



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



**FARKLI SICAKLIKLARDAKİ İRRİGASYON
SOLÜSYONLARININ BİYOSERAMİK ESASLI
KANAL PATİNİN BAĞLANMA DAYANIMINA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Dt. Hasret KILIVAN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL

DİYARBAKIR

2024



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

**FARKLI SICAKLIKLARDAKİ İRRİGASYON
SOLÜSYONLARININ BİYOSERAMİK ESASLI
KANAL PATİNİN BAĞLANMA DAYANIMINA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Dt. Hasret KILIVAN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL

DİYARBAKIR

2024

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce
desteklenmiştir.

Proje No: DİŞ.23.008

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

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Uzman Öğrencisi Hasret KILIVAN'ın "Farklı Sıcaklıklardaki İrrigasyon Solüsyonlarının Biyoseramik Esaslı Kanal Patının Bağlanma Dayanımına Etkisinin İncelenmesi" başlıklı tezi tarafımızdan incelenmiş; amaç, kapsam ve kalite yönünden Diş Hekimliği Fakültesi Uzmanlık Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir.

DİYARBAKIR / 04.06.2024

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL

Anabilim Dalı Başkanı
Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA

Yukarıdaki tez, Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı tarafından 04.06.2024 tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Belgin GÜLSÜN
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

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. Merve YENİÇERİ ÖZATA

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL

Dr. Öğr. Üyesi Celalettin TOPBAŞ

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.

04.06.2024

Dt. Hasret KILIVAN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince akademik ve mesleki bilgisini benimle paylaşan, emeğini benden esirgemeyen, tez dönemimde karşılaştığım zorluklarda hep desteğini hissettiğim değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL’a,

Gerek tez sürecimde gerek uzmanlık sürecim boyunca tecrübe ve bilgisiyle ihtiyaç duyduğum her an yanımda olan, kattığı vizyonla eğitim sürecimi geliştiren, üzerimde çok emeği olan sevgili hocam Doç. Dr. Merve YENİÇERİ ÖZATA’ya,

Klinik öneri ve destekleriyle cesaretlendiren, samimiyetleriyle uzmanlık sürecimi verimli geçirmemi sağlayan, tavsiyeleri ve deneyimleriyle uzmanlık hayatıma büyük katkıları olan hocalarım Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL’e, Prof. Dr. Sadullah KAYA’ya,

Hayatım boyunca her koşulda yanımda olan ve beni koşulsuz destekleyen canım aileme, kardeşlerim Kübra KILIVAN’a ve Cansel KILIVAN’a

Asistanlık sürecim boyunca birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum tüm bölüm arkadaşlarım Dt. Muharrem BATUR, Dt. Merve DOĞAN İLİK, Dt. Gamze DURAK ÖZKILIÇ, Uzm. Dt. Nihal Firdevs ÖZFİDAN, Uzm. Dt. Elif Nur YOLCU, Dt. Merve DEFİŞET, Dt. Ayşenur ÇAM’a ve Dt. Rojda YILMAZ’a,

Hayatımda oldukları süre boyunca varlıklarıyla mutluluk duyduğum, hayatıma dair tüm süreçlerde desteklerini ve sevgilerini hep hissettiğim, uzmanlık eğitimim boyunca birbirimizin yoldaşı olduğumuz, aynı kliniği paylaşıp güzel anılar biriktirdiğimiz biricik arkadaşlarım Uzm. Dt. Ezgi İlkay ZENGİN’e, Uzm. Dt. Emine Ceyda GÜNEŞ’e ve Uzm. Dt. Asiye Nur Geylani’ye,

Tüm kalbimle sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BEYAN	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
SEMBOLLER/KISALTMALAR	x
RESİMLER DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xv
ÖZET	1
ABSTRACT	3
1.GİRİŞ.....	5
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Endodontide İrrigasyon	7
2.1.1. Sodyum hipoklorit	9
2.1.2. Etilen diamin tetraasetik asit.....	10
2.1.3. Klorheksidin	11
2.2. Çalışmamızda Kullanılan Şelasyon Ajanları	12
2.2.1. Etidronik asit.....	12
2.2.2. Glikolik asit	14
2.3. İrrigasyonun Etkileri.....	15
2.3.1. Smear tabakası	15
2.3.2. Dentin erozyonu	15
2.4. İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri	16
2.4.1. Manuel aktivasyon çeşitleri	16
2.4.2. Preperasyon ve aktivasyonu birlikte yapan sistemler	17
2.4.3. Sonik aktivasyon sistemleri	17
2.4.4. Ultrasonik aktivasyon sistemleri	18
2.4.5. Lazer ile aktivasyon.....	18
2.4.6. Düzenli basınç oluşturan sistemler	19
2.5. İrrigasyon Solüsyonlarında Sıcaklık Değişiminin Etkisi.....	20

2.6. Kök Kanallarının Doldurulması	21
2.6.1. Kök kanal dolgu materyalleri	23
2.6.2. Kök kanal dolgu patları	23
2.6.2.1. Çinko oksit öjenol içerikli patlar	24
2.6.2.2. Cam iyonomer içerikli patlar	25
2.6.2.3. Kalsiyum hidroksit içerikli kanal patları	25
2.6.2.4. Rezin içerikli kanal patları	25
2.6.2.5. Biyoseramikler	25
2.6.2.5.1. Mineral trioksit agregat (MTA) içeren patlar	26
2.6.2.5.2. Kalsiyum silikat fosfat içeren patlar	27
2.7. Çalışmamızda Kullanılan Kanal Patı	27
2.8. Adezyon (Bağlanma)	27
2.9. Kök Kanalına Bağlanmayı Etkileyen Faktörler	28
2.9.1. Kök kanalı özelliklerinin bağlanmaya etkisi	28
2.9.2. İrrigasyon solüsyonlarının bağlanmaya etkisi	28
2.9.3. Kanal dolgu patlarının bağlanmaya etkisi	29
2.10. Bağlanma Dayanımı	29
2.10.1. İtme bağlanma dayanımı testi	30
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	32
3.1. Güç Analizi ve Örnek Sayılarının Belirlenmesi	32
3.2. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması	32
3.3. İrrigasyon Solüsyonlarının Hazırlanması	35
3.3.1. NaOCl solüsyonunun hazırlanması	35
3.3.2. EDTA solüsyonunun hazırlanması	35
3.3.3. Glikolik asit solüsyonunun hazırlanması	36
3.3.4. HEDP çözeltisinin hazırlanması	37
3.4. Kanalların Kemomekanik Şekillendirilmesi	38
3.5. Kök Kanallarının Final İrrigasyonu ve Aktivasyonu	40
3.7. İncelenecek Örneklerin Hazırlanması	45
3.8. Örneklerle İtme Bağlanma Dayanımı Testi Uygulanması	47
3.9. İstatistiksel Analiz	49
4. BULGULAR	50
4.1. İtme Bağlanma Dayanımı Testi	50

4.2. İtme Bağlanma Dayanımı Testi Sonucu Oluşan Başarısızlık Tipleri.....	54
5. TARTIŞMA	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
7.KAYNAKLAR.....	73
8. EKLER.....	88
9.ORJİNALLİK RAPORU	89
10.ÖZGEÇMİŞ	90



SEMBOLLER/KISALTMALAR

%: yüzde

ark. : arkadaşları

HV: Vickers sertlik testi

N: Newton

Π : pi sayısı

r: Yarıçap

h: Yükseklik

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

İBD: İtme bağlanma dayanımı

MTA: Mineral Trioxide Aggregate

EBA: Etoksi Benzoik Asit

KIBT: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

°C: derece

G: Gauge

ark.: arkadaşları

ml: mililitre

mm: milimetre

μ m: mikrometre

Ca: Kalsiyum

Mg: Magnezyum

Fe: Demir

NiTi: Nikel Titanyum

pH: Power of Hidrojen

pKa: Asit-baz titrasyonlarından tayin edilebilen asit ayrışma sabitinin (-) logaritması

sn: saniye

dk: dakika

Hz: hertz

kHz: kilohertz

NaOCl: Sodyum hipoklorit

HEDP: Hidroksietiliden difosfonik asit (Etidronik Asit)

EDTA: Etilen diamin tetraasetik asit

GA: Glikolik Asit

IP6: Fitik asit

CA: Sitrik asit

MA: Maleik asit

PAA: Perasetik asit

IKI: İyodin potasyum iyodit

CHX: Klorheksidin

OH: Hidroksil iyonu

Ca(OH)₂: Kalsiyum hidroksit

DS: Distile su

DW: Distilled water

MTAD: Mixture of Tetracycline İsomer, Acid and Detergent

CLSM: Confocal Laser Scanning Microscopy

SAF: Self Adjusting File

UI: Ultrasonik Irrigasyon

PUI: Pasif Ultrasonik Irrigasyon

PIPS: Photon Induced Photoacoustic Streaming

p: İstatistiksel anlamlılık

>: Büyüktür

<: Küçüktür

=: Eşittir

H₀: Sıfır hipotezi

H₁₁: Birinci Alternatif Hipotez

H₁₂: İkinci Alternatif Hipotez

H₁₃: Üçüncü Alternatif Hipotez

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: Dişlerden alınan radyografi örneği	33
Resim 2: Çalışmada kullanılan %5 NaOCl	35
Resim 3: Çalışmada kullanılan %17 EDTA solüsyonu	36
Resim 4: Çalışmada kullanılan %17 Glikolik Asit solüsyonu	36
Resim 5: Çalışmada kullanılan Dual Rinse (HEDP) kapsülleri	37
Resim 6: %5 NaOCl ile Dual Rinse kapsül karışımı	37
Resim 7: Reciproc R25 ve R40 numaralı eğeler	38
Resim 8: Çalışmamızda kullanılan endodontik motor	39
Resim 9: Yandan perfore steril irrigasyon iğnesi	39
Resim 10: 22 °C’de (oda sıcaklığında) etüvde bekletilen solüsyonlar	41
Resim 11: 37 °C’de (vücut sıcaklığında) etüvde bekletilen solüsyonlar ve dişler	42
Resim 12: 37 °C’de çalıştığımız ultrasonik banyo	42
Resim 13: Eighteeth ultrasonik aktivasyon cihazı	43
Resim 14: VDW Reciproc R40 no’lu güta perka	44
Resim 15: AH Plus Bioceramic pat	44
Resim 16: Etüv Fırını	45
Resim 17: Akril kaplanmış diş kökleri	46
Resim 19: Elmas separe	46
Resim 18: Dijital kumpas	46
Resim 20: İsomat cihazı ve kesit alma işlemi	47
Resim 21: Push-Out işlemi yapılacak kesitler	48
Resim 22: Örneklere itme bağlanma dayanımı testinin uygulandığı Üniuersal Test Cihazı	48
Resim 23: Örneklere itme bağlanma dayanımı testinin uygulanması	49
Resim 24: Çalışmamızda kullanılan Stereomikroskop	54
Resim 25: Koheziv tip bağlantı başarısızlığının stereomikroskop görüntüsü	56
Resim 26: Adeziv tip bağlantı başarısızlığının stereomikroskop görüntüsü	57
Resim 27: Karışık tip bağlantı başarısızlığının stereomikroskop görüntüsü	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Push-out testinin şematik gösterimi	31
Şekil 2: Çalışmanın metodolojik özeti	34
Şekil 3: Ortalama Bağlanma Dayanımı Değeri.....	53
Şekil 4: Tüm örnekler arasında gözlenen bağlantı başarısızlık tiplerinin grafiksel gösterimi.....	56



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Solüsyon, sıcaklık ve kesitlere göre bağlanım dayanımı (MPa) değerlerinin karşılaştırılması	50
Tablo 2: Solüsyon, sıcaklık ve kesite göre bağlanım dayanımı (MPa) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri	52
Tablo 3: Şelatör gruplarına göre bağlantı başarısızlıklarının adeziv, koheziv ve karışık tipte frekans ve yüzde olarak gösterimi.....	55



FARKLI SICAKLIKLARDAKİ İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ BİYOSERAMİK ESASLI KANAL PATININ BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hasret KILIVAN

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim UYSAL

Endodonti Anabilim Dalı

ÖZET

Amaç

Bu çalışmanın amacı, farklı sıcaklıklardaki irrigasyon solüsyonlarının biyoseramik esaslı kök kanal patının bağlanma dayanımına etkisini push-out testi kullanılarak değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem

Çalışmamızda 72 adet tek kök ve kanala sahip mandibular premolar diş kullanıldı. Dişler rastgele 6 gruba (n=12) ayrıldı; **Grup 1:** 5 ml 22 °C'de %5 Sodyum hipoklorit (NaOCl) + 22 °C'de 5 ml %17 Etilendiamin tetra asetik asit (EDTA), **Grup 2:** 5 ml 37 °C'de %5 NaOCl + 37 °C'de 5 ml %17 EDTA, **Grup 3:** 5 ml 22 °C'de %5 NaOCl + 22 °C'de 5 ml %17 Glikolik asit (GA), **Grup 4:** 5 ml 37 °C'de %5 NaOCl + 37 °C'de 5 ml %17 GA, **Grup 5:** 22 °C'de 20 ml %5 NaOCl ile kombine kullanılan Dual Rinse (HEDP) (Medcem, Weinfelden, İsviçre), **Grup 6:** 20 ml %5 NaOCl ile kombine kullanılan Dual Rinse HEDP karışımı 37 °C'de kullanıldı. Kök kanalları Reciproc R40 (VDW, Münih, Almanya) NiTi eğelerle apikal çap #40 olacak şekilde preparasyon tamamlandı. İlk dört grupta final irrigasyon, 22 °C'de ve 37 °C'de 5 ml standart NaOCl solüsyon hacmiyle tamamlanırken, 5. ve 6. gruplarda ise 22 °C'de ve 37 °C'de 10 ml %5 NaOCl ile kombine kullanılan Dual Rinse HEDP karışımı ile tamamlandı. Tüm gruplarda final irrigasyonda kullanılan şelasyon ajanları 30 sn'lik pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) aktivasyonu ile aktive edildi. Kanallar 5 ml distile su ile yıkanarak kağıt konlar ile kurutulup R40 güta perkalar ile AH Plus Bioceramic (AHBC; Dentsply Sirona, York, PA, ABD) kök kanal patı kullanılarak tek kon dolum yöntemiyle kanal doluları tamamlandı. Örnekler bir hafta süreyle inkübatörde tutuldu. Soğuk akrille kaplı dişler IsoMet (IsoMet, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) cihazı ve 0,3 mm kalınlığındaki elmas disk (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Türkiye) yardımıyla su soğutması altında köklerin apikal 2 mm ve 5 mm seviyelerinden 1 mm kalınlığında horizontal iki kesit alındı. Test numuneleri, yükleme hızı 1 mm/dk olan kanal dolgu çapına uygun orta üçlüde 0,8 mm, apikal üçlüde ise 0,3 mm çaplarında paslanmaz çelik test ucuna sahip bir Universal Test Makinesi (Instron, Canton, MA, ABD) kullanılarak itme test yöntemine tabi tutuldu. Solüsyon, sıcaklık ve kesite göre normal dağılıma uyan bağlanım dayanımı değerlerinin karşılaştırılmasında Üç Yönlü ANOVA testi kullanıldı.

Bulgular

Solüsyon ana etkisi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p=0,020). Sıcaklık ana etkisi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,001). Kesit ana etkisi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0,001).

Sonuç

EDTA solüsyonu, Dual Rinse HEDP solüsyonuna göre bağlanma dayanımını anlamlı derecede arttırmıştır. Solüsyonların ısı artışıyla bağlanma dayanımları artmıştır. Apikal bölgedeki bağlanma dayanımları orta bölgeye oranla daha düşük bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Devamlı şelasyon, Dual Rinse, EDTA, Glikolik asit, push-out bağlanma dayanımı



INVESTIGATION OF THE EFFECT OF IRRIGATION SOLUTIONS AT DIFFERENT TEMPERATURES ON THE BOND STRENGTH OF BIO CERAMIC BASED CANAL SEALER

Hasret KILIVAN

Adviser of Thesis: Asst. Prof. İbrahim UYSAL

Department of Endodontics

ABSTRACT

Aim

The aim of this study was to evaluate the effect of irrigation solutions at different temperatures on the bond strength of bioceramic-based root canal paste using push-out test.

Materials and Methods

In our study, 72 mandibular premolar teeth with single root and canal were used. The teeth were randomly divided into 6 groups (n=12); **Group 1:** 5 ml 5% sodium hypochlorite (NaOCl) at 22 °C + 5 ml 17% ethylenediamine tetra acetic acid (EDTA) at 22 °C, **Group 2:** 5 ml 5% NaOCl at 37 °C + 5 ml 17% EDTA at 37 °C, **Group 3:** 5 ml 5% NaOCl at 22 °C + 5 ml 17% glycolic acid (GA) at 22 °C, **Group 4:** 5 ml 5% NaOCl at 37 °C + 5 ml 17% GA at 37 °C, **Group 5:** Dual Rinse (HEDP) (Medcem, Weinfelden, Switzerland) used in combination with 20 ml 5% NaOCl at 22 °C, **Group 6:** Dual Rinse HEDP used in combination with 20 ml 5% NaOCl at 37 °C. Root canals were prepared with Reciproc R40 (VDW, Munich, Germany) NiTi files with apical diameter #40. In the first four groups, final irrigation was completed with 5 ml of standard NaOCl solution volume at 22 °C and 37 °C, while in the 5th and 6th groups, final irrigation was completed with 10 ml of Dual Rinse HEDP mixture used in combination with 5% NaOCl at 22 °C and 37 °C. In all groups, the chelating agents used in the final irrigation were activated by passive ultrasonic irrigation (PUI) activation for 30 s. The canals were washed with 5 ml of distilled water, dried with paper cones, and canal filling was completed by single cone filling method using R40 gutta percha and AH Plus Bioceramic (AHBC; Dentsply Sirona, York, PA, USA) root canal paste. Samples were kept in the incubator for one week. Two 1 mm thick horizontal sections were taken from the apical 2 mm and 5 mm levels of the roots under water cooling using an IsoMet device (IsoMet, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) and a 0.3 mm thick diamond disc (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Turkey). The specimens were subjected to the thrust test method using a Universal Testing Machine (Instron, Canton, MA, USA) with a stainless steel test tip with diameters of 0.8 mm in the middle third and 0.3 mm in the apical third, suitable for the canal filling diameter, with a loading speed of 1 mm/min. Three-way ANOVA test was used to

compare the bond strength values, which followed a normal distribution according to solution, temperature and cross-section.

Results

The main effect of solution was statistically significant on the mean values of bond strength ($p=0.020$). The main effect of temperature was statistically significant on the mean values of bond strength ($p<0.001$). The main effect of cross-section was statistically significant on the mean values of bond strength ($p<0.001$).

Conclusion

EDTA solution significantly increased the binding strength compared to Dual Rinse HEDP solution. The bond strengths of the solutions increased with increasing temperature. The bond strengths in the apical region were found to be lower than the middle region.

Key words: Continuous chelation, Dual Rinse, EDTA, Glycolic acid, push-out binding strength

1.GİRİŞ

İdeal kök kanal tedavisi, kanal sisteminde ulaşılabilen tüm noktaların dezenfekte edilmesi, kök kanalında bulunan enfekte dokuların uzaklaştırılması ve sonucunda kök kanalının hermetik olarak doldurulmasını kapsayan bir tedavidir. Bu sayede periapikal dokuların sağlıklı bir şekilde devamlılığı amaçlanmaktadır (1).

İsthmuslar, oval çıkıntılar ve apikal deltalar gibi bölgelere mekanik preparasyon ile ulaşılammaktadır (2). Bu ulaşılammayan alanların temizlenebilmesi ve dezenfeksiyonu için şekillendirme işleminin irrigasyon ile desteklenmesi gerekmektedir (3).

Kanal duvarlarında dentin tübüllerinin üzerini örten, organik ve inorganik içeriğe sahip, kanal şekillendirmesi sırasında oluşan tabakaya smear tabakası denir (4). Smear tabakası, irrigasyon solüsyonlarının ve kanal patının tübüllere penetrasyonuna engel olur (5, 6). Smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırmak için farklı solüsyonlar kullanılırken, organik kısmını uzaklaştırmak için sodyum hipoklorit (NaOCl) kullanılır. İnorganik kısmını uzaklaştırmak için en sık kullanılan kimyasal ajan etilen diamin tetra asetik asit (EDTA)'tir (7).

Crumpton ve ark %17'lik EDTA'nın 1 dakika (dk) kullanılmasının smear tabakasını etkin bir şekilde uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte 1 dk'dan uzun süre %17'lik EDTA'nın radiküler dentinle teması dentin mikrosertliğini azaltmakta ve dentinde erozyona neden olmaktadır (8). EDTA'nın NaOCl ile birlikte kullanılması, EDTA ile NaOCl'nin reaksiyona girerek NaOCl'nin etkisini de azaltmaktadır (9).

Alfa hidroksi asitler (AHA) olarak bilinen Glikolik asit (GA), organik asitler grubunun en küçük üyesidir. GA renksiz, suda çözünen, kokusuz bir materyaldir (10). Yapılan çalışmalarda glikolik asitin kollajen sentezini ve fibroblast proliferasyonunu arttırdığı rapor edilmiştir (11, 12). GA, yara iyileşmesini desteklemek için kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, GA'nın restoratif prosedürler sırasında mine ve dentinin aşındırmasında uygun bir yapıya sahip olduğu ve EDTA'dan daha az

sitotoksik olduğu gösterilmiştir (13). GA'nın kök kanal duvarlarından smear tabakasını çıkarmak için uygun bir ajan olabileceği düşünülmektedir (14).

Etidronik asit; su arıtma, kozmetik, deterjan ve farmasötik arıtmada kullanılan 1-hidroksietan 1,1-difosfonik asit (EA) veya etidronat olarak da bilinen bir bifosfonattır. Etidronik asitin zayıf bir şelatör olmasından dolayı NaOCl ile karıştırılarak kullanılabilmekte ve etidronik asit EDTA'ya oranla dentinde daha düşük düzeyde harabiyet oluşturmaktadır (15). Etidronik asit (HEDP)'in geleneksel şelatörlere alternatif olma özelliği dentin dokusunu daha az etkilemesiyle ilgilidir (16). HEDP'nin NaOCl'nin antimikrobiyal etkinliğini değiştirmeden, NaOCl ile birlikte kullanılabilen biyouyumlu tek şelatör olduğu ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin EDTA'ya benzediği düşünülmektedir (17).

Sonuç olarak NaOCl ve HEDP karışımının final şelasyon ajanı yerine enstrümantasyon boyunca ve enstrümantasyondan sonra tek bir irrigant olarak kullanılabilmesi smear tabakasının daha oluşmadan önlenmesini sağlar (18). Bu tez çalışması EDTA, GA ve HEDP'nin farklı sıcaklıklarda kullanılarak biyoseramik esaslı kök kanal patının bağlanma dayanımına etkisini karşılaştırmayı amaçlamıştır.

Çalışmanın bir sıfır (H_0) ve üç alternatif hipotezi (H_1) vardır. Hipotezlerimiz aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

H_{11} : Kanalın apikal ve orta bölgesinden ve sıcaklıklardan bağımsız olarak şelasyon ajanlarının biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi vardır.

H_{12} : Şelasyon ajanlarından ve sıcaklıklardan bağımsız olarak kök kanalının apikal ve orta bölgesinde biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi vardır.

H_{13} : Kanalın apikal ve orta bölgesinden ve şelasyon ajanlarından bağımsız olarak sıcaklığın biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi vardır.

H_0 : Farklı şelasyon ajanlarının değişen sıcaklıklarda kök kanalının apikal ve orta bölgesinde biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi yoktur.

2. GENEL BİLGİLER

İdeal bir kök kanal tedavisinin aşamaları; kron ve kök kanal sistemindeki pulpa dokusunun çıkarılması, kök kanalının mekanik olarak şekillendirilmesini takiben mekanik ve kimyasal yöntemlerle mikroorganizmalardan arındırılan kanalın kök ucuna kadar hermetik bir şekilde doldurulması şeklindedir (19).

İdeal bir kök kanal tedavisinin gerçekleştirilebilmesi için en önemli faktörlerin başında endodontik irrigasyon kavramı gelmektedir.

2.1. Endodontide Irrigasyon

Kök kanallarının bir yıkama mekanizması aracılığıyla uygun bir irrigasyon solüsyonu kullanılarak mikroorganizmalardan, preparasyon esnasında ve sonrasında oluşan dentin talaşlarından ve doku artıklarından arındırılması işlemine endodontik irrigasyon denmektedir (20).

Kök kanalı içerisindeki nekrotik artıkların ve pulpal dokuların uzaklaştırılması, kanal preparasyon aşamasında oluşan debrisin uzaklaştırılması ve lubrikasyon sağlanması, preparasyon sonrasında oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması ve kök kanal sisteminde dezenfeksiyonun sağlanması amacıyla irrigasyon solüsyonları endodontik tedavide standart olarak kullanılmaktadır (21).

