen mikrokanül ve kanal koroneline yerleştirilen makrokanül içerir. Bu sistemde, negatif basınç ile kanal içine enjekte edilen solüsyon mikrokanül yardımıyla apikale iletilir ve daha sonra vakumlanarak geri çekilir. Makrokanül, koronal bölgedeki debrisin kanal içinden uzaklaştırılmasında etkilidir (7).

2.3. Kök Kanal Dolumunda Kullanılan Patlar

Kanal patları, güta perka gibi ana materyal ile dentin duvarları arasındaki boşlukları, aksesuar kanalları ve düzensiz alanları doldurmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu patların yapısındaki antibakteriyel içerikler, mikroorganizmalar üzerinde etkili olmakta, obtürasyon sonrası monoblok bir yapı oluşturmakta ve hermetik bir tıkama sağlamaktadır (138).

Kanal patları, içeriklerine göre **Tablo 2**'deki gibi sınıflandırılabilir (139).

Tablo 2. Kanal patlarının içeriğine göre sınıflandırılması

Ana kategori	Alt kategori
A. Çinko Oksit Ojenol İçerikli Patlar	1. Çinko oksit ojenol
	2. İlaçlı olanlar ✓ Paraformaldehit içerenler ✓ Paraformaldehit içermeyenler
	3. Ojenolsüz çinko oksit
B. Rezin Bazlı Patlar (Polimerler)	1. Epoksi amin rezin içerikli
	2. Metakrilat rezin esaslı
	3. Polivinil (poliketon) rezin içerikli
	4. Silikon polimerler
C. Cam İyonomer Esaslı Patlar	
D. Biyoseramik Esaslı Patlar	1. MTA esaslı patlar
	2. Kalsiyum silikat fosfat içerenler
E. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar	

2.3.1. Biyoseramik esaslı patlar

Biyoseramikler, tıp alanında geniş bir kullanım alanına sahip olup, son zamanlarda endodonti alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu biyomalzemeler, biyouyumlu seramik esaslı malzemeler olup, içeriklerinde alümina, zirkonyum, biyoaktif cam, cam seramik, kompozitler, hidroksiapatit, rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar ve radyoterapi camları bulunmaktadır (140).

Biyoseramik içerikli kanal patları sertleşme sürecinde hidroksiapatit oluşturarak dolgu maddesi ile dentin arasında kimyasal bir bağ oluşturur ve bu süreçte yüksek pH (12,9) ile güçlü antimikrobiyal etki sağlar. Sertleştikten sonra bir miktar genişleme gösterir ve büzülmez. Kök kanal dolgusu sırasında periapikal alana taşma durumunda anlamlı bir enflamatuvar yanıt oluşturmaz (141). Osteokondüktif etki gösterir. Sertleşme aşamasında kanalların nemli olması gereklidir. Hidrofilik özellikleri ve düşük temas açıları sayesinde lateral kanallara ve düzensiz alanlara iyi yayılım gösterir (142). Ancak gerektiğinde kanaldan çıkarılmaları zor olabilir (143).

2.3.1.1. Kalsiyum silikat fosfat içerenler

Bu materyal, zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit ve hidroksiapatit gibi doldurucu ve sertleştirici partiküller içermektedir. Kalsiyum silikat ve hidroksiapatit içeriği, materyalin biyouyumlu ve biyoaktif olmasını sağlar. Küçük partikül boyutu ve akışkan yapısı, lateral kanal ve dentin tübüllerine penetrasyonu artırır. Sertleşme sürecinde pH'ın artışı, yüksek bakterisidal etki oluşturur (144, 145).

2.3.1.1.1. TotalFill BC Sealer

TotalFill BC (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre; Kuzey Amerika'da Brasseler USA tarafından EndoSequence BC olarak pazarlanmaktadır), MTA'nın dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiş, yeni bir kalsiyum silikat bazlı biyoseramik pat materyalidir. Bu pat, nem varlığından etkilenmeden sertleşebilir ve MTA'ya kıyasla daha kısa bir sertleşme süresine sahiptir. Ayrıca MTA ile benzer basma dayanımına sahip olduğu ve dişlerde renk değişikliğine neden olmadığı bildirilmiştir (146).

TotalFill BC kanal patının içeriği, kalsiyum silikat, kalsiyum hidroksit, kalsiyum fosfat, çeşitli doldurucular ve kalınlaştırıcıları içermektedir. Enjekte edilebilir bir formda tek tüp içerisinde sunulan bu pat, kanüller aracılığıyla kök kanalına yerleştirilmektedir. Sertleşme süresi yaklaşık 4 saattir ve sertleşmeden önce pH değeri 12,9'dur (147).

Hidrofilik özellikleri sayesinde, sertleşme reaksiyonu sırasında dentin tübülleri içerisindeki sıvıyı çeker. Sertleşme reaksiyonları sırasında açığa çıkan kalsiyum hidroksit ile ortamın pH'ında yükselme ve bunu takiben antibakteriyel etki gözlenir. Yapılan çalışmalarda, kanal içerisinde rezorbe olmadığı ve bu sayede mikrosızıntıya karşı olumlu etkiler sağladığı gösterilmiştir (148). Literatürde, TotalFill BC kanal patının pahalı olması ve sertleştikten sonra kanaldan uzaklaştırılmasının zor olması gibi dezavantajlar bildirilmiştir (149).

2.3.1.1.2. EndoSequence BC Sealer

EndoSequence BC kök kanal patı, kalsiyum silikat fosfat esaslı kanal patıdır. Bu pat, zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit, doldurucu ve kalınlaştırıcı maddeler içerir. Esas bileşenlerin kalsiyum silikat ve hidroksiapatit olması, patın hem biyouyumlu hem de biyoaktif olmasını sağlar. Patın hidrofilik özelliği, dentin tübüllerindeki suyu emerek sertleşmeyi gerçekleştirir. Çalışma ve sertleşme süresi dört saattir. Sertleşme sürecinde pH değerinin 12,9 olması, patın bakterisidal özelliğini artırır (150-152). Kök kanalının içine doğrudan uygulanabilmesi için bir kanül yardımıyla üretilmiştir. Küçük partiküllü yapısı ve uygun akışkanlığı sayesinde lateral kanallara ve dentin tübüllerinin içine ulaşabilir (151, 152).

2.3.1.1.3. NeoSealer Flo

NeoSealer Flo (Avalon Biomed, Houston, TX, ABD), son zamanlarda piyasaya sunulan, önceden hazırlanmış ve biyoaktif özelliklere sahip kalsiyum silikat esaslı bir kanal patıdır.

İçeriğinde trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum aluminat, kalsiyum alüminyum oksit, trikalsiyum aluminat, tantalit ve az miktarda kalsiyum sülfat bulunmaktadır. Üretici firmanın belirttiğine göre, NeoSealer Flo yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır (153). Ayrıca, <%1 oranında daralma ve <%0,1 oranında genleşme göstererek boyutsal stabilite sunar. Film kalınlığı 50 µm'den küçük olan bu patın radyoopasitesi, 6 mm kalınlığındaki alüminyum ile eşdeğerdir (154).

2.3.1.2. Mineral trioksit agregat içerenler

1993 yılında Torabinejad tarafından geliştirilen MTA, yüksek pH değeri ile kalsiyum hidroksit ile benzer histolojik ve biyolojik özelliklere sahiptir. Biyouyumlu yapısı, mükemmel sızdırmazlık özellikleri ve düşük çözünürlüğü sayesinde perforasyon tamirinde ve apikal tıkaç oluşturulmasında tercih edilen bir malzemedir (155). MTA'nın bu özelliklerine ek olarak akışkanlık, sertleşme süresi ve adezyon gibi özelliklerin de eklenmesiyle MTA içerikli kök kanal patları geliştirilmiştir (156, 157).

2.3.1.2.1. MTA Fillapex

MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brezilya), kalsiyum silikat içeren biyoseramik esaslı bir kök kanal patıdır (158). MTA'nın biyolojik özelliklerinin ve rezin esaslı kanal materyallerinin fizikokimyasal özelliklerinin birleştirilmesiyle piyasaya sürülmüştür (159). İçeriğinde salisilat rezin, rezin seyreltici, doğal rezin, radyoopak ajan olarak bizmut oksit, silika nanopartikülleri ve MTA bulunur (145). Uzun çalışma süresine, yüksek radyoopasiteye sahip olup manipülasyonu kolaydır (160). Ayrıca biyoaktif ve osteokondüktif özelliklere sahiptir (161). Yüksek akışkanlığı sayesinde lateral ve aksesuar kanallara yayılım gösterebilir. Kullanılan kanal dolum tekniği ne olursa olsun, güvenli bir örtücülük sağlar ve ısıdan olumsuz etkilenmez. %0,1 oranında çözünürlük gösterir, bu sayede yapısını korur ve mikro çatlak oluşumuna bağlı yeniden mikroorganizma girişini engeller. Yüksek pH değerine sahiptir, bu sayede antibakteriyel etkinliği yüksektir ve 14 gün boyunca nispeten sabit bir Ca^{+2} salınımı meydana gelir (162).

2.3.1.2.2. Endoseal MTA

EndoSeal MTA (Maruchi, Wonju, Güney Kore), üretici firma tarafından MTA'nın mükemmel fiziksel ve biyolojik özelliklerini taşıdığı ifade edilen, puzolan bazlı bir kök kanal patıdır (163). Bu pat, kök kanalına doğrudan uygulanabilmesi için hava geçirmez bir şırıngada kullanıma hazır olarak piyasaya sunulmuştur. Dolum esnasında atmosferik havanın nemini kullanarak gerçekleşen sertleşme reaksiyonu gösterir (164, 165). Üretici firma, EndoSeal MTA'nın sertleşme süresinin 10-12 dk olduğunu belirtmiştir (163). EndoSeal MTA'nın içeriği, kalsiyum silikat, kalsiyum alüminat, kalsiyum alüminaferrit, kalsiyum sülfat, radyopaklaştırıcılar ve kalınlaştırıcı ajanlardan oluşmaktadır(150, 166).

2.3.1.2.3. Well-Root ST

Well-Root ST (Vericom, Gangwon-Do, Güney Kore), kullanıma hazır, enjekte edilebilir formda paketlenmiştir. Üretici firma tarafından belirtilen Well-Root ST bileşimi, kalsiyum silikat, zirkonyum oksit, doldurucular ve kalınlaştırıcı ajanlar içerir. Sertleşme süreci için nemin varlığı gereklidir ve güta perka ile birlikte kullanılması önerilir (167, 168). Sertleşme süresi 25 dk'dır, ancak kök kanalında tam sertleşme süresi yaklaşık 2,5 saat olarak bildirilmiştir (168).

Mevcut literatürde Well-Root ST kök kanal patı hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Reszka ve ark.'nın yaptığı mikro analiz çalışmasında, Well-Root ST'nin Ca^{+2} , zirkonyum, oksijen, karbon ve silikonun yanı sıra alüminyum ve titanyum da içerdiği tespit edilmiştir (169). Olcay ve ark.'nın yaptığı çalışmada, endodontik rejenerasyon prosedürleri sırasında Well-Root ST'nin, Biodentine ve ProRoot MTA ile elde edilenden daha fazla anjiyogenezis sağladığı ve yeni damar formasyonunu uyarmış olduğu bildirilmiştir (167).

2.3.1.2.4. ProRoot EndoSealer

Bu materyal, toz ve likit olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Toz formunda trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, bizmut oksit ve trikalsiyum alüminat içerir.

Likit formu ise suda çözünen polimerler içermektedir. Çevredeki su ile olan reaksiyonu sonucunda kalsiyum hidroksit açığa çıkar. Bu durum, hidroksiapatit stimülasyonunu başlatır ve minimum düzeyde doku irritasyonu oluşturur (150, 170).

2.3.1.2.5. MTA Obtura

Beyaz MTA'ya özel bir viskoz sıvı ile karıştırılarak üretilmiştir. Düşük akışkanlık özelliğine sahip olması sebebiyle, kök kanal sistemindeki şekillendirme ile ulaşılabilen girintilerin ve rezorpsiyon alanlarının doldurulmasının zor olduğu ifade edilmektedir (170).

2.3.1.2.6. Endo CPM Sealer

Temel bileşenleri MTA ile aynı olan bu materyale, ilave edilen kalsiyum karbonat ile sertleştikten sonraki pH değeri 12,5'tan 10'a düşürülmüştür. pH değerinin azaltılması, çevre dokularda nekrozun önlenmesi ve alkalen fosfataz aktivitesinin devam ettirilmesi amaçlanmıştır. Bu materyal, biyoyumlu özelliklere sahip olup mineralizasyonu desteklemektedir (150, 170).

2.4. Çalışmamızda Kullanılan Biyoseramik Esaslı Kanal Patı

2.4.1. AH Plus Biyoseramik pat

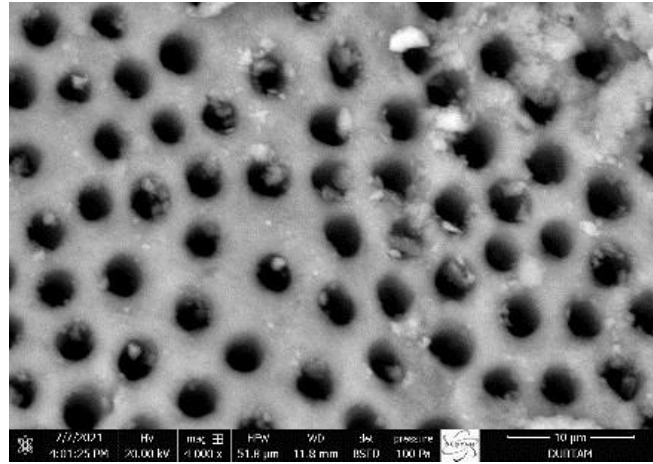
Dentsply tarafından piyasaya sürülmüş olan AH Plus Biyoseramik pat (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, ABD), kalsiyum silikat bazlı, kullanıma hazır ve önceden karıştırılıp şırıngaya yüklenmiş bir pattır. Hava geçirmez bir şırınga içerisine hapsedilmiş olup, kök kanallarına doğrudan uygulanabilir bir yapıdadır. İçeriğinde kalsiyum silikat, zirkonyum dioksit, dimetil sülfoksit ve lityum karbonat yer alır. Üretici firmanın belirttiğine göre, pat hidrofilik özelliktedir ve sertleşme sürecinde çevresindeki nemi kullanır. Çalışma süresi ortalama olarak 2-4 saat arasındadır (171). Literatürde bu patı AH Plus ve Endosequence BC ile penetrasyon açısından karşılaştıran bir çalışmada, AH Plus Biyoseramik pat ile Endosequence BC pat arasında anlamlı bir farklılık bulunmazken, iki biyoseramik esaslı pat da AH Plus'tan daha iyi penetrasyon sergilemiştir (172).

2.5. Dentin Tübül Yapısı ve Kanal Patı Penetrasyonu

Dentin, yaşam boyu değişkenlik gösteren canlı ve dinamik bir yapıya sahiptir. Temel olarak mineral, organik matriks ve su içerir. Ağırlıkça %70, hacimce %45 oranında mineral içeriğe sahiptir ve bu mineral yapı esas olarak hidroksiapatitten oluşur. Dentinin ağırlıkça %20'si, hacimce %33'ü organik matriksten oluşur ve bu matriksin ana bileşeni kolajendir (173).

Dentin tübüllerinin çapları, mine-dentin sınırında 0,5 ila 0,9 μm arasında değişirken, pulpaya yaklaştıkça tübüller birleşir ve çapları 2 ila 3 μm 'ye kadar genişleyebilir (173) (**Resim 2**). Dentin tübül çapı ve sayısı, dentinin maruz kaldığı fizyolojik ve patofizyolojik değişiklikler ile kanal preparasyonu sırasında oluşan smear tabakası, kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunu etkiler (174).

Kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonu, pat partiküllerinin çapının tübüllerin çapından küçük olmasıyla mümkündür. Yaş ilerledikçe dentin tübül sayısı azalır ve tübül çaplarında daralma görülür. Bu daralma, peritübüler dentinin mineralizasyonuna bağlıdır ve bu mineralizasyon sonucunda tübüller tamamen tıkanabilir (174). Koronalden apikale doğru dentin tübül sayısı ve çapları azalır, bu nedenle apikal bölgede kanal patı penetrasyonu daha azdır (175).



Resim 2. Çalışmamızda devamlı şelasyon uygulanan örneklerden birinden alınan horizontal kesitte tübüllerin gösterilmesi

2.6. Smear Tabakası ve Kanal Patı Penetrasyonu

Endodontik tedavi sürecinde kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında, pulpa artıkları, kan, tükürük ve dentin talaşlarını içeren bir tabaka oluşur ve bu tabakaya smear tabakası adı verilir. Smear tabakası 1 ila 5 µm kalınlığında olabilir. İçeriğinde bulunan bakteri ve ürünleri nedeniyle enfekte dişlerde smear tabakası varlığı önemlidir (3).

Smear tabakası, tedavi sırasında dentin tübüllerini kaplayarak, irrigasyon solüsyonlarının, kanal içi medikamentlerin ve kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engeller (176, 177). Smear tabakasının kanal patlarının penetrasyonunu engelleyerek mikrosızıntıya yol açması, smear tabakasının kaldırılmasının gerekliliğini vurgular (178, 179).

Smear tabakasının dentin tübüllerinin yüzeyinden kaldırılabilmesi için, içeriğindeki organik ve inorganik bileşenlerin çözülmesi gerekmektedir. Ancak, hem organik hem de inorganik bileşenleri aynı anda çözebilen bir solüsyon bulunmamaktadır. Bu nedenle, organik doku çözücü olarak %5,25'lik NaOCl ve inorganik doku çözücü olarak %17'lik EDTA solüsyonunun birlikte kullanılması önerilmektedir (31, 180). Yapılan çalışmalarda, bir başka şelasyon ajanı olan GA'nın kök kanal tedavisinde şelasyon ajanı olarak kullanıldığında smear tabakasını ortadan kaldırabildiği gösterilmiştir (81). HEDP'nin NaOCl ile kombine kullanımı ve preparasyon sürecinde devamlı olarak uygulanması, smear tabakasının başarılı bir şekilde kaldırılmasını sağlayabileceği gösterilmiştir (48, 67).

2.7. Kanal Patı Penetrasyonu Görüntüleme Yöntemleri

Endodontik araştırmalarda, irrigasyon solüsyonlarının, kanal içi medikamentlerin ve kanal patlarının penetrasyonlarının değerlendirilmesi için ışık mikroskobu, stereomikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve lazer taramalı konfokal mikroskop (KLTM) gibi çeşitli mikroskopik teknikler kullanılmaktadır (181-184).

Stereomikroskop, kanal patı ve dentin arasındaki ayrımın zor olması nedeniyle pat penetrasyonunun incelenmesinde genellikle tercih edilmemektedir (184).

SEM ise endodontik çalışmalarda kanal anatomisinin incelenmesi, mikrosızıntı tespiti için kullanılan boyaların penetrasyonunun değerlendirilmesi, kanal patı ve dentin arasındaki boşlukların incelenmesi, dentin tübüllerine penetre olan kanal patının penetrasyon miktarının ölçümü ve solüsyonların smear tabakasına olan etkilerinin değerlendirilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (185-187). Ancak SEM’de örneklerin hazırlanması sırasında altın kaplama gibi spesifik işlemler gerekmekte ve bu işlemler örneklere zarar verebilmektedir. Ayrıca, SEM ile görüntüleme işlemi zaman alıcıdır ve örneklerin tamamının görüntülenmesi zordur. KLTM, örneklerin hazırlanması sürecinde spesifik işlemlere gerek duymayan ve örneklerde hasar oluşturmada görüntü elde edilmesini sağlayan bir optik mikroskop türüdür (188). 1955 yılında Marvin Minsky tarafından icat edilen KLTM (189), 1980’lerin sonlarında piyasaya sürülmesinden bu yana, biyolojik hücreler ve dokuların üç boyutlu yapısal çalışmaları için yaygın kullanılan floresan mikroskopi tekniği haline gelmiştir. KLTM’nin esnek yaklaşımı, canlı hücrelerdeki dinamik süreçlerin hızlı görüntülenmesinden tutun da dokuların detaylı morfolojik analizlerine ve protein ekspresyon modellerinin ortak lokalizasyonuna kadar çok çeşitli çalışmalarda uygulanabilmesini sağlamaktadır (190).

KLTM, bir lazer ışığı kaynağı ve bu ışığı işleyen elektronik bir sistemden oluşur. Yüksek çözünürlüklü optik görüntüler, son derece ince kesitlerde (0,5-1,5 μm) elde edilir ve numunenin kalınlığındaki farklı optik alanlardan kaynaklanan ışık parazitini ortadan kaldırır (191). Lazer ışığı, “iğne deliği” adı verilen dar bir açıklıktan geçer ve yansıyan ışık mikroskopa geri döner, yeniden odaklanır ve bir iğne deliğinden iletilir. Yansıtılan ışık, tarama aynaları yardımıyla tespit edilir. İğne deliğinin konumu, numunenin hangi katmanının mikroskopta görüneceğini belirler. Hem ışığın hem de görüntülerin geri dönüş açıklıkları için ortak bir odak noktası vardır, bu nedenle “konfokal” adını alır. KLTM, tek bir düzleme odaklanarak, 'optik bölümlerle' işlemiyle kalın numunelerin odaklanmış görüntülerini üretir. Görüntü düzleminin dışındaki noktalardan saçılan veya yayılan ışığı bloke eder, böylece odak dışı bölgelerden etkilenmeyen yüksek kontrastlı ve net bir görüntü elde edilir. Bir numunenin çeşitli katmanlarından alınan görüntüler, bir bilgisayar kullanılarak birleştirilir ve numunenin üç boyutlu yeniden yapılandırılması sağlanır (192).

Endodontik araştırmalarda görüntüleme yöntemi olarak KLTM kullanımı son dönemlerde popülerlik kazanmıştır. Bu yöntem, endodontik irrigasyon solüsyonlarının biyofilm üzerindeki etkisinin, kullanılan patların dentine penetrasyonunun ve yeniden tedavi sonrası kanalda kalan pat materyalinin değerlendirilmesi gibi çeşitli in-vitro çalışmalarda kullanılmaktadır (193).

KLTM ile kanal patının tübüllere penetrasyonunun değerlendirilmesi sırasında, patın dentin tübüllerinden ayırt edilebilmesi için pat materyaline floresan özellikli bir boya eklenir. Bu boya, patın fiziksel özelliklerinde herhangi bir değişikliğe neden olmaz. Kök kanalı doldurulan örneklerde pat penetrasyonunun değerlendirilmesi amacıyla, incelenmek istenen alanlara göre kesitler alınır ve KLTM ile incelenir (193). KLTM’de floresan maddelerin kullanılması, daha küçük büyütmelerle geniş bir alanın net bir şekilde değerlendirilmesini sağlar (194).

2.8. Endodontide Pat Penetrasyon Değerlendirmesinde Kullanılan Floresan Boyalar

KLTM’de floresan madde olarak kırmızı renk veren Rodamin B yıllardır pek çok pat penetrasyon çalışmasında kullanılmıştır (193, 195, 196). Bir araştırmada, Rodamin B floresan boyasının hidrofilik olması kaynaklı tübüllere kendi başına pasif penetrasyon sağlayabileceğini, rezin ve kalsiyum silikat bazlı kanal patlarına kalıcı şekilde bağlanmadığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar dentin tübüllerine penetrasyon değerlendirilmesi amacıyla yetersiz bir yöntem olduğu belirlenmiştir (195). Rodamin B’nin bu dezavantajları nedeniyle yeşil renk veren Fluorescein (197) ve Fluo-3 (6) floresan boyları penetrasyon çalışmalarında tercih edilmiştir.

Fluo-3, floresan olmayan bir bileşik olmasına rağmen Ca^{+2} ye bağlandıktan sonra floresansı önemli ölçüde artmaktadır. Dolayısıyla kalsiyum silikat bazlı patlarda bulunan kalsiyum, Fluo-3’e bağlanır ve dolayısıyla mikroskopta gözlenen floresans, tamamen pata aittir (198). Ancak, mevcut kalsiyumun azalması, materyalin hidratasyon kinetiğini, kalsiyum hidroksit salınımını ve dolayısıyla kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının özelliklerini değiştirebilir (199).