İsthmüslerde ve aksesuar kanallarda mekanik preparasyon esnasında temas edilemeyen alanlar oluşmaktadır ve kök kanal sistemi içerisindeki bu gibi ulaşılamayan alanlara irrigasyon solüsyonları erişerek etki etmektedir (22).

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği; kök kanal sistemine iletimi için kullanılan irrigasyon tekniğine, solüsyonun kimyasal özelliklerinin yanı sıra kullanılan solüsyonun miktarına, solüsyonun ısisına ve dentin yüzeyi ile temas süresine bağlıdır (23).

Kök kanal tedavisinin başarısında irrigasyon solüsyonunun sahip olduğu özellikler önemli bir faktördür. İdeal irrigasyon solüsyonu şu özelliklere sahip olmalıdır (24-26):

- Biyouyumlu olmalı,
- Kanal boşluğundan kolayca uzaklaştırabilmeli,
- İnorganik ve organik dokuları çözebilmeli,
- Dentin yapısına zarar vermemeli,
- Smear tabakasını çözüp uzaklaştırabilmeli,
- Düşük yüzey gerilimine sahip olmalı,
- Lubrikant olmalı,
- Endotoksinleri nötralize edebilmeli aynı zamanda germisid, fungusid ve antibakteriyel olmalı,
- Stabil olmalı,
- Kokusu ve tadı rahatsız edici olmamalı,
- Renk değişikliğine sebep olmamalı,
- Etkinliğini uzun süre korumalı,
- Ekonomik olmalı,
- Uygulaması pratik olmalı,
- Raf ömrü uzun olmalıdır.

İstenilen bütün özelliklere sahip irrigasyon solüsyonları endodontide mevcut değildir. Bu nedenle ideal etkinin sağlanması amacıyla iki ya da daha fazla irrigasyon solüsyonu beraber kullanılmaktadır (24, 27).

İrrigasyon solüsyonları kendi içinde gruplandırılmıştır (28).

1. Alkalın solüsyonlar: Kalsiyum hidroksit [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] ve Sodyum Hipoklorit (NaOCl)
2. Katyonik biguanidler: Klorheksidin (CHX)
3. Şelasyon ajanları: Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA), Sitrik Asit (CA), Hidroksietiliden Difosfonat (HEDP)
4. Oksitleyici ajanlar: Hidrojen Peroksit (H_2O_2), İyodin Potasyum İyodit (IKI), Karbamid Peroksit,
5. Tetrasiklin içeren solüsyonlar: MTAD ve Tetraclean
6. Endogram: Ruddle solüsyonu
7. Elektrokimyasal yöntemlerle aktive edilmiş sular: Oksidatif potansiyel su

8. Distile su.

2.1.1. Sodyum hipoklorit

NaOCl, 1. Dünya Savaşı esnasında ilk olarak askerlerin kontamine olmuş yaralarının temizlenmesi amacıyla %0,5'lik konsantrasyonu ile kullanılmıştır (29). 1920'lerde ise endodontik irrigasyon solüsyonu olarak ilk defa Coolidge, NaOCl'yi kök kanal sisteminde kullanmıştır (30).

NaOCl, dinamik bir reaksiyonda su ile temas ettiğinde sodyum hidroksit (NaOH) ve hipokloröz asite (HOCl) ayrışır. NaOCl'nin, yağ asidini bozması ilk olarak yağ tuzları ve gliserol ile sonuçlanan sabunlaşma reaksiyonuyla olur (NaOCl'nin organik doku çözme mekanizması). NaOCl ayrıca hidroksil iyonu (OH^-) salan amino asitleri nötralize eder. Hidroksil iyonu, bakterilerin hücre duvarında bulunan fosfolipidlere lipid peroksidasyonu yoluyla zarar veren oksidatif serbest radikaldir (31). HOCl, amino asitteki hidrojen grubunu klor ile değiştirerek (ikinci doku çözme mekanizması) ayrıca amino asidin parçalandığı kloraminasyon reaksiyonunda yer alır. Ortaya çıkan yan ürün olan kloramin, bakteriyel enzimlerin sülfhidril grubunu (SH) geri dönüşümsüz olarak oksitlemekte ve sonuç olarak bakteriyel enzimatik aktiviteyi ve dolayısıyla hücre metabolizmasını inhibe etmektedir (31). NaOCl nekrotik doku çözücü özelliğinin yanısıra sahip olduğu geniş etki spektrumu sayesinde nonspesifik bakterisid etkinliğe sahiptir (32).

Endodontide NaOCl'nin hangi konsantrasyonlarda kullanılması gerektiği tartışmalıdır. NaOCl endodontide bikarbonatla tamponlu olarak pH 9'da %0,5 (dakin solüsyonu) veya %1'lik konsantrasyonlarda tamponsuz olarak ise pH 11'de %0,5 ile %5,25 konsantrasyon aralığında kullanılmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda NaOCl daha iyi doku çözücü özelliğe sahip olmasına rağmen düşük konsantrasyonlarda ve yüksek miktarda sıklıkla kullanıldığı zaman da aynı etkiyi göstermektedir (33). NaOCl'nin geniş spektrumlu antimikrobiyal özelliği bakteriler, bakteriofajlar, sporlar, virüsler ve mantarlar üzerinde etkilidir (33).

NaOCl'nin pH'sı ve konsantrasyonu artırılınca antibakteriyel ve organik doku çözme etkinliği artan bir irrigasyon ajanıdır. Toksik özellikleri de etkinlik artışıyla

artmaktadır (34). Sonuç olarak NaOCl'nin ideal pH değeri 11-12 iken konsantrasyonu ise %0,5-5,25 arasında değişmektedir (35, 36).

Sıcaklık artışı da konsantrasyon artışı gibi NaOCl'nin etkinliğini arttırmaktadır. Etkinliği artırmak için konsantrasyon ve sıcaklık artışı gibi faktörlerle birlikte NaOCl'nin kanal içerisinde sıkça tazelenerek irrigasyon yapılması gerekmektedir (37).

NaOCl, dentin kollajeni ve pulpa artıkları gibi organik yapıları kolayca çözebilmesine rağmen smear tabakasını tek başına uzaklaştıramaz (5, 38). İnorganik doku çözücülerlerden olan EDTA, Sitrik asit (CA) gibi şelatörlerle beraber kullanılması gerekir (39). NaOCl'nin doku çözme kapasitesi ve antimikrobiyal etkinliği EDTA gibi şelatörlerle teması sonucu klorun inaktive olması nedeniyle azalabilmektedir (34).

Kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında apikal bölgeye NaOCl'nin taşması periapikal dokularda hasara sebep olabilmektedir (40, 41). NaOCl'nin inorganik doku çözme özelliğinin olmaması, endodontik tedavi sırasında karşılaşılabilecek tıkalı kök kanalı ve kanal içi kalsifikasyon gibi durumlarda tam etki gösterememesi nedeniyle şelasyon ajanlarıyla beraber kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (42).

2.1.2. Etilen diamin tetraasetik asit

Dar ve kalsifiye kök kanallarının preparasyonunu kolaylaştırmak için EDTA'nın %15'lik konsantrasyondaki formu Nygaard-Østby tarafından 1957 yılında ilk kez endodontide kullanılmıştır (43). Bu şelatör $[CH_2N(CH_2COH)_2]_2$ formülüne sahip bir poliamino karboksilik asittir (44).

EDTA %17'lik konsantrasyonlar şeklinde rutin olarak kullanılmaktadır. EDTA 50 µm'lik dekalsifikasyon alanları oluşturarak smear tabakasına 1 dk'dan çok daha kısa sürede etki edebilir. Bu durumun endodonti için büyük bir öneme sahip olma nedeni, kök kanal preperasyonunda dar kanalların genişletilebilmesini sağlayabilmesidir (45).

EDTA'nın smear tabakasını uzaklaştırma yeteneğine sahip olmasının yanı sıra bakterilerin dış membranındaki katyonlarla şelasyon yaparak antibakteriyel etkinlik de

gösterebilmesi bir başka avantajıdır. Fakat EDTA'nın irrigasyon solüsyonu olarak tek başına kullanılması kanal içindeki antibakteriyel etkinliğin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır (46). EDTA'nın NaOCl ile beraber kullanılması kök kanalında bulunan mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasında etkinliğini arttırmaktadır. EDTA aynı zamanda dentinin tübüllerinde dezenfektan solüsyonların antibakteriyel etkinliklerinin artmasına da katkı sağlamaktadır (47).

EDTA, NaOCl ile karıştırılırsa NaOCl'nin doku çözücü etkinliği klorun inaktive olmasından dolayı azalır. Bu sebeple EDTA ile NaOCl ayrı kullanılmalı ve EDTA artıkları distile su ile yıkanarak uzaklaştırılmalıdır. EDTA'nın en aktif olduğu ideal konsantrasyonları %15 ve %17'lik formlarıdır (48).

EDTA irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine ulaşımını ve etkinliğini artırıp, kanal dolum materyallerinin adaptasyonunu güçlendirmektedir (4). EDTA'nın dentinde demineralizasyon ve erozyon etkisi konsantrasyon, kullanım süresi, pH gibi değişkenlerle orantılı olarak değişir. EDTA dentinde smear tabakasını etkileyerek dentin geçirgenliğini arttırmaktadır (49). EDTA zayıf toksisiteye sahip olmasına rağmen periapikal dokulara taşması halinde irritasyon oluşturabildiğinden, EDTA kullanılırken dikkatli olunmalıdır (50).

EDTA'nın çeşitli kimyasallarla modifiye edilmiş preparatları vardır. EDTA'ya quarterner amonyum bileşiği eklenerek EDTAC oluşturulmuştur. Böylece antimikrobiyal etkinliğin artırılması ve yüzey geriliminin düşürülmesi amaçlanmıştır. EDTA'nın üre peroksitle karışımıyla oluşturulmuş olan Rc-Prep yüzey dentininde erozyon oluşturmamaktadır. REDTA ise EDTA ve NaOCl karışımından oluşan tamponlanmış bir endodontik şelatördür (51).

2.1.3. Klorheksidin

Piyasa çoğunlukla glukonat tuzları olarak bulunan klorheksidin (CHX), kimyasal formu katyonik bis-biguanid'dir. Tıp bilimlerinde kullanımı 1953'lere dayanan klorheksidin, dişhekimliğinde antimikrobiyal etkinliğinden dolayı klorheksidin diglukonat halinde kullanılmaktadır (52, 53).

CHX'in kullanım konsantrasyonuna bağılı olarak antibakteriyel etkinliğı değışmektedir. Düşük konsantrasyonda bakteriyostatik, yüksek konsantrasyonda bakterisit etki göstermektedir. İrritan ve allerjen özelliklere sahip olmayıp biyoyumluluğı yüksek olan bir materyaldir (54).

Serum veya tükürükteki albümine, diş yüzeyindeki peliküle, tükürük ve mukoza zarı glikoproteinleri gibi proteinlere ve diş yapısındaki hidroksiapatit kristallerine CHX'in bağlanma yeteneğı mevcuttur (55, 56). Bu reaksiyon reversibledir (57). CHX'in absorbe edilip geri salınmasının geri dönüşümlü reaksiyonu substantivite olarak adlandırılır. Substantivite konsantrasyona bağılı olarak değışir. CHX'in uzun süreli antibakteriyel etkisi substantif özelliğı sayesinde ve 12 haftaya kadar bu antibakteriyel etkinliğinin devam ettiğı bildirilmiştir. CHX'in *Enterococcus faecalis* üzerindeki antibakteriyel etkinliğinin Ca(OH)_2 'den daha yüksek olduğı bildirilmiştir (58).

CHX, endodontide hem kanal içi medikament hem de irrigasyon ajanı olarak kullanılmaktadır. CHX'in endodontik irrigasyon ve kanal içi medikasyon ajanı olarak sıklıkla %2'lik solüsyon şeklinde kullanılmasına karşın dişhekimliğinde kullanılan derişimleri %0,12 ile %2 arasındadır (59). CHX, smear tabakası uzaklaştırmada doku çözücü etkisi olmadığından dolayı kullanılmamaktadır (60).

NaOCl ile CHX solüsyonlarının birbiriyle teması parakloroanilin olarak adlandırılan çözünmeyen toksik bir çökeltinin oluşumuyla sonuçlandığından dolayı bu iki irrigasyon solüsyonunun birlikte kullanımı önerilmemektedir (61, 62).

2.2. Çalışmamızda Kullanılan Şelasyon Ajanları

2.2.1. Etidronik asit

1-hidroksietan 1,1-difosfonik asit olarak da bilinen HEDP kemik rezorpsiyonunu önleyen bir madde olan olmasından dolayı tıpta osteoporoz ve paget hastalığının tedavisinde kullanılır. Dentin yapısında daha az etki göstermesi nedeniyle de geleneksel şelatörlerin yerine kanal tedavisinde etidronik asitin kullanılması önerilmektedir (63).

İnorganik doku çözücü olan HEDP; pH'ı yaklaşık 10,7 olan zayıf bir alkalın şelatlama maddesi olup, NaOCl ile antimikrobiyal/antibiyofilm ve doku çözücü özelliklerinden ödün vermeden karıştırılabildiğinden EDTA veya CA'ya alternatif olarak kullanılabilir (16).

NaOCl ve HEDP karışımı da kök kanal enstrümantasyonu sırasında geleneksel NaOCl ile EDTA'nın ardı sıra kullanımına benzer şekilde smear tabakası oluşumunu önleme ve sert doku kalıntı birikimini azaltma etkinliğine sahiptir. Ayrıca HEDP, NaOCl ile kombinasyon halinde her iki bileşiğin istenen özelliklerinin kısa süreli kaybı olmaksızın kullanılabilen biyouyumlu bir şelatördür. HEDP proteolitik ve antimikrobiyal özellikler de göstermektedir. HEDP, NaOCl'nin antimikrobiyal ve doku çözme etkinliğini kısıtlamadan birlikte kullanılabilen tek şelatördür (64). HEDP'nin NaOCl'nin serbest klor oranında azalmaya neden olmadığı Etidronik asit/NaOCl kombinasyonunun kanal içerisindeki *E. faecalis* biyofilm miktarını anlamlı ölçüde azalttığı bildirilmiştir. Böylece NaOCl'nin antimikrobiyal ve proteolitik etkisini baskılanmadığından NaOCl'nin *E. faecalis* üzerindeki etkinliği de azalmamaktadır (18).

HEDP irrigasyonunun EDTA ile final irrigasyonu yapılan dişlere kıyasla daha iyi dentin tübül dezenfeksiyonu sağladığı bildirilmiştir (65). HEDP'nin kök kanal irrigasyonunda kullanımı için önerilen konsantrasyonları %9 ve %18'lik konsantrasyonlarıdır. HEDP kök kanalının apikal üçlü bölgesindeki smear tabakasını uzaklaştırmada, kullanılan her iki konsantrasyonda da EDTA'ya göre daha fazla etkinlik göstermiştir (66). HEDP/NaOCl irrigasyonu kullanarak yapılan çalışmalarda genellikle %2,5 NaOCl ile %9 HEDP kullanmıştır. Bunun nedeni bu araştırmacıların, %18'lik bir HEDP solüsyonunu, %5'lik NaOCl ile birleştirerek kullanmasıdır (67, 68).

Sıralı şelasyon protokolü (NaOCl/EDTA), kök kanal tedavisinde en sık kullanılan irrigasyon protokolü olup dentinin tübüler açıklığının genişlemesine neden olur (17). Oluşan dentin erozyonuna bağlı olarak da intertübüler tünel oluşumuna neden olunabilmektedir (69). NaOCl/EDTA irrigasyonu, intertübüler dentinin yüzeysel 1–5 µm'lik kısmının ve dentin tübüler duvarlarının 20 µm'ye kadar olan kısmının tamamen dekalsifikasyonuna neden olur (17). EDTA'nın smear tabakasını hızlı bir şekilde çözmesi alt tabakalardaki sağlam dentini de olumsuz etkiler (70).

Sürekli şelasyon ise tüm bu sorunları çözmek için ideal irrigasyonun özelliklerini birleştiren basitleştirilmiş, tek, çok işlevli bir irrigasyon çözümü olarak tanıtılmıştır (71). Burada, HEDP NaOCl ile oldukça uyumlu olduğundan, NaOCl zayıf bir şelatörün tuzu olan HEDP ile karıştırılır (16). NaOCl/HEDP irrigasyonu, dentinde önemli bir demineralizasyona neden olmadan smear tabakası oluşumunu önler (17, 72) ve biyofilmleri yok eder (72). Bisfosfonatlar etidronat ve klodronat gibi nitrojen olmayan bileşikler mevcut sürekli şelatörlerdir. Dual Rinse (Medcem, Weinfelden, İsviçre) HEDP'nin piyasadaki ticari şeklidir (71).

2.2.2. Glikolik asit

Glikolik asit (GA) alkol ve karboksil kimyasal grupları içeren en küçük alfa hidroksi asittir. Şeker kamışı, pancar, üzüm ve diğer meyvelerde bulunan ve kokusu olmayan bu şeffaf kristal suda gayet iyi çözünmektedir (10). Özellikle cilt kozmetiklerinde ve cilt dokusunda kullanılan polilaktik-ko-glikolik asit (PLGA) gibi biyoyumlu polimerlerin hazırlanmasında bir monomer olarak da kullanılmaktadır (73).

Mine ve dentin yüzey pürüzlendirici olarak fosforik asidin yerine son zamanlarda kullanılması önerilmiştir (74). GA'nın kök kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA kadar etkili olduğu ve restoratif prosedürlerde mine ve dentin yüzey pürüzlendirme işlemi için uygun olduğu yapılan son çalışmalarda görülmüştür (74, 75). GA'nın EDTA'ya göre fibroblastlar üzerinde daha az toksik etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (76). Endodontide klinik kullanımına uygun olarak 4 °C, 25 °C ve 37 °C sıcaklıklarda saklandığında GA'nın, 90 gün boyunca pH stabilitesi gösterdiği ve dentinin fleksural gücünde değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir (77). GA kök kanal tedavisinde şelasyon ajanı olarak kullanıldığı zaman smear tabakasını da kaldırabilmektedir (77).

Yapılan bir çalışmada GA'nın %10, %17 ve %25 konsantrasyonlarıyla gerçekleştirilen final irrigasyon sonrasında tüm konsantrasyonlarda, GA gruplarının antibakteriyel etkinliklerinin EDTA ve CA'ya oranla daha yüksek çıkması GA'nın bu şelatörlere alternatif olarak kullanılabileceğini göstermiştir (78).

2.3. İrrigasyonun Etkileri

2.3.1. Smear tabakası

Smear tabakası; kök kanal tedavisinde preparasyon sırasında oluşan organik ve inorganik dokular, dentin talaşları ve mikroorganizmalar gibi kök kanal duvarlarında biriken amorf ve düzensiz yapıya denir (79). Dentinin preparasyon aşamasında kuru ya da ıslak olması, kanal preparasyonunda kullanılan kanal aletlerinin tipi, keskinliği, irrigasyon ajanları ile dentin tübülleri arasındaki adezyonu, gibi değişkenler smear tabakasının oluşumunda etkilidir (80).

Smear tabakası dentin yüzeyini kaplayarak tübüllerin ağızlarında bir tıkaç oluşturur. Smear tabakası hem yıkama solüsyonların penetrasyonunu hem de kanal patlarının adezyonunu olumsuz etkilediğinden bu tabakanın uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla değişik irrigasyon solüsyonları kullanılmaktadır (81). Hiçbir irrigasyon solüsyonu tek başına smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamaktadır (82).

Kombine kullanılan irrigasyon ajanlarının etkili olabilmesi için, solüsyonun tüm kanal yüzeylerine temas etmesi ve hem organik hem inorganik doku kalıntılarını tamamıyla uzaklaştırması gerekmektedir (83).

İrrigasyon solüsyonların kanal morfolojisine ve irrigasyon için kullanılan tekniklere bağlı olarak, kanal içindeki tüm alanlara ulaşabilmesi önemlidir. Kök kanalının sadece koronal ve orta kısımlarına iğneler ile yapılan irrigasyon, apikal kök kanalındaki smear tabakasının uzaklaştırılmasında yetersiz kalmaktadır (24).

2.3.2. Dentin erozyonu

Endodontik tedavi sırasında, şekillendirme ve irrigasyon aşamalarında diş yapısının korunması ve kök kanal dentinin zayıflatılmaması amaçlanmaktadır (84). Ancak endodontik tedavide kullanılan irrigasyon ve şelasyon ajanlarının dentin dokusunda birtakım değişikliklere neden oldukları gösterilmiştir (85). EDTA ve benzeri şelatörler ise, dentinde bulunan hidroksiapatit kristallerindeki kalsiyum iyonlarına bağlanarak dentinin inorganik yapısını bozmaktadır (4). Torabinejad ve ark.

EDTA, NaOCl, MTAD solüsyonlarının dentin erozyonuna etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, EDTA ve MTAD'nin dentinde yüzey erozyonuna neden olduğunu ve EDTA'nın MTAD'ye göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha fazla eroziv etki oluşturduğunu bildirmişlerdir (86). Erozyon kök kanalının uzunluğuna, dentin tübül yapısına ve penetresyonuna, dentinin sertliğine, solüsyonun konsantrasyon ve uygulama süresine, ortamın pH değerine bağlı olarak değişmektedir (4).

Hülsmann, dentin erozyonunun varlığında kanal dolgu maddelerinin dentin tübüllerine penetresyonunun zorlaşabileceğini bildirmektedir. Bunun yanı sıra endodontik tedavinin prognozunu, kök kanal dentininde meydana gelen erozyonun olumlu ya da olumsuz etkileyebileceği kesinlik kazanmamıştır (51).

2.4. İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

2.4.1. Manuel aktivasyon çeşitleri

İğne ile irrigasyon yöntemi, diş hekimleri ve endodontistler tarafından sıklıkla kullanılan geleneksel irrigasyon yöntemidir. Bu yöntemde şırıngaya çekilen irrigasyon solüsyonunun kanal içerisine konumlandırıldıktan sonra, iğnenin kanal içerisinde yukarı aşağı yönde hareketleri ile aktivasyonu sağlanır (87). Dental anestezi amaçlı olan enjektörlerin uçtan perfore olması irrigasyon amacıyla kullanıldıklarında irrigasyon solüsyonunun periapikal bölgeye taşma riskini barındırır. Bu yüzden endodontide irrigasyon amaçlı uç kısmı inaktif olup yan kısmından bir veya daha fazla perfore olacak şekilde üretilen enjektörler bu şekilde kullanılmalıdır (88). Genellikle 27 gauge veya 30 gauge iğneler kanalın apikal üçlüsüne erişim sağlamaktadırlar (89).

Kanal preparasyonu işlemi sonrasında kök kanal sistemi içerisinde irrigasyon solüsyonu mevcutken son kullanılan eğenin genişletme çapına uyumlu bir gütä perkanın elle ileri geri hareket ettirilerek hidrodinamik etki sağlanması esasına dayanan bir metoda manuel dinamik aktivasyon yöntemi denir. Maliyeti uygun ve basit bir tekniktir (90).

İrrigasyon aktivasyonu ve kök kanallarındaki debris ve doku kalıntılarının uzaklaştırılması için endodontik fırçalar da kullanılmaktadır. Endodonti pratiğinde EndoBrush (C&S Microinstruments Limited, Markham, Ontario, Kanada, ABD) bu

amaçla kullanılmaktadır. İrrigasyonla birlikte fırça kullanıldığında daha fazla debris kanaldan uzaklaştırılabilmektedir (91, 92).

2.4.2. Preparasyon ve aktivasyonu birlikte yapan sistemler

Self adjusting file (SAF) ve Quantec-E sistemleri preparasyon işlemi yanı sıra irrigasyonun aktivasyonunu da gerçekleştiren döner eğe sistemleridir. SAF; nikel titanyum (NiTi) bir kafesten oluşan ve kafes boşluğundan irrigasyon akışına izin veren bir sistemdir. İrrigasyon yaparken aynı zamanda bir miktar preparasyon yapmaktadır. Kanal anatomisine kolay uyum sağlar fakat etkin olabilmesi için ön genişletmeye ihtiyacı duyulur. Oval ve C şeklindeki kanallarda etkin bir irrigasyon ve temizleme kapasitesine sahiptir (93). Eğe sisteminin içinin boş olması sayesinde, şekillendirme esnasında kök kanalının devamlı olarak irrigasyon solüsyonuyla teması sağlanır. Bu sayede bir taraftan preparasyon yapılırken diğer taraftan ise debris dokusu devamlı irrigasyon sayesinde kök kanallarından uzaklaştırılmaktadır (94).

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA, ABD) dönen aletlerle şekillendirme sırasında sürekli olarak irrigasyon yapabilmektedir. Sistem irrigasyon solüsyonunu başlığın ucuna iletebilen iki solüsyon deposu, bir pompa ve bir boru sisteminden oluşur. İğne irrigasyonu ile karşılaştırıldığında, kök kanalının orta ve apikal üçte birlik kısımlarında daha az etkin olmakla beraber Quantec-E ile yapılan irrigasyonun koronal üçte birlik kısımda daha temiz kanal duvarlarının elde edildiği ve bu bölgede daha etkin smear tabakasının uzaklaştırılabildiği bildirilmiştir (95).

2.4.3. Sonik aktivasyon sistemleri

1-6 kHz aralığında salınım hareketi ile çalışan sonik aktivasyonu endodontik tedavide ilk kez 1985 yılında kullanıma sunulmuştur. Kök kanallarını dezenfekte etmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD), Vibringe (Vibringe B.V. Corp. Amsterdam, Hollanda) ve EDDY (VDW, Münih, Almanya) sonik aktivasyon amacıyla geliştirilmişlerdir (96). Ultrasonik cihazlar sonik sistemlere göre daha büyük kesme gerilimi üretmektedir (97). Sonik aktivasyonun eşliğinde yapılan enstrumantasyonla standart

el eğeleri ile yapılan enstrümantasyona göre daha temiz kök kanallarının elde edildiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (98, 99).

2.4.4. Ultrasonik aktivasyon sistemleri

Ultrasonik sistemler yatay titreşimle 25-30 kHz frekansta çalışır (55). Kalsifiye kanalların a ılması, kanal içi kırık alet gibi engellerin aşılması, apikal rezeksiyon işlemlerinde retrograd kavite preparasyonu, kök kanal enstrümantasyonu ve irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu gibi endodontide birçok kullanım alanına sahiptirler (100).

 ki çeşit ultrasonik aktivasyon bulunmaktadır. Birinci tip ultrasonik irrigasyon (UI), kanal içinde solüsyon aktive edilirken dentin duvarlarında enstrümantasyon da yaparlar. Ancak bu preparasyon yöntemi kanal içinde düzensiz alanlara, kanal anatomisinin bozulmasına ve perforasyonlara yol açabilir (101).

Diğer bir aktivasyon ise preparasyonu tamamlanmış kanalda sadece irrigasyon aktivasyonunun yapıldığı, ultrasonik ucun dentin duvarlarına temas etmediği yöntem ise pasif ultrasonik aktivasyon (PUI) olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemde akustik dalga kanal içine ince bir tel veya bir enstrüman ile ulaştırılır ve akustik dalgalanma ile solüsyonun dentin teması artırılır (101). Solüsyonun kök kanalındaki düzensiz alanlara, isthmuslara, lateral kanallara ve dentin tübüllerine ulaşması PUI aktivasyonu ile sağlanmaktadır. Irrigasyon solüsyonunun bu alanlara ulaşması sonucunda planktonik veya biyofilm halindeki mikroorganizmalar organik ve inorganik artıklar ve debris uzaklaştırılabilmektedir (102). Dentin tübüllerinin içerisine nüfuz eden *E. faecalis*'e karşı ultrasonik aktivasyonla, Ca(OH)₂ medikamentine benzer antibakteriyel etkilere sahip olduğu gösterilmiştir (103).

2.4.5. Lazer ile aktivasyon

Endodontide irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini arttırmak ve kanal içerisindeki apikal dallanmalar gibi enstrümantasyon ile erişimin güç olduğu alanların temizliğini sağlamak için lazerlerde kullanılabilmektedir (104). Lazer ortamı, optik rezonans odası ve rezonans odasına enerji yollayan pompa sistemi lazer sisteminin    bölümüdür. Lazer ortamındaki lazer aktif maddesine bakılarak lazer isimleri

belirlenmektedir (105). Lazerler irrigasyon solüsyonu içindeki su moleküllerinin termal etkiyle genleşmesi, buharlaşması ve patlamasına yol açarak kanal içindeki solüsyonda sekonder kavitasyonla etki göstermektedir. Aktivasyon için kullanılan lazerler Nd: YAG, Argon, Er: YAG ve CO₂ lazerdir (106).

Lazerlerin Endodontik Uygulamaları:

- Dentin hassasiyeti ve dentin yapısının modifikasyonu
- Pulpa teşhisi
- Pulpa kuafajı ve pulpotomi
- Kök kanal sisteminin temizlenmesi ve şekillendirilmesi
- Endodontik cerrahidir (107).

Er: YAG lazer sistemleri foton indüklenmiş fotoakustik dalgalanma (Photon Induced Photoacoustic Streaming-PIPS) prensibiyle çalışan lazerler olarak kullanıma girmiştir. Bu sistemde düşük enerjili lazer ile aktivasyonun yanında kanal dezenfeksiyonu da yapılabilmektedir. Bu aktivasyon ve dezenfeksiyona lazerin oluşturduğu fotoakustik şok dalgaları neden olmaktadır (108).

Endodontide lazerle yapılan irrigasyon aktivasyonlarında en son gelişme, bir Er: YAG lazeri ve pulpa odasının içine yerleştirilmiş bir fiber ucu kullanan lazer SWEEPS (Şok dalgasıyla güçlendirilmiş emisyon fotoakustik akış)'tir. SWEEPS gelişmiş fotoakustik akış ve şok dalgaları ile sıvıya darbeli lazer ışını yayarak bir dizi baloncuk oluşturmaktadır (109).

2.4.6. Düzenli basınç oluşturan sistemler

RinsEndo (Duerr-Dental, BittigheimBissingen, Almanya) irrigasyon sistemi negatif basınç teknolojisi ile üretilen bir kök kanal irrigasyon cihazıdır (88, 90). Sistem kanal içine solüsyonu verirken aynı zamanda 1,6 Hz titreşim frekansı ile de aktivasyon eşliğinde kanaldaki solüsyonu vakumlayarak geri çekmektedir (22).

EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA, ABD) sisteminde ise RinsEndo sisteminden farklı olarak enjektörle beraber kanalın apikaline yerleştirilen bir mikrokanül ve kanal koroneline yerleştirilen bir makrokanül bulunmaktadır. Negatif basınç ile kanal içine enjekte edilen solüsyon mikrokanül yardımıyla apikale iletildikten sonra vakumlanarak geri çekilir. Koronal bölgedeki debrisin kanal içinden uzaklaştırılmasını ise makrokanül ile sağlamaktadır (22). EndoVac sistemi irrigasyon solüsyonlarının periapikse taşmadan güvenli bir biçimde kanal içine iletebilen bir sistemdir. Farklı irrigasyon sistemleri kullanarak debris uzaklaştırılmasının incelendiği çalışmada Howard ve arkadaşları tarafından EndoVac sisteminin kök kanallarındaki debrisi önemli ölçüde elimine ettiği sonucuna varılmıştır (110).

2.5. İrrigasyon Solüsyonlarında Sıcaklık Değişiminin Etkisi

Konsantrasyon, pH, uygulama süresi, uygulanan solüsyon hacim, aktivasyon, artan azalan sıcaklık gibi özelliklere bağlı olarak yıkama solüsyonlarının etkinlikleri değişebilmektedir (111-114). Bir katının ıslanmasını etkileyen ana faktörlerden biri sıvının yüzey gerilimidir. Sıvıların içerisine yüzey gerilimini düşüren bazı maddeler eklenmesiyle ıslanabilirlik ve dolayısıyla sıvıların etkinlikleri artırılabilir. Yüzey gerilimindeki azalma, irrigasyon maddelerinin kök kanal sisteminin dentin duvarları ile temasını arttırmaktadır (115). Yapılan bir çalışmada yıkama sıvılarının önceden ısıtılmasıyla dentin tübüllerinin yüzey geriliminin azalarak kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunu arttığı gösterilmiştir (116).

Sıcaklık artışı NaOCl'nin doku çözme yeteneği ve antimikrobiyal aktivitesi arttırmaktadır (29, 117). Isıtılmamış NaOCl'nin organik debris ve pulpa artıklarını ısıtılmış haline göre daha az temizlediği bilinmektedir (118). NaOCl'nin ısıtılması, solüsyonun kanal içinde ısıtılması ya da kanal dışında önceden ısıtılması şeklinde yapılabilir (119, 120). Berutti ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmanın sonuçlarına göre; kanal dışında önceden ısıtılmış 50 °C sıcaklıktaki NaOCl solüsyonunun, 21 °C'deki NaOCl solüsyonuna göre kökün orta üçlüsünde daha fazla smear tabakası uzaklaştırdığını, apikal üçlüde ise smear tabakası kalınlığının kullanılan sıcaklıklar arasında farklı olmadığını bildirmişlerdir (121).

Organik doku çözme kabiliyeti tek başına NaOCl ve NaOCl/HEDP karışımının sıcaklığının artırılmasıyla iyileştirilmiştir. Ancak HEDP’li karışımın ısıtıldığında bu etkileri koruyabilmesi için solüsyonun sık sık tazelenmesi gerekmektedir. Farklı sıcaklıklarda ısıtılan HEDP’li karışımlarda serbest halde bulunan klorda çok hızlı azalmalar meydana geldiği ve sebebinin de NaOCl ile şelatörler arasındaki kimyasal reaksiyonların hızlanması olduğu düşünülmektedir (122). Sıcaklığın artışıyla ilgili bir çalışmada, distile ile karıştırılan NaOCl’nin serbest klor miktarının sabit kaldığı ancak şelatörlerle EDTA, HEDP ile yapılan karışımlarda zamanla klor miktarında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. HEDP ile NaOCl karışımında, iki saat sonra bile serbest klorun %25 oranında bulunduğu belirtilmiştir. EDTA ile NaOCl karışımında ise reaksiyonun son derece hızlı gerçekleştiği ve klorun aniden ve tamamen kaybolduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, EDTA ile karıştırılan çözeltinin ısıtılmasının önerilmediği vurgulanmıştır (123).

EDTA’nın da ısıtılması yüzey gerilimi düşürerek irriganların kök kanal dentinini ıslatma yeteneği artmaktadır (119). Isı artışıyla EDTA’nın kök kanal patlarının bağlanma kuvvetleri etkisi üzerine yapılan bir push-out çalışmasında, 37 °C EDTA ile irrigasyon yapılan örneklerde 22 °C EDTA ile irrigasyon yapılan örneklerle göre daha yüksek bağlanma mukavemeti değerleri elde edilmiştir (124). EDTA ve MTAD’nin sıcaklık değişimlerinin smear tabakası üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise apikal seviyede bile 25 °C ve 37 °C’deki EDTA ve MTAD’nin, 4 °C’deki EDTA ve MTAD’dan daha etkili olduğu gösterilmiştir (116).

GA’nın karakterizasyonu, dentinin bükülme mukavemeti ve yapısal bütünlüğü üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada CA hariç, EDTA ve GA çözeltileri artan sıcaklıklarla birlikte daha düşük pH ortalamalarına doğru bir eğilim göstermişlerdir (77).

2.6. Kök Kanallarının Doldurulması

Kök kanal tedavisinin başarısındaki en önemli faktörlerden biri temizlenen ve şekillendirilen kök kanallarının sızdırmaz, hermetik ve 3 boyutlu bir şekilde biyouyumlu materyaller ile doldurulmasıdır (125). Böylece dezenfeksiyonun

devamlılığı sağlanırken kök kanal sistemine dışarıdan ve dentin tübüllerinden gelebilecek mikroorganizmaların reenfeksiyon oluşturmaları da önlenmiş olur (126).

Kök kanallarının doldurulmasının amacı:

- Koronal sızıntı yoluyla kök kanalına mikroorganizmaların girişini engellemek,
- Kanal dezenfeksiyona rağmen kök kanalının içerisinde kalan mikroorganizmaların kanal içinde üreyip çoğalmalarını engellemek,
- Doku sıvılarının fizyolojik foramen, lateral kanallar veya furkal kanallar yoluyla kök kanalına sızıp mikroorganizmaların beslenmesi için ideal bir ortam hazırlamasını engellemek,
- Periodontal aralık veya cepten kök kanal boşluğuna doku sıvılarının sızmasını engellemektir (127).

İdeal bir kök kanal dolgu materyali;

1. Biyouyumlu olmalıdır,
2. Kanala yerleştirildikten sonra büzülmemeli, boyutsal stabilite göstermelidir,
3. Kök kanalını tüm duvarlar boyunca doldurabilmelidir,
4. Doku sıvılarında çözünmemeli ve doku sıvısından etkilenmemelidir,
5. Bakteriostatik olmalı,
6. Radyopak olmalı,
7. Sökümü kolay olabilmelidir,
8. Kullanımı kolay olmalıdır,
9. Hasarlı dokuların rejenerasyonunu desteklemelidir,
10. Periradiküler dokuları irrite etmemeli,
11. Antimikrobiyal olmalı,
12. Toksik olmamalı,
13. Adeziv olmalı ve kanal duvarına kolay adapte olabilmeli,
14. İyi akışkanlık özelliği göstermeli,
15. Dentini boyamamalı,
16. Kök yapısını desteklemeli ve güçlendirmeli,
17. Steril olmalı veya kolay steril edilebilmelidir (128).

2.6.1. Kök kanal dolgu materyalleri

Kök kanal dolgu maddelerini kanal patları ve kor materyalleri oluşmaktadır. Kor materyalleri tam bir sızdırmazlık sağlayamayacağından kanal dolgu patı ile beraber kullanılmaktadır. Kor materyali akıcı olan kanal patının yayılması, boşlukları doldurması ve şekillendirilmiş dentin duvarlarına kanal dolgusunun yapışması için piston görevi görmektedir (129).

2.6.2. Kök kanal dolgu patları

Adezyon ve tübül penetrasyonu gibi özellikleri bulunmadığından dolayı kanal dolgu materyallerinden olan kor materyalleri (güta perka) tek başına kanal dolumunda başarılı olamamaktadır. Tek başlarına kullanıldıklarında mikro/makro sızıntı ve kanal içi boşluk oluştuğu görülmüştür (130).

Bu nedenle kanal anatomisindeki düzensiz alanların, aksesuar kanalların dolumu ile kanal kor materyallerinin birbirlerine ve dentine bağlanmasında kanal dolgu patları kullanılmaktadır. Antimikrobiyal özellikteki kanal patlarının bu özelliklerini dolum sonrası kanal içinde bir süre daha devam ettirebilmeleri kanal patı kullanımının sağladığı bir başka avantaj olarak kabul edilmektedir (130).

Grassman'a göre kanal patlarında olması gereken özellikler;

- Kanal duvarlarına iyi penetre olmalı,
- Kanal içinde iyi bir tıkaç oluşturmalı,
- Radyopak olmalı,
- Toz kısmı likit kısmıyla kolay ve iyi karıştırılabilir özellikte olmalı,
- Sertleşirken büzülmemeli,
- Dişlerde renklenmeye neden olmamalı,
- Bakteriyostatik olmalı,
- Sertleşme zamanı çalışma için uygun olmalı,
- Doku sıvılarında çözünmemeli,
- Periapikal dokulara toksik etkisi olmamalı,

- Kök kanalından uzaklaştırılması gerektiği durumlarda çözücü maddelerle kolayca çözülebilmeli,
- Periapikal dokularda immun yanıtı sebep olmamalıdır (131).
- Karsinojenik ve mutajenik olmamalıdır (132).

Kanal patlarını kendi içinde sınıflandırılmıştır (133).

1. Çinko oksit ojenol içerikli patlar
 - a) Çinko oksit ojenol
 - b) İlaçlı olanlar
 - Paraformaldehit içerenler
 - Paraformaldehit içermeyenler
 - c) Öjenolsüz çinko oksit
2. Cam iyonomer içerikli patlar
3. Kalsiyum hidroksit içerikli kanal patları
4. Rezin içerikli kanal patları (polimerler)
 - a) Epoksi rezin içerikli patlar
 - b) Metakrilat rezin esaslı patlar
 - c) Polivinil (poliketon) rezin içerikli patlar
 - d) Silikon polimerler
5. Biyoseramikler
 - e) MTA içeren patlar
 - f) Kalsiyum-silikat-fosfat içeren patlar

2.6.2.1. Çinko oksit öjenol içerikli patlar

Yapısında çinko oksit ağırlıklı toz ve öjenol içeren likitten oluşmaktadır. Karışım sertleşince çinko-öjenolat oluşur. Çinko oksit öjenol kök kanal dolgu patının düşük antimikrobiyal etkinliği vardır. Bunun yanında antienflamatuar ve analjezik etkisi de bulunmaktadır (113).

Ojenol içerenler: Rickert patı, Wach patı, Grossman patı, Tubliseal, Roth-801

Paraformaldehit içerikli patlar: N2, Endometazon

Paraformaldehit içermeyen patlar: Endoseal, Rocanal 2, Rocanal 3

Ojenol içermeyen çinko oksit patları: Nogenol, Canals-N (133).

2.6.2.2. Cam iyonomer içerikli patlar

Birçok avantaja sahiptirler. Bu kanal patlarının doku sıvılarında çözünürlüğünü azdır, kök dentinine adaptasyonları iyidir, flor salınımı yaparlar ve biyoyumludurlar (134, 135). Dezavantajları ise kanal içine uygulanması zordur, çalışma süresi kısadır ve periapikal dokulara taşıdığı rezorbe olmamaktadırlar. Ayrıca sertleşme sırasında kanaldaki nemli ortamdan etkilenerek mikrosızıntıya sebep olabilir. Cam iyonomer esaslı patların başlıcaları şunlardır; Endion, Ketac-Endo, Aktiv GP (133).

2.6.2.3. Kalsiyum hidroksit içerikli kanal patları

Antibakteriyel özellikleri olan ve periapikal doku iyileşmesini hızlandıran patlardır. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ içerikli kanal patları kolay manipasyonu, alkali pH'sı, antibakteriyel etkisi, kanal dışına taşıdığı rezorbe olabilmesi, sert doku oluşumuna katkı sağlaması ve antienflamatuvar etki göstermesi gibi avantajlara sahiptir. Sealapex, Biocalex, Acroseal, Sealer 26, Apexit ve Apexit Plus $\text{Ca}(\text{OH})_2$ içerikli kök kanal dolgu patlarından (136).

2.6.2.4. Rezin içerikli kanal patları

Rezin içerikli kök kanal dolgu patlarından epoksi rezin içerikli olanlar apikal üçlü bölgesinde iyi bir örtücülük sağlar çünkü bu patların çözünürlüğü düşüktür (137). AH 26 ise ihtiva ettiği gümüş dişte renklenmeye neden olabilir. Formaldehit içerir ve sertleşme süresi uzundur. Bu dezavantajlarından dolayı AH 26'nın özellikleri geliştirilerek AH Plus (Dentsply, De Trey, Germany) kullanılmaya başlanmıştır (138).

2.6.2.5. Biyoseramikler

Yakın zamanda endodontinin kullanım alanına biyoyumlu olduklarından dolayı girmişlerdir. Biyoseramikler, değişik formlarda olabilmektedir. Bunlar tek kristalli

(safır), polikristalin yapılı seramik (alümina ve hidroksiapatit), biyoaktif cam, biyoaktif cam seramik veya biyoaktif kompozit (polietilen–hidroksiapatit) formlarıdır (139). Hazır enjektör içerisinde olan formları da vardır. Biyoseramik kanal patları nem varlığında sertleşirler ve hidrofiliktirler. Bu sebeple kanallar biyoseramik esaslı kanal patı ile doldurulacaksa biraz nemli bırakılmalıdır. Sertleşme sonucu boyutları değişiklik göstermez, stabildirler. Antimikrobiyal etkileri yüksek pH'larına bağlı olarak sertleşme sırasında ortaya çıkar. Periapikal dokulara taşıdığı inflamatuvar yanıtı neden olmama gibi avantajlara sahiptirler (140). Dentine iyi bağlanmaları hidroksiapatit oluşturmaları sayesinde (141). Sertleşme sürelerini kanal ortamının çok kuru olması uzatmaktadır. Dentine kimyasal olarak bağlanmaları nedeniyle kanal yenileme ihtiyacı olduğunda kanaldan uzaklaştırılmaları çok zordur (142). Hidrofilik özelliği sayesinde lateral kanallara ulaşma ve kanal içi düzensizliklere yayılarak iyi penetre olabilmesi gibi avantajları sebebiyle kullanımı sıklıkla tercih edilmektedir. Biyoseramik içerikli patlara örnek olarak; Bioseal, Endosequence BC Sealer, Smartpaste Bio, MTA Fillapex, MTA Obtura, ProRoot Endo Sealer örnek verilebilir (143).

Biyoseramik esaslı patlar 2 gruba ayrılır;

-Mineral trioksit agregat (MTA) içerenler

-Kalsiyum silikat fosfat içerenler

2.6.2.5.1. Mineral trioksit agregat (MTA) içeren patlar

MTA endodontide birçok kullanım alanına sahip önemli materyallerden biridir. Yüksek pH'a sahip olması, çözünürlüğünün az olması ve hermetik kapama yapabilmesi nedeniyle; endodontide vital pulpa tedavilerinde, kök kanallarında retrograt dolgularda ve perforasyon tamir materyali olarak birçok alanda kullanılabilmektedir (144). Bu gibi avantajları nedeniyle MTA içerikli kanal patları üretilmiş olup adezyon, akıcılık ve uygun sertleşme süresi de ideal pat olma yolunda eklenen özelliklerdendir. Bu gruba ait örnek patlar; MTA obtura, MTA fillapex'dir (145).

2.4.5.2. Kalsiyum silikat fosfat içeren patlar

İçeriklerinde kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit, hidroksiapatit ve zirkonyum oksit bulunur. Yapısında bulunan hidroksiapatit ve kalsiyum silikat nedeniyle biyoaktif ve biyouyumludur. Hidrofilik olduğundan ortamdaki nem ile sertleşmektedir. Bu gruba ait örnek patlar; Well Root ST, Bioseal ve AH Plus Bioseal'dir (141).

2.7. Çalışmamızda Kullanılan Kanal Patı

AH Plus Bioceramic (AHBC; Dentsply Sirona, York, PA, ABD) kanal patı Dentsply Sirona firmasına ait olup Maruchi tarafından üretilmiştir. Dentsply DeTrey GmbH tarafından dağıtılmaktadır. İçerisinde; zirkonyum dioksit (%50–%75), trikalsiyum silikat (%5–%15), dimetil sülfoksit (%10–%30), lityum karbonat (<%0,5), koyulaştırıcı madde (<%6) bulunmaktadır. Akışkan kıvama sahip hazır enjektör içinde piyasaya sunulmuş, herhangi bir ön karıştırma gerektirmeyen ve kök kanalı ortamından nem emerek sertleşen bir kök kanal patıdır. Biyouyumludur ve periodontal dokuları irrite etmez. İyileşme tepkisini indükleyen hidroksiapatit oluşumu için ideal ortamı sağlar. 2-4 saatlik hızlı ve tahmin edilebilir sertleşme süresi vardır. Düşük çözünürlüğe sahiptir ve tamamen sertleşene kadar çözünmeden yerinde kalır.

2.8. Adezyon (Bağlanma)

İki yüzey arasında meydana gelen kuvvetler sonucunda oluşan tutunmaya adezyon denir. İdeal bir kanal dolgusunda bulunması gereken önemli özelliklerden birisi iyi bir adezyondur. Adezyon özelliği iyi olan kök kanal patı, kanal duvarı ile güta perka arasında iyi bir bağlantı sağlayarak kök kanal tedavisinin başarıya ulaşması sağlamaktadır (146).

Bağlanılan (dentin veya güta perka) yüzeyin enerjisi, bağlayıcının (pat) yüzey gerilimi, ıslak yüzeylere bağlanma kabiliyeti ve bağlanılan yüzeyin temizliği gibi birçok faktör adezyonu etkileyebilmektedir. İki cismin arasındaki ara yüzeyde başarısızlık oluşmuşsa adeziv başarısızlık, adezyondaki başarısızlık ara yüzde değil de cisimlerden birinin kendi içinde meydana gelirse koheziv başarısızlık olarak

adlandırılmaktadır. İkisinin beraber görüldüğü kopma tipi olan karışık tip bağlantı başarısızlığı da mevcuttur (147).

Kanal dolgu maddelerinin dentinal duvarlara adezyonun iki avantajı mevcuttur. Birincisi statik etki yani dolgu ile dentin duvarı arasında sıvının süzülmesini takiben boşlukların elimine edilmesidir (148). İkincisi ise dinamik etki yani materyalin yerinden çıkartılmasına karşı gösterdiği direncidir (149).

2.9. Kök Kanalına Bağlanmayı Etkileyen Faktörler

Kök kanal sistemi anatomisi ve morfolojik farklılıklarıyla bağlanma için olumsuz koşullara sahiptir. Ayrıca dentinin aktif bir doku olması, organik yapısı da bağlanma için zorlaştırıcı faktörler arasındadır. Bağlanmayı zorlaştıran diğer faktörler arasında kök kanalında düzensiz sekonder dentin oluşumu, rezorpsiyon alanları, pulpa taşları ve lateral kanalların varlığı yer almaktadır (150).