Bir araştırmacı grubu %0,1’lik Fluorescein floresan boya çözeltisini kontrol gurubu olarak kullandıkları numunelere herhangi bir pat veya siman ile karıştırmadan uygulamış ve boyayı iki hafta boyunca bekletmiş ve bu boyanın dentin tübüllerine

Rodamin B gibi pasif penetrasyon göstermediğini tespit etmişlerdir (197). Literatürde bu boyanın biyoseramik esaslı patlarla kullanımı ile ilgili veri bulunmamaktadır.



3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmanın etik kurul onayı Dicle Üniversitesi Yerel Etik Kurulundan 29.03.2023 tarihi ve 2023-16 protokol numarası ile alınmıştır. Çalışmanın planlanması, kök kanallarının şekillendirilmesi ve dolum aşaması, Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda; kesitlerin alınma işlemleri Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında; numunelerin taraması ve analizi ise Eskişehir Osmangazi Üniversitesi bünyesinde bulunan Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda yapıldı.

Önceki bir çalışma temel alınarak; G*Power versiyon 3.1.9.6 (Heinrich-Heine University, Düsseldorf, Almanya) programı ile %95 güven ($1-\alpha$), %95 test gücü ($1-\beta$) ve $f=0,754$ etki büyüklüğü ile tek yönlü varyans analizi test sonucunda her bir grupta 6 örnek olmak üzere çalışmaya dahil edilmesi gereken minimum toplam örnek sayısı 54 olarak bulunmuştur (200). Testin güvenilirliğini, gücünü arttırmak için ve olası dropout riskine karşın, grup başına 11 örnek yani toplamda 99 örnek çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma tamamlandığında %95 güven ($1-\alpha$), $f=0,754$ etki büyüklüğü ile toplamda 99 (toplamda 198 kesit) örnek ile testin post hoc powerı ($1-\beta$) %100,0 olarak elde edilmiştir.

3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması

Araştırmamızda, ortodontik veya periodontal nedenlerle çekilmiş olan 99 adet tek köklü ve tek kanallı mandibular premolar diş kullanılmıştır. Dişlerin yüzeyindeki eklentiler, bir periodontal küret yardımıyla temizlenmiştir. Dişler %0,1'lik timol solüsyonu ile dezenfekte edildikten sonra çalışma gerçekleştirilene kadar serum fizyolojik solüsyonunda saklanmıştır.

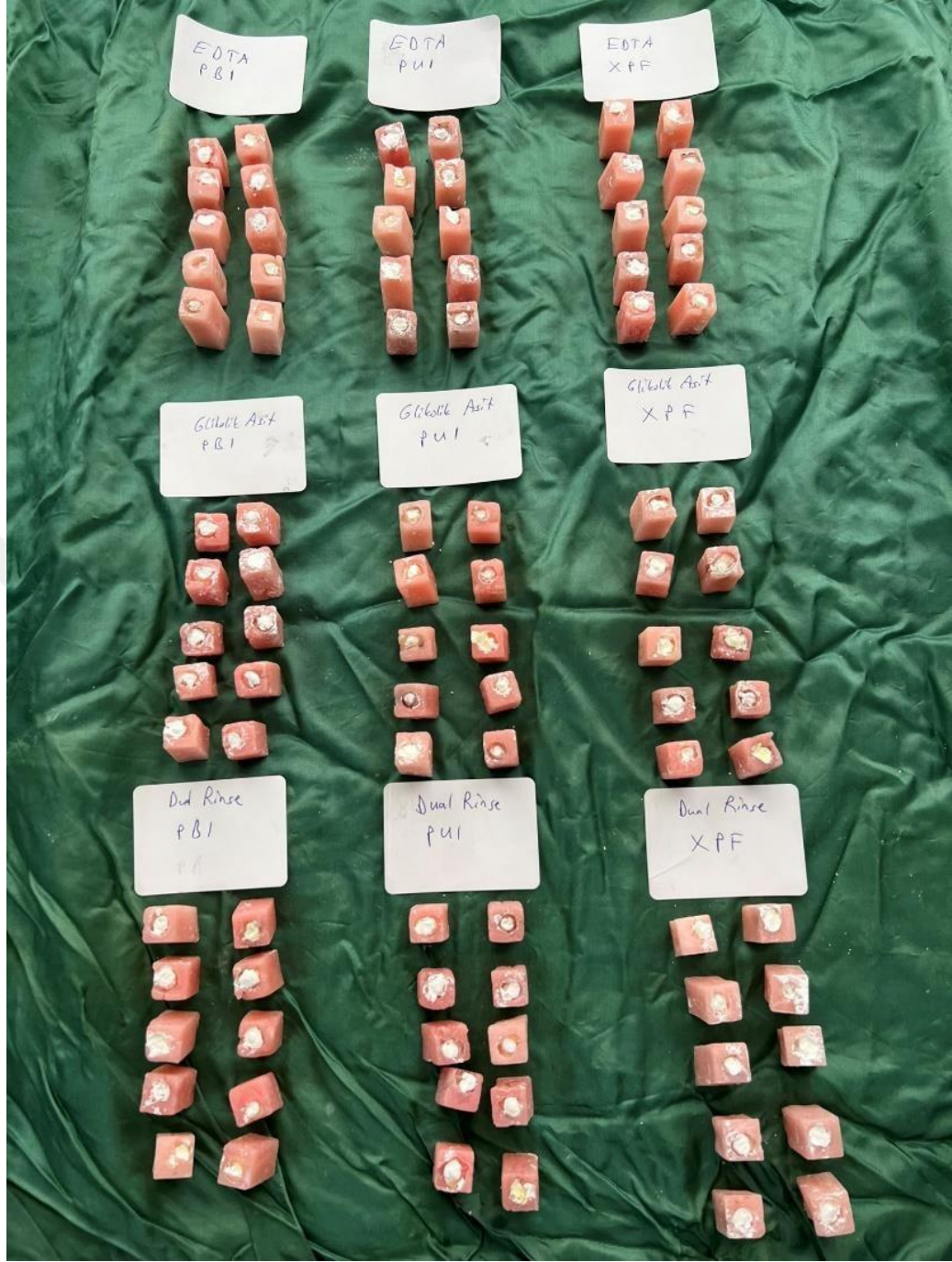
Diş seçimi sırasında, kök gelişiminin tamamlanmış olması, kanal içinde kalsifikasyon bulunmaması, kök yüzeyinde kırık, çatlak veya iç-diş rezorpsiyon olmaması ve kök eğiminin 10° 'yi aşmaması gibi kriterler göz önünde bulunduruldu. Kök kanalı giriş kavitasyonları oluşturulduktan sonra, kanal girişlerinin doğruluğu kontrol edildi ve dişlerin apikal açıklığı ile kanal sayısı, #15 numaralı K tipi bir eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak değerlendirildi. Apikale kadar ilerlemeyen, düz ve tek kanala sahip olmayan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Periapikal radyografi ile seçilen dişlerde tek kanal varlığı doğrulanırken, tek apikal

foramenin varlığı ise stereomikroskop altında yapılan inceleme ile doğrulandı (**Resim 3**).



Resim 3. Dişlerden alınan radyografi örneği

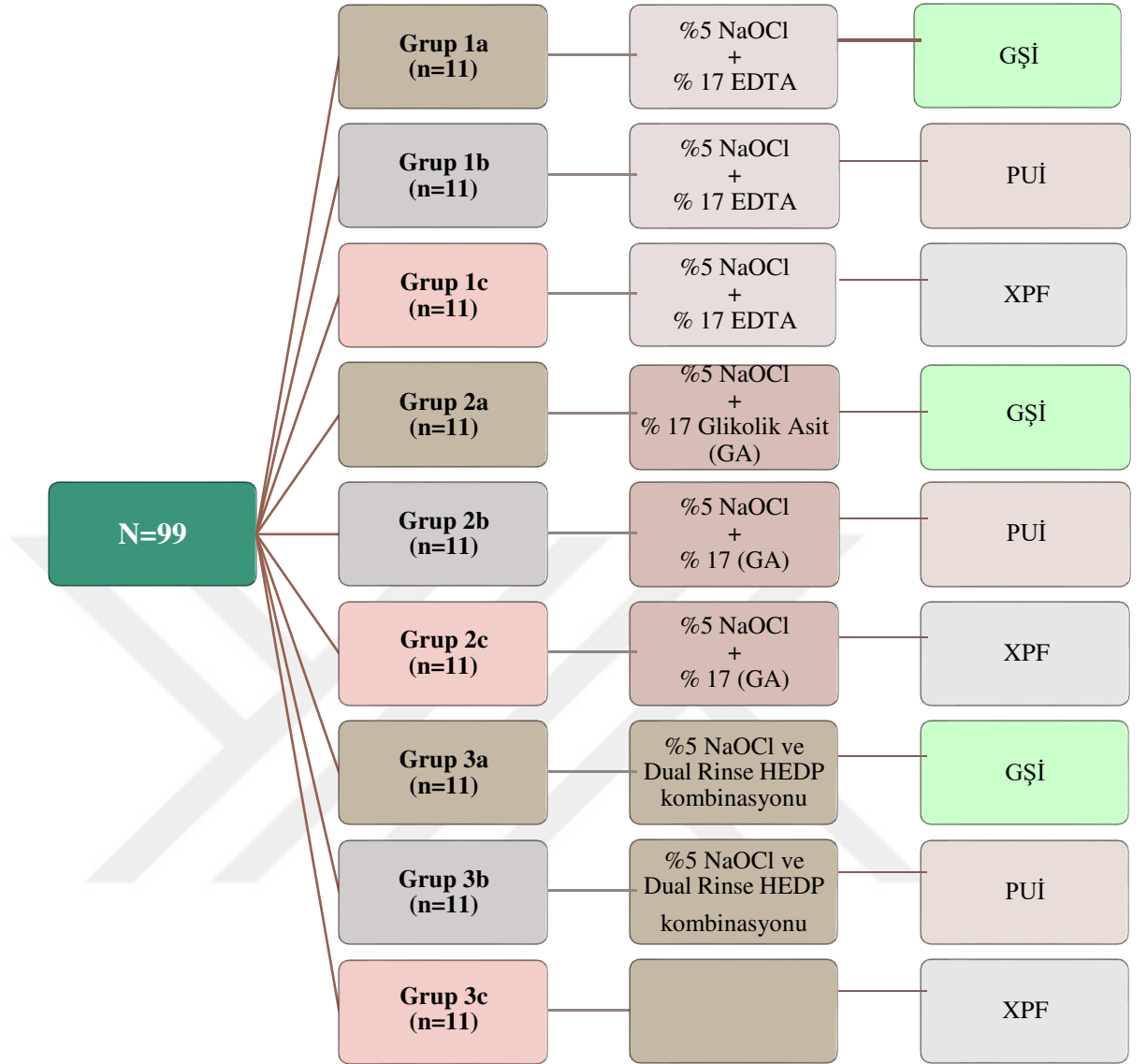
Seçilen dişler, standart bir uygulama sağlamak amacıyla, su soğutması altında elmas fissür frez (Meisinger, Neuss, Almanya) kullanılarak 15 mm uzunluğunda olacak şekilde kronlarından kesildi ve kronlar uzaklaştırıldı. Hazırlanan diş örnekleri, soğuk polimetil metakrilat bazlı bir akrilik materyal (Imicryl SC; Imicryl, Konya, Türkiye) kullanılarak belirlenen kalıplar içerisine yerleştirildi (**Resim 4**).



Resim 4. Akrilik bloklara gömülmüş dişler

3.2. Grupların Belirlenmesi

Dişler numaralandırılarak rastgele 9 gruba ayrıldı (**Şekil 1**) (www.random.org) (n=11).



Şekil 1. Grupların kullanılan irrigasyon solüsyonuna ve aktivasyon tipine göre dağılımı

3.3. İrrigasyon Solüsyonlarının ve Floresan Boyanın Hazırlanması

3.3.2. NaOCl ve EDTA solüsyonunun hazırlanması

Bu çalışmada, %5'lik NaOCl (Microvem, İstanbul, Türkiye)(LOT No: 101123101) ve %17'lik EDTA irrigasyon solüsyonları (Saver, Prime Dental Products PVT Ltd., Maharashtra, Hindistan) (LOT No: 151222154) hazır olarak temin edildi (Resim 5-6).



Resim 5. %5 derişimli NaOCl çözeltisi



Resim 6. %17 derişime sahip EDTA çözeltisi

3.3.3. GA solüsyonunun hazırlanması

8,5 mg GA (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, ABD)(CAS No: 79-14-1) tozu beher içindeki 50 ml distile suya (DS) eklendi. Solüsyon bir manyetik karıştırıcıda 3 dk boyunca karıştırıldı. Böylece %17’lik GA solüsyonu elde edildi (**Resim 7**).



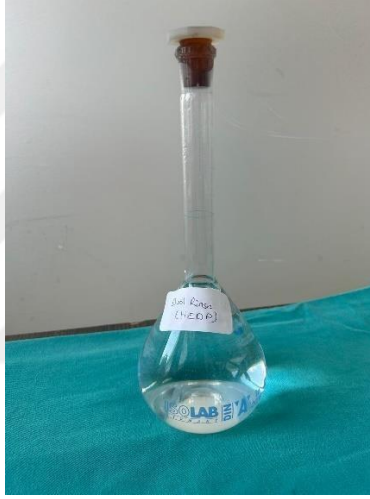
Resim 7. %17 derişime sahip GA çözteltisi

3.3.4. Dual Rinse HEDP hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan Dual Rinse HEDP (Medcem GmbH, Weinfelden, İsviçre)(LOT No: DR221227), kapsül toz formunda (0,9 g) üretici firmadan temin edildi (**Resim 8**). Çalışmada, her 10 ml %5'lik NaOCl solüsyonu için bir kapsül kullanılacak şekilde ayarlandı. Böylece karışım %9'luk derişimde Dual Rinse HEDP içermiş oldu (**Resim 9**). Dual Rinse HEDP'nin kullanılacağı gruplarda toplamda 600 ml %5'lik NaOCl kullanıldı. Dicle Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü Laboratuvarında, 600 ml %5'lik NaOCl solüsyonuna 60 kapsül Dual Rinse HEDP eklenerek 2 dk süreyle manuel olarak karıştırıldı ve solüsyon hazır hale getirildi. Solüsyonun her 10 ml'si için işlem ayrı ayrı gerçekleştirildi.



Resim 8. Dual Rinse HEDP kapsül formu



Resim 9. Hazırlanmış Dual Rinse HEDP solüsyonu

3.3.5. Floresan boyanın hazırlanması

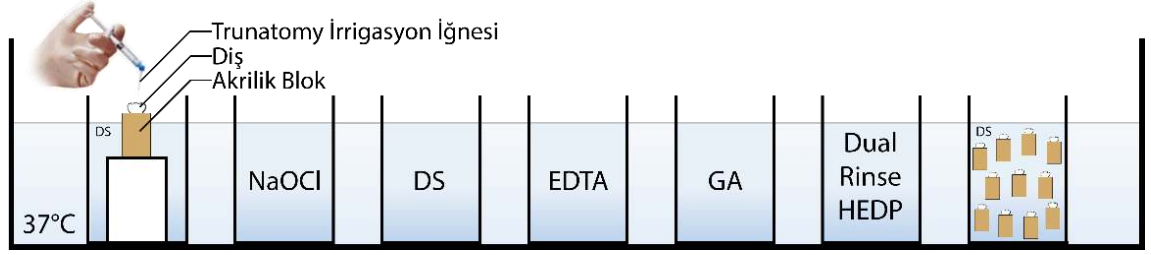
5 mg Fluorescein (Isolab, Wertheim, Almanya) (CAS No: 2321-97-5/LOT No: BA2040409AGZ) tozu (**Resim 10**), 50 ml'lik balon jojeye alındı ve DS ile 50 ml'ye tamamlandı. Bu çözelti %10'luk stok çözeltidir. Stok çözeltiden mikro pipet yardımıyla 100 mikrolitre (μ l) çekildi ve balon jojeye aktarıldı. Ardından üzerine 10 ml oluncaya kadar DS eklendi. Böylece 10 ml %0,1'lik çözelti hazırlandı. Çözelti, homojenitenin sağlanması için 3 dk boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırıldı.



Resim 10. Çalışmamızda patın floresan işaretlenmesinde kullanılan Fluorescein tozu

3.3.6. Sıcak su banyosu düzeneğinin hazırlanması

Her bir örnek preparasyon esnasında 37°C'deki sıcak su banyosuna mine-
sement sınırı seviyesine kadar daldırıldı. Diğer örnekler ise DS içinde banyoda bekletildi. XPF'in östenit faza geçtiği sıcaklık düşünüldüğünde, solüsyonların da banyo içerisinde yer alarak, kanal içinde büyük bir sıcaklık değişimi yaratmadan eğenin optimum seviyede çalışabilmesi planlandı. Sıcaklığı sabit tutup gruplarda standardizasyonu sağlamak için, her grup için taze hazırlanan irrigasyon solüsyonları banyo içine alındı ve 37°C sıcaklığa ulaştıktan sonra preparasyona başlandı (**Şekil 2**).



Şekil 2. 37 C'ye ayarlanmış banyo düzeneği, solüsyonlar ve örnekler

3.4. Kanalların Kemomekanik Şekillendirilmesi

Çalışma boyu köklerde, 15 numaralı K tipi eğenin (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) apikal foramenden görülebileceği uzunluktan 1 mm kısa olacak şekilde ayarlandı. Ön genişletme, 15 K ve 20 K tipi eğeler kullanılarak yapıldıktan sonra, WaveOne Primary (25.07) döner eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile preparasyon gerçekleştirildi (**Resim 11**). X Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endomotor, üretici firmanın önerdiği hızda (350 rpm) ve kinematikte (170° saat yönünün tersi - 50°C saat yönünde resiprokasyon) kullanıldı (**Resim 12**).

Her eğe değişiminde, ardışık şelasyon ajanı için kullanılacak dişler 10 ml %5'lik NaOCl ile, devamlı şelasyon ajanı için kullanılacak dişler ise 10 ml %5'lik NaOCl ve Dual Rinse HEDP kombinasyonu ile irrigate edildi. İrrigasyon, TruNatomy irrigasyon iğnesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak yapıldı (**Resim 13**). Preparasyonu tamamlanan dişler için, final irrigasyon aşamasına geçildi.



Resim 11. WaveOne Primary (25.07) döner eğesi



Resim 12. X Smart Plus endomotor



Resim 13. TruNatomy irrigasyon iğnesi

3.5. İrrigasyon Aktivasyon Prosedürü ve Kök Kanallarının Final İrrigasyonu

Grup 1a: NaOCl (%5) ardından EDTA (%17) + GSİ

GSİ TruNatomy irrigasyon iğnesi ile yapıldı. 5 ml %5'lik NaOCl ile yıkama, ardından 5 ml DS, ardından 1 dk süreyle 5 ml %17 EDTA ile yıkama ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 3).



Şekil 3. Grup 1a'nın irrigasyon protokolünün şeması

Grup 1b: NaOCl (%5) ardından EDTA (%17) + PUİ

Kök kanal duvarlarına temas etmeden kullanılan kesici kenarı olmayan bir ultrasonik uç (20/2) kullanıldı. Eighteeth Ultra X (Eighteeth, Jiangsu, Çin) ultrasonik cihazın güç modu 2 olarak ayarlandı (Resim 14). Çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde aktivasyon yapıldı. 5 ml %5'lik NaOCl ile yıkama ve 1 dk PUİ, ardından 5 ml DS, ardından 30 sn süreyle 5 ml %17 EDTA ile 30 sn PUİ, ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 4).



Şekil 4. Grup 1b'nin irrigasyon protokolünün şeması

Grup 1c: NaOCl (%5) ardından EDTA (%17) + XPF

37°C'ye kadar ısıtılmış olan bir ultrasonik banyo içerisinde, XPF egesi (FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, İsviçre) X-Smart endo motor başlığına takılarak 800 rpm hız ve 1 Ncm torkta çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde aktivasyon yapıldı (Resim 15). 5 ml %5'lik NaOCl ile yıkama ve 1 dk XPF, ardından 5 ml DS, ardından 30 sn süreyle 5 ml %17 EDTA ile 30 sn XPF, ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 5).



Şekil 5. Grup 1c'nin irrigasyon protokolünün şeması

Grup 2a: NaOCl (%5) ardından GA (%17) + GSI

Protokol Grup 1a ile aynıydı. 5 ml %5'lik NaOCl ile yıkama, ardından 5 ml DS, ardından 1 dk süreyle 5 ml %17 GA ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 6).



Şekil 6. Grup 2a'nın irrigasyon protokolünün şeması

Grup 2b: NaOCl (%5) ardından GA (%17) + PUİ

Protokol Grup 1b ile aynıydı. 5 ml %5'lik NaOCl ile yıkama ve 1 dk PUİ, ardından 5 ml DS, ardından 30 sn süreyle 5 ml %17 GA ile 30 sn PUİ, ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 7).



Şekil 7. Grup 2b'nin irrigasyon protokolünün şeması

Grup 2c: NaOCl(%5) ardından GA (%17) + XPF

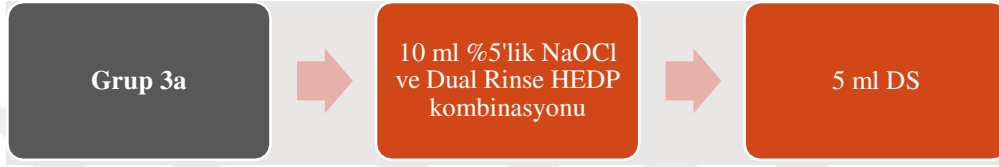
Protokol Grup 1c grubu ile aynıydı. 5 ml %5'lik NaOCl ile yıkama ve 1 dk XPF, ardından 5 ml DS, ardından 30 sn süreyle 5 ml %17 GA ile 30 sn XPF, ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 8).



Şekil 8. Grup 2c'nin irrigasyon protokolünün şeması

Grup 3a: NaOCl (%5) ve beraberinde Dual Rinse HEDP + GSI

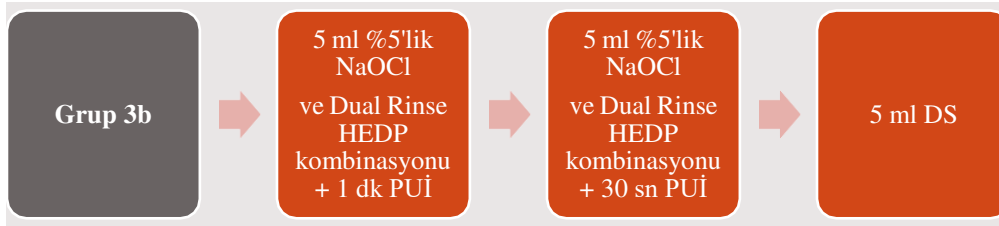
10 ml %5'lik NaOCl + Dual Rinse HEDP ile yıkama ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 9).



Şekil 9. Grup 3a'nin irrigasyon protokolünün şeması

Grup 3b: NaOCl (%5) ve beraberinde Dual Rinse HEDP + PUİ

5 ml %5'lik NaOCl + Dual Rinse HEDP ile yıkama 1 dk PUİ, 5 ml %5'lik NaOCl + Dual Rinse HEDP ile yıkama 30 sn PUİ ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 10).



Şekil 10. Grup 3b'nin irrigasyon protokolünün şeması

Grup 3c: NaOCl (% 5) ve beraberinde Dual Rinse HEDP + XPF

5 ml %5'lik NaOCl + Dual Rinse HEDP ile yıkama 1 dk XPF, 5 ml %5'lik NaOCl + Dual Rinse HEDP ile yıkama 30 sn XPF, ve ardından 5 ml DS ile yıkama yapıldı (Şekil 11).



Şekil 11. Grup 3c'nin irrigasyon protokülünün şeması

Dişler kanal dolumuna hazırlanmak üzere steril kâğıt konlar (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kurutuldu. Tüm kanal preparasyon ve irrigasyon işlemleri tek bir operatör tarafından gerçekleştirildi. Preparasyon ve irrigasyon işlemlerinde bir eğe iki diş için kullanıldı. Her bir örnek için irrigasyon iğnesi değiştirildi.