2.9.1. Kök kanalı özelliklerinin bağlanmaya etkisi

Konfigürasyon faktörü (C faktörü) bağlanan yüzeyin bağlanmayan serbest yüzeylere oranı olarak tanımlanır. C faktörünün artışı polimerizasyon büzülmesine bağlı olarak bağlanan yüzeylerde stresi arttırarak bağlanma dayanımının azalmasına neden olur. Rezin esaslı materyaller için C faktörü önem taşırken, çalışmamızda kullanılan kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının bağlanma dayanımı üzerinde anlamlı etki oluşturmamaktadır. Apikaldeki bağlanmayı zorlaştıran temel nedenler ise apikal kök dentininin sklerotik yapısı ve bölgeye materyali uygulanmanın zorluğudur (151).

2.9.2. İrrigasyon solüsyonlarının bağlanmaya etkisi

İrrigasyon solüsyonları, kök kanalı yüzeyine bağlanmayı dentinin kollajen yapısını ve smear tabakasını etkileyerek yaparlar. NaOCl, irrigasyon solüsyonu olarak pek çok olumlu özellik taşımasına rağmen rezin esaslı kök kanal dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını azaltmaktadır (152). Çünkü NaOCl kullanımından sonra yüzeyde kalan oksijenin özellikle rezin esaslı materyallerin polimerizasyonunu etkilediği yapılan bir çalışma sonucunda gösterilmiştir (153).

Bir başka çalışmada ise NaOCl ve CHX irrigasyonu sonrası MTA'nın bağlanma dayanımı karşılaştırılmış ve NaOCl grubunun daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır (154).

2.9.3. Kanal dolgu patlarının bağlanmaya etkisi

Dentinin yapısı kök kanal dolgu patlarının dentinle olan bağlantısındaki en önemli faktördür. Hidroksiapatit dentini oluşturan ana maddedir. Dentin hidrofilik bir yapı gösterir ve homojen bir yapı sergileyen minenin aksine heterojen yapıdadır. Dentin mineye göre daha düşük bir yüzey enerjisi gösterir (155). Kök kanal dolgu patları veya diğer adeziv materyallerin adezyonu mine ve dentin arasındaki bu farklılıklara bağlı olarak değişebilir. Konvansiyonel patlarda mekanik bir bağlanma söz konusuysen kimyasal adezyon yoktur ancak günümüzde kullanılmakta olan patlar ile kimyasal adezyon mümkün olabilmektedir (156). Pat ve dentin yüzeyi arasındaki temasın artması kök kanal dolgu patı ve dentin yüzeyi arasındaki bağlanmayı artırır (157). Patın akışkanlığı ve ıslatma özelliği de bu teması etkilemektedir. Islatma miktarı, akışkan madde ve katı madde arasındaki temas açısı ile belirlenir (158). Irrigasyon solüsyonları bakterilerin tutunmasını engellemek için dentinin yüzey gerilimini düşürebilirler. Böylece pat-dentin bağlanması, kök kanal tedavisi sırasında kullanılan yıkama solüsyonlarından etkilenmiş olur (159-161).

2.10. Bağlanma Dayanımı

Bağlanma dayanımı, malzemelerin kopmaya ya da yerinden çıkmaya gösterdikleri dirençtir (162). Diş hekimliğinde kullanılan biyomalzemeler düzgün bir sızdırmazlık sağlamak için yer değiştirmemeli ve dentin duvarlarına düzgün yapışma sağlamalıdır. Yeterli sızdırmazlık için temel kriter dentine bağlanma dayanımı olarak kabul edilir. Dentine yetersiz bağlanma dayanımı durumunda bakteri ve ürünlerinin mikrosızıntısı sonucunda tedavinin başarısızlıkla sonuçlandığı görülmektedir (163).

Bağlantı dayanımı değerlendirmesinde kullanılan mekanik testler (164):

1. Makaslama bağlanma dayanımı testi (Shear bond strength test)
2. Gerilme bağlanma dayanımı testi (Tensile bond strength test)
3. Çekme bağlanma dayanımı testi (Pull-out bond strength test)

4. İtme bağlanma dayanımı testi (Push-out bond strength test)

İtme bağlanma dayanımı (İBD) testi, düşük bağlanma dayanımı değerlerinin dahi ölçülebildiği diğerlerine göre daha güvenilir ve oldukça hassas olan bir yöntemdir (165).

2.10.1. İtme bağlanma dayanımı testi

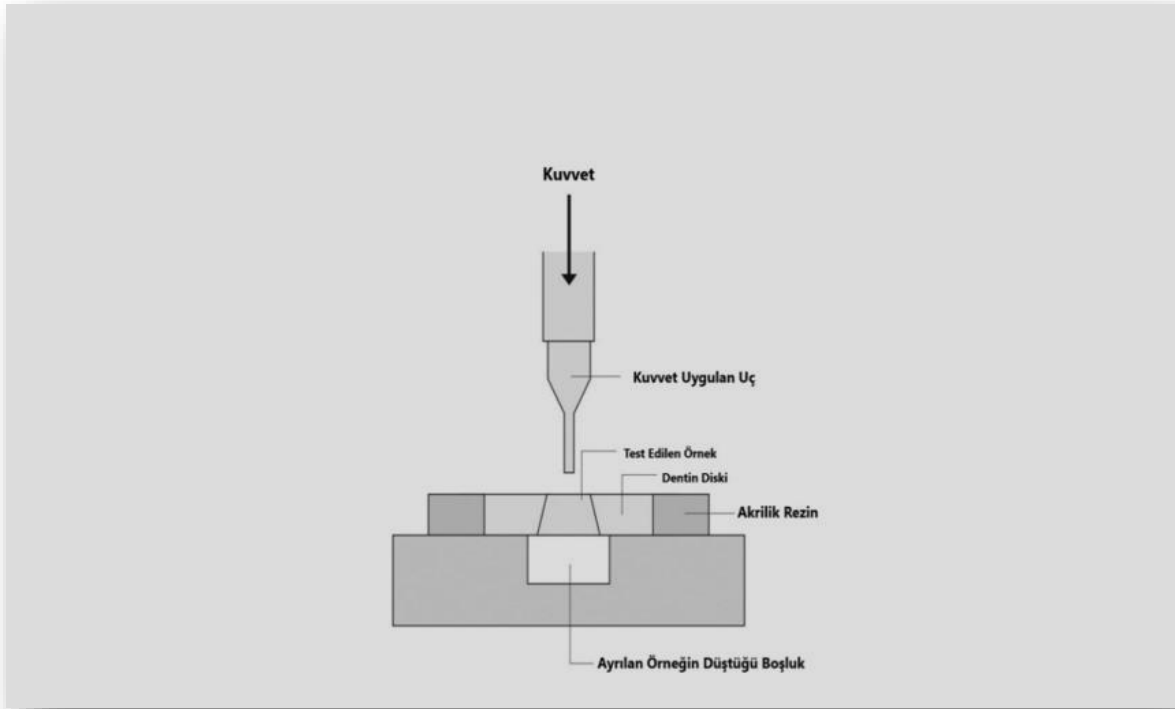
Push-out bağlanma dayanımı testinin, diğer bağlanma testlerine göre esas avantajı dentin ile çevrili bir kanal içindeki bir malzemeyi test etme yeteneğidir. Bu yöntem ilk olarak Roydhouse tarafından 1970 yılında tanıtılmıştır (166).

Kök kanallarına simante edilen materyaller yatay olarak ince kesitler şeklinde kesilip bir dijital uzunluk ölçüm cihazı ile kesilen örneklerin kalınlıkları ölçülür. Sonrasında bir Instron cihazına yerleştirilen kesitlere bir plunger yardımıyla apiko koronal yönde kopma meydana gelene kadar kuvvet uygulanmasıyla ‘mikropush-out test’ veya ‘ince kesitli push-out test’ olarak adlandırılan test yapılmış olur. Kopmanın gerçekleştiği andaki maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden kaydedilir. Bağlanma dayanımı kuvvetinin yüzey alanına bölünmesiyle MPa cinsinden de hesaplama yapılmış olur (167).

Hazırlanan kesitlerin 1-2 mm kalınlığında olması önemlidir. Kök kesitleri kalın hazırlandığında adeziv ara yüzünde birbirine denk olmayan yüksek stresler oluşmaktadır (168). Push-out bağlanma dayanımı ölçüm tekniğinde kök dentininden alınan kesitlerin de kullanılabilmesine karşın, diğer testlerde sadece koronal dentinden alınan örneklerin kullanılabilmesi testin avantajlarından biridir (169).

Kök ve koronal dentinin yapısal farklılıkları verileri etkileyebilmektedir. Böylece kök kanalının doldurulmasından önce uygulanan ve kök kanal dentin yapısını etkileyen temizleme ve şekillendirme prosedürleri de verileri etkilemiş olmaktadır (170). Bu test, düşük bağlanma dayanımlarına sahip kök kanal dolgu patlarının değerlendirilebilmesine olanak sağlamaktadır (165).

Bununla birlikte, diş preparasyon yöntemi, kök dolum zamanlaması, piston çapı ve kök dolgu malzemesinin özellikleri İBD testinin kurulumunda, çalışmadan çalışmaya farklılık gösteren ve bağlanma testi ölçümlerini etkileyebilecek çok sayıda değişkenlerdendir (171).



Şekil 1: Push-out testinin şematik gösterimi (172).

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda planlandı ve Konya Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi. Mevcut çalışma için Dicle Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Yerel Etik Kurulu'nun 2023/18 no'lu kararı ile etik kurul onayı alındı.

3.1. Güç Analizi ve Örnek Sayılarının Belirlenmesi

Çalışmamızda kullanılacak diş sayısını belirlemek amacıyla G Power 3.1 paket programı (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak örnek genişliği hesaplanmıştır. %95 güven ($1-\alpha$), %95 test gücü ($1-\beta$), $f=0,433$ etki büyüklüğü ile her bir grupta 15 ve 6 grupta toplamda 90 örnek alınması ya da testin gücü minimum değer olan %80 alındığında ise her bir grupta 10 toplamda ise 6 grupta 60 örnek olması gerektiği hesaplanmıştır. Bu veriler doğrultusunda çalışmamızda her bir grupta 12 toplamda ise 6 grupta 72 örnek kullanılmıştır.

3.2. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması

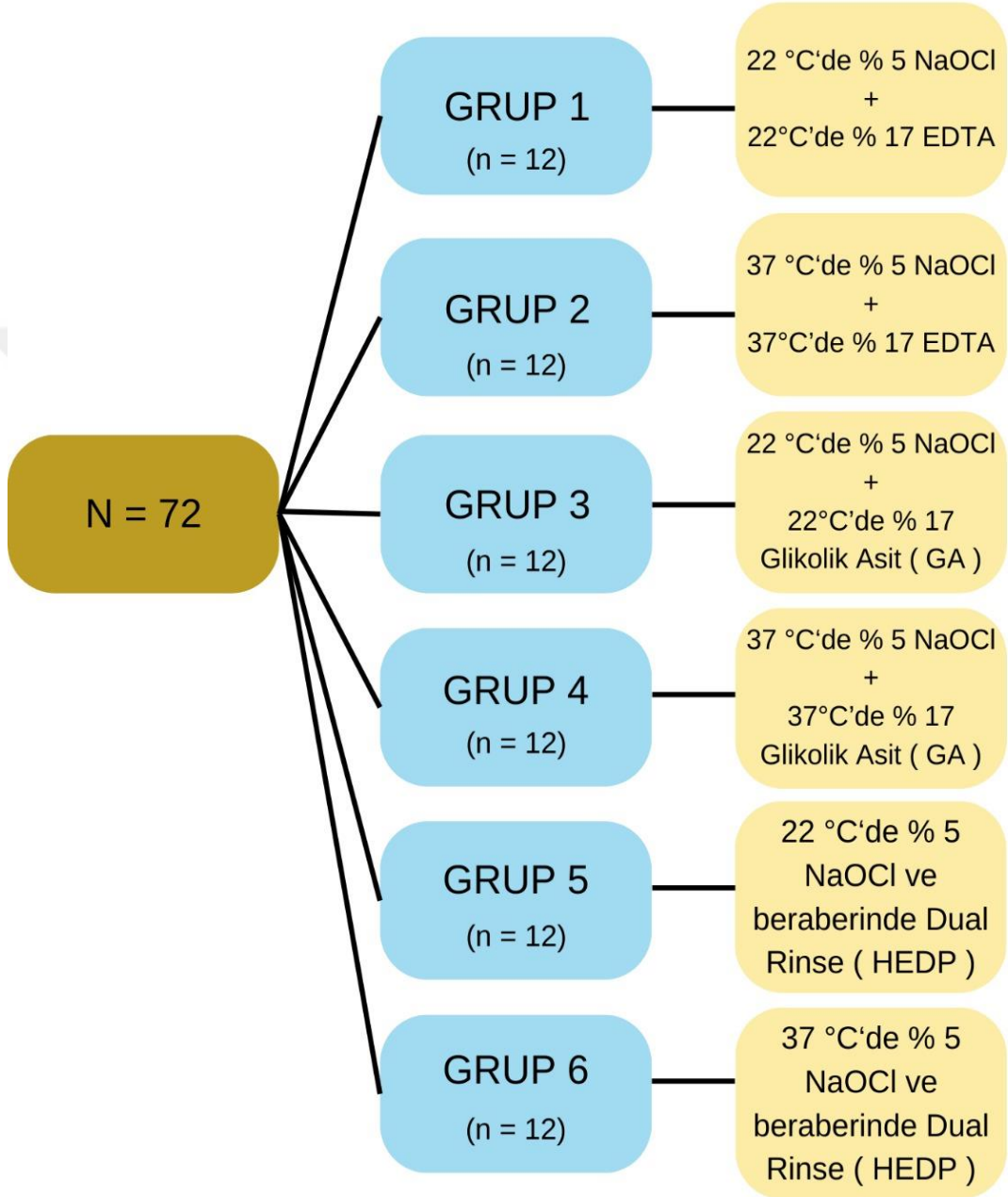
Çalışmamızda ortodontik veya periodontal sebeplerle çekilmiş, tek köklü ve tek kanallı 72 adet mandibular premolar diş kullanıldı. Tüm işlemler standardizasyon sağlamak amacıyla tek operatör tarafından gerçekleştirildi. Çalışmaya dahil edilen dişler üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları ile debrisler periodontal küret kullanılarak uzaklaştırıldı. Hazırlanan dişler çalışmanın yapılacağı zamana kadar serum fizyolojik solüsyonunda oda sıcaklığında bekletildi.

Diş seçimi yapılırken; kök gelişimini tamamlamış olması, kanal içi kalsifikasyon olmaması, kök yüzeyinde herhangi bir kırık, çatlak, iç-diş rezorpsiyon olmaması ve kök eğiminin 10° 'yi aşmaması kriter olarak alındı. Dişlerin giriş kaviteleri oluşturulduktan sonra, kanal girişlerinin doğruluğu kontrol edilip, dişlerin apikal açıklığı ve kanal sayısı K tipi #15 no'lu bir eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kontrol edilerek apikale kadar ilerlemeyen, düz ve tek kanala sahip

olmadığı tespit edilen dişler çalışmaya dahil edilmedi. Ayrıca kanal sayısı ve tek apikal foramenin varlığı periapikal radyografi ile doğrulandı (Resim 1). Seçilen dişler standart uygulamanın sağlanması amacıyla 15 mm uzunluğunda olacak şekilde su soğutması altında elmas fissür frez (ISO 806314, 014, Meisinger, Almanya) kullanılarak kronlarından ayrıldı.



Resim 1: Dişlerden alınan radyografi örneği



Şekil 2: Çalışmanın metodolojik özeti

3.3. İrrigasyon Solüsyonlarının Hazırlanması

3.3.1. NaOCl solüsyonunun hazırlanması

Bu araştırmada kullanmak üzere %5'lik NaOCl irrigasyon solüsyonu (Microvem, İstanbul, Türkiye) hazır halde alındı (Resim 2).



Resim 2: Çalışmada kullanılan %5 NaOCl

3.3.2 EDTA solüsyonunun hazırlanması

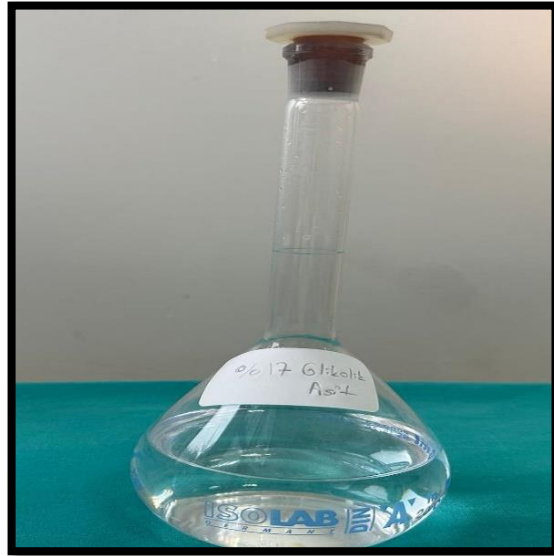
Bu araştırmada kullanmak üzere %17'lik EDTA irrigasyon solüsyonu (Saver, Prime Dental Products PVT Ltd. , Maharashtra, Hindistan) hazır halde alındı (Resim 3).



Resim 3: Çalışmada kullanılan %17 EDTA solüsyonu

3.3.3. Glikolik asit solüsyonunun hazırlanması

50 ml'lik boş bir balon jojeye 8,5 mg GA (Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, ABD)(CAS No: 79-14-1) tozu konulduktan sonra üzeri distile su ile tamamlandı. Solüsyon bir manyetik karıştırıcıda 3 dk boyunca karıştırıldı. Böylece %17'lik GA solüsyonu elde edildi (Resim 4).



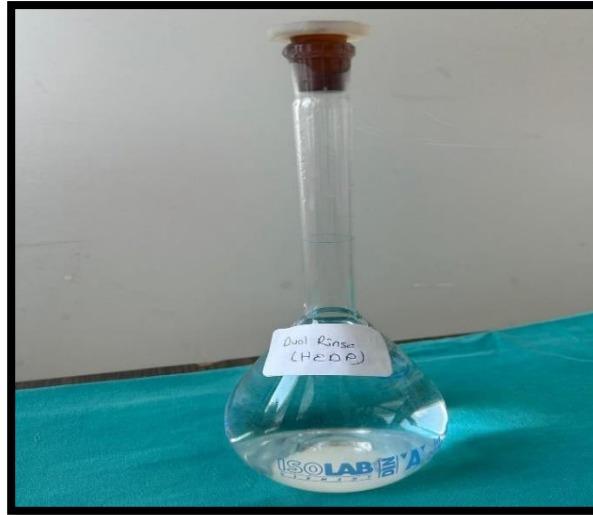
Resim 4: Çalışmada kullanılan %17 Glikolik Asit solüsyonu

3.3.4. HEDP çözeltisinin hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan Dual Rinse HEDP (Medcem GmbH, Weinfelden, İsviçre) kapsül formunda üretici firmadan temin edildi (Resim 5). 10 ml %5'lik NaOCl solüsyonuna bir kapsül 0,9 gr HEDP eklenerek çözelti elde edildi. Çalışmada Dual Rinse HEDP'in kullanılacağı gruplarda toplam 500 ml %5'lik NaOCl kullanıldı. 500 ml %5'lik NaOCl solüsyonuna 50 kapsül Dual Rinse HEDP eklenip solüsyon bir manyetik karıştırıcıda 2 dakika boyunca karıştırılarak hazırlandı (Resim 6).



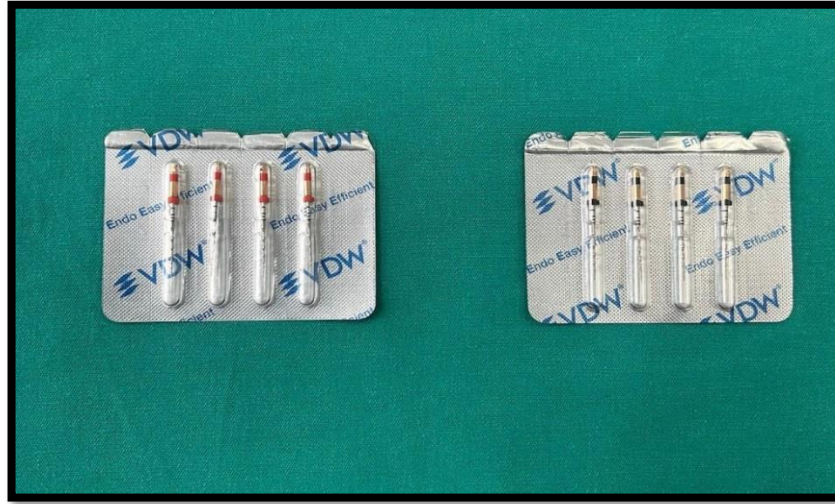
Resim 5: Çalışmada kullanılan Dual Rinse (HEDP) kapsülleri



Resim 6: %5 NaOCl ile Dual Rinse kapsül karışımı

3.4. Kanalların Kemomekanik Şekillendirilmesi

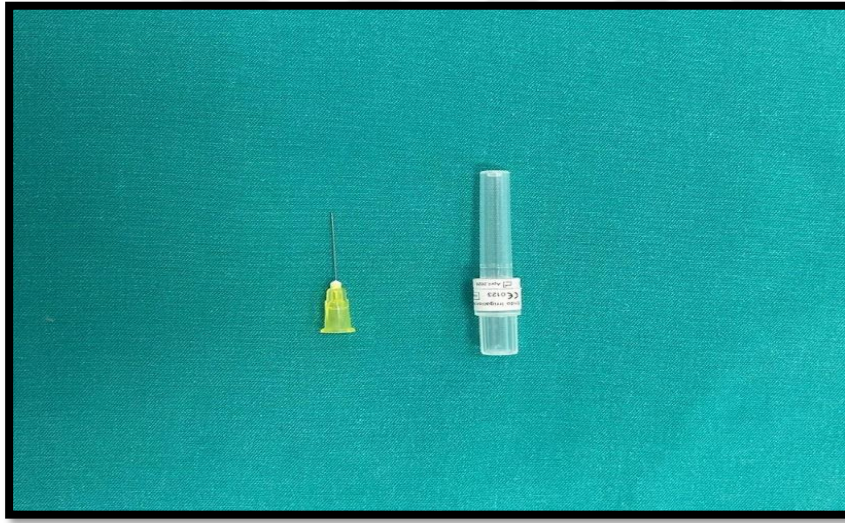
Köklerde çalışma boyu; 15 numaralı K tipi eğenin (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) apikal foramenden görüldüğü boydan 1mm kısa olacak şekilde ayarlandı. 15 K ve 20 K tipi eğeler ile ön genişletme yapıldıktan sonra Reciproc R25 ve R40 (VDW, Munich, Almanya) Ni-Ti eğelerle, her 4 dişte yeni bir eğe açılarak şekillendirme tamamlandı (Resim 7). X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motor kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda “Reciproc ALL” modu kullanılarak 150° saat yönünün tersi ve 30° saat yönünde dönüş açıları olacak şekilde 300 devir/dk hızında 2,5 N/cm tork ayarında endomotor yardımı ile preparasyon tamamlandı (Resim 8). Her eğe değişiminde ardışık şelason ajanı kullanılacak dişler 22 °C ve 37 °C’de 10 ml %5’lik NaOCl ile, devamlı şelasyon ajanı kullanılacak dişler ise 22 °C ve 37 °C sıcaklıklarda 10 ml %5’lik NaOCl beraberinde Dual Rinse HEDP ile irriga edildi. İrrigasyon sırasında 31 gauge (G) yandan delikli irrigasyon iğnesi kullanıldı. (Resim 9). Preparasyonu tamamlanan dişler final irrigasyonuna hazırlandı.



Resim 7: Reciproc R25 ve R40 numaralı eğeler



Resim 8: Çalışmamızda kullanılan endodontik motor



Resim 9: Yandan perforate steril irrigasyon iğnesi

3.5. Kök Kanallarının Final İrrigasyonu ve Aktivasyonu

Dişler her grupta 12 diş olacak şekilde rastgele 6 gruba (n=12) ayrıldı.

Grup 1: Dişlere 22 °C’de 5 ml %5 NaOCl ardından 5 ml Distile su ile irrigasyon yapıldı. Ardından final irrigasyonu için 22 °C’de 5 ml %17 EDTA solüsyonu 1 dk uygulandı. 30 sn süre ile PUI yapıp en son 5 ml distile su ile yıkanan dişler kanal dolumuna hazırlandı.

Grup 2: Dişlere 37 °C’de 5 ml %5 NaOCl ardından 5 ml Distile su ile irrigasyon yapıldı. Ardından final irrigasyonu için 37 °C’de 5 ml %17 EDTA solüsyonu 1 dk uygulandı. 30 sn süre ile PUI yapıp en son 5 ml distile su ile yıkanan dişler kanal dolumuna hazırlandı.

Grup 3: Dişlere 22 °C’de 5 ml %5 NaOCl ardından 5 ml Distile su ile irrigasyon yapıldı. Ardından final irrigasyonu için 22 °C’de 5 ml %17 GA solüsyonu 1 dk uygulandı. 30 sn süre ile PUI yapıp en son 5 ml distile su ile yıkanan dişler kanal dolumuna hazırlandı.

Grup 4: Dişlere 37 °C’de 5 ml %5 NaOCl ardından 5 ml Distile su ile irrigasyon yapıldı. Ardından final irrigasyonu için 37 °C’de 5 ml %17 GA solüsyonu 1 dk uygulandı. 30 sn süre ile PUI yapıp en son 5 ml distile su ile yıkanan dişler kanal dolumuna hazırlandı.

Grup 5: Kanal preperasyon esnasında 10 ml %5 NaOCl beraberinde kullanılan Dual Rinse HEDP karışımı 22 °C’de kullanıldı.

Final irrigasyon için:

22 °C’de 10 ml %5’lik NaOCl + DualRinse HEDP ile yıkama 30 sn PUI, ardından 5 ml distile su ile yıkama yapılarak dişler kanal dolumuna hazırlandı.

Grup 6: Kanal preperasyon esnasında 10 ml %5 NaOCl beraberinde kullanılan Dual Rinse HEDP karışımı 37 °C’de kullanıldı.

Final irrigasyon için:

37 °C’de 10 ml %5’lik NaOCl + DualRinse HEDP ile yıkama 30 sn PUI, ardından 5 ml distile su ile yıkama yapılarak dişler kanal dolumuna hazırlandı.

Gruplarda kullanılan final irrigasyon ajanları Eighteeth Ultra-X (Eighteeth, Changzhou City, Çin) cihazı kullanarak PUI yöntemi ile aktive edilmiştir (Resim 13).



Resim 10: 22 °C’de (oda sıcaklığında) etüvde bekletilen solüsyonlar



Resim 11: 37 °C’de (vücut sıcaklığında) etüvde bekletilen solüsyonlar ve dişler



Resim 12: 37 °C’de çalıştığımız ultrasonik banyo



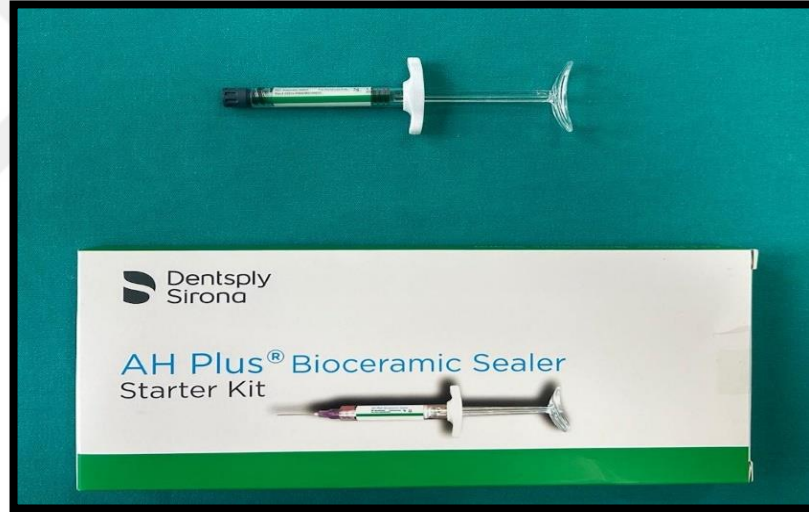
Resim 13: Eighteenth ultrasonik aktivasyon cihazı

3.6. Kök Kanallarının Obturasyonu

Final preparasyonu yapılan R40 eğesine uyumlu güta perkalar (VDW, Munich, Almanya) ile dolum provası yapıldı (Resim 14). Tug back alınan kanalların dolumu için AH Plus Bioceramic kanal patı (AHBC; Dentsply Sirona, York, PA, ABD) kullanıldı (Resim 15). Ana konlar kanal patına bulanarak tek kon tekniği ile kanallara yerleştirildi. Kök kanal dolumu sonrası kanal ağzından taşan gutta perkalar, ısıtılmış ekskavatör yardımıyla uzaklaştırıldı. Geçici dolgu malzemesiyle kapatıldı. Yapılan kök kanal dolumunun doğruluğu ve kalitesi, periapikal radyografik görüntüleme ile değerlendirildi. Kök kanal dolumu tamamlanan dişler 37 °C %100 nemli ortam sağlayan bir etüvde bir hafta bekletildi (Resim 16).



Resim 14: VDW Reciproc R40 no'lu güta perka



Resim 15: AH Plus Bioceramic pat



Resim 16: Etüv Fırını

3.7. İncelenecek Örneklerin Hazırlanması

Diş kökleri soğuk akrille (Imicryl SC; Imicryl Dental Materials, Inc, Konya, Türkiye) kaplandı (Resim 17). Kesit kalınlığı 0,01 mm hassasiyetle dijital bir kumpas (Mitutoyo Corp, Tokyo, Japonya) kullanılarak ölçüldü (Resim 18). Soğuk akrille kaplı dişler 0,3 mm kalınlığındaki elmas separe (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Türkiye) kullanılarak su soğutması altında düşük devirde dönen (100–250 rpm) hassas kesme cihazında (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) köklerin apikal 2 mm ve 5 mm seviyelerinden 1 mm kalınlığında horizontal iki kesit alındı (Resim 19-20). Böylece her grupta 24 olacak şekilde toplam 144 örnek elde edildi (Resim 21). Elde edilen örnekler apikal ve orta kısımları incelenecek şekilde lamaların üzerine yerleştirildi ve şeffaf bantlar ile sabitlendi.



Resim 17: Akril kaplanmış diş kökleri



Resim 18: Dijital kumpas



Resim 19: Elmas separe



Resim 20: İsoMet cihazı ve kesit alma işlemi

3.8. Örnekler İtme Bağlanma Dayanımı Testi Uygulanması

Örnekler, piston ucunun serbest hareketinin sağlanabilmesi için, ortasında boşluk bulunan bir akrilik kaide üzerine yerleştirildi. Test numuneleri, yükleme hızı 1 mm/dk olan kanal dolgu çapına uygun orta üçlüde 0,8 mm, apikal üçlüde ise 0,3 mm çaplarında paslanmaz çelik test ucuna sahip bir Üniversal Test Makinesi (Instron, Canton, MA, ABD) kullanılarak itme test yöntemine tabi tutuldu (Resim 22).

Test ucu sadece kanal dolgu materyaline temas edecek şekilde yerleştirildi ve dentin yüzeyine değmemesi için azami şekilde dikkat edildi. Daha sonra materyale vertikal yönde kuvvet uygulandı (Resim 23). Materyalin dislokasyonu sonrası uygulanan kuvvete karşı oluşan dirençteki azalma bilgisayar tarafından otomatik olarak algılandı ve oluşan en yüksek kuvvet değeri Newton (N) cinsinden kaydedilip megapaskal (MPa) birimine çevrildi. İtme bağlanma dayanımı aşağıdaki formüle göre hesaplandı:

Kopma gerilimi (MPa) = Kopma kuvveti (Newton) /Alan (Siman – dentin ara yüzeyi)

$Alan = 2\pi rh$

r: açılan kavitenin yarıçapı

h: dentin diskinin milimetre cinsinden kalınlığını

π : 3,14



Resim 21: Push-Out işlemi yapılacak kesitler



Resim 22: Örneklerle itme bağlanma dayanımı testinin uygulandığı Üniversal Test Cihazı



Resim 23: Örneklere itme bağlanma dayanımı testinin uygulanması

3.9. İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS programı versiyon 23 (IBM Corp, Armonk, NY, ABD) ile analiz edildi. Verilerin normalliği Shapiro Wilk testi ile incelendi. Solüsyon, sıcaklık ve kesite göre normal dağılıma uyan bağlanım dayanımı değerlerinin karşılaştırılmasında Üç Yönlü ANOVA testi kullanıldı. Çoklu karşılaştırmalar Bonferroni düzeltmesi ile değerlendirildi. Analiz sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde sunuldu. Önem düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

4.BULGULAR

4.1.İtme Bağlanma Dayanımı Testi

Tablo 1: Solüsyon, sıcaklık ve kesitlere göre bağlanım dayanımı (MPa) değerlerinin karşılaştırılması

	K.T	S.D	K.O	F	p	η^2
Solüsyon	3,39	2	1,69	4,08	0,020	0,06
Sıcaklık	26,08	1	26,08	62,74	<0,001	0,32
Kesit	32,24	1	32,24	77,56	<0,001	0,37
Solüsyon*Sıcaklık	1,80	2	0,90	2,17	0,120	0,03
Solüsyon*Kesit	0,20	2	0,10	0,24	0,790	0,00
Sıcaklık*Kesit	3,19	1	3,19	7,67	0,010	0,05
Solüsyon*Sıcaklık*Kesit	0,20	2	0,10	0,25	0,780	0,00

Üç yönlü ANOVA, KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, η^2 : Kısmi eta kare

Solüsyon ana etkisi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,020$). Dual Rinse solüsyonunda bağlanım dayanımı ortalama değeri 1,6 MPa, EDTA da 1,9 MPa ve GA da bu değer 1,6 MPa'dır. Dual Rinse ve GA solüsyonları arasında, EDTA ve GA solüsyonları arasında anlamlı bir fark bulunmazken ($p>0,05$); EDTA solüsyonu Dual Rinse solüsyonuna göre bağlanma dayanımını anlamlı derecede arttırmıştır ($p<0,05$).

Sıcaklık ana etkisi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). 22 °C'de bağlanım dayanımı ortalama değeri 1,3 MPa iken 37 °C'de bu değer 2,1 MPa'dır. 37 °C'de kullanılan solüsyonlar bağlanma dayanımını, 22 °C'ye göre anlamlı derecede arttırmıştır ($p<0,05$).

Kesit ana etkisi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Apikalde bağlanım dayanımı ortalama değeri 1,2 MPa iken orta kesitte bu değer 2,2 MPa'dır. Orta kesitte bağlanma dayanımı, apikal kesite göre anlamlı derecede daha fazlaydı ($p<0,001$).

Solüsyon ve sıcaklık etkileşimi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır ($p=0,120$).

Solüsyon ve kesit etkileşimi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır ($p=0,790$).

Sıcaklık ve kesit etkileşimi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,010$). 37 °C'de orta kesitte ortalama Mpa değeri; 22 °C apikal kesitte, 22 °C'de orta kesitte ve 37 °C apikal kesitte elde edilen değerlere göre anlamlı derecede daha fazlaydı ($p<0,05$). 22 °C'de orta kesitte ve 37 °C apikal kesitte elde edilen değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Sıcaklık ve kesit etkileşiminde elde edilen en düşük değerler istatistiksel açıdan 22 °C'de ve apikal kesitteydi. Bu farklılık diğer etkileşimlere göre anlamlı derecede daha düşüktür ($p<0,05$).

Solüsyon, sıcaklık ve kesit etkileşimi bağlanım dayanımı ortalama değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır ($p=0,780$).

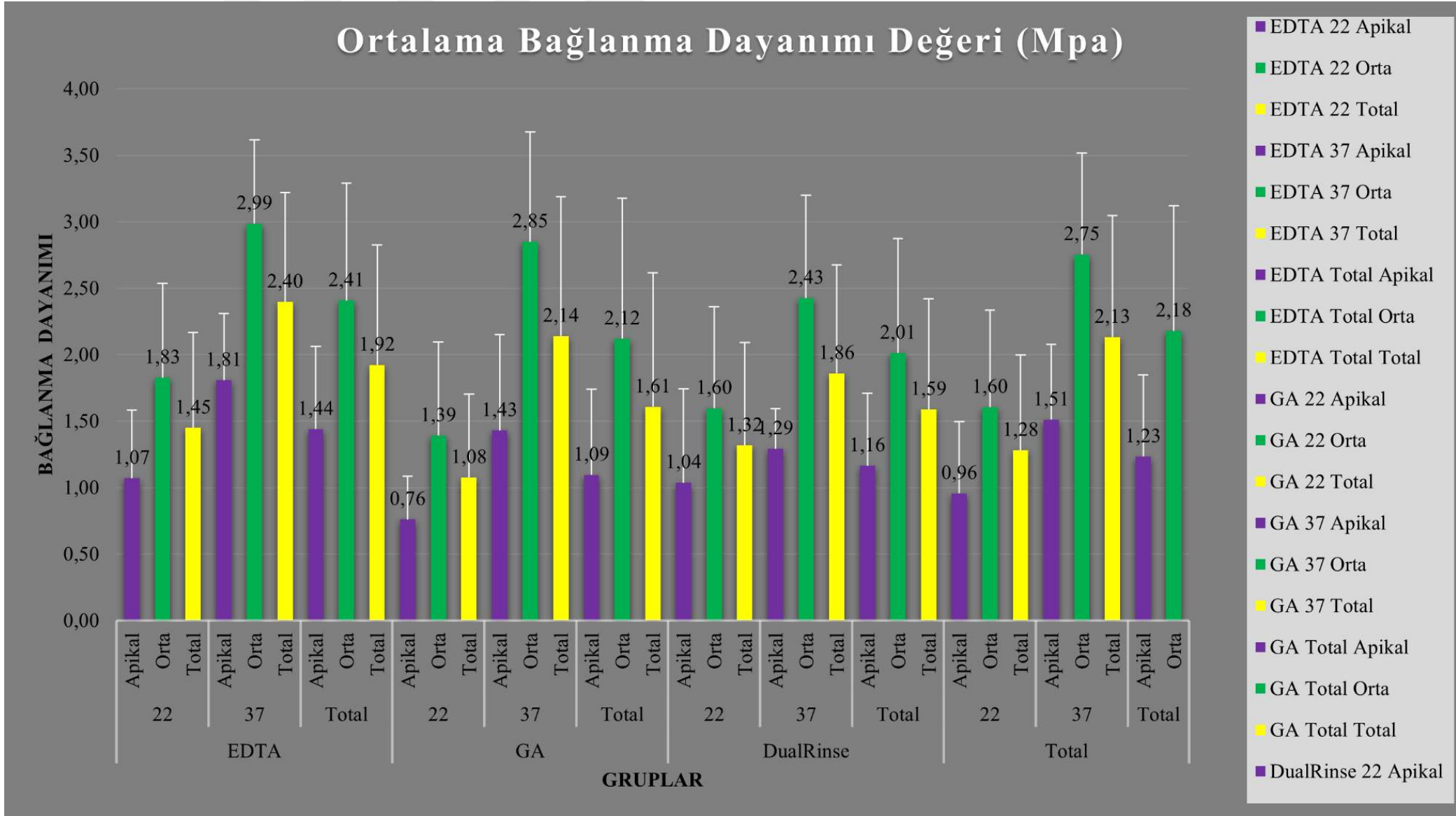
Tablo 2: Solüsyon, sıcaklık ve kesite göre bağlanım dayanımı (MPa) değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Sıcaklık	Kesit	Solüsyon			Toplam
		DualRinse	EDTA	GA	
22 derece	Apikal	1 ± 0,7	1,1 ± 0,5	0,8 ± 0,3	1 ± 0,5 ^x
	Orta	1,6 ± 0,8	1,8 ± 0,7	1,4 ± 0,7	1,6 ± 0,7 ^y
	Toplam	1,3 ± 0,8	1,4 ± 0,7	1,1 ± 0,6	1,3 ± 0,7
37 derece	Apikal	1,3 ± 0,3	1,8 ± 0,5	1,4 ± 0,7	1,5 ± 0,6 ^y
	Orta	2,4 ± 0,8	3 ± 0,6	2,8 ± 0,8	2,8 ± 0,8 ^z
	Toplam	1,9 ± 0,8	2,4 ± 0,8	2,1 ± 1	2,1 ± 0,9
Toplam	Apikal	1,2 ± 0,5	1,4 ± 0,6	1,1 ± 0,6	1,2 ± 0,6
	Orta	2 ± 0,9	2,4 ± 0,9	2,1 ± 1,1	2,2 ± 0,9
	Toplam	1,6 ± 0,8 ^a	1,9 ± 0,9 ^b	1,6 ± 1 ^{ab}	1,7 ± 0,9

Ortalama ± Standart Sapma

a-b,x-z: Aynı harfe sahip değerler arasında anlamlı farklılık yoktur.

Şekil 3: Ortalama Bağlanma Dayanımı Değeri



4.2. İtme Bağlanma Dayanımı Testi Sonucu Oluşan Başarısızlık Tipleri

İtme bağlanma dayanımı testi sonrası oluşan başarısızlık tipleri kesitlerin, x40 büyütmede Zeiss Stemi 2000-C Stereomikroskop (Zeiss, Jena, Almanya) altında incelenerek stereomikroskopun yazılımı tarafından desteklenen AxioCam ERc5s dijital kamera (Zeiss, Jena, Almanya) ile fotoğraflandı (Resim 24).



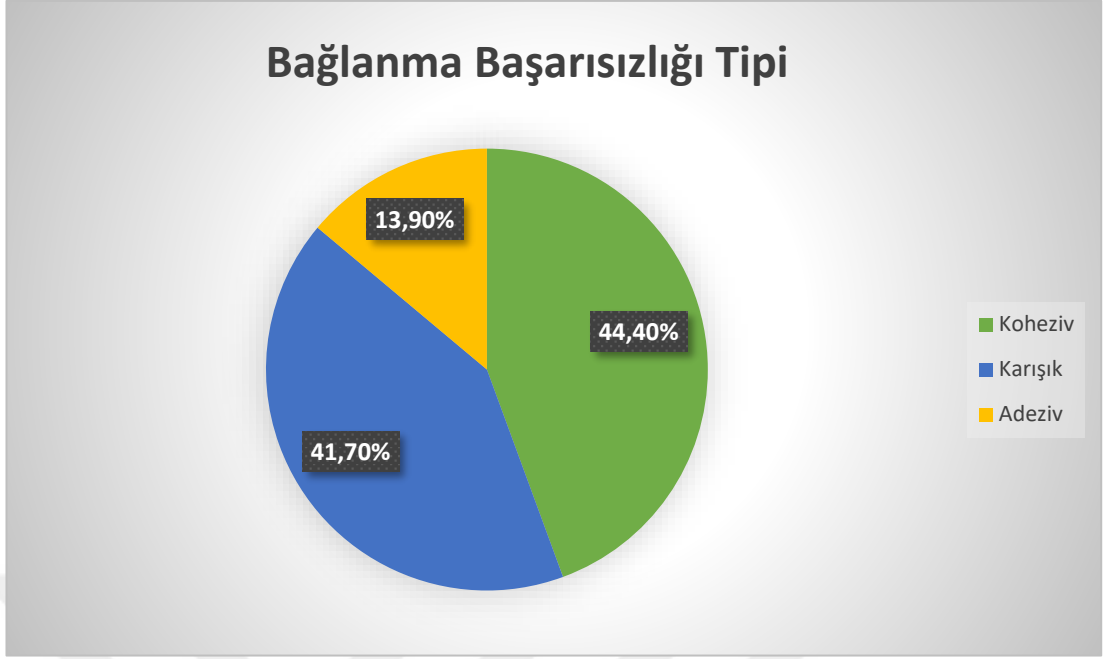
Resim 24: Çalışmamızda kullanılan Stereomikroskop

Çalışmada itme bağlanma dayanımı testi sonucu örneklerin gruplara göre oluşan başarısızlık tipleri frekans ve yüzde olarak Tablo 3'te gösterilmiştir. Koheziv tip başarısızlık oranı, en fazla 37 °C %17 GA ve 22°C %5 NaOCl beraberinde HEDP grubunda (%50) görülmektedir. Adeziv tip başarısızlık oranı en fazla, 22 °C %5 NaOCl beraberinde HEDP grubunda (%25) görülmektedir. Karışık tip başarısızlık oranı en fazla ise 22 °C % 17 EDTA ve 37 °C %17 EDTA grubunda (%50) görülmektedir.

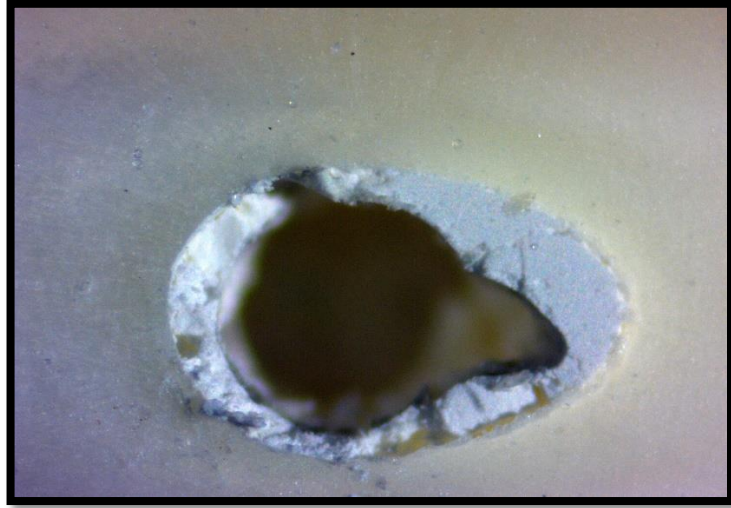
Tablo 3: Şelatör gruplarına göre bağlantı başarısızlıklarının adeziv, koheziv ve karışık tipte frekans ve yüzde olarak gösterimi

GRUPLAR	ADEZİV	KOHEZİV	KARIŞIK
22 °C’de %17 EDTA	1 (%8,4)	5 (%41,6)	6 (%50)
37 °C’de %17 EDTA	1 (%8,4)	5 (%41,6)	6 (%50)
22 °C’de %17 GA	2 (%16,7)	5 (%41,6)	5 (%41,6)
37 °C’de %17 GA	1 (%8,4)	6 (%50)	5 (%41,6)
22 °C’de %5 NaOCl beraberinde HEDP	3 (%25)	6 (%50)	3 (%25)
37 °C’de %5 NaOCl beraberinde HEDP	2 (%16,7)	5 (%41,6)	5 (%41,6)

Çalışmanın tüm örnek gruplarındaki bağlantı başarısızlığına bakacak olursak, karışık tipteki bağlantı başarısızlığı (%41,7), koheziv tip başarısızlığı (%44,4), adeziv tip başarısızlık ise (%13,9) olarak bulunmuştur. Karışık tipteki bağlantı başarısızlığı koheziv tip başarısızlık ile hemen hemen aynı bulunmuştur. Adeziv tip başarısızlık tüm gruplara kıyasla ciddi bir oranda daha düşük bulunmuştur (Şekil 4).



Şekil 4: Tüm örnekler arasında gözlenen bağlantı başarısızlık tiplerinin grafiksel gösterimi



Resim 25: Koheziv tip bağlantı başarısızlığının stereomikroskop görüntüsü



Resim 26: Adeziv tip bağlantı başarısızlığının stereomikroskop görüntüsü



Resim 27: Karışık tip bağlantı başarısızlığının stereomikroskop görüntüsü

5. TARTIŞMA

Mikrosızıntının engellenmesi ve kanal tedavisinin başarısı için, kullanılan kanal dolgu malzemelerinin ve kanal patlarının dentin tübüllerine adezyonu ve penetrasyonu oldukça önemlidir (173). Endodontik pat; aksesuar kanallar, isthmus, apikal delta ve dentin tübülleri içine penetre olarak bakterileri tübüllerin içine gömmek suretiyle bakterilerin beslenme yollarını keserek yeniden çoğalmalarını önler. Bunun yanı sıra enfeksiyon gelişmesini de antibakteriyel özellikleri sayesinde engeller (174-176). Başarılı bir kanal tedavisi için, preperasyon sırasında oluşan bu smear tabakasının uzaklaştırılması ve kanal içi irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine nüfuz etmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla mekanik, kimyasal ve lazer yöntemleri smear tabakasını uzaklaştırmak için kullanılabilse de hiçbirinin kanal duvarlarından smear tabakasını tamamiyle uzaklaştıramadığı görülmüştür (86, 177).

Günümüzde beklenen bütün özellikleri karşılayan ideal bir irrigasyon solüsyonu bulunmamakla birlikte NaOCl' nin iyi bir antiseptik olması, düşük yüzey gerilimine sahip olması, biyofilme etkili olması, ekonomik olması gibi avantajları sayesinde NaOCl ideale en yakın organik doku çözücü olarak kabul edilmektedir (177).

EDTA smear tabakasının uzaklaştırılmasında yüksek verimlilik gösterirken solüsyonun antibakteriyel kapasitesinin sınırlı olması dezavantajdır (178). Yapılan bir çalışmada, kök dentininin uzun süre EDTA'ya maruz kalmasıyla, EDTA'nın dentinin elastisite modülü ve eğilme mukavemetini azaltabilen sitotoksik bir solüsyon olduğu sonucuna varılmıştır (179). Dentinin elastisite modülünün ve eğilme mukavemetinin azalması, dentinin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek kök kırılma riskini artırabilmektedir (180). EDTA ve NaOCl etkileşimleri üzerine yapılan çalışmalarda; EDTA'nın NaOCl'nin doku çözme yeteneğinde azalmalara neden olduğu görülmüştür (45). EDTA'nın apikal üçlüde koronal ve orta üçlüye kıyasla smear tabakasını uzaklaştırmada yetersiz oluşu da yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (181). EDTA'nın 1 dk'dan uzun süre kanal içinde kalması durumunda

demineralizasyona sebep olması ve sitotoksitesitesi gibi dezavantajları araştırmacıları alternatif başka şelatörlerin kullanımını araştırmaya itmiştir (182).