Resim 14. Çalışmamızda PUI gruplarında kullanılan Eighteeth Ultra X cihazı



Resim 15. Çalışmamızda kullanılan XP-endo Finisher eğesi

3.6. Kök Kanallarının Dolumu

WaveOne Primary (25.07) ile uyumlu WaveOne Gold Conform Fit (25.07) güta perka konları (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak tug-back kontrolü yapıldı (**Resim 16**). Kök kanal dolumu için AH Plus Biyoseramik kanal patı (Dentsply Sirona, York, PA, ABD) tercih edildi (**Resim 17**). KLTM’de floresans görüntüleme sağlamak amacıyla pat, %0,1’lik Fluorescein (Isolab, Wertheim, Almanya) ile karıştırıldı. Her grup için taze hazırlanan floresan madde eklenmiş olan kanal patı; endodontik motora takılı 800 rpm hızda çalıştırılan 25 numara lentülo yardımıyla kök kanalına yerleştirildi.

Ana güta perka konları, Fluorescein ile işaretlenmiş kanal patı ile kaplandı ve tek kon tekniği kullanılarak kanallara yerleştirildi. Kök kanal dolumu sonrasında, güta perkalar mine-sement sınırına kadar ısıtılmış bir plugger yardımıyla kesildi ve geçici dolgu malzemesi ile kapatıldı. Yapılan kök kanal dolumunun doğruluğu ve kalitesi, meziyo-distal ve bukko-lingual yönde alınan radyografiler ile değerlendirildi. Kök kanal dolumu tamamlanan dişler, floresan boyanın sönmemesi için ışık almayacak şekilde siyah kaplara yerleştirildi ve 37°C sıcaklıkta ve %100 nem oranı sağlayan bir inkübatörde (Memmert GmbH, Schwabach, Almanya) bir hafta süreyle bekletildi (**Resim 18**).



Resim 16. Dolum için kullanılan WaveOne Gold Conform Fit (25.07) güta perka konu



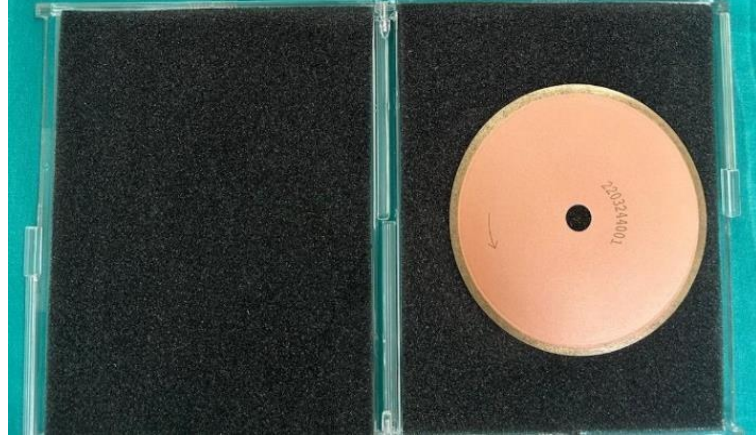
Resim 17. Dolum için kullanılan AH Plus Biyoseramik kanal patı



Resim 18. Çalışmamızda ağız içi sıcaklığını taklit etmek için kullanılan etüv

3.7. İncelenecek Kesitlerin Hazırlanması

Soğuk akrilikle kaplanmış diş örnekleri, IsoMet hassas kesim cihazı (IsoMet 1000, Buehler, IL, ABD) kullanılarak, su soğutması altında 0,3 mm kalınlığında elmas disk (Metkon, Mikro kesim hassas kesici, Bursa, Türkiye) yardımıyla diş köklerinin apikal 2-3 mm ve 5-6 mm seviyelerinden 1 mm kalınlığında iki yatay kesit alındı (**Resim 19-20**). Bu işlem sonucunda, her grupta 11 apikal ve 11 orta olmak üzere 22 kesit ve 9 grup için toplamda 198 kesit elde edildi. Elde edilen kesitler, koronal bölgelerinin detaylı incelenmesine uygun olacak şekilde lam üzerine yerleştirildi ve transparan bantlarla stabil bir şekilde sabitlendi.



Resim 19. Çalışmamızda kullanılan elmas disk



Resim 20. Çalışmamızda kullanılan İsomat cihazı ve kesit alma görüntüleri

3.8. Kesitlerin KLTM ile İncelenmesi

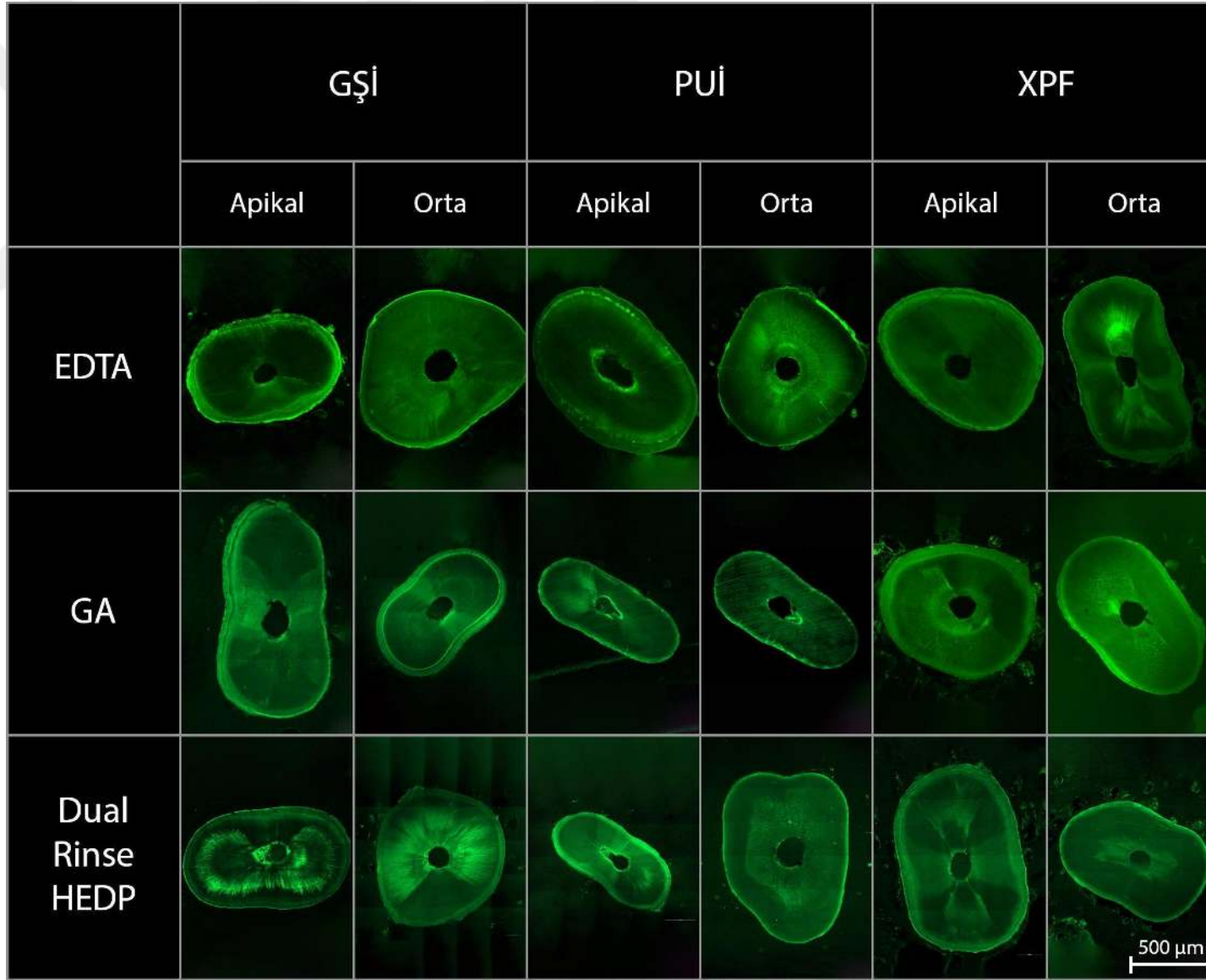
Numunelerin görüntülemesi 10x büyütme oranında, KLTM (Zeiss LSM 800, Oberkochen, Almanya) cihazı ile yapıldı (**Resim 21**). Tüm gruplardan kesit örnekleri alındı (**Şekil 12**). Penetrasyon derinliği, alanı ve yüzde oranlarının hesaplanmasında Zeiss Zen 2.3 (Carl Zeiss) yazılımı kullanıldı (**Resim 22**).



Resim 21. 10x büyütme altında örnek kesitten görüntü alınması



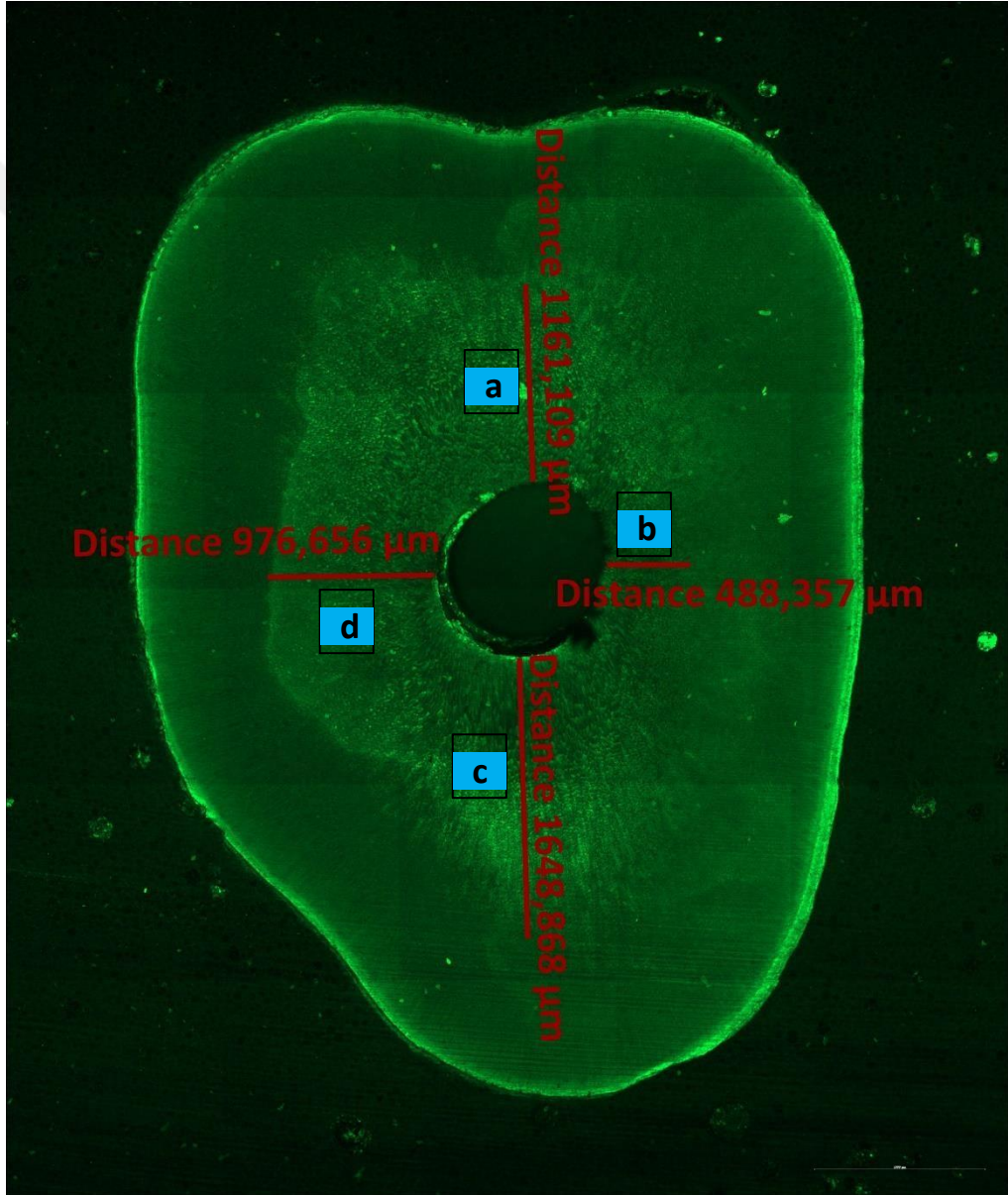
Resim 22. KLTM cihazı ve görüntülerin oluştuğu bilgisayar



Şekil 12. Her gruptaki diş kesitlerinden elde edilen KLTM görüntü örnekleri

3.8.1. Pat penetrasyon derinliği ölçümü

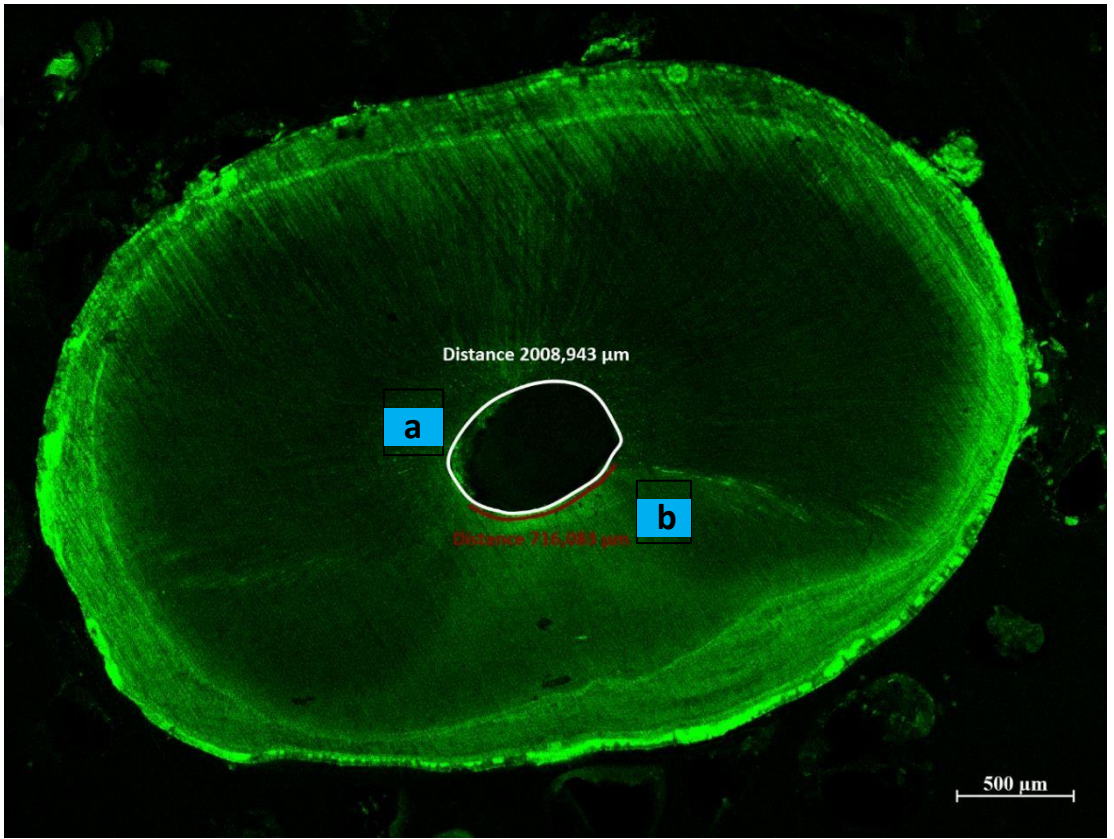
Kanal patının dentin tübüllerine ulaştığı maksimum penetrasyon derinliği (μm), kök kanal duvarından patın en derin görülebildiği noktaya kadar olan mesafe, dört farklı noktada [mezial (b), distal (d), bukkal (c) ve lingual (a)] ölçülerek belirlendi. Toplam penetrasyon derinliği, bu verilerin ortalaması alınarak hesaplandı $[(a+b+c+d)/4]$ (Şekil 13).



Şekil 13. Pat penetrasyon derinliği ölçümünün görselleştirilmesi

3.8.2. Pat penetrasyon yüzdesi ölçümü

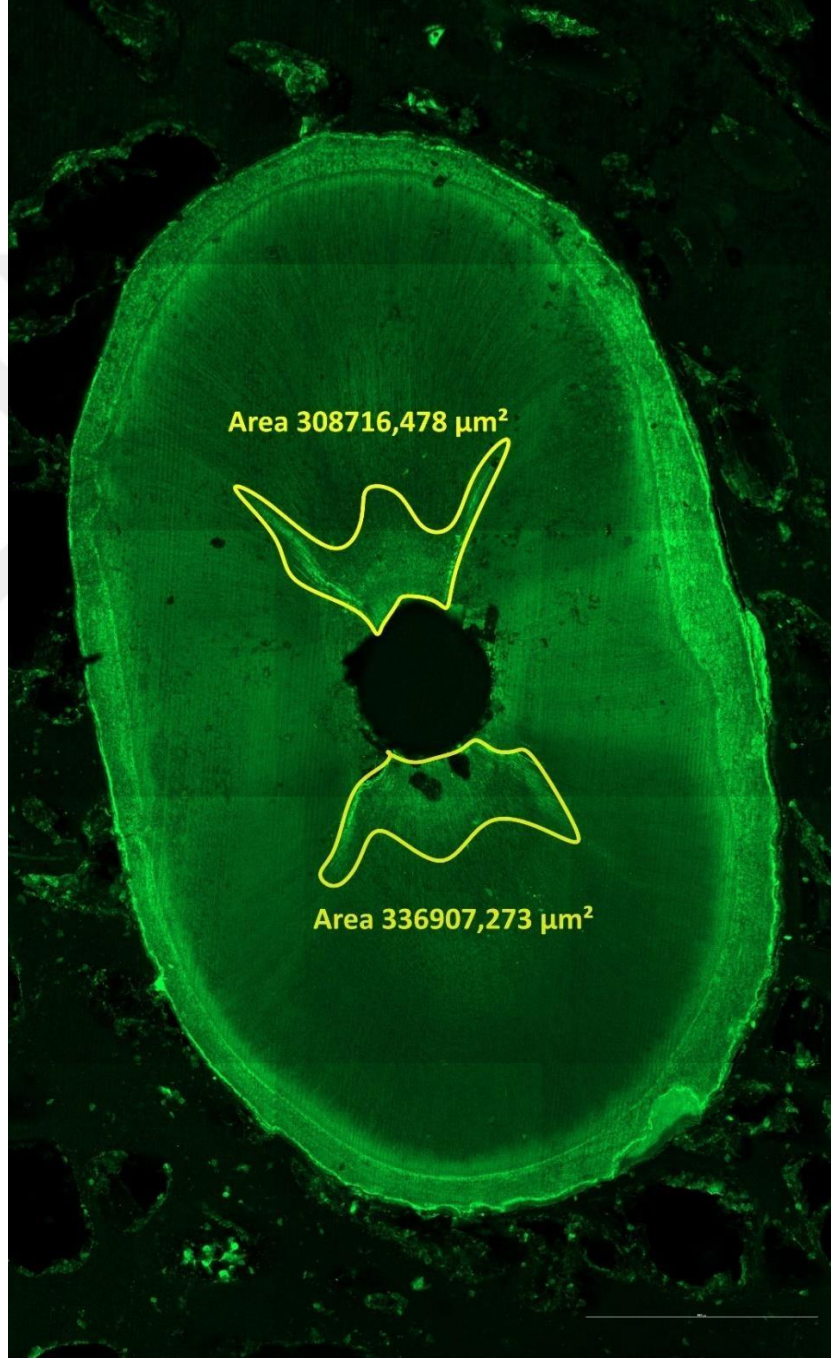
Kanal patının dentin tübüllerine penetrasyon yüzdesi (%), kök kanalının tüm çevresinin ana hatlarının yazılım üzerinde çizilip ölçülmesiyle ilk ölçüm (a)(beyaz çizgi) belirlenmiş oldu. Ardından kanal patının dentin tübüllerine penetre olduğu kanal çevreleri ölçülerek ikinci ölçüm (b) (kırmızı çizgi) de belirlendi. İkinci ölçüm, birinci ölçüme bölünerek ve bu değer 100 ile çarpıldı ve kanal patının kanal duvarında kapladığı yüzde hesaplandı $[(b/a)*100]$ (Şekil 14).



Şekil 14. Pat penetrasyon yüzde ölçümünün görselleştirilmesi

3.8.3. Pat penetrasyon alan ölçümü

Kanal patının penetrasyon alanı (μm^2), yazılımın alan hesaplama aracı kullanılarak ölçüldü. Ölçümler, çalışmaya kör olan ikinci bir gözlemci tarafından alındı ve hesaplamalar yapıldı (Şekil 15).



Şekil 15. Pat penetrasyon alan ölçümünün görselleştirilmesi

3.9. İstatistiksel Analiz

Veriler IBM SPSS versiyon 23 ve Jamovi versiyon 28 ile analiz edildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile incelendi. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre normal dağılıma uymayan verilerin karşılaştırılmasında Üç Yönlü Robust ANOVA testi kullanıldı. Analiz sonuçları budanmış ortalama $\pm$ standart hata şeklinde sunuldu. Önem düzeyi $p < 0,050$ olarak alındı.

4. BULGULAR

4.1. Aktivasyon Tipi, İrrigasyon Ajanı ve Kesit Seviyelerinin Penetrasyon Derinliğine Etkisi

Aktivasyon tipine ve solüsyona göre penetrasyon derinliğinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (sırasıyla $p=0,550$ ve $p=0,330$) (**Tablo 3**).

Kesite göre penetrasyon derinliğinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,001$) (**Tablo 3**). Apikal kesitte penetrasyon derinliği ortalaması (390 μm), orta kesitten (691 μm) anlamlı derecede daha azdı ($p=0,001$) (**Tablo 4**).

Aktivasyon tipi ve solüsyon etkileşimine göre penetrasyon derinliğinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,024$) (**Tablo 3**). EDTA-GŞİ (449 μm) ve Dual Rinse HEDP-XPF (438 μm) grupları, EDTA-XPF (612 μm) grubundan daha az pat penetrasyonu göstermiştir (**Tablo 4**).

Aktivasyon tipi-kesit etkileşimine ve solüsyon-kesit etkileşimine göre penetrasyon derinliğinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (sırasıyla $p=0,522$ ve $p=0,725$) (**Tablo 3**).

Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesit etkileşimine göre penetrasyon derinliğinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,029$) (**Tablo 3**). En yüksek penetrasyon derinliği ortalaması 852 μm ile Dual Rinse HEDP-GŞİ-Orta kesit grubunda elde edilmişken, en düşük ortalama değeri 321 μm ile EDTA-PUİ-Apikal kesit grubunda elde edilmiştir (**Tablo 4**) (**Şekil 16**).

Tablo 3. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon derinliğinin karşılaştırılma sonuçları

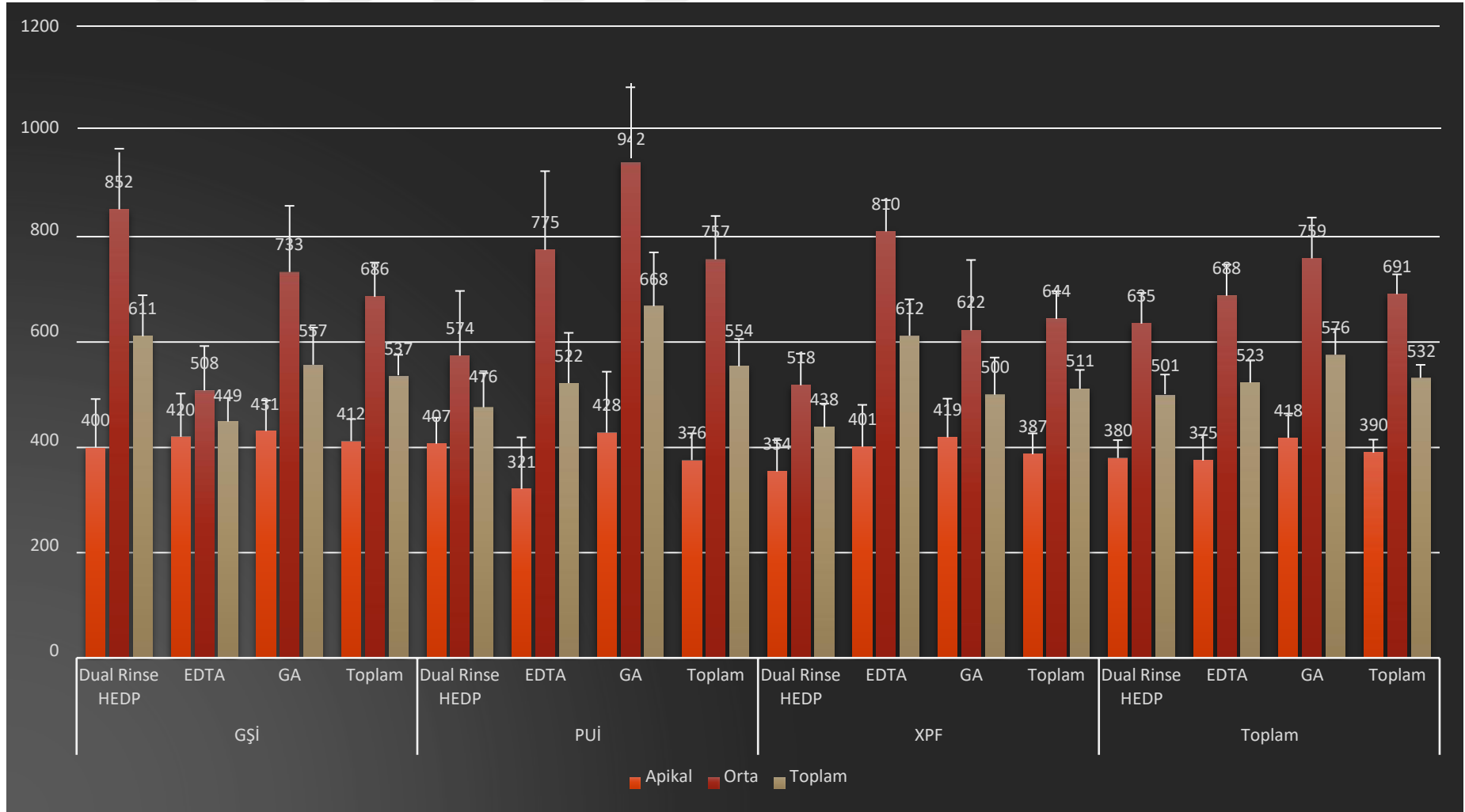
	Test istatistiği*	p
Aktivasyon tipi	1,221	0,550
Solüsyon	2,296	0,330
Kesit	52,902	0,001
Aktivasyon tipi*Solüsyon	12,31	0,024
Aktivasyon tipi*Kesit	1,319	0,522
Solüsyon*Kesit	0,653	0,725
Aktivasyon tipi*Solüsyon*Kesit	11,775	0,029

*Robust ANOVA

Tablo 4. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon derinliğinin tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları (μm cinsinden)

		Kesit		Toplam
		Apikal	Orta	
Aktivasyon tipi	Solüsyon			
	Dual Rinse HEDP	400 $\pm$ 91,8 ^{AB}	852 $\pm$ 108,4 ^{CD}	611 $\pm$ 78 ^{AB}
	EDTA	420 $\pm$ 82,2 ^{ABE}	508 $\pm$ 84,6 ^{ABEF}	449 $\pm$ 45,1 ^A
	GA	431 $\pm$ 58,2 ^{ABE}	733 $\pm$ 125,8 ^{CDF}	557 $\pm$ 70,5 ^{AB}
	Toplam	412 $\pm$ 41,7	686 $\pm$ 65,2	537 $\pm$ 38,9
GŞİ	Dual Rinse HEDP	407 $\pm$ 49,3 ^{AB}	574 $\pm$ 123,2 ^{ABCEF}	476 $\pm$ 65,1 ^{AB}
	EDTA	321 $\pm$ 98 ^A	775 $\pm$ 149,5 ^{CDEF}	522 $\pm$ 95,5 ^{AB}
	GA	428 $\pm$ 115,8 ^{ABEF}	942 $\pm$ 142,1 ^D	668 $\pm$ 102,3 ^{AB}
	Toplam	376 $\pm$ 50,7	757 $\pm$ 82,5	554 $\pm$ 51,9
	Dual Rinse HEDP	354 $\pm$ 59,9 ^{AB}	518 $\pm$ 60 ^{BEF}	438 $\pm$ 45,2 ^A
PUI	EDTA	401 $\pm$ 79,9 ^{AB}	810 $\pm$ 59,6 ^{CD}	612 $\pm$ 69,1 ^B
	GA	419 $\pm$ 73,7 ^{AB}	622 $\pm$ 134 ^{ABCDEF}	500 $\pm$ 70,7 ^{AB}
	Toplam	387 $\pm$ 39,6	644 $\pm$ 52,8	511 $\pm$ 36,2
	Dual Rinse HEDP	380 $\pm$ 33,8	635 $\pm$ 58,4	501 $\pm$ 37,3
	EDTA	375 $\pm$ 48,4	688 $\pm$ 59,1	523 $\pm$ 42
XPF	GA	418 $\pm$ 46,3	759 $\pm$ 77,6	576 $\pm$ 48,8
	Toplam	390 $\pm$ 24,8	691 $\pm$ 37,7	532 $\pm$ 24,9
	Dual Rinse HEDP	380 $\pm$ 33,8	635 $\pm$ 58,4	501 $\pm$ 37,3
	EDTA	375 $\pm$ 48,4	688 $\pm$ 59,1	523 $\pm$ 42
	GA	418 $\pm$ 46,3	759 $\pm$ 77,6	576 $\pm$ 48,8
	Toplam	390 $\pm$ 24,8	691 $\pm$ 37,7	532 $\pm$ 24,9
Toplam	Dual Rinse HEDP	380 $\pm$ 33,8	635 $\pm$ 58,4	501 $\pm$ 37,3
	EDTA	375 $\pm$ 48,4	688 $\pm$ 59,1	523 $\pm$ 42
	GA	418 $\pm$ 46,3	759 $\pm$ 77,6	576 $\pm$ 48,8
	Toplam	390 $\pm$ 24,8	691 $\pm$ 37,7	532 $\pm$ 24,9
	Dual Rinse HEDP	380 $\pm$ 33,8	635 $\pm$ 58,4	501 $\pm$ 37,3

Budanmış Ortalama $\pm$ Standart Hata; ^{A-F}: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 16. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon derinliğinin budanmış ortalama ve standart hata grafiği

4.2. Aktivasyon Tipi, İrrigasyon Ajanı ve Kesit Seviyelerinin Penetrasyon Yüzdesine Etkisi

Aktivasyon tipine ve solüsyona göre penetrasyon yüzdesinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (sırasıyla $p=0,150$ ve $p=0,860$)(**Tablo 5**).

Kesite göre penetrasyon yüzdesinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,001$) (**Tablo 5**). Apikal kesitte penetrasyon yüzdesinin ortalaması (%64,2) iken, orta kesitten (%80,1) istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha azdır ($p=0,001$) (**Tablo 6**).

Aktivasyon tipi-solüsyon, aktivasyon tipi-kesit ve solüsyon-kesit etkileşimine göre penetrasyon yüzdesinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (sırasıyla $p=0,667$, $p=0,240$ ve $p=0,719$) (**Tablo 5**).

Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesit etkileşimine göre penetrasyon yüzdesinin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,041$) (**Tablo 5**). En yüksek ortalama penetrasyon yüzdesi değeri %90,5 ile Dual Rinse HEDP-XPF-Orta kesit grubunda elde edilmişken, en düşük ortalama değeri %50,9 ile Dual Rinse HEDP-GŞİ-Apikal kesit grubunda elde edilmiştir (**Tablo 6**)(**Şekil 17**).

Tablo 5. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon yüzdesinin karşılaştırılma sonuçları

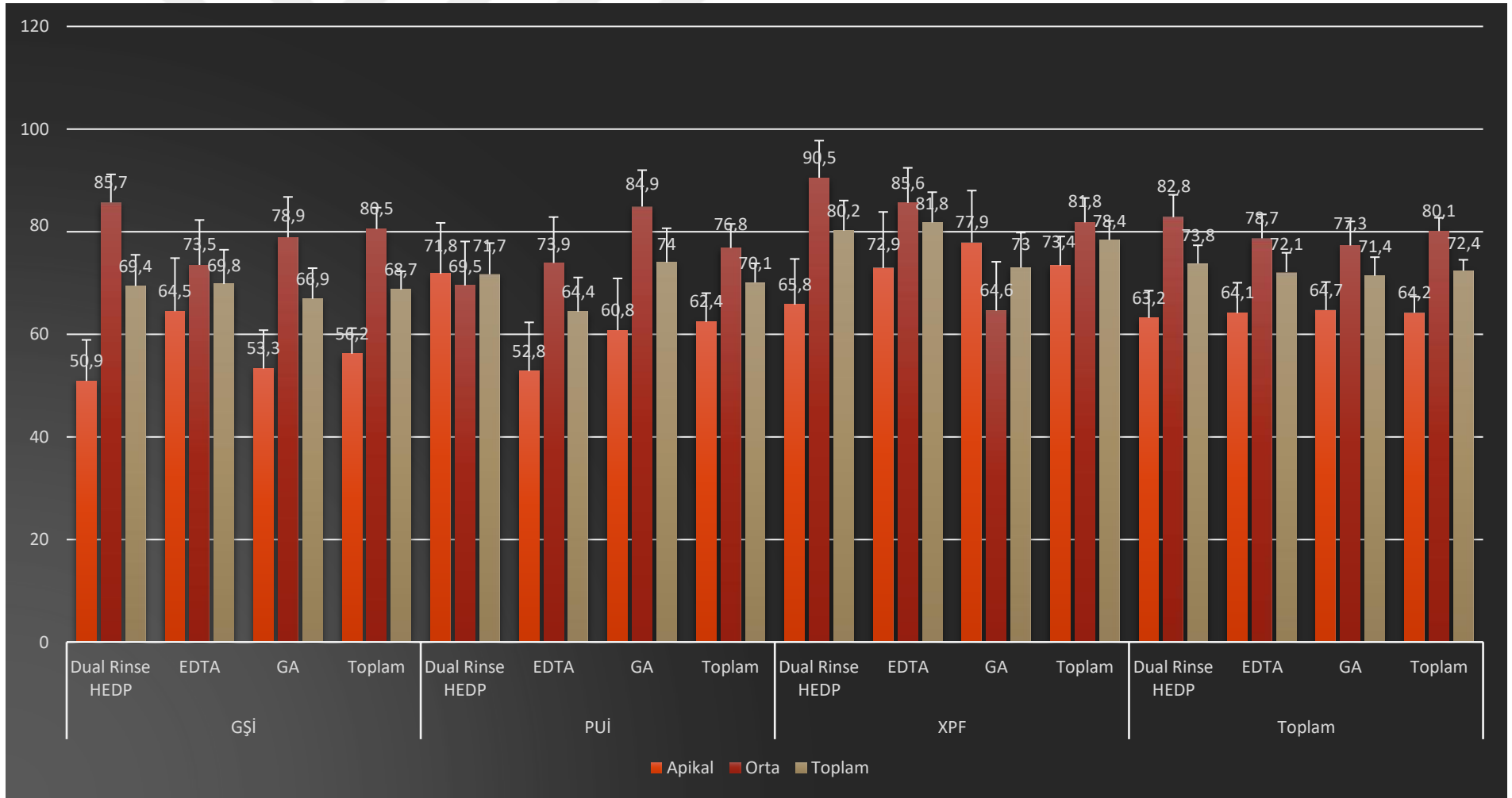
	Test istatistiği*	p
Aktivasyon tipi	3,988	0,150
Solüsyon	0,311	0,860
Kesit	16,584	0,001
Aktivasyon tipi*Solüsyon	2,438	0,667
Aktivasyon tipi*Kesit	2,916	0,240
Solüsyon*Kesit	0,668	0,719
Aktivasyon tipi*Solüsyon*Kesit	10,681	0,041

*Robust ANOVA

Tablo 6. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon yüzdesinin (%) tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları

		Kesit		Toplam
		Apikal	Orta	
Aktivasyon Tipi	Solüsyon			
	Dual Rinse HEDP	50,9 ± 8,01 ^{AB}	85,7 ± 5,47 ^{CD}	69,4 ± 6,09
	EDTA	64,5 ± 10,35 ^{ABCEFG}	73,5 ± 8,78 ^{CDEFG}	69,8 ± 6,67
	GA	53,3 ± 7,5 ^A	78,9 ± 7,87 ^{CDEF}	66,9 ± 5,98
	Toplam	56,2 ± 4,99	80,5 ± 4,18	68,7 ± 3,57
GŞİ	Dual Rinse HEDP	71,8 ± 9,91 ^{ABCEFG}	69,5 ± 8,59 ^{ABCEFG}	71,7 ± 6,08
	EDTA	52,8 ± 9,53 ^{ABG}	73,9 ± 8,95 ^{BCDEFG}	64,4 ± 6,67
	GA	60,8 ± 10,09 ^{ABEG}	84,9 ± 7,1 ^{CD}	74 ± 6,66
	Toplam	62,4 ± 5,61	76,8 ± 4,71	70,1 ± 3,72
PUI	Dual Rinse HEDP	65,8 ± 8,89 ^{ABEFG}	90,5 ± 7,24 ^D	80,2 ± 5,87
	EDTA	72,9 ± 10,94 ^{ABCDE}	85,6 ± 6,84 ^{CD}	81,8 ± 5,9
	GA	77,9 ± 10,11 ^{CDEF}	64,6 ± 9,53 ^{ABEFG}	73 ± 6,81
	Toplam	73,4 ± 5,66	81,8 ± 4,76	78,4 ± 3,69
XPF	Dual Rinse HEDP	63,2 ± 5,29	82,8 ± 4,39	73,8 ± 3,55
	EDTA	64,1 ± 5,95	78,7 ± 4,66	72,1 ± 3,77
	GA	64,7 ± 5,48	77,3 ± 4,69	71,4 ± 3,64
	Toplam	64,2 ± 3,16	80,1 ± 2,61	72,4 ± 2,11
Toplam	Dual Rinse HEDP	63,2 ± 5,29	82,8 ± 4,39	73,8 ± 3,55
	EDTA	64,1 ± 5,95	78,7 ± 4,66	72,1 ± 3,77
	GA	64,7 ± 5,48	77,3 ± 4,69	71,4 ± 3,64
	Toplam	64,2 ± 3,16	80,1 ± 2,61	72,4 ± 2,11

Budanmış Ortalama ± Standart Hata; ^{A-G}: Aynı harfe sahip etkileşimler arasında fark yoktur.



Şekil 17. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon yüzdesinin budanmış ortalama ve standart hata grafiği

4.3. Aktivasyon Tipi, İrrigasyon Ajanı ve Kesit Seviyelerinin Penetrasyon Alanına Etkisi

Aktivasyon tipine ve solüsyona göre penetrasyon alanının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (sırasıyla $p=0,640$ ve $p=0,330$) (**Tablo 7**). Kesite göre penetrasyon alanının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,001$) (**Tablo 7**). Apikal kesitte penetrasyon alanı ortalaması $1.460.000 \mu\text{m}^2$ iken, orta kesitte $4.350.000 \mu\text{m}^2$ olarak elde edilmiştir ($p=0,001$) (**Tablo 8**).

Aktivasyon tipi ve solüsyon etkileşimine göre penetrasyon alanının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,005$) (**Tablo 7**). En yüksek penetrasyon alanı ortalama değeri $4.120.000 \mu\text{m}^2$ ile GA-PUİ grubunda ve en düşük ortalama değeri $1950000 \mu\text{m}^2$ ile EDTA-GŞİ grubunda elde edilmiştir ($p=0,005$) (**Tablo 8**).

Aktivasyon tipi-kesit ve solüsyon-kesit etkileşimine göre penetrasyon alanının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (sırasıyla $p=0,403$ ve $p=0,457$) (**Tablo 7**).

Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesit etkileşimine göre penetrasyon alanının ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p=0,042$) (**Tablo 7**). En yüksek ortalama değeri $7120000 \mu\text{m}^2$ ile GA-PUİ-Orta kesit grubunda elde edilmişken, en düşük ortalama değeri $1300000 \mu\text{m}^2$ ile GA-GŞİ-Apikal kesit ve Dual Rinse HEDP-PUİ-Apikal kesit gruplarında elde edilmiştir (**Tablo 8**)(**Şekil 18**).

Tablo 7. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon alanının karşılaştırılma sonuçları

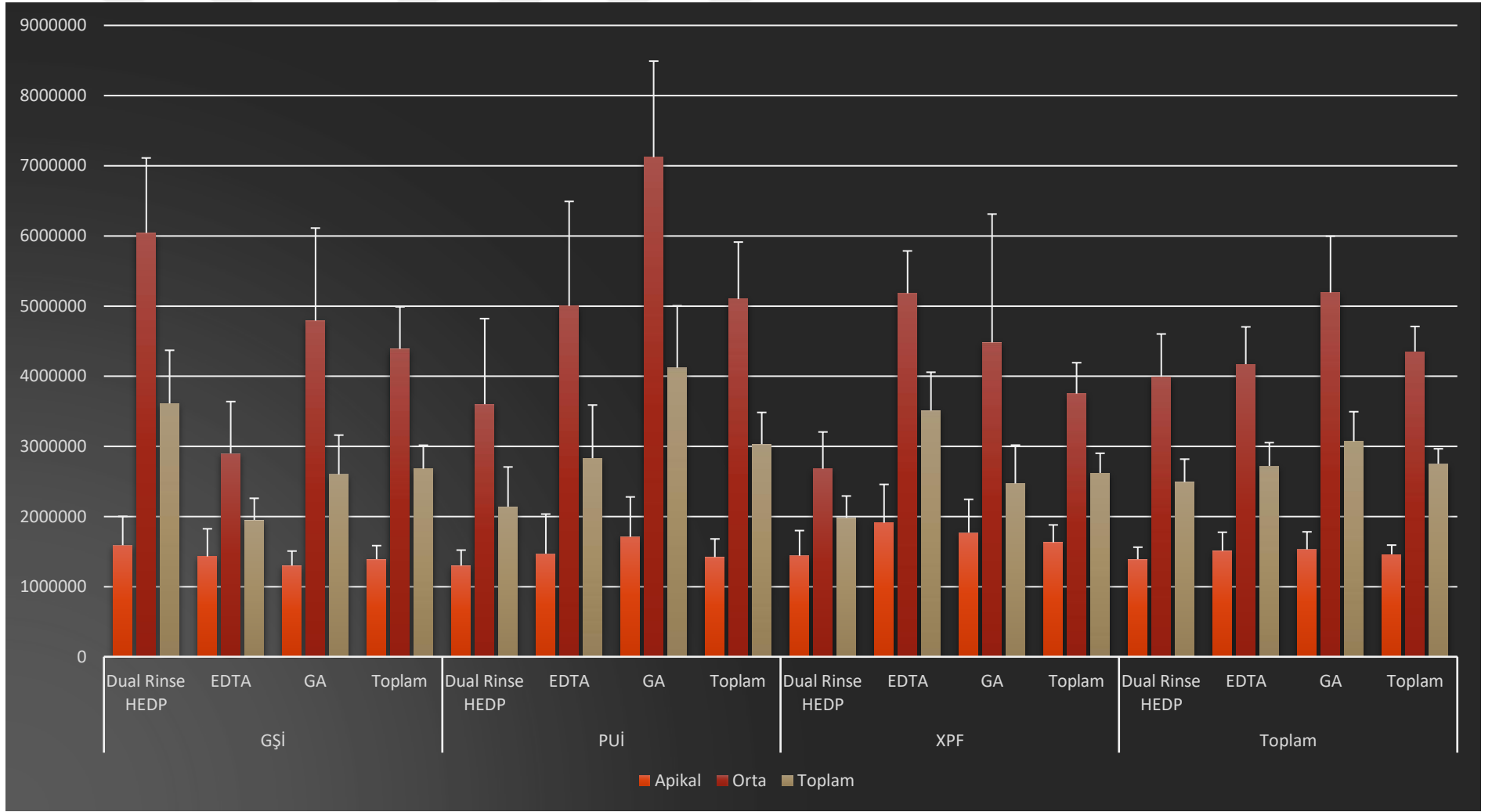
	Test istatistiği*	p
Aktivasyon tipi	0,915	0,640
Solüsyon	2,348	0,330
Kesit	65,327	0,001
Aktivasyon tipi*Solüsyon	17,456	0,005
Aktivasyon tipi*Kesit	1,875	0,403
Solüsyon*Kesit	1,609	0,457
Aktivasyon tipi*Solüsyon*Kesit	11,102	0,042

*Robust ANOVA

Tablo 8. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon alanının tanımlayıcı istatistikleri ve çoklu karşılaştırma sonuçları (μm^2 cinsinden)

Aktivasyon Tipi	Solüsyon	Kesit		Toplam
		Apikal	Orta	
GŞİ	Dual Rinse HEDP	1.590.000 $\pm$ 411.198 ^{AB}	6.040.000 $\pm$ 1.070.000 ^{CD}	3.610.000 $\pm$ 758.735 ^{ABC}
	EDTA	1.430.000 $\pm$ 393.668 ^A	2.900.000 $\pm$ 736.908 ^{BE}	1.950.000 $\pm$ 309.404 ^A
	GA	1.300.000 $\pm$ 207.481 ^A	4.790.000 $\pm$ 1.320.000 ^{CDE}	2.600.000 $\pm$ 560.089 ^{ABC}
	Toplam	1.390.000 $\pm$ 194.938	4.390.000 $\pm$ 597.443	2.680.000 $\pm$ 334.674
PUİ	Dual Rinse HEDP	1.300.000 $\pm$ 220.376 ^A	3.600.000 $\pm$ 1.220.000 ^{ABCE}	2.140.000 $\pm$ 565.116 ^{AB}
	EDTA	1.470.000 $\pm$ 563.197 ^{AB}	5.000.000 $\pm$ 1.490.000 ^{CDE}	2.830.000 $\pm$ 758.901 ^{ABC}
	GA	1.710.000 $\pm$ 568.360 ^{AB}	7.120.000 $\pm$ 1.370.000 ^D	4.120.000 $\pm$ 883.276 ^{BC}
	Toplam	1.420.000 $\pm$ 259.437	5.100.000 $\pm$ 810.369	3.030.000 $\pm$ 453.034
XPF	Dual Rinse HEDP	1.440.000 $\pm$ 358.243 ^{AB}	2.680.000 $\pm$ 523.677 ^{BE}	1.980.000 $\pm$ 311.507 ^{AB}
	EDTA	1.910.000 $\pm$ 546.441 ^{AB}	5.180.000 $\pm$ 604.056 ^{CD}	3.510.000 $\pm$ 546.488 ^C
	GA	1.770.000 $\pm$ 474.507 ^{AB}	4.480.000 $\pm$ 1.830.000 ^{BCDE}	2.470.000 $\pm$ 546.154 ^{ABC}
	Toplam	1.630.000 $\pm$ 249.547	3.750.000 $\pm$ 441.400	2.620.000 $\pm$ 280.877
Toplam	Dual Rinse HEDP	1.390.000 $\pm$ 171.931	3.990.000 $\pm$ 610.519	2.490.000 $\pm$ 327.747
	EDTA	1.510.000 $\pm$ 264.120	4.170.000 $\pm$ 532.415	2.720.000 $\pm$ 331983
	GA	1.530.000 $\pm$ 250.260	5.190.000 $\pm$ 804.843	3.070.000 $\pm$ 423.360
	Toplam	1.460.000 $\pm$ 131.937	4.350.000 $\pm$ 357.892	2.750.000 $\pm$ 214.856

Budanmış Ortalama $\pm$ Standart Hata; ^{A-E}: Aynı harfe sahip gruplar arasında fark yoktur.