HEDP, proteolitik ve antimikrobiyal özelliklere sahip olan toksik olmayan ve tıpta kemik hastalıklarının tedavisinde oral yolla kullanılan bir bifosfonattır. HEDP' nin en önemli özelliği NaOCl ile birlikte kullanılabilen zayıf bir şelasyon ajanı olmasıdır. HEDP'nin irrigasyon ajanı olarak kullanımı, smear tabakasını uzaklaştırırken kök dentininde de minimum zararlı etki oluşmasını sağlamaktadır. De-Deus ve ark. smear tabakasını uzaklaştırmak için %9 ve %18'lik konsantrasyonlarda HEDP kullandıkları çalışmada, %18'lik konsantrasyonun daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir (183). HEDP'nin tek başına final irrigasyon ajanı olarak kullanılabileceği gibi NaOCl ile kombine edilerek enstrümantasyon esnasında ve sonrasında tek bir irrigasyon solüsyonu olarak da kullanılabilir olduğu yapılan çalışmalar sonucu gösterilmiştir (17). 2005 yılında şelatörleri NaOCl ile birleştirerek tek bir irrigasyon solüsyonu olarak kullanmayı; devamlı şelasyon kavramı olarak ilk kez Zehnder tarafından tanıtılmıştır (16). 2012'de ise devamlı şelasyon kavramını ilk kez endodontik terminolojiye Neelakantan kazandırmıştır (184). NaOCl ile EDTA'nın sıralı uygulaması smear tabakasını ortadan kaldırırken peritübüler ve intertübüler dentinde erozyona neden olduğu bilinmektedir. Şekillendirme esnasında EDTA ve CA, IP6 gibi güçlü asitler kullanılması; perforasyon, basamak oluşumu gibi prosedürel hatalara yol açabilmektedir. Aynı zamanda bu güçlü asitlerin birlikte kullanımı NaOCl'nin organik doku çözme yeteneğini ve antimikrobiyal etkinliğini de etkiler. Tüm bu sorunları çözmek ve smear tabakasını oluşmadan önleyerek zaman tasarrufu sağlamak amacıyla zayıf bir asitle NaOCl kombinasyonu kullanılarak devamlı şelasyon yapılması önerilmektedir (71). Bu tez çalışmasında, literatürde kısıtlı sayıda çalışması bulunan devamlı şelasyon solüsyonu olan ticari formdaki Dual Rinse HEDP'nin, ardışık şelasyon ile kullanılan EDTA ve GA'nın, biyoseramik esaslı bir kanal patının POBS'si üzerine etkisini incelemeyi amaçladık.

GA; EDTA ve CA ile benzer smear tabakasını kaldırma etkinliğine sahip bir şelatördür. GA smear tabakasının inorganik içeriğine dentin dokusunda Ca iyonlarına şelasyon yaparak etki eder. GA'nın organik yapıda olması ve EDTA'ya oranla toksisitesinin daha düşük olması en önemli avantajları arasındadır (76, 185). %17'lik

EDTA, %10 GA, %17 GA ve %25 GA'nın sitotoksitesinin karşılaştırıldığı bir çalışmada %10'luk GA solüsyonu toksisitesi en az olan solüsyon olarak rapor edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada %17'lik EDTA'nın, %17 ve %25'lik GA solüsyonundan daha yüksek sitotoksiteye sahip olduğu gözlemlenmiştir (186). Sonuç olarak, düşük konsantrasyona sahip GA endodontide final irrigasyonu için en iyi alternatiflerden biri olabilir. GA'nın sitotoksitesinin daha düşük olması ve %17'lik konsantrasyonun, smear tabakasını uzaklaştırma üzerindeki etkisi sebebiyle çalışmamızda %17 GA tercih edilmiştir.

Düşük konsantrasyonlu çözeltilerin ısıtılması, kısa vadeli stabilitelerini etkilemeden doku çözünürlüğünü artırır. Ayrıca çözeltilerin sistemik toksisitesi, aynı verimlilikte, daha düşük sıcaklıklarda ve daha yüksek konsantrasyonlara sahip çözeltilerle karşılaştırıldığında daha düşüktür (187). Isıtılmış solüsyonların düşük konsantrasyonlarda, yüzey gerilimlerinin azalması sonucunda doku çözme kabiliyetleri de artmaktadır (116). Yılmaz ve ark. %17'lik EDTA, REDTA ve EDTA-T solüsyonlarının, 22 °C ve 37 °C sıcaklıklarda ve farklı pH değerlerinde kök kanallarındaki dentinin yüzey gerilimi üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada; 22 °C'yi oda sıcaklığı ve 37 °C'yi vücut sıcaklığı olarak kabul etmişlerdir (115). Yapılan başka bir çalışmada ise, geri dönüşümsüz pulpitis gelişen mandibular molar dişlerin farklı sıcaklık ve konsantrasyonlarda NaOCl kullanımı sonrası ağrı şiddeti değerlendirilmiştir. Enstrümantasyon sırasında kök kanalları %0,5 ve %1 konsantrasyonlarındaki 2,5 °C, 22 °C ve 40 °C sıcaklıklardaki NaOCl ile yıkanmış ve sıcaklığın ve konsantrasyonun ağrı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Farklı konsantrasyon ve sıcaklıklara sahip NaOCl gruplarında zaman içerisinde ağrı oranlarında ve kullanılan analjezik tablet sayısında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir (187). Çalışmalara göre, irrigasyon solüsyonlarının önceden ısıtılması, irrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimini azaltarak irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine daha iyi nüfuz etmesine ve smear tabakasının etkili bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (116). Ancak Eriksson ve Albrektsson yapmış oldukları çalışmada kök yüzeyindeki sıcaklığın 10 °C'den daha fazla artış göstermesi durumunda; sement, periodontal ligament ve alveolar kemik dokusunun zarar göreceğini, dişte ankiloz ve alveolar kemikte rezorbsiyon oluşabileceğini bildirmişlerdir (188).

Çalışmamızda EDTA, GA ve HEDP solüsyonlarının farklı sıcaklıklarda kullanımının bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi araştırıldı. Literatürde kök yüzeyindeki 10°C'den fazla sıcaklık artışında diş ve destek dokuların zarar göreceğinden kullandığımız solüsyonların sıcaklığı 22 °C (oda sıcaklığı) ve 37 °C (vücut sıcaklığı) olarak belirlendi. %17 EDTA, %17 GA, Dual Rinse HEDP 22 °C ve 37 °C sıcaklıklarda kullanılarak biyoseramik esaslı kanal patıyla kanal dolularının dentin bağlanma dayanımları karşılaştırıldı. Günümüzde mevcut şelatörlerin bazı olumsuz özelliklerinden dolayı yeni şelatörlerle ilgili çalışmalar devam etmektedir. Çalışmamızda EDTA'ya alternatif olarak Dual Rinse HEDP solüsyonu ve GA solüsyonunun farklı sıcaklıklardaki kullanımları incelendi.

Mandibular premolar dişler genellikle tek bir oval veya yuvarlak kesitli kanal morfolojisine sahip olduğundan endodontik çalışmalarda en çok tercih edilen dişlerdir. Vertucci'nin 800 adet alt premolar diş kullanarak yaptığı çalışmada dişlerin %84 oranında tek kanal olduğunu göstermiştir (189). Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile değerlendirilmiş bir başka çalışmada ise 437 mandibular premolar diş kullanılmış ve dişlerin %90 oranında tek köklü ve tek kanallı oldukları belirlenmiştir (190). Gawdat ve ark. farklı irrigasyon tekniklerinin biyoseramik esaslı kanal patı penetrasyonuna etkisini inceledikleri çalışmalarında mandibular premolar dişleri tercih etmişlerdir (191). Bundan dolayı çalışmamızda mandibular premolar dişler kullanıldı.

İn vitro çalışmalarda kullanılan dişlerin musluk suyu, formalin, fosfatlı salin, etanol, distile su, timol veya serum fizyolojik gibi farklı solüsyonlarda bekletilebilmesinde sakınca yoktur. Goodis ve ark. dentin geçirgenliğinin zamanla etanol, formalin, timollü distile su, fosfatlı salin gibi solüsyonlarıyla değişebileceğini rapor etmişlerdir (192). Standardizasyonu sağlayabilmek amacıyla çalışmamızda kullanılacak örnekler son 3 ay içinde çekilmiş, çürük, kırık, internal ya da eksternal rezorbsiyon bulunmayan dişler olup, işlem yapılınca kadar serum fizyolojik içinde oda sıcaklığında bekletildi. Dolum aşamasında standardizasyonu sağlamak amacıyla benzer uzunluktaki dişleri seçildi ve 15 mm olarak kök uzunluklarını belirlenerek çalışma boyları eşitledi.

Dolumun kalitesi ve sızdırmazlık için doğru çalışma boyunda şekillendirme yapılması önemli bir faktördür (193, 194). Minör apikal foramen, pulpa ve periapekte ait dokular arasındaki geçiş yoludur. Minör apikal çap apikal foramenden 0,5-1 mm koronalde yer almaktadır ve kanal şekillendirmesi de kanal dolumu da minör apikal foramende bitirilmelidir (195). İrrigasyon solüsyonlarının bütün kanal duvarlarında yeterince etkili olabilmesi için kanalların belirli düzeyde genişletilmiş olması ve irrigasyon iğnesinin kanalın apikeline kadar ulaşabilmesi gerekmektedir (196). Tez çalışmamızda 15 numaralı K file eğer apikal foramenden çıktığı seviyeden 1 mm koronali minör apikal çap olarak düşünülüp çalışma boyu belirlendi.

İrrigasyon solüsyonunun hacmi başarılı bir kanal tedavisi ve ideal irrigasyonun sağlanabilmesi için dikkat edilmesi gereken önemli konulardan biridir. Rôças ve ark. ile Podar ve ark. yapmış oldukları çalışmada kök kanalı başına 15 ml'lik NaOCl irrigasyon hacminin aerobik ve anaerobik bakteri sayısının azaltılması için önemli olduğunu bildirmişlerdir (197, 198). Farklı irrigasyon yöntemlerinin MTA Fillapex kanal patının bağlanma derecesine push-out testi ile bakılan bir çalışmada % 17 EDTA gruplarında 5 ml irrigasyon hacmi kullanılmıştır (199). Mello ve ark. yapmış oldukları çalışmada ise 5 ml hacimde EDTA kullanımının smear tabakasını kaldırmak için yeterli olduğunu rapor etmiştir (200). Farklı konsantrasyonlarda GA kullanımının kök kanal dolgu materyallerinin bağlanma dayanımı üzerine etkisini inceleyen başka bir çalışmada 5 ml GA kullanımının yeterli olduğu sonucuna ulaşılmıştır (201). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda final şelasyon ajanlarının 5 ml hacimde kullanılması tercih edildi.

Organik madde çözücü olan NaOCl'ın (%0,5-5,25) ve kalsiyum şelatlama ajanı olan EDTA'nın ise (%15-%17) konsantrasyonlarında kombine kullanımının smear tabakasının bileşenlerinin uzaklaştırılmasında etkili olduğu bildirilmiştir (202, 203). Bu nedenle çalışmamızda NaOCl ve EDTA sırasıyla %5 ve %17 konsantrasyonlarda kullanıldı.

Yapılan çalışmalarda, Ni-Ti döner alet sistemleri ile yapılan preparasyonun geleneksel yöntemlerden daha etkin bir preparasyon gerçekleştirdiği görülmüştür (204, 205). Rotasyona kıyasla resiprokal hareket; daha düşük kırılma insidansı, çalışma süresinin kısaltılması, maliyetten tasarruf sağlaması gibi çokça avantaja

sahiptir (206). Çalışmamızda resiprokal hareketle çalışan VDW Reciproc eğeleri kullanılmıştır. Kanal içerisinde basamak, stres bunun sonucunda da olası bir alet kırığı oluşmaması için ön genişletme el eğeleriyle sağlandı. İrrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye rahat ulaşabilmesi için apikal genişletme önce R25 daha sonra R40 eğesiyle apikal çap #40 olacak şekilde kanal preperasyon işlemi tamamlandı. Gruplar arasında standardizasyon sağlamak amacıyla, aynı döner alet sistemi ve aynı şekillendirme yöntemi ile kök kanallarının preparasyonu tamamlandı.

Oda sıcaklığında veya önceden ısıtılmış NaOCl enjeksiyonundan sonra endodontik tedavi sırasında in vivo kanal içi sıcaklık gelişiminin incelendiği bir çalışmada, oda sıcaklığındaki irrigasyonun sıcaklığı enjeksiyon sonrası 240 saniyede 20,7 °C'den 35 °C'ye yükselmiştir. Önceden 66 °C'ye ısıtılan çözeltinin sıcaklığı ise 240 saniye sonra 35,7 °C'ye ulaşmıştır (207). Bu nedenle çalışmamızda sıcaklık gruplarından birisi vücut sıcaklığıydı. Bu durum çalışmamızın güçlü yanlarından biridir.

Endodontik tedavi sırasında irrigasyon solüsyonlarının periapikal bölgeye taşmadan kök kanal sistemini etkili bir şekilde temizlemesi için apikal 1/3'lük kısma kadar ulaşması başarılı bir kanal tedavisi için gereklidir. Klasik şırınga yöntemiyle yapılan irrigasyon işlemi, kök kanal sisteminde anatomik varyasyonların, lateral kanalların ve eğimli köklerin varlığından dolayı etkin temizlemede yetersiz kalmaktadır. Jiang ve ark. yaptıkları araştırmada irrigasyon ajanlarının aktivasyonu ile etkin akış dinamiği sağlanarak kök kanal sisteminde temizleme etkinliğinin artırıldığını ve tedavideki başarı oranının da buna paralel olarak arttığını göstermişlerdir (208). Bu bilgiler ışığında irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu, endodontide kök kanal sisteminin etkili bir şekilde temizlenmesi ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla güncel bir yaklaşım olarak yer almaktadır. Çalışmamızda irrigasyon ajanlarının etkinliğini artırmak amacıyla PUI ile aktivasyon yöntemi tercih edildi. PUI ile aktivasyon irrigasyon solüsyonuna ultrasonik enerji ileterek akustik akış yaratır. PUI ile aktivasyon, kanal duvarı temizliğini ve irrigasyonun etkinliğini artırarak irrigasyon solüsyonlarının penetrasyon potansiyelini iyileştirmektedir. Ultrasonik aktivasyon sistemlerin sonik sistemlere göre daha yüksek frekans ve genliğe sahip oluşu titreşim sayısını artırıp kanal içerisindeki solüsyonların dentin duvarlarına ve tübüllerine daha etkin temasını sağlamaktadır (209). Araştırmacılar

yaptıkları çalışmaların sonucunda ultrasonik aktivasyonun etkinliği için aktivasyon süresinin minimum 30 sn olması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır (98, 99). Bu bilgiler doğrultusunda bizim de çalışmamızda 30 sn süre ile PUI ile aktivasyon yapıldı.

Kanal patının viskozitesi, akıcılığı, dentin ile yaptığı yüzey temas açısı, partikül büyüklüğü, kanal içerisinde smear tabakasının varlığı, dentin tübüllerinin sayısı ve çapı gibi faktörlerin tümü kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu etkileyen önemli faktörlerdendir (4, 6, 174, 210). Kanal patı partikül büyüklüğü dentin tübül çapından küçük olduğunda penetrasyonun gerçekleşebilir (211). Penetrasyonu artıran başlıca özellikler ise kanal patının düşük yüzey aktivitesi göstermesi ve akıcı olmasıdır (212, 213). Biyoseramik esaslı kanal patları; akıcı özellikte olması, partikül boyutunun küçük olması, hidrofilik olması gibi bir çok avantaja sahiptir ve bu özellikleri tübül penetrasyonunu kolaylaştırır. Bu fiziksel avantajlarından dolayı çalışmamızda biyoseramik esaslı AH Plus Bioceramic kanal patı tercih edildi.

Lateral kondensasyon ve tek kon tekniği kanal tedavisinin dolum aşamasında en sık kullanılan tekniklerdir. Tek kon dolum tekniği 1960'lı yıllarda döner aletlerin ve dolgu materyallerinin gelişmesiyle kullanıma girmiştir (214). Tek kon tekniği, lateral kondensasyon tekniğine oranla uygulama kolaylığına sahip olması ve süreden tasarruf sağlamasının yanı sıra daha homojen bir dolum yapılmasını sağlamaktadır (215). Günümüzde geliştirilen ve olumlu özellikleri daha da artan biyoseramik esaslı kanal patlarıyla tek kon tekniğinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu nedenle çalışmamızda kanal dolumu için R40 eğesine uyumlu olarak üretilmiş güta perka tek kon tekniğiyle kanala yerleştirilerek kanal dolumu tamamlandı.

Dolumu yapılan dişler farklı ortam koşullarında ve farklı sürelerde bekletilmiştir. Gawdat ve ark. ile Pirani ve ark. dişleri 37 °C %100 nemli ortamda 14 gün bekletirken; Maharani ve ark. ile Eskander ve ark. 37 °C %100 nemli ortamda 7 gün bekletmişlerdir (191, 216-218). Çalışmamızda dolumu yapılan dişler 37 °C %100 nemli ortamda 7 gün bekletildi. Sonuçların olumlu ya da olumsuz etkilenmemesi için saklama koşulları örneklerin hepsi için aynı şekildeydi.

Sızdırmazlığa ve çiğneme kuvvetleriyle dişte meydana gelen gerilmeler sonucunda kanal dolgusunun bütünlüğüne katkıda bulunacağı için kanal dolgu

patlarının dentine bağlantısı endodontik açıdan önemlidir (219). Dentin dokusunu demineralize edebilen şelasyon ajanları, dentinin yapısal ve kimyasal içeriğinde değişiklik yaparak kanal patlarının dentine bağlantısını etkileyebilmektedir. Kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımının araştırıldığı çalışmalarda sıklıkla push-out test yöntemi tercih edilmektedir (184, 220-223). Bu testte oluşan kırıkların, dentin bağlantı ara yüzeyine paralel olması nedeniyle klinik koşulları yansıttığı düşünülmektedir. Ayrıca örneklerin hazırlanma kolaylığı, düşük bağlanma dayanımı değerlerini ölçmede güvenilir bir yöntemdir (165). Bu nedenlerden dolayı çalışmamızda bağlanma dayanımının değerlendirilmesi için push-out test yöntemi tercih edildi.

POBS testinde kullanılan örneklerin kalınlığıyla ilgili literatürde görüş birliği bulunmamaktadır. Nagaş ve ark. push-out çalışmasında 2 mm kalınlığında kesitler kullanmışlardır (224). Çekiç-Nagaş ve ark. ise kullanılan kesitlerin kalınlığı arttıkça, bağlanma değerlerinin yüksek çıkışını yöntemin uygulanması esnasında sürtünmeden kaynaklandığını bildirmişlerdir (225). İnce kesitler, kalın kesitlere kıyasla sürtünme yüzeyinin daha az olması ve bağlanma alanının da kolay hesaplanması sayesinde güvenilir sonuçlar vermektedir (167). Çalışmamızda 1 mm'lik dentin kesitleri tercih edildi.

Çalışmamızın POBS test sonuçlarına göre; %17 EDTA, Dual Rinse HEDP ve %17 GA'nın farklı sıcaklıklarda biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımı üzerindeki etkinlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. EDTA grubu, Dual Rinse HEDP gruplarına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bağlanma dayanımına sahiptir. Dual Rinse HEDP grubu ve GA grubu arasında, EDTA ve GA grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. Her grup kendi içinde incelendiğinde apikal bölgede bağlanma dayanımı daha düşüktür. Her grupta 37 °C'deki bağlanma dayanımları 22 °C'ye göre anlamlı derecede daha yüksektir.

Çalışmamızın birinci alternatif hipotezi “Kanalın apikal ve orta bölgesinden ve sıcaklıklardan bağımsız olarak şelasyon ajanlarının biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi vardır.” olarak belirlenmişti. Çalışmamızın sonuçları birinci alternatif hipotezi kabul etmektedir. EDTA solüsyonu Dual Rinse HEDP solüsyonuna göre daha yüksek bağlanma dayanımına sahiptir. Çalışmamızın ikinci

alternatif hipotezi “Şelasyon ajanlarından ve sıcaklıklardan bağımsız olarak kök kanalının apikal ve orta bölgesinin biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi vardır.” olarak belirlenmişti. Çalışmamızın sonuçlarına göre gruplar kendi içinde incelendiğinde apikal bölgede bağlanma dayanımları daha düşüktür bu nedenle çalışmamız ikinci alternatif hipotezi kabul etmektedir. Çalışmamızın üçüncü alternatif hipotezi “Kanalın apikal ve orta bölgesinden ve şelasyon ajanlarından bağımsız olarak sıcaklığın biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi vardır.” olarak belirlenmişti. Çalışmamızın sonuçlarına göre gruplar kendi içinde incelendiğinde 37 °C’deki bağlanma dayanımları 22 °C’dekinden anlamlı olarak daha yüksektir bu nedenle çalışmamız üçüncü alternatif hipotezi de kabul etmektedir. Çalışmamızın H₀ hipotezi ise “Farklı şelasyon ajanlarının değişen sıcaklıklarda kök kanalının apikal ve orta bölgesinde biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi yoktur.” şeklindedir. Çalışmamızın sonuçlarına göre farklı şelasyon ajanlarının değişen sıcaklıklarda kök kanalının apikal ve orta bölgesinde biyoseramik esaslı kanal patının bağlanma dayanımına etkisi vardır ve bu durumda H₀ hipotezi reddedilmektedir.

Çiçek ve ark. yapmış oldukları çalışmada EDTA ve MTAD’nin smear tabakasını 4 °C, 25 °C ve 37 °C sıcaklıklarda uzaklaştırma etkinliklerini incelemişlerdir. Koronal, orta ve apikal kesitlerden alınan numunelerin tümünde farklı sıcaklıklarda EDTA ve MTAD arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Kök kanalının apikal seviyesinde bile smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA ve MTAD’nin 25 °C ve 37 °C sıcaklıklarda kullanılmasının, 4 °C sıcaklıktaki kullanımına göre daha etkili olduğu sonucunu bildirmişlerdir (116). Uzunoğlu ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada; QMix ve EDTA’nın artan sıcaklıklarının epoksi reçine esaslı kanal patının itmeli bağ dayanımı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 22 °C ve 37 °C’de, %17 EDTA ve QMix kullanmışlardır. Sonuç olarak QMix sıcaklıktan bağımsız olarak, EDTA’ya göre daha yüksek POBS değerlerine sahiptir. 37 °C EDTA ile irrigasyon yapılan örneklerde 22 °C EDTA ile irrigasyon yapılan örneklerle göre daha yüksek bağlanma mukavemeti değerleri görülmüştür (124). Bu sonuç çalışmamızın sonuçlarını desteklemektedir. Aynı şekilde çalışmamızda da 37 °C EDTA ile irrigasyon yapılan örneklerde 22 °C EDTA ile irrigasyon yapılan örneklerle göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri görülmüştür.

Sfeir ve ark. son yıkama için kullanılan değişik irrigasyon solüsyonlarının kalsiyum silikat bazlı patların itme bağlanma dayanımını, epoksi reçine bazlı patlarla karşılaştırdıkları çalışmada; dişleri 3 gruba ayırıp EDTA, NaOCl ve Dual Rinse HEDP solüsyonlarıyla yıkayıp her bir grubu tek konlu dolum için kullanılan pata AH Plus Jet veya Total Fill BC Sealer 'a göre iki alt gruba ayırmışlardır. Sonuç olarak EDTA/Total Fill BC Sealer grubu; HEDP/ Total Fill BC Sealer ve NaOCl/AH Plus Jet ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek itme bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. HEDP/Total Fill BC Sealer önemli ölçüde daha düşük itme bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. EDTA/AH Plus Jet, HEDP/AH Plus Jet ve NaOCl/Total Fill BC Sealer grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir (226). Sonuç çalışmamızla uyumludur. Çalışmamızda da biyoseramik esaslı kanal patı kullanılmış ve EDTA grubunun HEDP grubuna göre daha yüksek bağlanma dayanımına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Paulson ve ark. yapmış oldukları çalışmada; NaOCl irrigasyonu ile birlikte EDTA kullanarak ardışık şelasyon ve HEDP şelasyonunun yani devamlı şelasyonun Biodentinin itme bağlanma kuvveti üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Biodentinin itme bağlanma kuvvetinin, devamlı şelasyon ajanı HEDP ile irrigasyon yapıldığında, tek başına NaOCl veya NaOCl/EDTA şelasyonuna göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ve bunlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı sonucunu bildirmişlerdir. Devamlı şelasyonun, biodentinin kök kanalı dentinine POBS'sini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (227).