Şekil 18. Aktivasyon tipi, solüsyon ve kesite göre penetrasyon alanının budanmış ortalama ve standart hata grafiği

5. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisi, mekanik ve kimyasal preparasyon ile pulpa dokusu ve smear tabakasının uzaklaştırılması ve sızdırmaz bir dolumun gerçekleştirilmesini içerir (187). Kök kanallarının obturasyonunda kullanılan kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu ve adezyonu, kanal tedavisinin başarısında kritik bir rol oynar. Kanal patının penetrasyonu, dentin tübüllerindeki bakteri üremesini ve tekrarlayan enfeksiyonları engelleyerek tedavi sonuçlarını iyileştirir (201).

Kök kanallarının mekanik preparasyonu esnasında, dentin talaşları, vital veya nekrotik pulpa artıkları, mikroorganizmalar ve yan ürünleri içeren smear tabakası, kök kanal duvarını kaplar. Bu tabaka, 1-5 µm kalınlığında gevşek bir yüzey tabakası ve 40 µm'ye kadar dentin tübüllerine uzanan derin bir tabakadan oluşur (178). Endodontik tedavilerde bu tabakasının kaldırılması gerektiği literatürde oldukça açıktır (128, 129, 186, 187).

Smear tabakasının etkin bir şekilde uzaklaştırılması, organik ve inorganik çözücü solüsyonların birlikte kullanılmasına bağlıdır. NaOCl, organik dokuların uzaklaştırılmasında etkiliyken, şelatörler inorganik dokunun çözülüp uzaklaştırılmasını sağlar (202). Endodontik tedavilerde yaygın olarak tercih edilen ve önerilen bu irrigasyon yöntemi “ardışık şelasyon” protokolü olarak adlandırılır (8).

Ardışık şelasyon protokolünde, %5,25 NaOCl ile %17 EDTA birlikte kullanımı önerilmiş ve yaygın olarak kullanılmıştır (202). Ancak EDTA'nın sitotoksik özellikleri ve kanal içinde 1 dk'dan uzun süre kalması durumunda demineralizasyona yol açabilmesi gibi istenmeyen özellikleri, araştırmacıları bu protokol için alternatif şelatörlerin kullanımını araştırmaya yönlendirmiştir (53, 57, 59).

GA, dentin dokusunda bulunan Ca^{+2} iyonlarıyla şelasyon yaparak smear tabakasının inorganik içeriğine etki eder. Organik yapıda biyobozunur bir solüsyon olan GA, EDTA'ya kıyasla daha düşük bir toksisiteye sahiptir (78, 79, 203). Bir araştırmada, %10, %17 ve %25 derişime sahip GA solüsyonlarının final irrigasyonda, EDTA ve SA'ya kıyasla daha yüksek antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilmiştir (82). Ayrıca, GA'nın kök kanal tedavisinde şelasyon ajanı olarak kullanıldığında

smear tabakasını da ortadan kaldırılabildiği belirtilmektedir (81). Bu da ardışık şelasyon protokolünde GA'nın alternatif bir seçenek olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (82).

Grawehr ve ark. EDTA'yı NaOCl ile 1:1 oranında karıştırmış ve EDTA'nın Ca^{+2} bağlama yeteneğinin korunduğunu göstermiştir. Ancak EDTA, NaOCl'nin organik doku çözme kapasitesini kaybetmesine neden olmuş ve karışım solüsyonda neredeyse hiç serbest klor tespit edilmemiştir. Bu nedenle yazarlar bu iki solüsyonun ayrı ayrı kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca irrigasyon rejiminde, EDTA kalıntılarını temizlemek için bol miktarda NaOCl kullanılması gerektiğini de bildirmiştir (204). Bu bağlamda endodontide aynı anda iki özelliği barındıran tek bir irrigasyon solüsyonu oluşturma fikri şekillenmeye başlamışken, karışım solüsyondan beklenen kapasite elde edilememiştir. Zehnder, NaOCl ile şelatörlerin karışım halinde, organik ve inorganik çözücünün bir arada bulunduğu tek bir irrigasyon solüsyonu olarak kullanılması fikrine dayanarak 2005 yılında yaptığı çalışmada, NaOCl ile EDTA, HEDP ve SA'yı ile karıştırarak kullanmış ve çalışmada, yalnızca HEDP'nin diğer şelatörlerin aksine NaOCl üzerinde serbest klor ve antimikrobiyal açıdan negatif etki yaratmadığını göstermiştir (48). Neelakantan ise Grawehr ve Zehnder'in çalışmalarını bir adım ileriye taşıyarak tek bir solüsyon oluşturulması fikrini “devamlı şelasyon” olarak isimlendirmiş ve 2012’de bu kavramı ilk kez endodontik terimler sözlüğüne dahil etmiştir (11).

Zaman tasarrufu sağlayan ve temelde smear tabakasının oluşumunu önlemeyi amaçlayan devamlı şelasyon protokolünde NaOCl ile kombine edilen şelatör eğer zayıf bir asit ise protokol “devamlı hafif şelasyon” olarak isimlendirilmiştir (205). Devamlı hafif şelasyon sağlayan şelatlayıcılar arasında HEDP ve Klodronik asit bulunmaktadır. Ticari HEDP formları ise Dual Rinse HEDP ve Twin Kleen (Innovations Endo, Hindistan)’dir. Tez çalışmamızda, smear tabakasının uzaklaştırılmasında ardışık şelasyon protokolü ile kullanılan NaOCl (%5) + EDTA (%17) ve NaOCl (%5) + GA (%17)’ya karşın, devamlı hafif şelasyon protokolü ile kullanılan NaOCl ile kombine Dual Rinse HEDP solüsyonu, pat penetrasyonu üzerine etkisi açısından incelenmiştir. Tartari ve ark. %5’lik NaOCl’nin %1 ve %2,5 derişimlerine kıyasla organik doku çözücü etkinliğinin daha yüksek olduğu bildirmiştir (206). Ayrıca smear tabakasının çözücülüğü üzerine konsantrasyonu

yüksek NaOCl, düşükten daha fazla etkilidir (207, 208). Bu bulgular göz önünde bulundurularak, çalışmamızda final irrigasyonu için %5'lik NaOCl solüsyonu tercih edilmiştir. Çalışmamızda, hem EDTA hem de GA, literatürde yaygın olarak incelenen %17'lik derişimde seçilmiştir (49, 81, 82, 209).

Devamlı ve ardışık şelasyonun etkilerini karşılaştıran bir çalışmada, yazarlar, NaOCl + EDTA protokolünün dentin yüzeyinin mineral kapsüllerinden yoksun “çıplak” kollajen liflerini açığa çıkardığını, NaOCl ve HEDP ile uygulanan devamlı şelasyon protokolünün ise yüzey pürüzlülüğünün artmasına ve organik matrisin ara yüzde düzensizleşmesine neden olduğunu belirtmiştir (8). Ancak, aralıklı şelasyonun aksine devamlı şelasyonda, kollajen fibriller hala minerallerle kapsüllenmiş durumdadır ve dentinde önemli bir bileşim değişikliği olmamıştır. Epoksi rezin içerikli patlar, dentin kollajenine kimyasal olarak bağlanırken, hidrolik trikalsiyum silikat patlar dentin yüzeyinde biyomineralizasyon geçirmektedir. Ardışık şelasyon sonucu açıkta kalan çıplak kolajen lifleri, konakçı ve bakteriyel proteolitik enzimlere karşı hassastır, bu da dentin yapısının bozulmasına ve dentin-pat arayüzünün zamanla bozulmasına katkıda bulunur (8). HEDP'nin NaOCl'nin *E. faecalis* üzerindeki etkinliğini değiştirmedığını gösteren çalışmalar literatürde mevcuttur (210). Ayrıca, HEDP'nin biyofilm üzerindeki etkinliğini inceleyen bir çalışmada, EDTA ile son irrigasyon yapılan dişlere kıyasla, HEDP irrigasyonunun daha iyi dentin tübül dezenfeksiyonu sağladığı bulgusuna ulaşılmıştır (65).

İrrigasyon solüsyonlarının maksimum etkinliğe ulaşabilmesi için, özellikle apikal bölgede dahil olmak üzere tüm kanal duvar yüzeylerine ulaşması ve temas etmesi gerekmektedir (203). Bu nedenle, irrigasyon solüsyonunun kök kanalları içerisinde etkili bir şekilde dağıtılması ve tüm yüzeylerle temasının sağlanması için aktivasyon yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir (211). İrrigasyon aktivasyonu, kök kanalında hidrodinamik bir etki yaratarak solüsyonların etkinliğini artırır ve daha kapsamlı bir kanal dezenfeksiyonu sağlar (7). Çeşitli yöntemler ve enstrümanlar kullanılarak gerçekleştirilen irrigasyon aktivasyonu, yan kanallar, isthmus ve apikal bölgedeki zor ulaşılabilir alanlara etkili bir temizlik sağlar. Bu, bakterilerin dentin tübüllerinde beslenmesini ve çoğalmasını engeller. Ayrıca, etkili bir temizlik ile kanal patlarının penetrasyonunun artması, tedavi sonrası oluşabilecek sızıntıyı azaltır (212).

Literatürde sadece çeşitli şelasyon ajanlarının dentin tübüllerine olan penetrasyon etkisine odaklanan çalışmaların yanında (6, 213), farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin patların penetrasyonu üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır (214-216). Bu tez çalışmasında, şelatör ve aktivasyon parametrelerini metodolojiye dahil ederek; ana etki, ikili ve üçlü etkileşimlerin penetrasyona etkisini görmeyi amaçladık. Bildiğimiz kadarıyla, ardışık şelasyon ajanı olarak EDTA ile GA'nın ve devamlı şelasyon ajanı olarak Dual Rinse HEDP'nin kullanıldığı ve bu solüsyonların PUI ve XPF ile aktive edildiğinde, bir biyoseramik patın dentin tübüllerine olan penetrasyonuna etkisinin incelendiği bir çalışma mevcut değildir. KLTM ile elde edilen görüntüler ile biyoseramik patın penetrasyonu değerlendirmeyi, kök kanal tedavisinde obturasyonun başarısını artırmak için öneriler sunmayı ve literatüre katkı sağlamayı amaçladık.

GŞİ, yüzyılı aşkın bir süredir endodontik tedavilerde temel bir yöntem olarak kullanılmaktadır (7). Zaman içinde birçok farklı irrigasyon sistemi geliştirilmiş olmasına rağmen, GŞİ'nin popülerliği devam etmektedir. Bunun temel nedenleri arasında yöntemin basitliği, kullanım kolaylığı, maliyet etkinliği ve kolay erişilebilirliği yer almaktadır (83). TruNatomy irrigasyon iğnesi (Dentsply, Johnson City, TN), 30 gauge boyutunda, propilenden üretilmiş, iki yandan delikli ve kapalı uçlu bir irrigasyon iğne sistemidir (89). Biz de, çalışmamıza aktivasyon içermeyen GŞİ grubu dahil ettik ve tüm gruplarda (aktivasyon olsun veya olmasın) TruNatomy irrigasyon iğnesi ile irrigasyon işlemlerini gerçekleştirdik.

Irrigasyonun etkinliğini artırmak ve solüsyonun taşmasını önlemek için açık uçlu iğneler apikal ucun 2-3 mm gerisine, kapalı uçlu iğneler ise 1-2 mm gerisine yerleştirilmelidir (88). Çalışmamızda 1 mm geriden yerleştirilen irrigasyon iğnesi 5 mm genlikte içe ve dışa hareket ile kullanıldı.

PUI'de, irrigasyon solüsyonuna ultrasonik enerjiyi ileten uçlar, yatay düzlemde titreşerek bu enerjiyi kanalın uzun aksı boyunca iletmektedir (217). Ultrasonik dalgaların ilettiği enerji, irrigasyon solüsyonunun akışını ve kavitasyon kapasitesini destekleyen iki fiziksel prensip ile uygulanır. Akustik akış, titreşen bir telin etrafında sıvının dairesel veya girdap şeklindeki hızlı hareketi olarak tanımlanır (218). Kavitasyon ise, bir sıvı içinde buhar/hava baloncuklarının oluşması veya var olan

baloncukların genişlemesi, sıkıştırılması ve/veya bozulması olarak tanımlanır (217). Bu süreçte, hızla hareket eden kavitasyon baloncuklarının sert yüzeylere çarpması sonucu ortaya çıkan enerji, kanal duvarındaki artıkların daha etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlar. Karmaşık morfolojili kanallarda, preparasyon aşamasında ulaşılabilen bölgelerin temizlenmesi için irrigasyon solüsyonunun bu alanlara temas etmesi gereklidir (219). Ultrasonik enerji ile aktive edilen irrigasyon solüsyonlarının kök kanalı içindeki debrisin yer değiştirmesini kolaylaştırarak daha temiz kanal duvarları elde edilmesine olanak tanıdığı bildirilmiştir (220). Bu aktivasyon sisteminin devamlı ve ardışık şelasyonun etkilerini nasıl değiştireceğini görmek amacıyla araştırmamızda kullandık.

XPF, kök kanal şekillendirmesinin ardından kanal dezenfeksiyonunu iyileştirmek amacıyla piyasaya sürülen, Ni-Ti Max-Wire alaşımından yapılmış son derece esnek bir eğe sistemidir. ISO #25 numara çap ve sıfır koniklik açısına sahip bu eğe, 20°C'nin altında martensitik fazda düz bir yapıdayken, ağız içi sıcaklığı ile östenitik faza (A fazı) geçerek eğenin apikali kaşık benzeri bir form alır (102). Bu özelliği sayesinde, standart irrigasyon protokolüyle ulaşılabilen kanal bölgelerine mükemmel uyum sağlayarak irrigasyonun etkinliğini artırdığı belirtilmiştir (103). Literatürde PUI ve XPF'i karşılaştıran pek çok çalışma mevcutken bunu devamlı şelasyon değişkeni ile kombine eden bir çalışma bulunmadığından, çalışmamıza XPF'i de dahil ettik.

Leoni ve ark.'nın kök kanalında aktivasyon sonrası kalan debris miktarını mikro BT ile değerlendirdikleri araştırmalarında, PUI, Self adjusting file (SAF), XPF ve GŞİ'yi karşılaştırmış; PUI ve XPF grubunun diğer gruplara göre daha etkin temizlik sağladığını ve bu iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmiştir (221). Wigler ve ark. kök kanallarından kalsiyum hidroksit uzaklaştırmasını test ettikleri çalışmada, XPF ve PUI'nin GŞİ'ye göre daha başarılı olduğunu, ayrıca XPF ve PUI arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmiştir (222). Azim ve ark. ise GŞİ, Endoactivator, XPF ve PIPS tekniklerinin kök kanallarından *E.faecalis*'in uzaklaştırılma etkinliği incelenmiş ve XPF'nin diğer gruplara göre daha başarılı olduğu bulunmuştur (223). Yaptığımız literatür taramasında GA'nın XPF ile aktivasyonu sonucu pat penetrasyonu, bağlanma dayanımı, kırılma dayanımı vb.

konular üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamız bu şelatör ve aktivasyon kombinasyonunu test eden ilk çalışma olmuştur.

Endodontik araştırmalarda sıklıkla mandibular premolar dişler tercih edilmektedir. Bunun nedeni, bu dişlerin genellikle tek kök ve tek kanal yapısına sahip olmasıdır. Vertucci 800 adet alt premolar dişi incelemiş ve dişlerin %84'ünün tek kanallı olduğu belirlemiştir (224). Akyol ve ark. 437 mandibular premolar dişin konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile incelenmesi sonucunda, dişlerin %90'ının tek kök ve tek kanallı olduğunu (225), Sobhani ve ark. 400 hastanın mandibular premolar dişlerinden %98'inin tek köklü ve %90'ının tek kanallı olduğu göstermiştir (226). Gawdat ve ark.'nın farklı irrigasyon tekniklerinin biyoseramik esaslı kanal patı penetrasyonuna etkisini inceledikleri çalışmada da mandibular premolar dişler kullanılmıştır (227). Bu çalışmalara paralel olarak, çalışmamızda da kanal morfolojisi standardizasyonunu sağlamak amacıyla mandibular premolar dişler tercih edilmiştir.

Dişlerin şekillendirilmesinden önce çalışma boyunun belirlenmesi, dolumun kalitesi ve sızdırmazlık açısından önemlidir (228). Pulpa ve periapikal dokular arasındaki geçiş, minör apikal foramen ile gerçekleşir. Bu nedenle, kanal şekillendirilmesi ve dolumu, minör apikal foramen seviyesinde tamamlanmalıdır. Minör apikal çap, apikal foramenin 0,5-1 mm yukarısında bulunur (229). Machado ve Furtado'nun çalışmalarında, çalışma boyu majör apikal foramenin 1 mm üzerinde belirlenmiştir (196, 216). Tez çalışmamızda çalışma boyu belirlemede 15 numaralı K tipi eğe kullanılmış ve majör apikal foramen seviyesinden 1 mm yukarısı çalışma boyu olarak belirlenmiştir. Kanal preparasyonu WaveOne Primary (25.07) döner eğesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu eğe sistemi kök kanalında yeterli genişleme ve dezenfeksiyonun tek eğe ile tamamlanabildiği resiprokal hareketle çalışan bir eğe sistemidir. 'Primary' eğe, orta genişlikteki çoğu kanalın preparasyonunda kullanılabilir ve hazırlanan kanal yine 'Primary' tek güta perka konla doldurulabilir (230). Bizim çalışmamızda da bu eğe ve ona uygun güta perka kon ile tek kon tekniği kullanılarak tüm dişler doldurulmuştur.

Final irrigasyon için kullanılan şelatör ajanların hacimleri, smear tabakasının kaldırılma etkinliği üzerinde etkilidir. Literatürde final irrigasyonunda farklı hacimlerde EDTA solüsyonu kullanıldığına dair veriler bulunmaktadır, bu hacimler 1

ml ile 20 ml arasında değişmektedir (202, 231-233). Mello ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada, 5 ml hacminde EDTA kullanımının smear tabakasını kaldırmak için yeterli olduğu belirtilmiştir (234). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda standardizasyonu sağlamak amacıyla bütün final şelasyon ajanları 5 ml hacminde kullanılmıştır. Ayrıca ardışık ve devamlı şelasyonun prosedürel farklılığı düşünüldüğünde kullanılan toplam solüsyon hacimleri de eşitlenmiştir.

Araştırmalar, ultrasonik aktivasyonun etkinliğini sağlamak için aktivasyon süresinin en az 30 sn olması gerektiğini göstermiştir (111, 115). Bazı çalışmalar daha uzun süreli aktivasyonları önermekle birlikte, PUİ süresinin uzaması durumunda, aktivasyon yapan ucun kanalın merkezinde kalması zorlaşabilir ve bu da dentin ile temas riskini artırabilir (235, 236). Dentin ile temas halinde olan uç, aktivasyon etkinliğini kaybedebilir (237). Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda aktivasyon süresi NaOCl için 1 dk, şelatörler için ise 30 sn olarak belirlendi. Dual Rinse HEDP aktivasyonunda ise 1 dk + 30 sn süre ile aktivasyon yapıldı. Böylece aktivasyon gruplarında toplam aktivasyon süreleri de eşitlenmiş oldu.

Kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler arasında kanal içindeki smear tabakasının varlığı, kanal patının viskozitesi ve akıcılığı, dentin ile olan yüzey temas açısı, patın partikül büyüklüğü, dentin tübüllerinin sayısı ve çapı gibi unsurlar yer alır (176, 181, 184, 238). Yaşın ilerlemesi ile birlikte dentin tübüllerinin sayısında azalma görülür ve tübüllerini çevreleyen peritübüler dentinin mineralizasyonunun artması, tübüllerin tıkanmasına neden olabilir (174). Diş kökünde apikale doğru ilerlendikçe, dentin tübüllerinin sayısı ve çapları azalır. Ayrıca, kök kanalından sement dokusuna doğru ilerlerken de dentin tübüllerinin yoğunluğu ve dağılımı azalır. Bu durum, apikal bölgede kanal patının penetrasyonunun daha az olmasına neden olur (175). Penetrasyonun gerçekleşebilmesi için, kanal patının partikül büyüklüğünün dentin tübül çapından küçük olması gereklidir (239). Kanal patının düşük yüzey aktivitesi göstermesi ve akıcı olması, penetrasyonu artıran özelliklerdir (240, 241). Biyoseramik esaslı kanal patlarının akıcı özellikte olması, partikül boyutunun küçük olması ve hidrofilik olması, pat penetrasyonu için avantajlı özelliklerdir (152). Bu fiziksel avantajlar, bizi biyoseramik esaslı kanal patı tercihiine yönlendirmiştir.

Araştırmalarda, kök kanalı doldurulmuş dişler farklı saklama koşullarında ve srelerde muhafaza edilmiştir. Gawdat ve ark. ile Pirani ve ark., rnekleri 37°C ve %100 nemli ortamda iki hafta süreyle bekletmiş; Maharani ve ark. ile Eskander ve ark. ise aynı ortam koşullarında örnekleri bir hafta süreyle bekletmiştir (227, 242-244). Bu çalışmada, kök kanalı doldurulmuş dişler 37°C ve %100 nemli ortamda bir hafta süreyle bekletilmiştir. Tüm rnekler aynı saklama koşullarına tabi tutulmuş ve bu açıdan da standardizasyon sağlanmıştır.

Pat penetrasyonu incelenen dişler genellikle dikey veya yatay olarak kesitlere ayrılmaktadır. Ancak, dikey kesitlerde derin penetrasyon bölgelerinin gözden kaçması ve kanal çevresindeki penetrasyon alanının hesaplanamaması gibi sorunlar nedeniyle, bu çalışmada Uysal ve ark. ile Martins ve ark.’nın çalışmaları referans alınarak horizontal kesitler tercih edilmiştir (214, 245). Penetrasyon incelemesi yapan araştırmacılar, dişlerden genellikle koronal, orta ve apikal bölgelerden 1 mm’lik kesitler alırlar. Ancak, bazı araştırmacılar sadece orta ve apikal bölgelerin incelenmesinin yeterli olduğunu düşünmektedirler. Uysal ve ark. Üç bölgeden de kesitler alırken, Hachem ve ark. ise sadece apikal ve orta bölgeleri incelemiştir (214, 246). Biz alışmamızda iki kesitte değerlendirme yapmaya karar verdik ve dişlerin apikal 2-3 mm ve orta 5-6 mm’lik kısımlarından 1 mm’lik kesitler aldık.

Endodontik araştırmalarda, irrigasyon solüsyonlarının, kanal içi medikamentlerin ve kanal patlarının penetrasyonlarının değerlendirilmesi için ışık mikroskopu, stereomikroskop, SEM ve KLTM gibi çeşitli mikroskopik teknikler kullanılmaktadır (181-184). Ancak SEM’de örneklerin hazırlanması sırasında altın kaplama gibi spesifik işlemler gerekmede ve bu işlemler örneklerle zarar verebilmektedir. Ayrıca, SEM ile görüntüleme işlemi zaman alıcıdır ve örneklerin tamamının görüntülenmesi zordur. KLTM, örneklerin hazırlanması sürecinde spesifik işlemlere gerek duymayan ve örneklerde hasar oluşturmadan görüntü elde edilmesini sağlayan bir mikroskop türüdür (188). KLTM ile görüntüleme yapılabilmesi için, kanal patına floresan bir malzemenin eklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, elde edilen görüntüler ve veriler, dentin tübüllerine penetre olan floresan maddenin varlığına bağlıdır. KLTM’de floresan madde olarak kırmızı renk veren Rodamin B kullanılabilir (193). Ancak Donnermeyer ve ark. Rodamin B floresan boyasının rezin bazlı ve kalsiyum silikat bazlı kanal patlarına kalıcı şekilde bağlanmadığını ve zaten

Rodamin B boyasının pasif halde tübüllere kendi başına penetre olduğunu tespit etmiştir. Bu anlamda yetersiz bir boya olarak görülmüştür (195). Rodamin B ve Fluo-3 floresan boya ları, epoksi rezin esaslı ve kalsiyum silikat bazlı patların penetrasyonun tesbitinde kullanılmış, yazarlar rezin esaslı patların değerlendirilmesinde Rodamin B boyasının hidrofilik yapısı nedeniyle pat penetrasyonunu arttırdığını ve kullanılmaması gerektiğini belirtirken, Fluo-3 boyasını her iki patın değerlendirilmesinde de uygun bulmuşlardır (196).

Teoh ve ark. MTA'nın dentin tübüllerine penetrasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında, %0,1'lik Fluorescein floresan boya çözeltisini kullanmış, MTA'nın yerleştirilmediği kontrol dişlerinde yalnızca boyayı iki hafta boyunca bekletmiştir. Yazarlar KLTM incelemesinde bu boyanın dentin tübüllerine Rodamin B'nin aksine tek başına pasif penetrasyon göstermediğini tespit etmişlerdir (197). Özellikle kalsiyum hidroksit kaldırılması, retreatment sonrası patların penetrasyonu ve irrigasyon ajanlarının penetrasyonunun incelendiği çalışmalarda, Ca^{+2} indikatörü olarak kullanılmıştır (247-250).

Macedo ve ark. dört farklı obturasyon tekniği ile AH Plus patını kullanmış ve floresan boya olarak Fluorescein kullanmıştır (251). Ortiz ve ark. AH Plus ile dolum yaptıkları dişlerin yeniden tedavisinde 3 farklı biyoseramik pat (CeraSeal, Total BC Sealer ve Total BC Sealer HiFlow) kullanmış yine floresan boya olarak Fluorescein tercih etmişlerdir (250). Biz bu tez çalışmasında, biyoseramik içerikli kök kanal patını %0,1'lik Fluorescein ile işaretlemeyi tercih ettik. Böylece oluşturulan horizontal kesitlerde floresan görüntüleme yöntemi ile patın penetrasyon parametreleri incelenmiştir.

Wilkonski ve ark. 2023 yılında yaptıkları çalışmalarında, kontrol grubunda yalnızca NaOCl, deney gruplarından birinde NaOCl ve SA, diğerinde ise NaOCl ve SA ardından izopropil alkol ile kök kanallarını irrije etmiştir. Ardından dişleri alt gruplara ayırmış, kanalları hidrofilik Fluorescein boyası ve hidrofobik Porfirin boyası ile karıştırdığı AH Plus kanal patı ile doldurmuştur. Yazarlar, teorik olarak, hidrofilik Fluorescein'in sulu bir ortamda daha fazla sızabileceğini ve hidrofobik Porfirin'in ise tübüllerdeki alkole sızabileceğini belirtmiştir. Çalışmalarının bulgularında ise, kesitlere göre ve irrigasyon protokollerine göre farklı sonuçlar elde etmiş ve sonuçların

karşılaştırılabilir olduğunu belirtmişlerdir (252). Yani literatürde bu boya ile yapılmış az sayıda çalışma bulunmasının yanı sıra, biyoseramik esaslı patlarla ve devamlı şelasyon protokolünde kullanımı ile ilgili bir veri bulunmamaktadır. Çalışmamız bu açıdan ilktir.

Bu çalışmanın ilk sıfır hipotezi (H_{01}) irrigasyon solüsyonlarının ana etkisinin penetrasyon uzunluğu, yüzdesi ve alanı üzerinde gruplar arasında anlamlı bir fark yaratmayacağı yönündeydi. Her üç penetrasyon parametresi için de bu hipotez, doğrulanmıştır. Hassan ve ark. NaOCl + EDTA ve NaOCl ile beraber Dual Rinse HEDP irrigasyon protokollerinin biyoseramik bir patın penetrasyon derinliği ve yüzdesi üzerine etkisini araştırmıştır. Koronal kesitte, Dual Rinse HEDP grubunun pat penetrasyon derinliği ve yüzdesinin NaOCl + EDTA grubuna göre anlamlı derecede daha yüksek bulmuşlardır. Buna karşılık, apikal kesitte, NaOCl + EDTA grubunun pat penetrasyon yüzdesi anlamlı derecede daha yüksek olmuştur, ancak penetrasyon derinliği açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır (6). Hassan ve ark.'nın çalışmasıyla benzer bir prokole sahip bir çalışma yapan Gawdat ve ark. da yine NaOCl ile kombine Dual Rinse HEDP'yi, NaOCl + EDTA irrigasyonundan üstün bulmuştur. Well Root ST pat kullandıkları çalışmalarında sıcak vertikal kondenzasyon ile dolum yapmışlardır (227). Bu açıdan metodolojimiz farklıdır. Çalışmamızda ana etkileşimde EDTA ve Dual Rinse HEDP grupları arasında anlamlı bir fark bulmadık. Ancak bunun nedeni yine metodolojik farklılıklar olabilir. Kullanılan boyanın (biz çalışmamızda Fluorescein kullanırken Hassan ve ark.'nın Fluo-3 kullanması) ve biyoseramik patın farklılığı (biz AH Plus Biyoseramik pat kullanırken, Hassan ve ark.'nın TotalFill BC Sealer HiFlow tercih etmesi) sonuçlarımızın uyumlu olmamasında etken olabilir.

Literatürde GA'nın bağlanma dayanımı (253), mikrosertlik üzerine (79), smear tabakasını uzaklaştırma (81), yüzey pürüzlülüğüne (79) ve antibakteriyel etkilerini değerlendiren (82) çalışmalar bulunsa da, pat penetrasyonuna etkisi üzerine araştırma yapan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu şelatörün etkisini mevcut literatür ile karşılaştıramadık.

Bu çalışmanın ikinci sıfır hipotezi (H_{02}), aktivasyon tipinin ana etkisi penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmamasıydı. Bu hipotez, çalışmanın sonuçlarına göre doğrulanmıştır. Çalışmamızda PUI, XPF ve GŞİ ile

yapılan aktivasyonlarda ana etkiler açısından anlamlı bir fark bulunmadı. Ancak bu sonuç, literatürdeki pek çok çalışma ile çelişir durumdadır.

Pacheco-Yanes ve ark.'nın gerçekleştirdiği bir diğer çalışmada ise GŞİ, PUİ ve XPF egesi ile irrigasyon aktivasyonunun NaOCl solüsyonunun mandibular molar dişlerin mezial kök kanal sistemindeki dağılımına olan etkisini mikro-CT ile incelenmiş ve XPF egesi ile yapılan irrigasyon aktivasyonunun diğer yöntemlere göre anlamlı düzeyde daha etkili olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (254). Leoni ve ark., mandibular birinci molar dişlerde NaOCl'nin farklı final irrigasyon aktivasyon yöntemleri (PUİ, XPF, SAF ve GŞİ) ile aktivasyonu sonucu debris uzaklaştırma etkinliklerini mikro BT kullanarak incelemiştir. Çalışmanın bulgularına göre, PUİ ve XPF ile yapılan irrigasyon aktivasyonunun, diğer yöntemlere kıyasla debris uzaklaştırmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir (221). Faria ve ark.'nın yaptıkları çalışmada, PUİ ve GŞİ'nin NaOCl solüsyonunun dentin tübül penetrasyonuna olan etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, PUİ ile aktivasyonun GŞİ'ye kıyasla anlamlı derecede daha etkili olduğunu göstermiştir (255). Birçok araştırmada, PUİ ile GŞİ karşılaştırılması yapılmış ve genellikle PUİ'nin, dentin debrislerinin kanaldan uzaklaştırılması ve smear tabakasının temizlenmesi konusunda GŞİ'den daha etkin olduğu tespit edilmiştir (236, 256, 257). Her üç çalışmada da yalnızca NaOCl kullanılmış ve şelasyon etkisi değerlendirilmemiştir. Bu nedenle sonuçlarımızın farklılığı buradan ileri gelebilir.

Ayrıca penetrasyon çalışmaları apikal, orta ve koronal kesitlerde incelendiğinden, aktivasyon tipinin ana etkisini değerlendirmek pek mümkün değildir. Dolayısıyla burada ikili etkileşimleri de değerlendirmeye almak gerekir. Çalışmamızın üçüncü sıfır hipotezi (H0₃) ikili etkileşimlerin (aktivasyon tipi – solüsyon, aktivasyon tipi – kesit ve solüsyon – kesit) penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmayacağı yönündeydi. Çalışmamızda aktivasyon tipi – kesit etkileşimi değerlendirildiğinde gruplar arası anlamlı bir farklılık yoktu. Bu etkileşim için hipotez kısmen kabul edildi.

Cai ve ark. devamlı şelasyon prosedürü uygulanan dişlerde, PUİ, XPF ve GŞİ ile yapılan aktivasyonun biyofilmi elimine etmede, apikal kesitte gruplar arasında fark yaratmadığını göstermiştir (258). Benzer şekilde çalışmamızda, apikal kesitte

aktivasyon tipleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Yine aynı çalışmada orta kesitte PUİ ve XPF, GŞİ'ye göre daha başarılıydı. Orta kesit değerlendirmesi açısından çalışmamız bu araştırma ile çelişmektedir. Bunun nedeni kullanılan solüsyon hacimlerinin bizim çalışmamızdan oldukça farklı olması olabilir. Kökün orta kısmında solüsyon rezervuarının artmış olması sonucumuzu etkilemiş olabilir. Cai ve ark. deney gruplarını 1 ml NaOCl ve HEDP karışımı ile yıkadıkları çalışmada kontrol grubunu 4 ml hacimde yine aynı karışımla irriye etmiş ve finalde sodyum tiyosülfat ile bitirmişlerdir (258). Çalışmamızda ise toplam 20 ml organik ve inorganik çözücü ile irrigasyon yapılmıştır.

Elnaghy ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada GŞİ, EndoActivator, XPF ve BT-Race döner eğesi ile final irrigasyon aktivasyonunun eğimli kök kanallarındaki debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması üzerindeki etkinliği incelenmiştir; bu çalışmada XPF ve EndoActivator ile yapılan irrigasyon aktivasyon gruplarının diğer aktivasyon yöntemlerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır (259). Bizim çalışmamızda aktivasyon – kesit etkileşiminde herhangi bir fark görülmedi; ancak istatistiksel olarak anlamlı olmasa da orta kesitte penetrasyon parametreleri, apikal kesite göre daha iyi sonuçlar göstermişti. Bu açıdan çalışmamızda Elnaghy ve ark. çalışması ile uyumlu bir sonuç elde edildi.

Aktivasyon tipi – solüsyon etkileşimi incelendiğinde ise penetrasyon derinliği ve penetrasyon alanı açısından gruplar arası farklılık bulunduğundan üçüncü sıfır hipotezi (H₀₃) kısmen reddedildi. Rao ve ark.'nın çalışmasında, PUİ koronalde XPF ile eşit başarıya sahip iken, apikalde PUİ daha başarılıydı. Yazarlar bu sonucu, PUİ'nin akustik akış ve kavitasyon özelliklerinin, XPF'nin genişleme kapasitesi ve benzersiz tasarımı tarafından aşıl原因aması olabileceği durumuna bağlamıştır (260). Ancak bu çalışmanın metodolojisine göre irrigasyonun penetrasyonu incelenmiş ve pat değişkeni ortadan kaldırılmıştır. Patın film kalınlığı da penetrasyon açısından önemli olduğundan çalışmamız bu çalışma ile farklılık göstermektedir. Diğer bir çalışmada ise XPF, PUİ kadar penetrasyon parametreleri üzerinde başarılı bulunmuştur (261). NaOCl (%3) + EDTA (%17) ile NaOCl (%3) ile kombine Dual Rinse HEDP'nin, PUİ ve XPF ile aktivasyonu sonucu smear tabakası üzerine etkisini değerlendiren bir çalışmada, PUİ-EDTA'nın en etkili yöntem olduğunu, XPF-EDTA, XPF-Dual Rinse

HEDP ve PUI-Dual Rinse HEDP grupları arasında ise bir farklılık bulunmadığı gösterilmiştir (262). Çalışmamızda penetrasyon derinliği ve alanı açısından GŞİ ve PUI yapılan gruplar kendi arasında farklılık göstermemiştir. Ancak EDTA-XPF grubu (612 µm), Dual Rinse HEDP-XPF (438 µm) ve EDTA-GŞİ (449 µm) gruplarına göre penetrasyon derinliği açısından daha başarılı bulundu. Ayrıca XPF, GŞİ'ye göre EDTA'nın penetrasyon derinliği ve alanını anlamlı derecede iyileştirmiş oldu. Bir sistematik derleme de XPF'in smear ve debris kaldırmada PUI'ye eşit veya daha üstün olduğu sonucuna varılırken (103), bir meta analiz çalışmasında da kanallardan kalsiyum hidroksitin kaldırılmasında, PUI'nin XPF ile aktivasyona göre daha üstün olduğu sonucuna ulaşılmıştır (263). Farklı parametreler için farklı sonuçların elde edildiği bu derleme ve analizlere bakıldığında, şelasyon solüsyonları için de sonuçların değişken olması anlaşılabilir.

Solüsyon-kesit etkileşimi için üçüncü sıfır hipotezi (H_0) kısmen kabul edildi. Gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuyordu. Aycan-Uysal ve ark. EDTA, MA ve HEDP'nin apikal, orta ve koronal kesitte, üç farklı kanal patının ortalama penetrasyon derinliğini değerlendirmiş, apikal kesitte MA'yı daha başarılı bulurken, EDTA ve HEDP arasında farklılık tespit etmemişlerdir (214). Tez çalışmamızın bu sonucu EDTA ve HEDP için, bu çalışma ile uygunluk göstermektedir.

Kfir ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, NaOCl + EDTA kullanımı ile NaOCl ile HEDP karışımı ile devamlı şelasyon irrigasyonunun kök kanal duvarı temizliği ve erozyonu üzerine etkileri SEM ile incelenmiştir. Çalışmada dişler iki ana gruba ayrılmıştır; birinci grup, preparasyon sırasında %3 NaOCl ve şekillendirme tamamlandıktan sonra %17 EDTA kullanılarak irrig edilmiştir. İkinci grupta ise, %3 NaOCl ve %18 HEDP'nin karışımı ile tek bir irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, her iki grupta da apikal üçlü bölgede smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliği daha düşük bulunmuş ve gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (264). Yani EDTA ile yapılan aralıklı şelasyon ile HEDP içeren devamlı şelasyonla aktivasyon uygulanmadığında eşit derecede erozyona yol açarken, eşit derecede de smear kaldırmıştır. Bu açıdan bakıldığında EDTA ve HEDP için çalışma sonuçları uygunluk göstermektedir. Yazarlar 30 gauge'lik bir irrigasyon

iğnesi ile yapılan irrigasyonun debrisini tamamen kaldırdığını belirtmiştir. Bu boyutta bir irrigasyon iğnesi seçimi her iki grup için de etkinliği arttırmış olabilir.

Çalışmamızın alternatif hipotezi (H₁), kesit derinliğinin ana etkisinin penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etkisi olması ve orta kesitte değerlerin daha yüksek olacağı yönündeydi. Bu hipotez, çalışmamızın sonuçlarına göre kabul edilmiştir. Apikal 2-3 mm ve orta 5-6 mm seviyelerindeki bölgede kanal patının penetrasyon derinliği, yüzdesi ve alanı karşılaştırıldığında, orta kesitte seviyesinde her üç parametre için de anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bu sonuç yukarıda bahsedilen Hassan ve ark.'nın çalışması ile uyumludur (6). Ayrıca kullanılan irrigasyon prosedürü ne olursa olsun benzer şekilde apikal kesitte daha az pat penetrasyonu gösteren başka pek çok çalışma literatürde mevcuttur (214, 260, 261). Apikal üçlüde penetrasyondaki bu azalma, irrigantın kanalın apikal bölgesine etkisiz kalması, dentin tübüllerinin daha küçük çapta ve az sayıda olması ve tübüler sklerozun varlığı ile açıklanabilir.

Çalışmamızın dördüncü sıfır hipotezi (H₀₄), üçlü etkileşimlerin penetrasyonun üç parametresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmayacağıydı. Bu hipotez, penetrasyonun üç parametresi için de reddedildi.

Çalışmamızda en yüksek penetrasyon derinliği ortalaması 852 µm ile Dual Rinse HEDP-GŞİ-Orta kesit grubunda elde edilmiştir. PUİ ile aktivasyon yapıldığında orta kesitte en yüksek penetrasyon derinliği GA'da elde edilmiştir. XPF ile aktivasyon yapıldığında ise en yüksek derinlik EDTA'da elde edilmiştir. En düşük ortalama penetrasyon derinliği apikal kesitte değeri 321 µm ile EDTA-PUİ grubunda elde edilmiştir. EDTA'nın apikal kesitte etkinliğinin az olduğunu gösteren çalışmalar mevcut olsa da (59, 265), çalışmamızdaki diğer apikal kesit değerleri ile farklılık göstermemiştir. Hem solüsyon tipleri hem de aktivasyon çeşitleri apikalde yetersiz kalmıştır.

Orta kesitte XPF ile yapılan irrigasyonda Dual Rinse HEDP'de penetrasyon yüzdesi, GA'ya göre anlamlı derecede daha fazla iken EDTA ile farklılık göstermemiştir. Orta kesitte Dual Rinse HEDP aktivasyon uygulamadan bile yüksek penetrasyon derinliği göstermiştir. Bu öngörülemez bir sonuçtur. Ancak penetrasyon

derinliğinin yalnızca dört bölgedeki en yüksek penetrasyon değerinin ortalamasının alınarak hesaplanması, belki de sayıca çok daha fazla olan küçük penetrasyon uzunluklarının hesaplama katılamamasına ve Dual Rinse HEDP grubu için yüksek değerlerin hesaplanmasına yol açmış olabilir.

En yüksek penetrasyon alanı ortalama değeri $7.120.000 \mu m^2$ ile GA-PUİ-Orta kesit grubunda elde edilmişken, en düşük ortalama değeri $1.300.000 \mu m^2$ ile GA-GŞİ-Apikal kesit ve Dual Rinse HEDP-PUİ-Apikal kesit gruplarında elde edilmiştir. Keskin ve ark. kalsiyum hidroksit medikamentinin yapay iç rezorpsiyon oluklarından uzaklaştırılmasında, %5, %10 GA, %10 SA, %17 EDTA ve DS'yi, PUİ ile aktive ederek ve etmeden kullanarak karşılaştırmıştır. Aktive etmedikleri gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulmazlarken, PUİ ile aktivasyon yapılan grupta %10 GA' yı %17 EDTA'dan başarılı bulmuşlardır (266). Biz de çalışmamızda, daha yüksek konsantrasyon (%17) ile kullandığımız GA şelatörü ile en iyi penetrasyon alanı değerini elde ettik.

İki farklı patın (AH Plus ve AH Plus Biyoseramik) pat penetrasyonunun, beş farklı irrigasyon aktivasyon tekniği altında (GŞİ, EndoActivator, PUİ, Er,Cr:YSSG ve SWEEPS) ve kesitlere göre (apikal ve orta) inceleyen 2024 yılında yapılmış güncel bir çalışma bulunmaktadır (267). Bu çalışmada aktivasyon tipi – kesit etkileşimi incelendiğinde, apikal kesitte maksimum pat penetrasyon derinliği açısından, PUİ ($258,5 \mu m$) ve GŞİ ($232,17 \mu m$) grupları arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Benzer şekilde bizim çalışmamızda, aktivasyon tipi – kesit etkileşimi için apikalde PUİ ($376 \mu m$) ve GŞİ ($412 \mu m$) arasında fark bulunmuyordu.

Hassan ve ark. ardışık şelasyona (NaOCl + EDTA) karşı devamlı şelasyonun (NaOCl ile kombine edilmiş Dual Rinse HEDP) TotalFill HiFlow biyoseramik patın penetrasyon derinliği ve yüzdesi üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmada, pat penetrasyon yüzdeleri açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık görmezlerken, istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık olmasa da devamlı şelasyonu koronalde, ardışık şelasyonu apikalde etkin bulduklarını belirtmiştir. Ayrıca Dual Rinse HEDP grubunda %10'dan %55'e kadar değişen, NaOCl + EDTA grubunda %10'dan %50'ye kadar değişen penetrasyon yüzdeleri rapor etmişlerdir. Bu çalışmanın metodolojisine göre herhangi bir aktivasyon kullanılmadan GŞİ yapılmıştır (6). Bizim çalışmamızda ise en

yüksek ortalama penetrasyon yüzdesi değeri %90,5 ile Dual Rinse HEDP-XPF-Orta kesit grubunda elde edilmişken, en düşük ortalama değeri %50,9 ile Dual Rinse HEDP-GŞİ-Apikal kesit grubunda elde edilmiştir. Aktivasyon yapılmamasına rağmen apikal kesitte devamlı şelasyonun bu etkinliğinin nedenini araştırmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Ancak literatüre bakıldığında GA ve Dual Rinse HEDP'nin pat penetrasyonu üzerine karşılaştırıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca literatürde bulunan pek çok çalışma sadece penetrasyon derinliği veya penetrasyon parametrelerinden ikisini değerlendirmiştir. Aynı anda üç parametreyi değerlendiren çalışma sayısı daha azdır. Sonuçlarımızın çeşitliliği baktığımız parametre sayısının farklılığından da ileri gelebilir. Çünkü bu parametreler korelasyon göstermemektedir.

Diş kökünde apikale doğru ilerledikçe, dentin tübüllerinin sayısı ve çaplarının azalması, kök kanalından sement dokusuna doğru ilerlerken de dentin tübüllerinin yoğunluğunun ve dağılımının azalması apikal bölgede kanal patının penetrasyonunun daha az olmasına neden olur (175).

Klinik durumların simüle edilmesi için tüm işlemlerin sıcak su banyosunda gerçekleştirilmesi, aynı diş grubunun kullanılması, irrigasyon solüsyon hacimlerinin ve aktivasyon gruplarında aktivasyon sürelerinin eşitlenmesi ve örneklerin randomize edilmesi, çalışmamızın güçlü yanlarındandır. Ancak bu in-vitro çalışmanın, doğası gereği limitasyonu vardır. Dişlerin standart yaş gruplarından temin edilememiş olması, rastgele diş havuzundan seçilmesi, kanal morfolojisini standardize etmek için her ne kadar tek kök tek kanallı dişler seçilse de, bu dişlerde oval veya yuvarlak kanal şeklinin görülüyor olması, patların kanal duvarlarına adaptasyonunu ve pat penetrasyonunu etkileyebilir.

6. SONUÇLAR

1. Apikal kesitte aktivasyon yapılsın veya yapılmasın hem ardışık hem de devamlı şelasyon arasında, tüm penetrasyon parametreleri için anlamlı bir farklılık görülmemiştir.
2. Orta kesitte penetrasyon parametre değerleri ne kadar iyi olursa olsun apikal tıkanmanın sağlanabilmesi için, irrigasyonların apikal etkinliğinin artırılması adına daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.
3. GŞİ aktivasyonu yapılan, Dual Rinse HEDP grubunda orta kesitte pat penetrasyon derinliği ve alanı fazla iken, PUİ aktivasyonu yapılan GA'da ve XPF kullanılan grupta EDTA'da orta kesitte penetrasyon derinliği ve alanı daha fazladır.
4. XPF kullanılan irrigasyon protokolünde Dual Rinse HEDP kullanılan grupta penetrasyon yüzdesi orta kesitte EDTA ile benzer ve GA'dan fazladır.
5. Kullanılacak olan şelasyon protokolü, aktivasyon tipinin seçiminde önemli rol oynayabilir.
6. Fluorescein boyası ile işaretlenen AH Plus Biyoseramik patın bu boya ile kullanıldığında stabilitesini ve fizikokimyasal özellikleri bildiren çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

1. Kirchhoff AL, Fariniuk LF, Mello I. Apical extrusion of debris in flat-oval root canals after using different instrumentation systems. *J Endod.* 2015;41(2):237-41.
2. Gambarini G, Laszkiewicz J. A scanning electron microscopic study of debris and smear layer remaining following use of GT rotary instruments. *Int Endod J.* 2002;35(5):422-7.
3. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2002;94(6):658-66.
4. Kakehashi S, Stanley H, Fitzgerald R. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965;20(3):340-9.
5. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(3):221-30.
6. Hassan R, Roshdy NN. Effect of continuous chelation on the dentinal tubule penetration of a calcium silicate-based root canal sealer: a confocal laser microscopy study. *BMC Oral Health.* 2023;23(1):377.
7. Gu L, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009;35(6):791-804.
8. Rath PP, Yiu CK, Matinlinna JP, Kishen A, Neelakantan P. The effects of sequential and continuous chelation on dentin. *Dent Mater.* 2020;36(12):1655-65.
9. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009;42(4):335-43.
10. Nogueira BML, da Costa Pereira TI, Pedrinha VF, de Almeida Rodrigues P. Effects of different irrigation solutions and protocols on mineral content and ultrastructure of root canal dentine. *Iran Endod J.* 2018;13(2):209-15.
11. Neelakantan P, Varughese A, Sharma S, Subbarao C, Zehnder M, De-Deus G. Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *Int Endod J.* 2012;45(12):1097-102.
12. Zollinger A, Mohn D, Zeltner M, Zehnder M. Short-term storage stability of NaOCl solutions when combined with Dual Rinse HEDP. *Int Endod J.* 2018;51(6):691-6.
13. Paqué F, Rechenberg DK, Zehnder M. Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *J Endod.* 2012;38(5):692-5.
14. Biel P, Mohn D, Attin T, Zehnder M. Interactions between the tetrasodium salts of EDTA and 1-hydroxyethane 1,1-diphosphonic acid with sodium hypochlorite irrigants. *J Endod.* 2017;43(4):657-61.
15. Bukhari S, Babaeer A. Irrigation in endodontics: a review. *Curr Oral Health Rep.* 2019;6:367-76.
16. Versiani MA, Ordinola-Zapata R. Root Canal Anatomy: Implications in biofilm disinfection. In: Chávez de Paz L, Sedgley C, Kishen A. (eds) *The Root Canal Biofilm*. Springer Series on Biofilms, 1st ed. Toronto: Springer; 2015, p: 23-52.