Ulusoy ve ark. yapmış oldukları çalışmada Pro-Root MTA, Ortho MTA ve Retro MTA gibi farklı MTA'ların; %2,5 NaOCl ve %17 EDTA, devamlı şelasyon HEDP, %2,5 NaOCl ve %7 MA, %2,5 NaOCl solüsyonlarıyla irrigasyonundan sonra yerinden çıkma direncini ve yapısal değişikliklerini değerlendirmişlerdir. HEDP kullanımı, Ortho MTA ve Pro-Root MTA ile doldurulan örneklerde %17 EDTA ve %7 MA'ya kıyasla daha yüksek yerinden çıkma direnci ile sonuçlanmıştır. Retro MTA grubunda HEDP ve %17 EDTA uygulanan örneklerin yerinden çıkma direnci %7 MA'ya göre daha yüksek bulunmuştur. Her üç MTA'nın mikroyapısal ve elemental analizinde, %17 EDTA ve %7 MA uygulanan numunelerde kalsiyum düzeyinin, HEDP'ye göre daha fazla azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca MTA örneklerinin elemental analizinde EDTA ve MA ile muamele edilen her üç tip MTA'nın da

kalsiyum seviyesinin azaldığı sonucu bildirilmiştir (228). Bu bulgu, HEDP'nin trikalsiyum silikat yapısına zarar vermeyen hafif şelatlama potansiyeline sahip oluşunu düşündürmektedir.

Reboloso de Barrio ve ark. kalsiyum silikat bazlı simanların değişik irrigasyon solüsyonlarında bekletildikten sonra bağlanma dayanımlarını karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmada Biodentin, ProRoot MTA ve Total Fill simanları; salin, %5,25 NaOCl, %17 EDTA ve 5,25'lik karışım % NaOCl ve %9 HEDP (NaOCl+HEDP) irrigasyon solüsyonlarında bekletilmiştir. İtme testi sonuçlarına göre; kök kanal irrigasyonun ProRoot MTA'nın push-out üzerindeki etkisi karşılaştırıldığında hiçbir fark bulunmazken, NaOCl+HEDP irrigasyonu sonrası Biodentin kullanılmış grupta anlamlı derecede yüksek push-out değerleri ve EDTA irrigasyonu sonrası Total Fiil simanı kullanılan grupta ise anlamlı derecede düşük push-out değerleri kaydedildiği bildirilmiştir (229). Her ne kadar bu çalışmada kalsiyum silikat esaslı siman, bizim çalışmamızda ise biyoseramik esaslı pat kullanılmış olsa da POBS değerleri açısından yıkama protokolleri farklı sonuçlar vermiştir. Çalışmamızda EDTA yüksek POBS değerleri sergilerken, Dual Rinse HEDP daha düşük değerler göstermiştir.

Pradhan ve ark. nın yapmış oldukları çalışmada önceden ısıtılmış irrigasyon solüsyonlarının (EDTA, QMix) ve daha sonra ultrasonik sistem ve lazer gibi çeşitli aktivasyon tekniklerinin kullanımının fiber postların kök dentinine POBS üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Sonuçta önceden ısıtılmış irrigasyon gruplarında, ısıtılmamış irrigasyon gruplarına oranla anlamlı derecede yüksek POBS değerlerinin elde edildiğini, QMix grubunun EDTA'ya kıyasla daha yüksek tutuculuk gösterdiğini ve irrigasyon solüsyonlarının lazer ve ultrasonik ile aktive edildiğinde benzer olumlu sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir. (230). Bu sonuçlar çalışmamızın sonuçlarını desteklemekte ve ısı artışının POBS değerlerini arttırdığını göstermektedir.

Neelakantan ve ark. sürekli şelasyon irrigasyonunun, epoksi reçine bazlı kök kanal patının kök dentinine bağlanması üzerine yapmış oldukları bir çalışmada, HEDP ile sürekli şelasyonun AH Plus patının dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini test etmişlerdir. POBS kuvvetinin koronalde en yüksek, apikal üçte birlik kısmında ise en düşük olduğu ve enstrümantasyon sırasında %5 NaOCl + %18 HEDP irrigasyonu kullanılan grupların, tüm kök üçte birlik kısımlarda %5 NaOCl-%17 EDTA

irrigasyonunu takip eden gruplara göre önemli ölçüde daha yüksek bağlanma kuvvetine sahip olduğu sonucunu bildirmişlerdir (184). Kfir ve ark. geleneksel NaOCl ve ardından EDTA irrigasyonu ile yeni HEDP bazlı solüsyon irrigasyonunu karşılaştırarak yaptıkları çalışmada kök kanal duvarı erozyonunu, SEM ile incelemişlerdir. Çalışmada dişler grup 1’de preparasyon esnasında %3 NaOCl ardından %17 EDTA kullanılmış, grup 2’de ise %3 NaOCl, %18 HEDP ile karıştırılarak tek irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmıştır. Her iki grupta da apikal üçlüde smear tabakası uzaklaştırma etkinliği daha düşük olup gruplar arasında anlamlı fark bulunmadığı sonucuna ulaşmışlardır (231). Bizim çalışmamızda EDTA apikal üçlüde, Dual Rinse HEDP irrigasyonuna göre daha etkiliydi. Neelakantan ve ark.’nın çalışmasıyla çelişen bu durumun nedeni, bizim çalışmamızda final irrigasyon protokolünde şelatörlerin aktive edilmiş olması olabilir. Devamlı şelasyonun aktivasyonu sonucunda etkisinin değerlendirildiği çalışmalara ihtiyaç vardır.

Zollinger ve ark. yapmış oldukları çalışmada, klinik kullanıma yönelik yeni bir ürün olan etidronat içeren HEDP ile birleştirildiğinde NaOCl çözeltilerinin stabilitesini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Başlangıçtaki NaOCl konsantrasyonu ve sıcaklığın her ikisi de, HEDP içeren kombine çözeltilerin kısa süreli saklama stabilitesini etkilediği sonucu bildirilmiştir (232). Çalışmamızda NaOCl/HEDP çözeltisini taze hazırlayıp kullandığımız için herhangi bir klor kaybı yaşanmamıştır.

Özata ve ark. yapmış oldukları çalışmada son yıkama solüsyonu olarak kullanılan IP6, EDTA ve GA’nın biyoseramik bir materyal olan Well Root ST’nin itme bağ kuvveti üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. GA’nın, biyoseramik bazlı kanal patının kök kanal dentinine bağlanma gücünü en az EDTA kadar arttırdığı; IP6’nın bu şelatörlere benzer bir güç sergilediği, fakat kontrol grubuyla arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı sonucunu bildirmişlerdir (233). Mevcut çalışmamızda, bu çalışma ile paralel olarak, EDTA ve GA grupları arasında POBS değerleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Soldin ve ark. yaptıkları bir çalışmada PUI ve Easy Clean ile aktive edilen %17 EDTA, %10 GA ve %17 GA’nın smear kaldırma etkinliklerini inceledikleri çalışmada, PUI aktivasyon yöntemi kullanılan örneklerde şelasyon ajanlarının smear kaldırma etkinliğinin benzer olduğu sonucunu bildirmişlerdir (234). Bu sonuç

çalışmamızda GA ve EDTA solüsyonları arasında PUI aktivasyon yöntemi kullanılarak ölçülen bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamasını destekler niteliktedir.

Kaki ve ark. nın şelasyonun iki farklı kök kanal patının adezyonu üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, %17 EDTA, %18 HEDP, %0,2 Chitosan ile kanal patı olarakta Well Root ST ve AH Plus kullanmışlardır. Sonuç olarak Well Root ST kullanan gruplarda, kullanılan irrigasyon solüsyonundan bağımsız olarak tüm alt gruplarda anlamlı derecede daha yüksek itme bağlanma kuvveti değerleri sergilediği ve EDTA grubunda, diğer AH Plus alt gruplarına göre daha yüksek itme bağ kuvveti gösterdiği sonucunu bildirmişlerdir (235). Bizim çalışmamızda NaOCl ile kombine kullanılan Dual Rinse HEDP, EDTA'dan daha düşük POBS değerleri sergilemiştir. Kaki ve ark. ile HEDP'yi ardışık şelasyon protokolünde kullansa da sonuçlar bizim çalışmamızla uyum göstermiştir.

Yapılan çalışmalarda irrigasyon solüsyonlarının sıcaklığı artırıldığında smear tabakasının daha etkin şekilde kaldırıldığı sonucuna ulaşılmıştır (236). Sıcaklığın artmasıyla birlikte yüzey geriliminin düşmesi ve ıslanabilirliğin artması smearın daha etkin kaldırılmasını sağlar (237). Smear tabakasının uzaklaştırılması, kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu ve kanal dolgusunun retansiyonunu artırır (238). NaOCl ve NaOCl/Etidronik asit karışımının 60 °C ve 100 °C sıcaklıklarda pulpa çözünme hızını incelendiği bir çalışmada, ısıtma yapılmayan gruplara göre çözünmenin daha hızlı olduğu görülmüştür (239). NaOCl'deki moleküller ısıtma ile hızlanarak organik doku ile daha fazla çarpışıp çözünmenin artmasına neden olmaktadır (117). Kök kanalı dışında ısıtılan sıvıların kanal içine uygulandığı anda vücut tarafından hızlıca tamponlanmaktadır (240). Bu nedenle yıkama solüsyonlarının dışarıda ısıtılarak kök kanalına uygulanması veya kök kanalı içerisinde ısıtılarak direkt dentine uygulanmasının farklı sonuçlara neden olabileceği düşünülebilir.

Mineral infiltrasyon bölgesi olarak adlandırılan tabaka, kalsiyum silikat esaslı patların kök dentin duvarında oluşturduğu bir ara yüzey tabakasıdır. Patlar ve dentin arasındaki adezyonu ara yüzey dentinindeki bu kimyasal etkileşim ve tag benzeri yapılarla mikromekanik etkileşim tarafından sağlamaktadır (238, 241, 242).

Çalışmamızda biyoseramik esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımının 22 °C'ye göre 37 °C sıcaklıklarda şelatlama sonrasında daha etkili olması nedeninin kanal patının daha fazla açılan dentin tübüllerine daha iyi penetre olup adezyonunun artmasıyla ilgili olduğunu düşünmekteyiz.

Materyallerin yoğunluğu farklı tipteki başarısızlık modellerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Dentin tübüllerine nüfuz etmeyi zorlaştıran ağır bir viskoziteye sahip olan putty kıvamlı materyaller, yük altında dentin duvarından kolay yer değiştirmeye yol açar ve adeziv tip başarısızlıklara neden olmaktadır. Toz-likit şeklinde karıştırılan materyaller ise dentin tübüllerine kolay nüfuz etmesini sağlayarak yer değiştirme kuvvetlerine karşı direnç gösteren düşük bir viskoziteye sahiptir. Materyalin merkezi kırılğan olduğunda ise koheziv tipte başarısızlık meydana gelebilmektedir (243). Materyalin dentine bağlanmasını artıran tübül penetrasyonu ve mikromekanik ankraj, tüm gruplarda karışık ve koheziv tip bağlantı başarısızlığının nedenidir (244).

Çalışmamızın sonuçlarına göre, en çok koheziv tipte bağlantı başarısızlığı görülmesine karşın karışık tip bağlantı başarısızlığı da hemen hemen aynı baskınlıkta görülmüştür. GA grubunda koheziv başarısızlık (%45) daha sık görülürken, karışık tip başarısızlık EDTA grubunda (%50) daha sık görülmektedir. HEDP grubunda ise en çok koheziv (%45) başarısızlık tipi görülmektedir. Adeziv tip başarısızlığı oranı ise tüm gruplarda en az görülen başarısızlık tipidir. Bu durum pat dentin bağlantısının, pat-güta perka bağlantısına oranla daha güçlü bağlara sahip olmasına bağlanabilir (245).

Tüm bu sonuçlara bakıldığında tez çalışmamız ve literatürdeki farklı sonuçlar; irrigasyon ajanına maruz kalma süreleri, solüsyonların sıcaklık değişimleri, kullanılan yıkama sıvısı konsantrasyonundaki değişkenlik, solüsyonun uygulanma süresi, aktivasyon kullanılıp kullanılmadığı, çalışmamızda kullanılan dişlerin yaşı, dişlerdeki tübül sayısı ve çapları gibi çalışma tasarımındaki farklılıklardan etkilenmiş olabilmektedir. Bu tez çalışmasında da farklı sıcaklık ve şelasyon ajanlarıyla smear tabakası uzaklaştırıldıktan sonra biyoseramik esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımının etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Solüsyonun bağlanma dayanımına etkisine bakıldığında; Dual Rinse HEDP ve GA solüsyonları arasında, EDTA ve GA solüsyonları arasında anlamlı bir fark bulunmazken, EDTA solüsyonu Dual Rinse HEDP solüsyonuna göre bağlanma dayanımını anlamlı derecede arttırmıştır.

2. 37 °C’de kullanılan solüsyonlar bağlanma dayanımını, 22 °C’ye göre anlamlı derecede arttırmıştır.

3. Orta kesitte bağlanma dayanımı, apikal kesite göre anlamlı derecede daha fazlaydı.

4. 37 °C’de orta kesitte ortalama Mpa değeri; 22 °C derece apikal kesitte, 22 °C orta kesitte ve 37 °C apikal kesitte elde edilen değerlere göre anlamlı derecede daha fazlaydı.

5. Sıcaklık ve kesit etkileşiminde elde edilen en düşük değerler 22 °C ve apikal kesitteydi.

Farklı sıcaklıklarda EDTA, GA ve Dual Rinse HEDP solüsyonlarıyla ilgili ve de devamlı şelasyonla ilgili daha fazla araştırmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

7.KAYNAKLAR

1. Al-Hiyasat AS, Yousef WaA. Push-out bond strength of calcium silicate-based cements in the presence or absence of a smear layer. *International endodontic journal*. 2022;2022:7724384.
2. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics*. 2004;30(8):559-67.
3. Svec TA, Harrison JW. Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *Journal of Endodontics*. 1977;3(2):49-53.
4. Şen B, Wesselink P, Türkün M. The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International endodontic journal*. 1995;28(3):141-8.
5. Ørstavik D, Haapasalo M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology*. 1990;6(4):142-9.
6. Okşan T, Aktener B, Şen B, Tezel H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*. 1993;26(5):301-5.
7. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Dall'Asta L, Cianconi L. FESEM evaluation of smear layer removal using different irrigant activation methods (EndoActivator, EndoVac, PUI and LAI). An in vitro study. *Clinical oral investigations*. 2018;22(4):993-9.
8. Crumpton BJ, Goodell GG, McClanahan SB. Effects on smear layer and debris removal with varying volumes of 17% REDTA after rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*. 2005;31(7):536-8.
9. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International endodontic journal*. 2002;35(11).
10. Godfrey PD, Rodgers FM, Brown RD. Theory versus experiment in jet spectroscopy: Glycolic acid. *Journal of the American Chemical Society*. 1997;119(9):2232-9.
11. Thibault PK, Włodarczyk J, Wenck A. A double-blind randomized clinical trial on the effectiveness of a daily glycolic acid 5% formulation in the treatment of photoaging. *Dermatologic surgery*. 1998;24(5):573-8.
12. 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. *Dermatologic Surgery*. 2001;27(5):429-33.
13. 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. *Operative dentistry* 2018;43(1):101-10.
14. Barcellos DPDC, Farina AP, Barcellos R, Souza MA, Borba M, Bedran-Russo AK, et al. Effect of a new irrigant solution containing glycolic acid on smear layer removal and chemical/mechanical properties of dentin. *Scientific reports*. 2020;10(1):7313.

15. Tartari T, Vila Nova de Almeida B, Carrera Silva Júnior JO, Facíola Pessoa O. A new weak chelator in endodontics: effects of different irrigation regimens with etidronate on root dentin microhardness. *International endodontic journal*. 2013;2013.
16. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics*. 2005;31(11):817-20.
17. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International endodontic journal*. 2009;42(4):335-43.
18. Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P, Ruiz-Linares M, Ferrer-Luque CM. Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *Journal of Endodontics*. 2014;40(12):1999-2002.
19. Saunders W. Endodontics. Problem-Solving in Clinical Practice. *British Dental Journal* 2004;196(4):238-.
20. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. 2010;54(2):291-312.
21. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. *International endodontic journal*. 2000;33(3):186-93.
22. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*. 2009;35(6):791-804.
23. Torabinejad M, Cho Y, Khademi AA, Bakland LK, Shabahang S. The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *Journal of Endodontics*. 2003;29(4):233-9.
24. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*. 2010;54(2):291-312.
25. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen's pathways of the pulp expert consult: Elsevier Health Sciences; 2015.
26. Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. *The Journal of the American Dental Association*. 1941;28(2):223-5.
27. Kandaswamy D, Venkateshbabu N. Root canal irrigants. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2010;13(4):256.
28. Alaçam T. Kök Kanallarının İrrigasyonu, Endodonti. *Fakülteler Kitabevi Ankara s*. 2000:289-312.
29. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 2006;32(5):389-98.
30. Basrani B. Endodontic irrigation. *Chemical Disinfection of the root canal system* Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG. 2015.
31. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*. 2002;13:113-7.
32. 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.
33. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of Endodontics*. 2006;32(5):389-98.
34. Rossi-Fedele G, Doğramacı EJ, Guastalli AR, Steier L, de Figueiredo JAP. Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *Journal of Endodontics*. 2012;38(4):426-31.

35. Çalışkan MK. Nonsurgical retreatment of teeth with periapical lesions previously managed by either endodontic or surgical intervention. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2005;100(2):242-8.
36. Zhu W-c, Gyamfi J, Niu L-n, Schoeffel GJ, Liu S-y, Santarcangelo F, et al. Anatomy of sodium hypochlorite accidents involving facial ecchymosis—a review. *Journal of dentistry*. 2013;41(11):935-48.
37. Mutluay AT, Mutluay M. Sodyum hipoklorit: Endodontide kullanım alanlari. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;25(2).
38. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*. 1987;13(4):147-57.
39. Zach A, Kaufman A. Quantitative evaluation of the influence of dequalinum acetate and sodium hypochlorite on human dentition. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1983;55(5):524-6.
40. Homayouni H, Majd NM, Zohrehei H, Mosavari B, Adel M, Dajmar R, et al. The effect of root canal irrigation with combination of sodium hypo-chlorite and chlorhexidine gluconate on the sealing ability of obturation materials. *Open Dent J* 2014;8:184.
41. Zamany A, Safavi K, Spångberg LS. The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2003;96(5):578-81.
42. Kaplan F. Farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin iki farklı kök kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonuna etkisinin lazer taramalı konfokal mikroskop ile değerlendirilmesi. 2020.
43. Nygaard-Ostby B. Chelation in root canal therapy. Ethylenediamine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol tidskr*. 1957;65:3-11.
44. Spencer N, Sunday JJ, Erifeta O, Georgina O, Agbor AA, Esosa US, et al. Comparative stabilizing effects of some anticoagulants on fasting blood glucose of diabetics and non-diabetics, determined by spectrophotometry (glucose oxidase). *Asian Journal of Medical Sciences*. 2011;3(6):234-6.
45. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International endodontic journal*. 2003;36(6):411-5.
46. Patterson SS. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1963;16(1):83-103.
47. Haapasalo M, Ørstavik D. In vitro infection and of dentinal tubules. *Journal of Dental Research*. 1987;66(8):1375-9.
48. 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. *Journal of Endodontics*. 2006;32(10):993-7.
49. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*. 1980;6(9):740-3.
50. Segura JJ, Calvo JR, Guerrero JM, Sampedro C, Jimenez A, Llamas R. The disodium salt of EDTA inhibits the binding of vasoactive intestinal peptide to macrophage membranes: endodontic implications. *Journal of Endodontics*. 1996;22(7):337-40.

51. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*. 2003;36(12):810-30.
52. Russell A. Activity of biocides against mycobacteria. *Journal of Applied Microbiology*. 1996;81(Supplement 25):87S-101S.
53. Russell A, Day M. Antibacterial activity of chlorhexidine. *Journal of Hospital Infection*. 1993;25(4):229-38.
54. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic topics*. 2012;27(1):74-102.
55. Turesky S, Warner V, Lin PS, Soloway B. Prolongation of antibacterial activity of chlorhexidine adsorbed to teeth. Effect of sulfates. *Journal of Periodontology*. 1977;48(10):646-9.
56. Rölle G, Löe H, Rindom Schiött C. The affinity of chlorhexidine for hydroxyapatite and salivary mucins. *Journal of Periodontal Research*. 1970;5(2):90-5.
57. Hjeljord L, Rölle G, Bonesvoll P. Chlorhexidine-protein interactions. *Journal of Periodontal Research*. 1973;8:11-6.
58. Lima KC, Fava LR, Siqueira Jr JF. Susceptibilities of *Enterococcus faecalis* biofilms to some antimicrobial medications. *Journal of Endodontics*. 2001;27(10):616-9.
59. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants: a comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1994;78(3):359-67.
60. Okino L, Siqueira E, Santos M, Bombana A, Figueiredo J. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *International endodontic journal*. 2004;37(1):38-41.
61. Mortenson D, Sadilek M, Flake N, Paranjpe A, Heling I, Johnson J, et al. The effect of using an alternative irrigant between sodium hypochlorite and chlorhexidine to prevent the formation of para-chloroaniline within the root canal system. *International endodontic journal*. 2012;45(9):878-82.
62. Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. *Journal of Endodontics*. 2008;34(12):1521-3.
63. Mampilly J, Shetty K, Shetty H. Endodontic irrigating solutions, disinfection devices and techniques: A review. *IOSR J Dent Med Sci*. 2020;19:986-97.
64. Öztekin F, Elmalı E. The effect of irrigation solutions and sterilization process on the surface properties of ProTaper Next and TruNatomy rotary files: An atomic force microscopy study. *International Dental Research*. 2022;12(2):39-46.
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. *International endodontic journal*. 2015;48(6):602-10.
66. Ulusoy Öİ, Zeyrek S, Çelik B. Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic, peracetic, and etidronic acids with different concentrations. *Microscopy research and technique*. 2017;80(7):687-92.

67. Giardino L, Del Fabbro M, Morra M, Pereira T, Bombarda de Andrade F, Savadori P, et al. Dual Rinse® HEDP increases the surface tension of NaOCl but may increase its dentin disinfection efficacy. *Odontology*. 2019;107:521-9.
68. Ulusoy Ö, Mantı A, Çelik B. Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids. *International endodontic journal*. 2020;53(11):1549-58.
69. 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.
70. 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.
71. Kamin R, Vikram R, Ashwini P, Vijaylakshmi L, Kumar N. Continuous Soft Chelation in Endodontics. *RGUHS Journal of Dental Sciences*. 2022;14(2).
72. Tartari T, Bachmann L, Zancan R, Vivan RR, Duarte MAH, Bramante CM. Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J*. 2018;51:e42-e54.
73. Kataoka M, SAsAKI M, Hidalgo A-RG, NAKANO M, SHIMIZU S. Glycolic acid production using ethylene glycol-oxidizing microorganisms. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 2001;65(10):2265-70.
74. 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. *Operative dentistry*. 2018;43(1):101-10.
75. Cecchin D, Bringhenti IL, Bernardi JB, Leal LO, Souza MA, Bedran-Russo AK, et al. Alpha-hydroxy glycolic acid for root dentin etching: Morphological analysis and push out bond strength. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2019;90:138-43.
76. 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. *Materials Science and Engineering: C*. 2019;100:323-9.
77. Dal Bello Y, Farina AP, Souza MA, Cecchin D. Glycolic acid: Characterization of a new final irrigant and effects on flexural strength and structural integrity of dentin. *Materials Science and Engineering: C*. 2020;106:110283.
78. 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.
79. Torabinejad M, Fouad AF, Shabahang S. *Endodontics e-book: Principles and practice*: Elsevier Health Sciences; 2020.
80. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics—a review. *International endodontic journal*. 2010;43(1):2-15.
81. Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S, Breschi L, Malagnino V, et al. SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *International Endodontic Journal*. 2004;37(12):832-9.
82. Çapar İD, Ari Aydınbelge H. Effectiveness of various irrigation activation protocols and the self-adjusting file system on smear layer and debris removal. *Scanning: The Journal of Scanning Microscopies*. 2014;36(6):640-7.