17. Arias-Moliz MT, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Irrigating solutions in root canal treatment. *Endod Pract Today*. 2019;13(2):131-46.
18. Siqueira Jr JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod*. 2008;34(11):1291-301.
19. Del Pozo J, Patel R. The challenge of treating biofilm-associated bacterial infections. *Clin Pharmacol Ther*. 2007;82(2):204-9.
20. Flemming HC. EPS-then and now. *Microorganisms*. 2016;4(4):e41.
21. Martinho FC, Chiesa WM, Leite FR, Cirelli JA, Gomes BP. Correlation between clinical/radiographic features and inflammatory cytokine networks produced by macrophages stimulated with endodontic content. *J Endod*. 2012;38(6):740-5.
22. Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M. Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod*. 2009;35(7):1044-7.
23. Hart JR. Ethylenediaminetetraacetic acid and related chelating agents. In :Ullmann's Encyclopedia Of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, Germany. 2011 p: 573-8.
24. Boessler C, Peters OA, Zehnder M. Impact of lubricant parameters on rotary instrument torque and force. *J Endod*. 2007;33(3):280-3.
25. Coolidge ED. The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. *J Nat Dent Assoc*. 1919;6(4):337-49.
26. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *British Dent J*. 2014;216(6):299-303.
27. Davies JM, Horwitz DA, Davies KJ. Potential roles of hypochlorous acid and N-chloroamines in collagen breakdown by phagocytic cells in synovitis. *Free Radic Biol Med*. 1993;15(6):637-43.
28. Jungbluth H, Marending M, De-Deus G, Sener B, Zehnder M. Stabilizing sodium hypochlorite at high pH: effects on soft tissue and dentin. *J Endod*. 2011;37(5):693-6.
29. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*. 2002;13:113-7.
30. Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-García M, Baca P. *Enterococcus faecalis* biofilms eradication by root canal irrigants. *J Endod*. 2009;35(5):711-4.
31. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod*. 1987;13(4):147-57.
32. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *Int Dent J*. 2008;58(6):329-41.
33. Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HMA, Cohen S, Catherine J-H, Bukiet F. Sodium hypochlorite accident: a systematic review. *J Endod*. 2017;43(1):16-24.
34. Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppini-Rontani RM. Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *J Dent*. 2009;37(12):903-8.
35. van der Sluis LW, Vogels MP, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR. Study on the influence of refreshment/activation cycles and irrigants on mechanical cleaning efficiency during ultrasonic activation of the irrigant. *J Endod*. 2010;36(4):737-40.
36. de Sermeño RF, da Silva LAB, Herrera H, Herrera H, Silva RAB, Leonardo MR. Tissue damage after sodium hypochlorite extrusion during root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108(1):e46-e9.

37. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* 2005;31(9):669-71.
38. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod.* 2006;32(11):1091-3.
39. de Hemptinne F, Slaus G, Vandendael M, Jacquet W, De Moor RJ, Bottenberg P. In vivo intracanal temperature evolution during endodontic treatment after the injection of room temperature or preheated sodium hypochlorite. *J Endod.* 2015;41(7):1112-5.
40. Chenoweth MB. Chelation as a mechanism of pharmacological action. *Pharmacol Rev.* 1956;8(1):57-87.
41. Seidberg BH, Schilder H. An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;37(4):609-20.
42. Lanigan RS, Yamarik TA. Final report on the safety assessment of EDTA, calcium disodium EDTA, diammonium EDTA, dipotassium EDTA, disodium EDTA, TEA-EDTA, tetrasodium EDTA, tripotassium EDTA, trisodium EDTA, HEDTA, and trisodium HEDTA. *Int J Toxicol.* 2002;21:95-142.
43. De-Deus G, Zehnder M, Reis C, Fidel S, Fidel RAS, Galan Jr J, et al. Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *J Endod.* 2008;34(1):71-5.
44. Busanello FH, Petridis X, So MV, Dijkstra RJ, Sharma PK, van der Sluis LW. Chemical biofilm removal capacity of endodontic irrigants as a function of biofilm structure: optical coherence tomography, confocal microscopy and viscoelasticity determination as integrated assessment tools. *Int Endod J.* 2019;52(4):461-74.
45. van der Waal SV, van der Sluis LW. Potential of calcium to scaffold an endodontic biofilm, thus protecting the micro-organisms from disinfection. *Med Hypotheses.* 2012;79(1):1-4.
46. Arias-Moliz MT, Ferrer-Luque CM, Espigares-Rodríguez E, Liébana-Ureña J, Espigares-García M. Bactericidal activity of phosphoric acid, citric acid, and EDTA solutions against *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2008;106(2):e84-e9.
47. Vouzara T, Koulaouzidou E, Ziouti F, Economides N. Combined and independent cytotoxicity of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid and chlorhexidine. *Int Endod J.* 2016;49(8):764-73.
48. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31(11):817-20.
49. Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;53(1):74-7.
50. Tartari T, Vila Nova de Almeida B, Carrera Silva Júnior JO, Faciola Pessoa O. A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. *Int J Dent.* 2013;2013(1):743018 .
51. Pérez-Heredia M, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP. The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. *J Endod.* 2006;32(10):993-7.

52. Scelza MFZ, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol.* 2003;95(2):234-6.
53. Malheiros C, Marques M, Gavini G. In vitro evaluation of the cytotoxic effects of acid solutions used as canal irrigants. *J Endod.* 2005;31(10):746-8.
54. Scelza MFZ, Daniel RLP, Santos EM, Jaeger MMM. Cytotoxic effects of 10% citric acid and EDTA-T used as root canal irrigants: an in vitro analysis. *J Endod.* 2001;27(12):741-3.
55. Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. *J Endod.* 1996;22(1):27-9.
56. Oatway L, Vasanthan T, Helm JH. Phytic acid. *Food Rev Int.* 2001;17(4):419-31.
57. Nassar M, Hiraishi N, Tamura Y, Otsuki M, Aoki K, Tagami J. Phytic acid: An alternative root canal chelating agent. *J Endod.* 2015;41(2):242-7.
58. Solutions U. Unusual root canal irrigation solutions. *J Contemp Dent Pract.* 2017;18:415-20.
59. Ballal NV, Kundabala M, Bhat S, Rao N, Rao BS. A comparative in vitro evaluation of cytotoxic effects of EDTA and maleic acid: root canal irrigants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol.* 2009;108(4):633-8.
60. Ballal NV, Rao BN, Mala K, Bhat KS, Rao BSS. Assessment of genotoxic effect of maleic acid and EDTA: a comparative in vitro experimental study. *Clin Oral Investig.* 2013;17:1319-27.
61. Ferrer-Luque CM, Arias-Moliz MT, González-Rodríguez MP, Baca P. Antimicrobial activity of maleic acid and combinations of cetrime with chelating agents against *Enterococcus faecalis* biofilm. *J Endod.* 2010;36(10):1673-5.
62. Fernandes SL, Tartari T, Bronzato JD, Bramante CM, Vivan RR, Andrade FBd, et al. Use of peracetic acid as irrigating agent in endodontics. *Dent Press Endod.* 2015;5(2):56-60.
63. Russell R, Rogers M. Bisphosphonates: from the laboratory to the clinic and back again. *Bone.* 1999;25(1):97-106.
64. Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *J Endod.* 2014;40(12):1999-2002.
65. Neelakantan P, Cheng C, Mohanraj R, Sriraman P, Subbarao C, Sharma S. Antibiofilm activity of three irrigation protocols activated by ultrasonic, diode laser or Er: YAG laser in vitro. *Int Endod J.* 2015;48(6):602-10.
66. Campello AF, Rodrigues RC, Alves FR, Miranda KR, Brum SC, Mdala I, et al. Enhancing the intracanal antibacterial effects of sodium hypochlorite with etidronic acid or citric acid. *J Endod.* 2022;48(9):1161-8.
67. Tartari T, Guimarães B, Amoras L, Duarte MAH, Silva e Souza P, Bramante CM. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *Int Endod J.* 2015;48(4):399-404.
68. Ulusoy Ö, Mantı A, Çelik B. Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids. *Int Endod J.* 2020;53(11):1549-58.
69. Medcem. Dual Rinse® HEDP Technical Guide. <https://www.medcem.eu/en/shop/dual-rinse-hedp/Erişim> tarihi: 1 Nisan 2024.

70. Godfrey PD, Rodgers FM, Brown RD. Theory versus experiment in jet spectroscopy: glycolic acid. *J Am Chem Soc.* 1997;119(9):2232-9.
71. Rajaratnam R, Halpern J, Salim A, Emmett C. Interventions for melasma. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* John Wiley & Sons, Ltd. Hoboken, New Jersey, USA. 2010, p: 1-84.
72. Thibault PK, Wlodarczyk J, Wenck A. A double-blind randomized clinical trial on the effectiveness of a daily glycolic acid 5% formulation in the treatment of photoaging. *Dermatol Surg.* 1998;24(5):573-8.
73. Bernstein EF, Lee J, Brown DB, Yu R, Van Scott E. Glycolic acid treatment increases type I collagen mRNA and hyaluronic acid content of human skin. *Dermatol Surg.* 2001;27(5):429-33.
74. Murphy SK, Zeng M, Herzon SB. A modular and enantioselective synthesis of the pleuromutilin antibiotics. *Science.* 2017;356(6341):956-9.
75. Zeng M, Murphy SK, Herzon SB. Development of a modular synthetic route to (+)-pleuromutilin, (+)-12-epi-mutilins, and related structures. *J Am Chem Soc.* 2017;139(45):16377-88.
76. Kakudo N, Kushida S, Suzuki K, Kusumoto K. Effects of glycolic acid chemical peeling on facial pigment deposition: Evaluation using novel computer analysis of digital-camera-captured images. *J Cosmet Dermatol.* 2013;12(4):281-6.
77. Hashim P. The effect of *Centella asiatica*, vitamins, glycolic acid and their mixtures preparations in stimulating collagen and fibronectin synthesis in cultured human skin fibroblast. *Pak J Pharm Sci.* 2014;27(2):233-7.
78. Hua X, Cao R, Zhou X, Xu Y. One-step continuous/semi-continuous whole-cell catalysis production of glycolic acid by a combining bioprocess with in-situ cell recycling and electrodialysis. *Bioresour Technol.* 2019;273:515-20.
79. Dal Bello Y, Porsch HF, Farina AP, Souza MA, Silva EJNL, Bedran-Russo AK, et al. Glycolic acid as the final irrigant in endodontics: mechanical and cytotoxic effects. *Mater Sci Eng C.* 2019;100:323-9.
80. Cecchin D, Farina AP, Vidal CM, Bedran-Russo AK. A novel enamel and dentin etching protocol using α -hydroxy glycolic acid: surface property, etching pattern, and bond strength studies. *Oper Dent.* 2018;43(1):101-10.
81. Yeniçeri Özata M, Falakaloğlu S, Batur M, Adıgüzel Ö, Goncharuk-Khomyn M. The effect of final irrigation agents on push-out bond strength of calcium silicate-based cements to dentin. *Int Dent Res* 2023;13(2):75-82
82. Gambin DJ, Leal LO, Farina AP, Souza MA, Cecchin D. Antimicrobial activity of glycolic acid as a final irrigant solution for root canal preparation. *Gen Dent.* 2020;68(1):41-4.
83. Boutsoukis C. Syringe irrigation revisited. *Endod Pract Today.* 2019;13(2):101-113.
84. Ahn W, Bahk J-H, Lim Y-J. The “gauge” system for the medical use. *Anesth Analg.* 2002;95(4):1125.
85. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Vasiliadis L. Clinical relevance of standardization of endodontic irrigation needle dimensions according to the ISO 9626: 1991 and 9626: 1991/Amd 1: 2001 specification. *Int Endod J.* 2007;40(9):700-6.
86. Moser JB, Heuer MA. Forces and efficacy in endodontic irrigation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;53(4):425-8.

87. Boutsoukakis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LW. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod*. 2010;36(5):875-9.
88. Boutsoukakis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *Int Endod J*. 2009;42(2):144-55.
89. Dentsply Sirona TruNatomy Brochure. <https://www.dentsplysirona.com/en/explore/endodontics/trunatomy.html>/Erişim tarihi: 4 Mart 2024.
90. Thé S. The use of a cotton-wrapped file to evacuate necrotic pulp tissue. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1979;48(1):77-88.
91. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod*. 1990;16(7):323-7.
92. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J*. 2008;41(7):602-8.
93. Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J*. 2008;41(1):60-71.
94. Caron G: Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. Paris Diderot University, Master Thesis, 2006, Paris, France.
95. Ruddle CJ. Microbrush for endodontic use. Washington, DC: United States Patent 6,179,617, 2001.
96. Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals: a SEM evaluation. *Int Endod J*. 2007;40(12):979-1007.
97. Johannes Roggendorf M, Kraus F, Lohbauer U, Frankenberger R, Petschelt A, Ebert J. Apical debris removal of CanalBrushes with different tip modifications. *Quintessence Int*. 2015;46(10):853-60.
98. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod*. 2002;28(12):837-9.
99. Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(5):614-7.
100. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy-a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod*. 2010;36(4):679-90.
101. Adıgüzel Ö. A Literature Review of Self Adjusting File. *Int Dent Res* 2011;1:18-25.
102. Vaz-Garcia ES, Vieira VTL, Petit NPdSF, Moreira EJJ, Lopes HP, Elias CN, et al. Mechanical properties of anatomic finishing files: XP-endo Finisher and XP-Clean. *Braz Dent J*. 2018;29:208-13.
103. Lauritano D, Moreo G, Carinci F, Della Vella F, Di Spirito F, Sbordone L, et al. Cleaning efficacy of the XP-endo® Finisher instrument compared to other irrigation activation procedures: a systematic review. *Appl Sci*. 2019;9(23):5001 .

104. FKG. Xp-Endo Finisher Technical Guide. https://www.fkg.ch/sites/default/files/FKG_XP-endo%20Rise%20%26%20Finisher_Press%20release_EN_202209_0.pdf/Erişim tarihi: 16 Mart 2024.
105. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dent Traumatol.* 1985;1(2):69-76.
106. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987;13(10):490-9.
107. Mayer B, Peters OA, Barbakow F. Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 2002;35(7):582-9.
108. Rödiger T, Bozkurt M, Konietzschke F, Hülsmann M. Comparison of the Vibriinge system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *J Endod.* 2010;36(8):1410-3.
109. Elumalai D, Kumar A, Tewari RK, Mishra SK, Iftexhar H, Alam S, et al. Newer endodontic irrigation devices: an update. *IOSR J Dent Med Sci.* 2014;13(6):4-8.
110. Ruddle CJ. Endodontic disinfection: Tsunami irrigation. *Saudi Endod J.* 2015;5(1):1-12.
111. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JW. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 2003;29(10):674-8.
112. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980;6(9):740-3.
113. MJ R. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med.* 1957;12:12-8.
114. Retsas A, Boutsoukis C. An update on ultrasonic irrigant activation. *Endod Pract Today.* 2019;13(2):115-29.
115. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 1999;25(11):735-8.
116. Verhaagen B, Lea SC, De Bruin GJ, Van Der Sluis LW, Walmsley AD, Versluis M. Oscillation characteristics of endodontic files: numerical model and its validation. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control.* 2012;59(11):2448-59.
117. Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod.* 1988;14(11):554-9.
118. Boutsoukis C. Internal tooth anatomy and root canal irrigation. In: Versiani MA, Basrani B, Sousa-Neto MD. *The root canal anatomy in permanent dentition.* Springer. New York, USA. 2019, p: 303-321.
119. Bhuva B, Patel S, Wilson R, Niazi S, Beighton D, Mannocci F. The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular *Enterococcus faecalis* biofilms in extracted single-rooted human teeth. *Int Endod J.* 2010;43(3):241-50.
120. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, de Paz LEC, Boutsoukis C. Ultrasonic irrigant activation during root canal treatment: a systematic review. *J Endod.* 2019;45(1):31-44.
121. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. Acoustic hypochlorite activation in simulated curved canals. *J Endod.* 2009;35(10):1408-11.

122. Varela P, Souza E, De Deus G, Duran-Sindreu F, Mercadé M. Effectiveness of complementary irrigation routines in debriding pulp tissue from root canals instrumented with a single reciprocating file. *Int Endod J*. 2019;52(4):475-83.
123. Jiang L-M, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod*. 2012;38(6):838-41.
124. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg*. 1971;31:416-20.
125. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dent Clin*. 2004;48(4):809-32.
126. Moritz A, Beer F. Oral laser application. Quintessence Publishing Company. Berlin. 2006, p: 284-7.
127. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin*. 2004;48(4):751-70.
128. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Laser Med Sci*. 2012;27:273-80.
129. George R, Meyers IA, Walsh LJ. Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod*. 2008;34(12):1524-7.
130. Matsumoto H, Yoshimine Y, Akamine A. Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er: YAG laser within a root canal model. *J Endod*. 2011;37(6):839-43.
131. Pathak SD, Gite S, Bansode P, Khedgikar S, Wavdhane M, Ahire C. Photon induced photo-acoustic streaming-conquering the enemy within-a review. *IOSR J Dent Med Sci*. 2016;15(1):28-32.
132. Hellingwerf KJ, Hoff WD, Crielaard W. Photobiology of microorganisms: how photosensors catch a photon to initialize signalling. *Mol Microbiol*. 1996;21(4):683-93.
133. Klinke T, Klimm W, Gutknecht N. Antibacterial effects of Nd: YAG laser irradiation within root canal dentin. *J Clin Laser Med Surg*. 1997;15(1):29-31.
134. George R, Walsh LJ. Laser fiber-optic modifications and their role in endodontics. *J Laser Dent*. 2012;20(1):24-30.
135. Komori T, Yokoyama K, Matsumoto Y, Matsumoto K. Erbium: YAG and holmium: YAG laser root resection of extracted human teeth. *J Clin Laser Med Surg*. 1997;15(1):9-13.
136. Gutknecht N, Kaiser F, Hassan A, Lampert F. Long-term clinical evaluation of endodontically treated teeth by Nd: YAG lasers. *J Clin Laser Med Surg*. 1996;14(1):7-11.
137. Gutknecht N, Van Gogswaardt D, Conrads G, Apel C, Schubert C, Lampert F. Diode laser radiation and its bactericidal effect in root canal wall dentin. *J Clin Laser Med Surg*. 2000;18(2):57-60.
138. Weine FS, Wenckus CS. Canal filling with semisolid materials. In: Weine FS, editor. *Endodontic therapy*. Mosby. St. Louis, Missouri. 2009, p: 266-313.
139. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *J Endod*. 1995;21(12):592-3.
140. Alaçam T. Endodonti. Özyurt Matbaacılık. Ankara. 2012, s: 809-15.

141. Koch KA, Brave D. EndoSequence: melding endodontics with restorative dentistry, part 1. *Dent Today*. 2009;28(1):102-7.
142. Kossev AD. Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers. *Roots*. 2009;1:42-8.
143. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod*. 2011;37(11):1547-9.
144. Zoufan K, Jiang J, Komabayashi T, Wang Y-H, Safavi KE, Zhu Q. Cytotoxicity evaluation of Gutta flow and EndoSequence BC sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol*. 2011;112(5):657-61.
145. Zhou H-m, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y-f, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. *J Endod*. 2013;39(10):1281-6.
146. Alsubait S, Alsaad N, Alahmari S, Alfaraj F, Alfawaz H, Alqedairi A. The effect of intracanal medicaments used in Endodontics on the dislocation resistance of two calcium silicate-based filling materials. *BMC Oral Health*. 2020;20:57 .
147. Cohen S, Burns R. *Pathways of the pulp*. Mosby. St. Louis, Missouri. 2002, p: 917-26.
148. Koyuncu S. Biyoseramik esaslı kök kanal patları. *J Int Dent Sci*. 2023;8(3):71-6
149. Seutter von Loetzen SC, Hülsmann M. Root perforation repair concepts and materials: a review. *Endod Pract Today*. 2018;12(2):87-100.
150. Tyagi S, Mishra P, Tyagi P. Evolution of root canal sealers: An insight story. *Eur J Gen Dent*. 2013;2(3):199-218.
151. Havza ÖB. Biyoseramik esaslı kanal patı Tech biosealer. *İstanbul Diş Hek Oda Derg*. 2012;143:52-3.
152. Koch K, Brave D, Nasseh AA. A review of bioceramic technology in endodontics. *CE Artic*. 2012;4:6-12.
153. Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-physical properties and bioactivity of new premixed calcium silicate-bioceramic root canal sealers. *Int J Mol Sci*. 2022;23(22):13914.
154. Avalon Biomed. NeoSealer Flo Technical User Guide. <https://www.avalonbiomed.com/products/neosealer-flo/>Erişim tarihi: 04 Nisan 2024.
155. Çalt Tarhan S, Uzunoğlu Özyürek E. Kök kanal dolgu maddeleri. *Türkiye Klin J Dent Sci (Special Topics)*. 2010;1(3):1-15.
156. Camilleri J. Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. *J Endod*. 2009;35(10):1412-7.
157. Scarparo RK, Haddad D, Acasigua GAX, Fossati ACM, Fachin EVF, Grecca FS. Mineral trioxide aggregate-based sealer: analysis of tissue reactions to a new endodontic material. *J Endod*. 2010;36(7):1174-8.
158. Assmann E, Scarparo RK, Böttcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod*. 2012;38(2):219-21.
159. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *J Endod*. 2013;39(2):274-7.
160. Faria-Júnior N, Tanomaru-Filho M, Berbert FLCV, Guerreiro-Tanomaru J. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *Int Endod J*. 2013;46(8):755-62.

161. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* 2010;36(2):190-202.
162. Rawtiya M, Verma K, Singh S, Munuga S, Khan S. MTA-based root canal sealers. *J Orofac Res.* 2013;3(1):16-21.
163. Maruchiusa. EndoSeal MTA Technical User Guide. <https://maruchiusa.com/pages/endoseal-mta/> Erişim tarihi: 04 Nisan 2024.
164. Silva EJNL, Carvalho NK, Prado MC, Zanon M, Senna PM, Souza EM, et al. Push-out bond strength of injectable pozzolan-based root canal sealer. *J Endod.* 2016;42(11):1656-9.
165. Lim E-S, Park Y-B, Kwon Y-S, Shon W-J, Lee K-W, Min K-S. Physical properties and biocompatibility of an injectable calcium-silicate-based root canal sealer: in vitro and in vivo study. *BMC Oral Health.* 2015;15:129 .
166. Upadhyay ST, Purayil TP. Comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with pozzolan-based MTA sealer and epoxy resin-based sealer: an in vitro study. *World J Dent.* 2013;8:37-40.
167. Olcay K, Taşlı PN, Güven EP, Ülker GMY, Ögüt EE, Çiftçioğlu E, et al. Effect of a novel bioceramic root canal sealer on the angiogenesis-enhancing potential of assorted human odontogenic stem cells compared with principal tricalcium silicate-based cements. *J Appl Oral Sci.* 2020;28:e20190215 .
168. Vericom. Well-Root ST Technical User Guide. <https://www.vericom.co.kr/eng/product/view.html?uid=13&mode=&depth1=18&depth2=21> Erişim tarihi: 04 Nisan 2024.
169. Reszka P, Nowicka A, Lipski M, Dura W, Drożdżik A, Woźniak K. A comparative chemical study of calcium silicate-containing and epoxy resin-based root canal sealers. *BioMed Res Int.* 2016;2016:9808432 .
170. Bayram M, Akyol M, Bayram E. Endodontik cerrahide kullanılan yeni bir materyal: Diaroot Bioaggregate. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2012;5:40-3.
171. Dentsply Sirona. AH Plus Bioceramic Sealer Scientific User Manual. <https://www.dentsplysirona.com/en-ae/discover/discover-by-brand/ah-plus-bioceramic-sealer.html> Erişim tarihi: 19 Mart 2024.
172. Shieh K, Yang J, Zhu EH, Peters OA, Hosseinpour S. Dentinal tubule penetrability and bond strength of two novel calcium silicate-based root canal sealers. *Materials.* 2023;16(9):3309 .
173. Ayaz DF, Tağtekin D, Yanıkoğlu F. Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2011;2011(4):49-56.
174. Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *J Endod.* 1984;10(8):359-63.
175. Mjör I, Smith M, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001;34(5):346-53.
176. Şen B, Wesselink P, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J.* 1995;28(3):141-8.
177. Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dent Traumatol.* 1990;6(4):142-9.
178. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984;10(10):477-83.

179. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics-a review. *Int Endod J*. 2010;43(1):2-15.
180. Yamada RS, Armos A, Goldman M, Lin P. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating. *J Endod*. 1983;9(4):137-42.
181. Okşan T, Aktener B, Şen B, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*. 1993;26(5):301-5.
182. Weis MV, Parashos P, Messer H. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J*. 2004;37(10):653-63.
183. Tuncer AK, Tuncer S. Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod*. 2012;38(6):860-3.
184. Bouillaguet S, Wataha JC, Lockwood PE, Galgano C, Golay A, Krejci I. Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *Eur J Oral Sci*. 2004;112(2):182-7.
185. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod*. 1990;16(12):566-9.
186. Teixeira C, Felipe M, Felipe W. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J*. 2005;38(5):285-90.
187. Sonu K, Girish T, Ponnappa K, Kishan K, Thameem P. Comparative evaluation of dentinal penetration of three different endodontic sealers with and without smear layer removal-Scanning electron microscopic study. *Saudi Endod J*. 2016;6(1):16-20.
188. Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG. A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *J Endod*. 2007;33(8):957-61.
189. Minsky M. Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*. 1988;10(4):128-38.
190. Bayguinov PO, Oakley DM, Shih CC, Geanon DJ, Joens MS, Fitzpatrick JAJ. Modern laser scanning confocal microscopy. *Curr Protoc Cytom*. 2018;85(1):1-17.
191. Wright SJ, Wright DJ. Introduction to confocal microscopy. *Methods Cell Biol*. 2002;70:1-85.
192. Mallya L, Jathanna V. Confocal laser scanning microscopy (CLSM) for evaluation of endodontic microflora-a review. *Indian J Public Health Res Dev*. 2019;10(1):69-73.
193. Yolcu EN, Tartuk GA, Kaya S, Eskibağlar M. The use of confocal laser scanning microscopy in endodontics: A literature review. *Turk Endod J*. 2021;6(2):55-60.
194. Mamootil K, Messer H. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J*. 2007;40(11):873-81.
195. Donnermeyer D, Schmidt S, Rohrbach A, Berlandi J, Bürklein S, Schäfer E. Debunking the concept of dentinal tubule penetration of endodontic sealers: sealer staining with rhodamine B fluorescent dye is an inadequate method. *Materials*. 2021;14(12):3211 .

196. Furtado TC, de Bem IA, Machado LS, Pereira JR, Só MVR, da Rosa RA. Intratubular penetration of endodontic sealers depends on the fluorophore used for CLSM assessment. *Micros Res Tech.* 2021;84(2):305-12.
197. Teoh YY, Liew KY, Siao J, Wong S, Chandler N, Bogen G. The effects of chelation on the intratubular penetration depth of mineral trioxide aggregate. *Aust Endod J.* 2023;49(3):483-91.
198. Aguiar B, Duarte M, Vivan R, Marques A. Evaluation of the influence of ultrasonic agitation on the marginal adaptation and dentin discoloration provided by three endodontic repair cements. *J Health.* 2018;19:290-4.
199. Fernandes Zancan R, Hadis M, Burgess D, Zhang ZJ, Di Maio A, Tomson P, et al. A matched irrigation and obturation strategy for root canal therapy. *Sci Rep.* 2021;11(1):4666 .
200. Koruk D, Basmacı F, Kırmızı D, Aksoy U. The impact of laser-activated and conventional irrigation techniques on sealer penetration into dentinal tubules. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2022;40(8):565-72.
201. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J.* 2011;44(8):697-730.
202. Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *J Endod.* 1982;8(11):487-92.
203. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.
204. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003;36(6):411-5.
205. Kamin R, Vikram R, Ashwini P, Vijaylakshmi L, Kumar N. Continuous soft chelation in endodontics. *RGUHS J Dent Sci.* 2022;14(2):9-15.
206. Tartari T, Bachmann L, Maliza AGA, Andrade FB, Duarte MAH, Bramante CM. Tissue dissolution and modifications in dentin composition by different sodium hypochlorite concentrations. *J Appl Oral Sci.* 2016;24:291-8.
207. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *J Endod.* 1978;4(2):60-4.
208. Lotfi M, Vosoughhosseini S, Saghiri MA, Zand V, Ranjkesh B, Ghasemi N. Effect of MTAD as a final rinse on removal of smear layer in ten-minute preparation time. *J Endod.* 2012;38(10):1391-4.
209. Göktürk H, Özkoçak I. The effect of different chelators on the dislodgement resistance of MTA Repair HP, MTA Angelus, and MTA Flow. *Odontology.* 2022;110(1):20-6.
210. Morago A, Ordinola-Zapata R, Ferrer-Luque CM, Baca P, Ruiz-Linares M, Arias-Moliz MT. Influence of smear layer on the antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigating solution in infected dentin. *J Endod.* 2016;42(11):1647-50.
211. Martin H. Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1976;42(1):92-9.
212. Stevens RW, Strother JM, McClanahan SB. Leakage and sealer penetration in smear-free dentin after a final rinse with 95% ethanol. *J Endod.* 2006;32(8):785-8.
213. Thota MM, Sudha K, Malini D, Madhavi SB. Effect of different irrigating solutions on depth of penetration of sealer into dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Contemp Clin Dent.* 2017;8(3):391-4.

214. Alim Uysal BA, Kotan G, Güneşer MB, Dinçer AN, Şentürk H, Rafiqi AM. Investigation of the effect of different chelation solutions on penetration of resin-based and bioceramic sealers with a novel method. *Micros Res Tech.* 2021;84(7):1571-6.
215. Chaudhry S, Yadav S, Talwar S, Verma M. Effect of EndoActivator and Er, Cr: YSGG laser activation of Qmix, as final endodontic irrigant, on sealer penetration: a confocal microscopic study. *J Clin Experiment Dent.* 2017;9(2):e218-e22.
216. Machado R, Cruz ATG, de Araujo BMdM, Klemz AA, Klug HP, da Silva Neto UX. Tubular dentin sealer penetration after different final irrigation protocols: a confocal laser scanning microscopy study. *Micros Res Tech.* 2018;81(6):649-54.
217. Van der Sluis L, Versluis M, Wu M, Wesselink P. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-26.
218. Munoz HR, Camacho-Cuadra K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod.* 2012;38(4):445-8.
219. Townsend C, Maki J. An in vitro comparison of new irrigation and agitation techniques to ultrasonic agitation in removing bacteria from a simulated root canal. *J Endod.* 2009;35(7):1040-3.
220. Briseño M B, Wirth R, Hamm G, Standhartfinger W. Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal. *Dent Traumatol.* 1992;8(1):6-11.
221. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa Y, Bruniera JFB, Pécora JD, Sousa-Neto MDd. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J.* 2017;50(4):398-406.
222. Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo Finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *Int Endod J.* 2017;50(7):700-5.
223. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GT-J. Efficacy of 4 irrigation protocols in killing bacteria colonized in dentinal tubules examined by a novel confocal laser scanning microscope analysis. *J Endod.* 2016;42(6):928-34.
224. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;58(5):589-99.
225. Akyol R, Yılmaz S, Mehmet A. Kayseri ili popülasyonundaki mandibular premolar dişlerin kök ve kanal morfolojilerinin konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile incelenmesi. *Selçuk Dent J.* 2019;6(4):346-50.
226. Sobhani Mohhsen A, Razmi H, Sadegh M. Evaluation of anatomy and morphology of human mandibular premolar teeth by cone-beam computed tomography in Iranian population. *J Dent Med.* 2013;26(3):203-10.
227. Gawdat SI, Bedier MM. Influence of dual rinse irrigation on dentinal penetration of a bioceramic root canal sealer: A confocal microscopic analysis. *Aust Endod J.* 2022;48(3):481-6.
228. Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. *Int Endod J.* 2004;37(7):425-37.
229. de Camargo ÉJ, Zapata RO, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod.* 2009;35(9):1300-2.

230. Genç Şen Ö, Kaya M. Waveone ve Waveone Gold ile şekillendirilmiş kanallarda sisteme özel guta-perka konların uyumunun karşılaştırılması. 7tepe Klin Derg. 2019;15(2):204-8.
231. de Assis DF, do Prado M, Simão RA. Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. J Endod. 2011;37(11):1550-2.
232. Güzel C, Uzunoglu E, Buzoglu HD. Effect of low-surface tension EDTA solutions on the bond strength of resin-based sealer to young and old root canal dentin. J Endod. 2018;44(3):485-8.
233. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. J Endod. 1983;9(4):137-42.
234. Mello I, Robazza CRC, Antoniazzi JH, Coil J. Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106(5):e40-e3.
235. Krell KV, Johnson RJ, Madison S. Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. J Endod. 1988;14(2):65-8.
236. Cameron J. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. J Endod. 1983;9(7):289-92.
237. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. J Endod. 2007;33(2):81-95.
238. Kokkas AB, Boutsoukis AC, Vassiliadis LP, Stavrianos CK. The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. J Endod. 2004;30(2):100-2.
239. Bird DC, Komabayashi T, Guo L, Opperman LA, Spears R. In vitro evaluation of dentinal tubule penetration and biomineralization ability of a new root-end filling material. J Endod. 2012;38(8):1093-6.
240. Aktener BO, Cengiz T, Pişkin B. The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: A scanning electron microscopic study. J Endod. 1989;15(12):588-90.
241. Nikhil V, Singh R. Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques. J Conserv Dent. 2013;16(4):294-9.
242. Pirani C, Generali L, Iacono F, Cavani F, Prati C. Evaluation of the root filling quality with experimental carrier-based obturators: a CLSM and FEG-SEM analysis. Aust Endod J. 2022;48(3):400-8.
243. Maharani N, Ricardo S, Artiningsih DANP. Differences in penetration of two types of calcium silicate-based sealers with ultrasonic activation into dentinal tubules. Int J Pharmaceut Res. 2021;9(3):3339-44.
244. Eskander M, Genena S, Zaazou A, Moussa S. Effect of phytic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on penetration depth of bioceramic and resin sealers. Aust Endod J. 2021;47(3):506-11.
245. Martins MP, de Andrade FB, Bramante CM, Vivan RR, Limoeiro AG, Nascimento WM, et al. Effect of obturation technique on penetration of calcium silicate-based sealer into dentinal tubules after endodontic retreatment of mandibular premolars. Clin Oral Investig. 2022;26(12):7143-8.
246. El Hachem R, Khalil I, Le Brun G, Pellen F, Le Jeune B, Daou M, et al. Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate

- sealer: a confocal laser scanning microscopy study. *Clin Oral Investig.* 2019;23:1871-6.
247. Kok D, Da Rosa RA, Barreto MS, Busanello FH, Santini MF, Pereira JR, et al. Penetrability of AH plus and MTA Fillapex after endodontic treatment and retreatment: A confocal laser scanning microscopy study. *Micros Res Tech.* 2014;77(6):467-71.
 248. Uzunoglu-Özyürek E, Erdoğan Ö, Türker SA. Effect of calcium hydroxide dressing on the dentinal tubule penetration of 2 different root canal sealers: a confocal laser scanning microscopic study. *J Endod.* 2018;44(6):1018-23.
 249. Gu Y, Perinpanayagam H, Jin DJ, Yoo Y-J, Jeong J-S, Lim S-M, et al. Effect of different agitation techniques on the penetration of irrigant and sealer into dentinal tubules. *Photomed Laser Surg.* 2017;35(2):71-7.
 250. Ortiz-Blanco B, Sanz JL, Llena C, Lozano A, Forner L. Dentin sealing of calcium silicate-based sealers in root canal retreatment: a confocal laser microscopy study. *J Funct Biomater.* 2022;13(3):114 .
 251. Macedo LMDd, Silva-Sousa Y, Silva SRCd, Baratto SSP, Baratto-Filho F, Abi FJ. Influence of root canal filling techniques on sealer penetration and bond strength to dentin. *Braz Dent J.* 2017;28:380-4.
 252. Wilkoński W, Krupiński M, Jamróz-Wilkońska L, Kepczynski M, Zapotoczny S, Maziarz U, et al. the influence of irrigating solutions on the penetration of epoxy ah plus sealer in dentinal tubules-in vitro confocal microscopy study. *Appl Sci.* 2023;13(13):7714 .
 253. Özata MY, Kaya S, Yolcu EN, Okumuş TB, Falakaloglu S. Effect of smear layer removal using different chelators on push-out bond strength of bioceramic sealer. *G Ital Endod.* 2023;37(1):46-53.
 254. Pacheco-Yanes J, Provenzano JC, Marceliano-Alves MF, Gazzaneo I, Pérez AR, Gonçalves LS, et al. Distribution of sodium hypochlorite throughout the mesial root canal system of mandibular molars after adjunctive irrigant activation procedures: a micro-computed tomographic study. *Clin Oral Investig.* 2020;24:907-14.
 255. Faria G, Viola K, Coaguila-Llerena H, Oliveira L, Leonardo R, Aranda-García A, et al. Penetration of sodium hypochlorite into root canal dentine: effect of surfactants, gel form and passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2019;52(3):385-92.
 256. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004;37(10):672-8.
 257. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod.* 2005;31(3):166-70.
 258. Cai M, Cai Y, Yang R, Xu Z, Neelakantan P, Wei X. Impact of agitation/activation strategies on the antibiofilm potential of sodium hypochlorite/etidronate mixture in vitro. *BMC Oral Health.* 2022;22(1):201 .
 259. Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE. Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology.* 2017;105:178-83.
 260. Rao AS, Bhor S, Shah U. Comparative evaluation of the effectiveness of XP-endo Finisher and passive ultrasonic activation on dentinal tubule penetration of

irrigation solution: A confocal laser scanning microscopy study. *Endodontology*. 2023;35(3):243-7.

261. Demir E, Kamalı SG, Türkyaydın D. Effect of different obturation techniques on sealer penetration into dentinal tubules after final irrigation with XP-Endo finisher file. *Odovtos Int J Dent Sci*. 2023;25(2):30-9.

262. Espinoza I, Villar AJC, Loroño G, Estevez R, Plotino G, Cisneros R. Effectiveness of Xp-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation in the removal of the smear layer using two different chelating agents. *J Dent*. 2021;22(4):243-51.

263. Zhou J, Liu T, Guo L. Effectiveness of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation on intracanal medicament removal from root canals: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):294 .

264. Kfir A, Goldenberg C, Metzger Z, Hülsmann M, Baxter S. Cleanliness and erosion of root canal walls after irrigation with a new HEDP-based solution vs. traditional sodium hypochlorite followed by EDTA. A scanning electron microscope study. *Clin Oral Investig*. 2020;24:3699-706.

265. Kuruvilla A, Jaganath BM, Krishnegowda SC, Ramachandra PKM, Johns DA, Abraham A. A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An: in vitro: scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent*. 2015;18(3):247-51.

266. Keskin C, Keleş A, Sarıyılmaz Ö. Efficacy of glycolic acid for the removal of calcium hydroxide from simulated internal resorption cavities. *Clin Oral Investig*. 2021;25:4407-13.

267. Almasri A, Abduljalil M, Aksoy U. Efficacy of different irrigation activation techniques on dentinal tubule penetration of the novel AH-Plus Bioceramic Sealer. *Appl Sci*. 2024;14(2):701.

8. EKLER

EK-1: Etik Kurul Onayı



DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
YEREL ETİK KURUL KARARLARI



Protokol No: 2023-16
Tarih: 29.03.2023

TANIMLAYICI BİLGİLER	
Sorumlu Araştırmacı Unvanı / Adı	Dr. Öğretim Üyesi Merve YENİÇERİ ÖZATA
Kurumu / Anabilim / Bilim Dalı	Endodonti Anabilim Dalı
Araştırmacı (Protokol) Kodu	2023 - 16
Yürüttüğü Dr. Öğretim Üyesi Merve YENİÇERİ ÖZATA'nın yaptığı "Ardışık Ve Devamlı Şelasyonun Biyoseramik Bir Patın Dentin Tübül Penetrasyonu Üzerindeki Etkileri: Bir Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop Çalışması " başlıklı, 2023-16 Protokol no.lu çalışma Etik Kurulumuz tarafından görüşülmüş olup, Etik Kurallara UYGUN OLDUĞUNA, Oy Çokluğu –Oy Birliği ile karar verilmiştir.	

DİĞER ARAŞTIRMACILAR

No	Unvanı	Adı / Soyadı
1	Dt./Araş. Görevlisi	Muharrem BATUR

Görevi	Adı Soyadı	Birimi	Evet	Hayır	İmza
Başkan	Prof. Dr. Köksal BEYDEMİR	Diş.Hek.Fak. Protetik Diş Tedavisi A.D.			
Başkan Yrd.	Prof. Dr. Seher Gündüz ARSLAN	Diş.Hek.Fak. Ortodonti A.D.			
Raportör	Dr. Öğretim Üyesi Nedim GÜNEŞ	Diş.Hek.Fak. Ağız, Diş Ve Çene Cerrahisi A.D			
Üye	Prof. Dr. Ahmet DAĞ	Diş. Hek.Fak. Periodontoloji A.D.			
Üye	Prof. Dr. Sema ÇELENK	Diş.Hek. Fak. Çocuk Diş Kliniği A.D.			
Üye	Prof. Dr. Selçuk TUNİK	Tıp Fak.Histoloji ve Embriyoloji A.D.			
Üye	Prof. Dr. M. Zülküf AKDAĞ	Tıp Fak. Biyofizik A.D.			
Üye	Prof. Dr. Hasan AKKOÇ	Tıp Fak. Farmakoloji A.D.			
Üye	Dr. Öğretim Üyesi Ersin UYSAL	D.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yük. Okulu			
Üye	Doç. Dr. Üyesi Elif Pınar BAKIR	Diş.Hek.Fak. Restoratif Diş Tedavisi A.D			
Üye	Av. Evin DAŞ	D.Ü Hukuk Müşavirliği			

EK-2: Güç Analiz Raporu (Priori)

Koruk D, Basmacı F, Kırmızı D, Aksoy U. The impact of laser-activated and conventional irrigation techniques on sealer penetration into dentinal tubules. Photobiomodul Photomed Laser Surg. 2022;40(8), 565-72.

Gpower Protokolü

F tests – ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input: Effect size f = 0.7541924

α err prob = 0.05

Power ($1-\beta$ err prob) = 0.95

Number of groups = 9

Output: Noncentrality parameter λ = 30.7155335

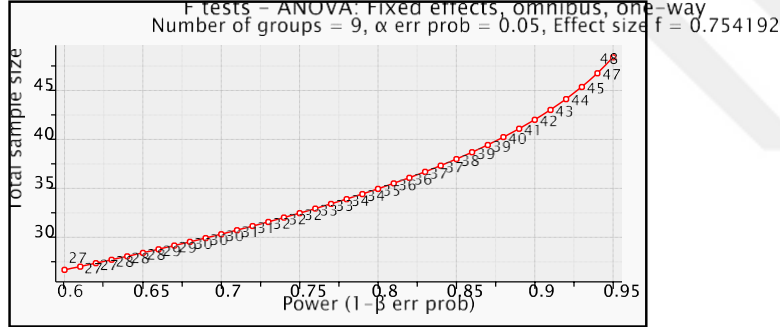
Critical F = 2.1521329

Numerator df = 8

Denominator df = 45

Total sample size = 54

Actual power = 0.9740077



EK-3: Güç Analiz Raporu (Post-Hoc)

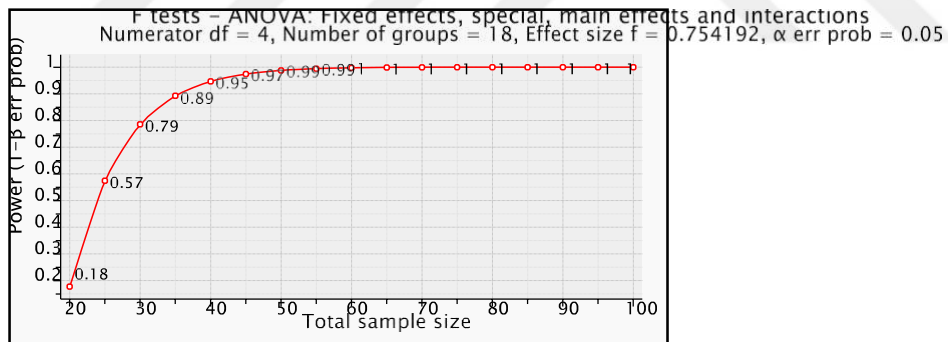
Koruk D, Basmacı F, Kırmızı D, Aksoy U. The impact of laser-activated and conventional irrigation techniques on sealer penetration into dentinal tubules. Photobiomodul Photomed Laser Surg. 2022;40(8), 565-72.

G*Power Protokolü

F tests – ANOVA: Fixed effects, special, main effects and interactions

Analysis: Post hoc: Compute achieved power

Input:	Effect size f	= 0.7541924
	α err prob	= 0.05
	Total sample size	= 198
	Numerator df	= 4
	Number of groups	= 18
Output:	Noncentrality parameter λ	= 112.6236
	Critical F	= 2.4218431
	Denominator df	= 180
	Power (1- β err prob)	= 1.0000000



9. ORJİNALLİK RAPORU

TEZ ORJİNALLİK RAPORU

ORJİNALLİK RAPORU

% **11**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **8**

İNTERNET KAYNAKLARI

% **6**

YAYINLAR

% **3**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

acikbilim.yok.gov.tr

İnternet Kaynağı

% **4**

2

Submitted to Dicle University

Öğrenci Ödevi

% **1**

3

acikerisim.dicle.edu.tr:8080

İnternet Kaynağı

% **1**

4

docs.neu.edu.tr

İnternet Kaynağı

% **1**

5

abakus.inonu.edu.tr:8080

İnternet Kaynağı

<% **1**

6

bmcoralhealth.biomedcentral.com

İnternet Kaynağı

<% **1**

7

acikerisim.dicle.edu.tr

İnternet Kaynağı

<% **1**

8

Gürten, Volkan Süleyman. "Dental İmplantlar Üzerinde Oluşturulan Mikrobiyal Biyofilmin Uzaklaştırılmasında Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması", İzmir Katip Celebi University (Turkey), 2024

Yayın

<% **1**

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı	Muharrem	Soyadı	BATUR
------------	----------	---------------	-------

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık	Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.B.D.	2024
Tezsiz Yüksek Lisans	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2018
Lisans	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2018
Lise	Siirt Atatürk Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
	Diş Tabibi	Batman Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	2019-2020
	Öğretim Görevlisi	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2020-2021
	Araştırma Görevlisi	Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2021-2024