83. Brito PR, Souza LC, de Oliveira JCM, Alves FR, De-Deus G, Lopes HP, et al. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *Journal of endodontics*. 2009;35(10):1422-7.
84. Marending M, Luder H, Brunner T, Knecht S, Stark WJ, Zehnder M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine—mechanical, chemical and structural evaluation. *International endodontic journal*. 2007;40(10):786-93.
85. Scelza MFZ, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;95(2):234-6.
86. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of endodontics*. 2003;29(3):170-5.
87. Van der Sluis L, Gambarini G, Wu M, Wesselink P. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *International endodontic journal*. 2006;39(6):472-6.
88. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *International endodontic journal*. 2007;40(8):644-52.
89. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *British dental journal*. 2014;216(6):299-303.
90. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *International Endodontic Journal*. 2008;41(7):602-8.
91. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *Journal of endodontics*. 1990;16(7):323-7.
92. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics*. 2006;32(12):1181-4.
93. Metzger Z. The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2014;17(5):401.
94. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paqué F, Hülsmann M. The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer—a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 2010;36(4):697-702.
95. Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(5):614-7.
96. Pitt WG. Removal of oral biofilm by sonic phenomena. 2005.
97. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*. 1987;13(3):93-101.
98. 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. *Journal of endodontics*. 2003;29(10):674-8.

99. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics*. 1999;25(11):735-8.
100. Adıgüzel M, Ahmetoğlu F, Altan HO. Diş Hekimliğinde Ultrasonik Kullanımı:Derleme. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;25:97-104.
101. Van der Sluis L, Versluis M, Wu M, Wesselink P. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *International endodontic journal*. 2007;40(6):415-26.
102. Ahmad M, Ford TP, Crum L, Walton A. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *Journal of Endodontics*. 1988;14(10):486-93.
103. Harrison A, Chivatxaranukul P, Parashos P, Messer H. The effect of ultrasonically activated irrigation on reduction of *Enterococcus faecalis* in experimentally infected root canals. *International Endodontic Journal*. 2010;43(11):968-77.
104. Karlovic Z, Pezelj-Ribaric S, Miletic I, Jukic S, Grgurevic J, Anic I. Erbium: YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. *Journal of endodontics*. 2005;31(11):821-3.
105. Peng Q, Juzeniene A, Chen J, Svaasand LO, Warloe T, Giercksky K-E, et al. Lasers in medicine. *Reports on Progress in Physics*. 2008;71(5):056701.
106. Akyüz E.Ş, A. E. Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;25:98-104.
107. Sahar-Helft S, Slutzky-Goldberg I, Moshonov J, Stabholtz A, Jacobovitz M, Tam A, et al. Synergistic effect of Er: YAG laser irradiation in combination with chlorhexidine on the viability of *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *Photomedicine and laser surgery*. 2011;29(11):753-8.
108. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, DiVito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal of endodontics*. 2011;37(7):1008-12.
109. Galler K, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, et al. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *International endodontic journal*. 2019;52(8):1210-7.
110. Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *Journal of Endodontics*. 2011;37(9):1301-5.
111. Perez F, Rouqueyrol-Pourcel N. Effect of a low-concentration EDTA solution on root canal walls: a scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2005;99(3):383-7.
112. Serper A, Çalt S. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of endodontics*. 2002;28(7):501-2.
113. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of endodontics*. 2002;28(1):17-9.
114. Moorer W, Wesselink P. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. *Int Endod J*. 1982;15(4):187-96.
115. Yılmaz Z, Aktemur S, Buzoglu HD, Gümüşderelioglu M. The effect of temperature and pH variations on the surface tension of EDTA solutions. *Journal of endodontics*. 2011;37(6):825-7.

116. Çiçek E, Keskin Ö. The effect of the temperature changes of EDTA and MTAD on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopy study. *Scanning*. 2015;37(3):193-6.
117. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*. 2005;31(9):669-71.
118. Kamburis J, Barker T, Barfield R, Eleazer P. Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *Journal of Endodontics*. 2003;29(9):559-61.
119. Abou-Rass M, Patonai Jr FJ. The effects of decreasing surface tension on the flow of irrigating solutions in narrow root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1982;53(5):524-6.
120. Woodmansey KF. Intracanal heating of sodium hypochlorite solution: an improved endodontic irrigation technique. *Dentistry today*. 2005;24(10):114-6.
121. Berutti E, Marini R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *Journal of Endodontics*. 1996;22(9):467-70.
122. Tartari T, Borges M, de Araújo L, Vivan RR, Bonjardim LR, Duarte MAH. Effects of heat in the properties of NaOCl alone and mixed with etidronate and alkaline tetrasodium EDTA. *International Endodontic Journal*. 2021;54(4):616-27.
123. Wright PP, Kahler B, Walsh LJ. The effect of heating to intracanal temperature on the stability of sodium hypochlorite admixed with etidronate or EDTA for continuous chelation. *Journal of Endodontics*. 2019;45(1):57-61.
124. Uzunoğlu E, Turker SA, Karahan S. The effect of increased temperatures of QMix and EDTA on the push-out bond strength of an epoxy-resin based sealer. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2015;9(7):ZC98.
125. Cunningham WT, Martin H. A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1982;53(5):527-31.
126. Tauber R, Morse DR, Sinai IA, Furst ML. A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. *Journal of endodontics*. 1983;9(7):269-74.
127. Ford HP. *Endodontics: problem-solving in clinical practice*: CRC Press; 2002.
128. Grossman L, Oliet S, Del Rio C. *Endodontic practice*. Philadelphia: Lea & Febiger. 1988.
129. Spangberg L. Endodontic filling materials. *Biocompatibility of dental materials*. 1982;3:161-222.
130. Alaçam T. Kök Kanallarının doldurulmasında kullanılan patlar: Özyurt Matbaacılık; 2012.
131. Grossman L, Oliet S. Del Rio: *Endodontics Practice*. Lea & Febiger. 1988;11:102-10.
132. Harnden D. Tests for carcinogenicity and miitagenicity 1. *International endodontic journal*. 1981;14(1):35-61.
133. Çalt Tarhan S, Uzunoğlu Özyürek E. Kök kanal dolgu maddeleri. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci-Special Topics*. 2010;1.

134. Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of endodontics*. 1995;21(7):384-90.
135. Blackman R, Gross M, Seltzer S. An evaluation of the biocompatibility of a glass ionomer-silver cement in rat connective tissue. *Journal of endodontics*. 1989;15(2):76-9.
136. Siqueira Jr J, Lopes H. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International endodontic journal*. 1999;32(5):361-9.
137. Sousa-Neto MD, Passarinho-Neto JG, Carvalho-Júnior JR, Cruz-Filho AM, Pécora JD, Saquy PC. Evaluation of the effect of EDTA, EGTA and CDTA on dentin adhesiveness and microleakage with different root canal sealers. *Brazilian dental journal*. 2002;13:123-8.
138. Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental materials*. 2001;17(6):512-9.
139. Hench L. J. of the american cer. Soc. 1991;74:1487-510.
140. Tyagi S, Mishra P, Tyagi P. Evolution of root canal sealers: An insight story. *European Journal of General Dentistry*. 2013;2(03):199-218.
141. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of endodontics*. 2011;37(5):673-7.
142. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *Journal of endodontics*. 2011;37(11):1547-9.
143. Koch K, Brave D, Nasseh AA. A review of bioceramic technology in endodontics. *CE article*. 2012;4:6-12.
144. Tarhan SÇ, Uzunoğlu E. Kök kanal dolgu maddeleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences Special Topics*. 2010;1(3):1-15.
145. 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. *Journal of endodontics*. 2010;36(7):1174-8.
146. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *Journal of Endodontics*. 2002;28(5):351-4.
147. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry-University of Washington* -. 2003;28(3):215-35.
148. Ørstavik D, Eriksen H, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal*. 1983;16(2):59-63.
149. Stewart GG. A comparative study of three root canal sealing agents. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1958;11(10):1174-8.
150. Mjör I, Smith M, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International endodontic journal*. 2001;34(5):346-53.
151. Paqué F, Luder H, Sener B, Zehnder M. Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal*. 2006;39(1):18-25.

152. Muniz L, Mathias P. The influence of sodium hypochlorite and root canal sealers on post retention in different dentin regions. *Operative Dentistry -University of Washington-*. 2005;30(4):533.
153. Ari H, Yaşar E, Bellí S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *Journal of endodontics*. 2003;29(4):248-51.
154. Hong S-T, Bae K-S, Baek S-H, Kum K-Y, Shon W-J, Lee W. Effects of root canal irrigants on the push-out strength and hydration behavior of accelerated mineral trioxide aggregate in its early setting phase. *Journal of endodontics*. 2010;36(12):1995-9.
155. Ayaz DF, Tağtekin D, Yanıkoğlu F. Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2011;2011(4):49-56.
156. JI G. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. *Pathways of the pulp*. 2002.
157. Erickson R. Surface interactions of dentin adhesive materials. *Operative dentistry*. 1992;81-94.
158. Gee D, Wesselink. Effect of tubule orientation in the cavity wall on the seal of dental filling materials: an in vitro study. *International Endodontic Journal*. 1998;31(5):326-32.
159. Ruse N, Smith D. Adhesion to bovine dentin-surface characterization. *Journal of dental research*. 1991;70(6):1002-8.
160. Pashley DH. Smear layer: overview of structure and function. *Proceedings of the Finnish Dental Society Suomen Hammaslaakariseuran toimituksia*. 1992;88:215-24.
161. Yilmaz Z, Basbag B, Buzoglu HD, Gümüşderelioglu M. Effect of low-surface-tension EDTA solutions on the wettability of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2011;111(1):109-14.
162. Dem K, Wu Y, Kaminga AC, Dai Z, Cao X, Zhu B. The push out bond strength of polydimethylsiloxane endodontic sealers to dentin. *BMC oral health*. 2019;19(1):1-6.
163. Alipour M, Faraji Gavvani L, Ghasemi N. Push-out bond strength of the calcium silicate-based endodontic cements in the presence of blood: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Clinical and Experimental Dental Research*. 2022;8(2):571-82.
164. Sirisha K, Rambabu T, Ravishankar Y, Ravikumar P. Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2014;17(5):420.
165. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European journal of oral sciences*. 2004;112(4):353-61.
166. Huffman B, Mai S, Pinna L, Weller R, Primus C, Gutmann J, et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *International Endodontic Journal*. 2009;42(1):34-46.
167. Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *Journal of dentistry*. 2007;35(11):827-35.
168. Yilmaz A, Yalcin TY, Helvacioglu-Yigit D. Effectiveness of various final irrigation techniques on sealer penetration in curved roots: a confocal laser scanning microscopy study. *BioMed research international*. 2020;2020:1-7.

169. Duke E, Lindemuth J. Variability of clinical dentin substrates. *American Journal of Dentistry*. 1991;4(5):241-6.
170. Patierno J, Rueggeberg F, Anderson R, Weller R, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Dental Traumatology*. 1996;12(5):227-36.
171. De-Deus G, Di Giorgi K, Fidel S, Fidel RAS, Paciornik S. Push-out bond strength of Resilon/Epiphany and Resilon/Epiphany self-etch to root dentin. *Journal of Endodontics*. 2009;35(7):1048-50.
172. Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *Journal of Endodontics*. 2007;33(2):160-2.
173. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International endodontic journal*. 2011;44(8):697-730.
174. 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. *Journal of endodontics*. 2004;30(2):100-2.
175. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of endodontics*. 1996;22(5):257-9.
176. Orstavik D. *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis*: John Wiley & Sons; 2020.
177. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(6):658-66.
178. Torabinejad M, Shabahang S, Apicco RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *Journal of endodontics*. 2003;29(6):400-3.
179. Koulaouzidou EA, Margelos J, Beltes P, Kortsaris AH. Cytotoxic effects of different concentrations of neutral and alkaline EDTA solutions used as root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 1999;25(1):21-3.
180. Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *Journal of endodontics*. 2012;38(8):1110-3.
181. Takeda F, Harashima T, Kimura Y, Matsumoto K. A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *International Endodontic Journal*. 1999;32(1):32-9.
182. Nassar M, Hiraishi N, Tamura Y, Otsuki M, Aoki K, Tagami J. Phytic acid: An alternative root canal chelating agent. *Journal of endodontics*. 2015;41(2):242-7.
183. De-Deus G, Namen F, Galan Jr J, Zehnder M. Soft chelating irrigation protocol optimizes bonding quality of Resilon/Epiphany root fillings. *Journal of endodontics*. 2008;34(6):703-5.
184. 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. *International endodontic journal*. 2012;45(12):1097-102.

185. Oh S, Perinpanayagam H, Lee Y, Kum J-W, Yoo Y-J, Lim S-M, et al. Effect of acidic solutions on the microhardness of dentin and set OrthoMTA and their cytotoxicity on murine macrophage. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2016;41(1):12-21.
186. Souza MA, Bischoff KF, Rigo BD, Piuco L, Didoné AV, Bertol CD, et al. Cytotoxicity of different concentrations of glycolic acid and its effects on root dentin microhardness—An in vitro study. *Australian Endodontic Journal*. 2021;47(3):423-8.
187. Mokhtari H, Milani AS, Zand V, Shakuie S, Nazari L. The effect of different concentrations and temperatures of sodium hypochlorite irrigation on pain intensity following endodontic treatment of mandibular molars with irreversible pulpitis: A randomized, double-blind clinical trial. *Clinical and Experimental Dental Research*. 2023.
188. Eriksson R, Albrektsson T. The effect of heat on bone regeneration: an experimental study in the rabbit using the bone growth chamber. *Journal of Oral and Maxillofacial surgery*. 1984;42(11):705-11.
189. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1984;58(5):589-99.
190. Akyol R, Yılmaz S, Mehmet A. Kayseri ili popülasyonundaki mandibular premolar dişlerin kök ve kanal morfolojilerinin konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile incelenmesi. *Selcuk Dental Journal*. 2019;6(4):346-50.
191. Gawdat SI, Bedier MM. Influence of dual rinse irrigation on dentinal penetration of a bioceramic root canal sealer: A Confocal microscopic Analysis. *Australian Endodontic Journal*. 2022;48(3):481-6.
192. Goodis H, Marshall Jr G, White J. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Archives of oral biology*. 1991;36(8):561-6.
193. Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. *International endodontic journal*. 2004;37(7):425-37.
194. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *The Journal of the American Dental Association*. 1955;50(5):544-52.
195. 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. *Journal of Endodontics*. 2009;35(9):1300-2.
196. Baugh D, Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: a review of the literature. *Journal of endodontics*. 2005;31(5):333-40.
197. Rôças IN, Provenzano JC, Neves MA, Siqueira Jr JF. Disinfecting effects of rotary instrumentation with either 2.5% sodium hypochlorite or 2% chlorhexidine as the main irrigant: a randomized clinical study. *Journal of endodontics*. 2016;42(6):943-7.
198. Podar R, Kulkarni GP, Dadu SS, Singh S, Singh SH. In vivo antimicrobial efficacy of 6% *Morinda citrifolia*, *Azadirachta indica*, and 3% sodium hypochlorite as root canal irrigants. *European journal of dentistry*. 2015;9(04):529-34.
199. Özcan E, Çapar İD, Çetin AR, Aydınbelge HA. Farklı irrigasyon solüsyonlarının MTA Fillapex kanal patının bağlanma dayanımı üzerine etkisi. *Acta Odontologica Turcica*. 2013;30(1):1-5.
200. Mello I, Robazza CRC, Antoniazzi JH, Coil J. Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;106(5):e40-e3.

201. Demirbaş M, Maden M, Orhan H. Farklı Konsantrasyonlarda Glikolik Asit Kullanımının Kök Kanal Dolgu Materyallerinin Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2022;13(2):240-52.
202. Turkel E, Onay EO, Ungor M. Comparison of three final irrigation activation techniques: effects on canal cleanness, smear layer removal, and dentinal tubule penetration of two root canal sealers. *Photomedicine and laser surgery*. 2017;35(12):672-81.
203. Arslan D, Guneser MB, Dincer AN, Kustarci A, Er K, Siso SH. Comparison of smear layer removal ability of QMix with different activation techniques. *Journal of endodontics*. 2016;42(8):1279-85.
204. Sennain S, Wassel M, Awad B. Evaluation of Cleaning Efficacy and Instrumentation Time of Manual K-Files and Two Different Rotary Systems (ProTaper Next and Pro AF Rotary Files) in Pulpectomy of Primary Molars: An In Vitro Study. *Egyptian Dental Journal*. 2021;67(4):2865-74.
205. Katge F, Patil D, Poojari M, Pimpale J, Shitoot A, Rusawat B. Comparison of instrumentation time and cleaning efficacy of manual instrumentation, rotary systems and reciprocating systems in primary teeth: An in vitro study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2014;32(4):311-6.
206. Prichard J. Rotation or reciprocation: a contemporary look at NiTi instruments? *British dental journal*. 2012;212(7):345.
207. 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. *Journal of endodontics*. 2015;41(7):1112-5.
208. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of endodontics*. 2010;36(1):143-6.
209. Cameron J. The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *Journal of Endodontics*. 1983;9(7):289-92.
210. Mamootil K, Messer H. Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International endodontic journal*. 2007;40(11):873-81.
211. 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. *Journal of Endodontics*. 2012;38(8):1093-6.
212. Nikhil V, Singh R. Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques. *Journal of conservative dentistry: JCD*. 2013;16(4):294.
213. 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. *Journal of endodontics*. 1989;15(12):588-90.
214. Pereira AC, Nishiyama CK, de Castro Pinto L. Single-cone obturation technique: a literature review. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontologia*. 2012;9(4):442-7.
215. Ozawa T, Taha N, Messer HH. A comparison of techniques for obturating oval-shaped root canals. *Dental materials journal*. 2009;28(3):290-4.

216. 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. *Australian Endodontic Journal*. 2022;48(3):400-8.
217. Maharani N, Ricardo S, Artiningsih DANP. Differences in Penetration of Two Types of Calcium Silicate-Based Sealers with Ultrasonic Activation into Dentinal Tubules. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2021;9(3):3339-44.
218. Eskander M, Genena S, Zaazou A, Moussa S. Effect of phytic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on penetration depth of bioceramic and resin sealers. *Australian Endodontic Journal*. 2021;47(3):506-11.
219. Saleh I, Ruyter I, Haapasalo M, Ørstavik D. The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *International endodontic journal*. 2002;35(10).
220. Ballal NV, Ulusoy Öİ, Chhapparwal S, Ginjupalli K. Effect of novel chelating agents on the push-out bond strength of calcium silicate cements to the simulated root-end cavities. *Microscopy Research and Technique*. 2018;81(2):214-9.
221. Çelik D, Er K, Serper A, Taşdemir T, Ceyhanlı KT. Push-out bond strength of three calcium silicate cements to root canal dentine after two different irrigation regimes. *Clinical oral investigations*. 2014;18:1141-6.
222. Gündoğar M, Sezgin GP, Erkan E, ÖZYILMAZ ÖY. The influence of the irrigant QMix on the push-out bond strength of a bioceramic endodontic sealer. *European oral research*. 2018;52(2):64-8.
223. Tuncel B, Nagas E, Cehreli Z, Uyanik O, Vallittu P, Lassila L. Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian oral research*. 2015;29:1-6.
224. Nagas E, Cehreli ZC, Durmaz V, Vallittu PK, Lassila LV. Regional push-out bond strength and coronal microleakage of Resilon after different light-curing methods. *Journal of endodontics*. 2007;33(12):1464-8.
225. Cekic-Nagas I, Ergun G, Nagas E, Tezvergil A, Vallittu PK, Lassila LV. Comparison between regional micropush-out and microtensile bond strength of resin composite to dentin. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2008;66(2):73-81.
226. Sfeir G, Bukiet F, Hage W, El Hachem R, Zogheib C. Impact of Final Irrigation Protocol on the Push-Out Bond Strength of Two Types of Endodontic Sealers. *Materials*. 2023;16(5):1761.
227. Paulson L, Ballal NV, Bhagat A. Effect of root dentin conditioning on the pushout bond strength of biodentine. *Journal of endodontics*. 2018;44(7):1186-90.
228. Ulusoy Öİ, Ballal NV, Narkedamalli R, Ulusoy N, Shetty KP, Luke AM. Dislodgement resistance and structural changes of tricalcium silicate-based cements after exposure to different chelating agents. *Plos one*. 2024;19(1):e0296647.
229. Reboloso de Barrio E, Gancedo-Caravia L, García-Barbero E, Pérez-Higueras JJ. Effect of exposure to root canal irrigants on the push-out bond strength of calcium silicate-based cements. *Clinical Oral Investigations*. 2021;25:3267-74.
230. Pradhan PK, Dipallini S, Sahoo KC, Patri G, Lata S. Effect of temperature and activation techniques of irrigating solutions on push-out bond strength of fiber post. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2020;23(3):295.

231. 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. *Clinical Oral Investigations*. 2020;24:3699-706.
232. Zollinger A, Mohn D, Zeltner M, Zehnder M. Short-term storage stability of Na OC I solutions when combined with Dual Rinse HEDP. *International endodontic journal*. 2018;51(6):691-6.
233. 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. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2023;37(1).
234. Soldin LP. Efeito da potencialização do ácido glicólico na remoção de Smear Layer e erosão na dentina radicular. 2020.
235. Kaki GD, Genç Şen O. The effects of chelation on the adhesion of two different root canal sealers. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2018;32(20):2195-203.
236. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1980;49(2):175-7.
237. 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. *Journal of endodontics*. 2006;32(11):1091-3.
238. Moon Y-M, Kim H-C, Bae K-S, Baek S-H, Shon W-J, Lee W. Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd: YAG laser on sealer penetration in curved root canals. *Journal of endodontics*. 2012;38(4):531-5.
239. Jaiswal S, Gupta S, Nikhil V, Bhadoria A, Raj S. Effect of intracanal and extracanal heating on pulp dissolution property of continuous chelation irrigant. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2021;24(6):544.
240. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *Journal of endodontics*. 2010;36(9):1558-62.
241. Atmeh A, Chong E, Richard G, Festy F, Watson T. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of dental research*. 2012;91(5):454-9.
242. Kaup M, Dammann CH, Schäfer E, Dammaschke T. Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head & face medicine*. 2015;11:1-8.
243. Alsubait SA. Effect of sodium hypochlorite on push-out bond strength of four calcium silicate-based endodontic materials when used for repairing perforations on human dentin: an in vitro evaluation. *J Contemp Dent Pract*. 2017;18(4):289-94.
244. Saghiri MA, Garcia-Godoy F, Gutmann JL, Lotfi M, Asatourian A, Ahmadi H. Push-out bond strength of a nano-modified mineral trioxide aggregate. *Dental Traumatology*. 2013;29(4):323-7.
245. Donnermeyer D, Dornseifer P, Schäfer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head & face medicine*. 2018;14:1-7.

8. EKLER



DİCLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
YEREL ETİK KURUL KARARLARI



Protokol No: 2023-18
Tarih: 26.04.2023

TANIMLAYICI BİLGİLER	
Sorumlu Araştırmacı Unvanı / Adı	Dr. Öğretim Üyesi İbrahim UYSAL
Kurumu / Anabilim / Bilim Dalı	Endodonti Anabilim Dalı
Araştırmacı (Protokol) Kodu	2023 - 18
Yürütücülüğünü Dr. Öğretim Üyesi İbrahim UYSAL'ın yaptığı "Farklı Sıcaklıklardaki Şelasyon Ajanlarının Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Dolgu Patının Bağlanma Dayanımına Etkisinin İncelenmesi" başlıklı, 2023-18 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	Hasret KILIVAN

Görevi	Adı Soyadı	Birimi	Evet	Hayır	İmza
Başkan	Prof. Dr. Köksal BEYDEMİR	Dış.Hek.Fak. Protetik Dış Tedavisi A.D.	✓		
Başkan Yrd.	Prof. Dr. Seher Gündüz ARSLAN	Dış.Hek.Fak. Ortodonti A.D.	✓		
Raportör	Dr. Öğretim Üyesi Nedim GÜNEŞ	Dış.Hek.Fak. Ağız, Dış Ve Çene Cerrahisi A.D			
Üye	Prof. Dr. Ahmet DAĞ	Dış. Hek.Fak. Periodontoloji A.D.			
Üye	Prof. Dr. Sema ÇELENK	Dış.Hek. Fak. Çocuk Dış 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	Dış.Hek.Fak. Restoratif Dış Tedavisi A.D			
Üye	Av. Evin DAŞ	D.Ü Hukuk Müşavirliği	h		

9.ORJİNALLİK RAPORU

FARKLI SICAKLIKLARDAKİ İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ BİYOSERAMİK ESASLI KANAL PATININ BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 15	% 14	% 5	% 0
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 7
2	acikerisim.dicle.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 2
3	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	% 1
4	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	% 1
5	www.ncbi.nlm.nih.gov İnternet Kaynağı	<% 1
6	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
7	Seda FALAKALOĞLU, Bilge Hakan ŞEN, Merve YENİÇERİ ÖZATA, Güliz Rana TELLİOĞLU AVCI, Gizem AKIN TARTUK. "Efficacy of Phytic Acid as an Endodontic Chelator on Removing Calcium Hydroxide from Root Canals: An In	<% 1

10. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Hasret KILIVAN

Eğitim Durumu

<u>Derece</u>	<u>Kurum</u>
Lise	Nurullah Eren Anadolu Öğretmen Lisesi (2009-2013)
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniv. Diş Hek. Fak. (2013-2018)
Uzmanlık Eğitimi	Dicle Üniv. Diş Hek. Fak. Endodonti ABD (2021-2024)